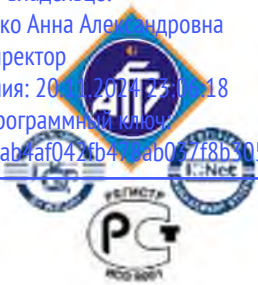


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Солоненко Анна Александровна
Должность: Директор
Дата подписания: 2019.08.30 18:18
Уникальный программный ключ:
d9ba9a2cd160ab4af042fb47ab087f8b3050e51



Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Астраханский государственный
технический университет»
(ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»)


Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована ISO 9001:2015 по международному стандарту ISO 9001:2015

ОТДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

РАССМОТРЕН:

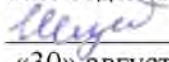
На заседании цикловой комиссии
общепрофессиональных технических
дисциплин и профессиональных модулей
протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель цикловой комиссии

 А.В. Жданов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. отделением СПО

 Е.С. Шумейко
«30» августа 2019 г.

ФОНД

**оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и
промежуточной аттестации**

дисциплины

ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика

по специальности

**15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных
машин и установок (по отраслям)
(базовая подготовка)**



Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Астраханский государственный технический университет»
(ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»)

Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015

ОТДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ПАСПОРТ

комплекса оценочных средств

дисциплине

ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика

специальность

**15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных
машин и установок (по отраслям)
(базовая подготовка)**

Общие положения

Комплекс оценочных средств (КОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины ОП.05 «Термодинамика, теплотехника и гидравлика».

КОС включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме экзамена.

КОС разработан на основании следующих нормативных правовых актов:

1. ФГОС СПО 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка);

2. программа подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям);

3. рабочей программы дисциплины ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

1. Распределение основных показателей оценки результатов по видам аттестации

Код и наименование элемента умений или знаний, практического опыта, общих и профессиональных компетенций	Виды аттестации		
	<i>Текущий контроль</i>	<i>Промежуточная аттестация</i>	
		<i>Диф. зачет</i>	<i>Экзамен</i>
У1- практически использовать гидравлические расчеты в аппаратах и трубопроводах;		-	-
У2- применять методы расчета теплообменных аппаратов;		-	-
У3- оценивать эффективность работы оборудования при его эксплуатации;		-	-
У4- определять параметры рабочих веществ;		-	-
З1- законы термодинамики;		-	-
З2- термодинамические процессы и методы расчета теплообменных аппаратов;		-	-
З3- циклы компрессорных машин;		-	-
З4- основные типы насосов и их рабочие характеристики.		-	-

Код и наименование элемента умений, знаний, общих и профессиональных компетенций	Виды аттестации		
	<i>Текущий контроль</i>	<i>Промежуточная аттестация</i>	
		<i>Диф. зачет</i>	<i>экзамен</i>
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	-	-	-
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	-	-	-
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	-	-	-
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	-	-	-
ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	-	-	-
ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	-	-	-
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.	-	-	-
ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	-	-	-
ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в	-	-	-

профессиональной деятельности.			
ПК 1.1 - Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).			-
ПК 1.2 - Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.			-
ПК 1.3 - Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.			-
ПК 1.4 - Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования.			-
ПК - 2.1 - Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования.			-
ПК 2.2 - Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов.			-
ПК 2.3 - Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования.			-
ПК 3.1 - Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности.			-
ПК 3.2 - Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности.			-
ПК 3.2 - Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.			-

Типовая спецификация оценочного средства – лабораторная работа

1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов оценочного средства.

Лабораторная работа входит в состав комплекса оценочных средств и предназначено для текущей аттестации и оценки знаний и умений аттестуемых, соответствующих основным показателям оценки результатов подготовки по программе дисциплины ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика программы подготовки специалистов среднего звена 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

2. **Контингент аттестуемых** обучающиеся ОСПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»

3. **Условия аттестации:** текущий контроль.

4. **Структура (макет) варианта оценочного средства** – лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Цель работы — ознакомление с основами теории конвективного теплообмена и теории подобия применительно к случаю вынужденной конвекции; освоение методик экспериментального определения коэффициента теплоотдачи при движении газа в трубе и обобщения результатов эксперимента методами теории подобия.

Содержание работы

1. Экспериментальное определение локальных и средних коэффициентов теплоотдачи при принудительном движении воздуха в горизонтальной трубе.
2. Обработка полученных результатов в критериальной форме.
3. Сравнение результатов с известными критериальными зависимостями.
4. Оценка погрешностей измерений.

Основы теории

Конвективным теплообменом называется процесс переноса теплоты при перемещении объемов жидкости или газа из области пространства с одним значением температуры в область с другим значением температуры. Конвективный теплообмен между потоком жидкости (или газа) и поверхностью твердого тела называется *теплоотдачей*.

Различают теплоотдачу при *естественной* (свободной) и *вынужденной* конвекции.

При естественной конвекции движение жидкости (газа) вызывается неоднородными массовыми силами. Например, при неоднородном распределении температуры в поле силы тяжести возникает неоднородность плотности и связанная с ней подъемная сила.

При вынужденной конвекции движение жидкости или газа создается силами, приложенными извне. Такой силой является, например, сила обусловленная перепадом давления, создаваемым насосом. В настоящей работе исследуется теплоотдача между внутренней поверхностью трубы и воздухом, вынужденное движение которого осуществляется вентилятором.

Интенсивность теплоотдачи зависит от многих факторов, в частности от вида конвекции (естественная или вынужденная), скорости и режима движения среды (ламинарный или турбулентный), физических свойств среды (плотности ρ , коэффициента теплопроводности λ , динамической вязкости μ , удельной теплоемкости c_p), а также от формы и размеров теплоотдающей или теплопринимающей поверхности, обтекаемой средой.

Явление теплоотдачи описывается системой дифференциальных уравнений, в которую входят уравнения движения, неразрывности, энергии, состояния с комплексом условий однозначности (т. е. с геометрическими, физическими, начальными и граничными условиями). Однако эта система математически очень сложна и может быть решена аналитически только в отдельных простых случаях. Численное решение с помощью ЭВМ часто требует использования нетривиальных вычислительных подходов и принятия упрощающих предположений. В связи с трудностями теоретического исследования теплоотдачи широко применяются экспериментальные методы.

В соответствии с опытным законом теплоотдачи Ньютона — Рихмана тепловой поток, переносимый конвекцией от поверхности теплообмена в окружающую среду, пропорционален площади поверхности теплообмена и разности температур поверхности и окружающей среды:

$$\delta Q = \alpha(t_{ст} - t_{ж})dF, \quad (5.1)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); δQ — тепловой поток, Вт; dF — элемент поверхности теплообмена, м²; $t_{ст}$ и $t_{ж}$ —

Из уравнения (5.1) следует, что

$$\alpha = \frac{q}{t_{ст} - t_{ж}}, \quad (5.2)$$

где $q = \delta Q/dF$ — плотность теплового потока, Вт/м².

С физической точки зрения коэффициент теплоотдачи представляет собой тепловую мощность, переносимую через единицу поверхности, обтекаемой жидкостью или газом, отнесенную к разности температур поверхности и жидкости. Коэффициент теплоотдачи α характеризует интенсивность теплоотдачи и зависит от перечисленных ранее факторов, но непосредственно не зависит от физических свойств обтекаемого средой твердого тела. Коэффициент теплоотдачи можно определить в результате решения системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена или экспериментально.

Каждый отдельный эксперимент, проведенный на модели или натуральном объекте, дает одно конкретное числовое значение искомой величины (коэффициента теплоотдачи α) при определенных значениях исходных параметров. Чтобы найти зависимость коэффициента теплоотдачи хотя бы от одного параметра, необходимо провести множество экспериментов при различных значениях этого параметра, оставляя другие параметры неизвестными. Полученные экспериментально значения коэффициента теплоотдачи связываются с варьируемыми в экспериментах величинами эмпирической формулой. Такие зависимости, как правило, не отражают полностью физическую сущность процессов и справедливы только в диапазонах значений входящих в них величин, охваченных экспериментами. При большом числе факторов крайне трудно подобрать эмпирическую зависимость, отражающую влияние всех факторов. Кроме того, необходимо быть уверенным, что результаты, полученные экспериментально на конкретной установке (модели), можно перенести на другие аналогичные явления, которые называются подобными.

Подобными явлениями принято считать явления одной физической природы, описываемые математически одинаковыми дифференциальными уравнениями, для которых условия однозначности качественно одинаковы (отличаются лишь числовыми значениями). Для таких явлений разработана теория подобия, позволяющая обобщить результаты в виде зависимостей, содержащих безразмерные комплексы, называемые критериями подобия. Полученные таким образом критериальные зависимости могут быть использованы для всей группы подобных явлений. Так, для рассматриваемого случая теплоотдачи в результате вынужденной конвекции при движении жидкости в трубах обобщение экспериментальных результатов представляет собой зависимость

$$Nu = f(Re, Pr). \quad (5.3)$$

Здесь $Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$ — критерий Нуссельта; $Re = \frac{\bar{w} \rho d}{\mu}$ — критерий Рейнольдса; $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$ — критерий Прандтля; d — диаметр трубы, м; \bar{w} — средняя (по расходу) скорость движения жидкости в трубе, м/с; λ , ρ , μ и c_p — коэффициент теплопроводности, плотность, динамическая вязкость и удельная теплоемкость жидкости, Вт/(м·К), кг/м³, кг/(м·с) и Дж/(кг·К) соответственно.

Все критерии являются безразмерными величинами и представляют собой обобщенные переменные, которые отражают влияние на процесс совокупности отдельных факторов. Критерии, содержащие искомые величины, называются *неопределяющими* (в нашем случае это критерий Нуссельта). Критерии, составленные из величин, входящих в условия однозначности (т. е. из известных величин), называются *определяющими* (в нашем случае это критерии Рейнольдса и Прандтля). Критерии подобия получают путем приведения к безразмерному виду дифференциальных уравнений, описывающих процесс. Кроме того, критерии подобия можно получить, пользуясь методами теории размерности.

Конкретный вид функции в уравнении (5.3) зависит от режима течения (ламинарный или турбулентный), который определяется значением критерия Рейнольдса Re . Критическое значение критерия Рейнольдса для труб, при котором происходит переход из ламинарного режима в турбулентный, лежит в пределах $2300 < Re_{кр} < 10^4$. Значение $Re_{кр}$ зависит от условий и степени турбулентности потока на входе в трубу, формы сечения трубы, шероховатости стенок, интенсивности теплообмена и некоторых других факторов. При $Re < 2300$ режим течения газа или жидкости в трубе является ламинарным, при $2300 < Re < 10^4$ — переходным, при $Re > 10^4$ — турбулентным.

При рассмотрении конвективного теплообмена в трубе следует иметь в виду некоторые особенности процесса. Всю длину нагреваемой (или охлаждаемой) трубы можно разбить на два участка. На первом (начальном) участке трубы происходит формирование профиля скоростей и температур. Этот начальный участок называется также участком стабилизации. Длина его при турбулентном режиме течения составляет около $50d$. На втором (основном) участке трубы коэффициент теплоотдачи не изменяется по длине трубы. Формы поперечных профилей скорости и температуры на основном участке не изменяются.

Длина труб во многих теплообменных устройствах соизмерима с длиной участка тепловой стабилизации, поэтому знание локальных коэффициентов теплоотдачи необходимо для расчета количества теплоты, переданного от стенки трубы к потоку на начальном участке.

В условиях теплообмена при постоянной плотности теплового потока по длине нагреваемой трубы ($q = \text{const}$) уменьшение местного (локального) значения коэффициента теплоотдачи на участке тепловой стабилизации приводит к тому, что температура стенки трубы t_c в направлении течения повышается быстрее, чем средняя по сечению температура потока $t_{ж}$. Плотность теплового потока на внутренней поверхности трубы $q = -\lambda(\partial t/\partial r)_c$, и согласно (5.2) $\alpha = -\lambda(\partial t/\partial r)_c/(t_c - t_{ж})$. При постоянной температуре стенки ($t_c = \text{const}$) уменьшение значения α отражает то обстоятельство, что $(\partial t/\partial r)_c$ падает быстрее, чем уменьшается перепад температуры $(t_c - t_{ж})$.

Согласно имеющимся данным критериальное уравнение подобия для расчета коэффициента теплоотдачи при вынужденном турбулентном течении газа в трубе, полученное путем обработки результатов эксперимента методами теории подобия, может быть представлено в следующем виде:

$$\text{Nu} = 0,021\text{Re}_{ж}^{0,8}\text{Pr}_{ж}^{0,43}. \quad (5.4)$$

Эта формула применима при $10^4 < \text{Re}_{ж} < 5 \cdot 10^6$ и $\text{Pr} \geq 0,7$ на основном участке трубы при близких значениях средних температур жидкости (газа) и стенки. Индекс «ж» означает, что в качестве определяющей температуры, для которой значения λ , ρ , μ и c_p берутся из табл. 3.1, принята температура газа $\bar{t}_{ж}$, усредненная по сечению и длине расчетного участка. Критерий $\text{Re}_{ж}$ рассчитан по скорости газа, усредненной по сечению трубы. В качестве характерного размера принят внутренний диаметр трубы.

В настоящей работе ставится задача сравнить полученные в эксперименте результаты с расчетными значениями, соответствующими уравнению (5.4).

Общий вид установки представлен на рис. 5.1.

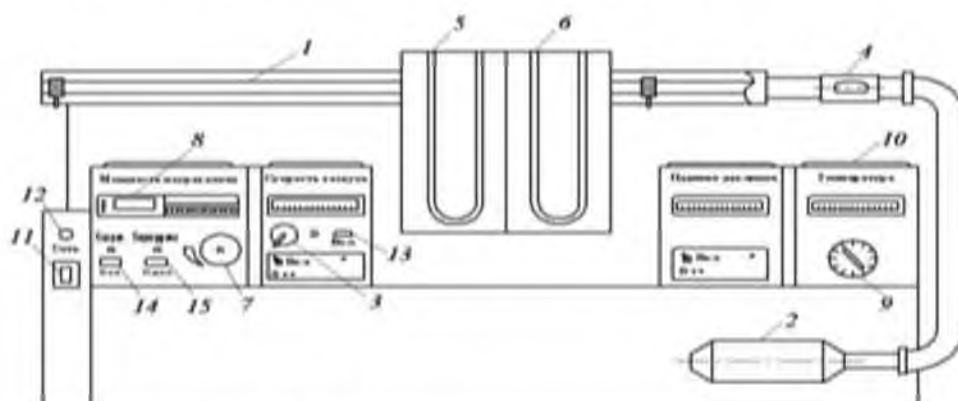


Рис. 5.1. Общий вид установки:

1 — нагреваемая труба; 2 — центробежный вентилятор; 3 — регулятор напряжения электродвигателя вентилятора; 4 — воздушная заслонка; 5 — водяной дифманометр, сообщающийся с трубой Пито; 6 — водяной дифманометр, показывающий полное падение давления на экспериментальном участке; 7 — регулятор напряжения автотрансформатора цепи нагрева; 8 — цифровой комбинированный прибор; 9 — переключатель термометр; 10 — блок измерения температуры; 11 — выключатель питания установки; 12 — контрольная лампа блока питания; 13 — кнопка включения и выключения центробежного вентилятора; 14 — кнопка включения нагрева трубы; 15 — кнопка выключения нагрева

Экспериментальный участок установки представляет собой трубу из коррозионно-стойкой стали внутренним диаметром $d = 8,5$ мм и длиной $L = 720$ мм. Один конец ее сообщается с атмосферой, а другой соединен шлангом с центробежным вентилятором. Движение воздуха в трубе 1 обеспечивается благодаря разрежению, создаваемому вентилятором 2. Скорость воздуха регулируется изменением частота вращения вала электродвигателя вентилятора с помощью регулятора напряжения 3, а также с помощью заслонки 4, обеспечивающей подсос атмосферного воздуха через отверстие в трубопроводе, идущем к центробежному вентилятору.

Скорость воздуха измеряется трубкой Пито в паре с водяным дифманометром 5.

Падение давления на экспериментальном участке измеряется с помощью второго водяного дифманометра 6.

Опоры, в которых закреплена трубка, изготовлены из фторопласта и служат тепло- и электроизоляцией от окружающих элементов конструкции. На концах трубы припаяны медные шайбы, к которым от понижающего трансформатора подводится электрический ток для нагрева экспериментального участка трубы. Напряжение в цепи нагрева регулируется автотрансформатором ЛАТР-2М (ручка регулятора 7) и регистрируется цифровым комбинированным прибором 8. Электрическое сопротивление R трубки на длине $L = 720$ мм составляет 0,0344 Ом.

Температура стенки трубы измеряется десятью хромель-копелевыми термопарами, горячие спаи которых приварены к ее наружной боковой поверхности. Координаты горячих спаев термопар на стенке трубы, отсчитываемые от начального сечения, и длины соответствующих участков измерения (рис. 5.2), указаны в табл. 5.1.

Термопары № 11 и 12 измеряют температуру воздуха соответственно на выходе из трубки и на ее входе. Термопара № 11 установлена в камере смешения. Для перемешивания воздуха перед термопарой № 11 установлена сетка.

Номера термопар, указанные на рис. 5.2, соответствуют позициям на переключателе термопар 9 (см. рис. 5.1). ТермоЭДС измеряется милливольтметром МВУ6-41А в комплекте с усилителем-преобразователем (с автоматической компенсацией температуры

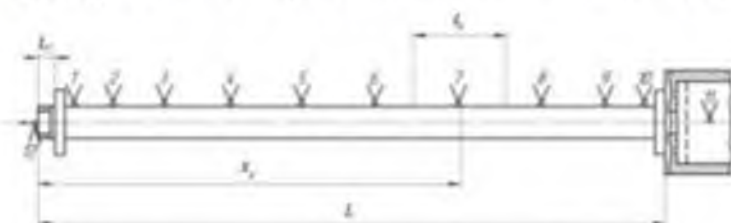


Рис. 5.2. Расположение термопар на рабочем участке. Значения x_i и l_i приведены в табл. 5.1

Таблица 5.1

Координаты горячих спаев термопар и длины соответствующих участков измерения

Параметр	Номер термопары i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Координата x_i , мм	25	45	85	155	250	370	490	610	695	715
Длина участка измерения l_i , мм	25	30	55	82,5	107,5	120	120	102,5	52,5	25

холодных спаев термопар); показания выводятся на прибор блока измерения температуры 10.

Порядок выполнения работы

Перед включением установки проверить исправность цепи заземления корпуса установки. При выполнении работы запрещается прикасаться к токоведущим частям установки, а также без необходимости вращать ручки на пульте управления.

1. Убедиться, что ручки регуляторов напряжения 3 и 7 (см. рис. 5.1) на панели приборов выведены против хода часовой стрелки до упора. Выключателем 11 на панели управления включить установку в сеть (при включении загорится контрольная лампа 12).

2. Кнопкой 13 включить центробежный вентилятор и с помощью заслонки 4 установить режим, соответствующий минимальной скорости воздуха (заслонка полностью открыта). Скорость определить по перепаду давления, показываемому водяным дифманометром 5, соединенным с трубкой Пито.

3. Кнопкой 14 включить цепь нагрева рабочего участка трубы, установив с помощью автотрансформатора напряжение, не превышающее 1,5 В. Напряжение измеряется цифровым комбинированным прибором 8 и регулируется вращением ручки автотрансформатора 7.

4. Время выхода установки на стационарный режим составляет около 10 мин. Убедившись в стационарности теплового режима по стабильности показаний термопар № 8, 9 и 11 (см. рис. 5.2) во времени, по милливольтметру блока измерения температуры 10 (см. рис. 5.1) найти показания всех 12 термопар. Шкала милливольтметра отградуирована в градусах Цельсия.

5. Водяным дифманометром 5 измерить перепад давления Δp на трубке Пито. Водяным дифманометром 6 измерить падение давления по длине трубы ($\Delta h = p_{вх} - p_{вых}$).

6. С помощью цифрового комбинированного прибора 8 измерить падение напряжения U на теплообменной трубе.

7. Измерить температуру $t_{вн}$ и давление p окружающей среды.

8. Все показания, снятые при проведении опыта, занести в бланк отчета.

9. Опыты повторить еще на двух режимах — при максимально допустимой и промежуточной скоростях воздуха, которые соответствуют наполовину и полностью открытой заслонке 4.

10. При выключении установки сначала вращением ручки 7 автотрансформатора сбросить напряжение на теплообменной трубе. При этом цифровой комбинированный прибор 8 должен показывать нуль. Нажатием кнопки 15 выключить цепь нагрева трубы. При работающем центробежном вентиляторе по показаниям термомпар проконтролировать температуру стенки трубы. Отключить центробежный вентилятор нажатием кнопки 13 только после того, как труба охладится до температуры окружающей среды.

Обработка результатов эксперимента

Обработку результатов эксперимента следует выполнять в порядке, указанном в бланке обработки данных.

1. Мощность, Вт, потребляемую теплообменной трубой (на длине $L = 720$ мм), вычислить по формуле

$$Q = \frac{U^2}{R}, \quad (5.5)$$

где U — напряжение на рабочем участке трубы, В; R — сопротивление рабочего участка трубы, $R = 0,0344$ Ом.

2. При необходимости показания дифманометров блока расхода и блока давления на основании данных градуировки перевести в паскали. Шкалы этих приборов могут быть проградуированы непосредственно в паскалях.

3. Вычислить среднюю по длине рабочего участка температуру и плотность воздуха, а также среднюю по сечению скорость воздуха:

$$t_{\text{ж}} = \frac{\bar{t}_{11} + t_{12}}{2}; \quad (5.6)$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{p}{R_{\text{в}}(t_{\text{ж}} + 273)}; \quad (5.7)$$

$$\bar{w} = \xi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{ж}}}}. \quad (5.8)$$

Здесь $\rho_{\text{ж}}$ — плотность воздуха, кг/м^3 ; \bar{w} — средняя скорость воздуха, м/с; $\bar{t}_{11} = \psi t_{11}$ — средняя по сечению температура воздуха на выходе из рабочего участка, °С; t_{12} — температура воздуха на входе в трубу, приблизительно равная температуре окружающей среды (жидкости), °С; t_{11} — температура воздуха на выходе из рабочего участка трубы (измеряется на оси), °С; p — барометрическое давление в окружающей среде, Па; $R_{\text{в}} = 287$ Дж/(кг·К) — газовая постоянная воздуха; Δp — перепад давления на трубке Пито, измеряемый дифманометром 5 (см. рис. 5.1), Па; ψ и ξ — поправочные коэффициенты, связанные с погрешностью измерения температуры и усреднением скорости ($\psi \approx 1,0$; $\xi \approx 0,8$).

4. Вычислить температурный напор в сечениях трубы с координатами x_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 10$):

$$\Delta t_i = (t_{ci} - t_{12}) - \frac{t_{11} - t_{12}}{730} x_i. \quad (5.9)$$

Здесь t_{ci} — температура стенки по показаниям i -й термопары, °С; x_i берут в миллиметрах из табл. 5.1; температуру t_{12} можно принять равной температуре окружающей среды $t_{\text{вн}}$.

5. Рассчитать среднюю температуру стенки:

$$\bar{t}_c = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_{ci}. \quad (5.10)$$

6. Экспериментальные значения локальных коэффициентов теплоотдачи определить по формуле

$$\alpha_i = \frac{Q - Q_{\text{п}}}{\Delta t_i \pi d L}, \quad (5.11)$$

где $Q_{\text{п}} = k(\bar{t}_c - t_{12})$ — потери теплоты; коэффициент k находят опытным путем ($k = 0,18$).

7. Экспериментальное значение среднего коэффициента теплоотдачи, Вт/(м²·К), определить по формуле

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=2}^9 \alpha_i l_i}{\sum_{i=2}^9 l_i}. \quad (5.12)$$

При этом вследствие конечных потерь значения α_1 и α_{10} получаются неточными, при усреднении их не учитывать; значения l_i взять из табл. 5.1.

8. Результаты, полученные для трех режимов, обобщить в виде критериальной зависимости, поэтому для каждого режима следует рассчитать

критерий Нуссельта

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = \frac{\bar{\alpha} d}{\lambda_{\text{ж}}}, \quad (5.13)$$

критерий Рейнольдса

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{w d \rho_{\text{ж}}}{\mu_{\text{ж}}}. \quad (5.14)$$

Значение теплофизических параметров воздуха $\lambda_{\text{ж}}$, $\mu_{\text{ж}}$ и $\text{Pr}_{\text{ж}}$ взять из табл. 3.1 индекс «ж» указывает, что эти характери-

ки должны соответствовать значениям для средней температуры жидкости $t_{ж}$.

9. По результатам расчета построить зависимость $Nu_{ж}$ от $Re_{ж}$ в логарифмических координатах, нанося точки, соответствующие экспериментальным режимам.

10. На этом же графике построить зависимость (в виде линии), рассчитываемую по формуле

$$Nu = f(Re_{ж})Pr_{ж}^{0,43}.$$

Значения $f(Re_{ж})$ приведены ниже:

$Re_{ж} \dots$	2300	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000	$> 10^4$
$f(Re_{ж}) \dots$	3,6	4,9	7,5	10	12,2	16,5	20	24	27	30	$0,021Re_{ж}^{0,8}$

Расчет выполнить для значений критерия Рейнольдса, использованных в экспериментах.

Оценка погрешностей измерений

Здесь относительная погрешность измерения напряжения равна

$$\frac{\Delta U}{U} = \pm \frac{K(U_{в} - U_{н})}{100U}, \quad (5.19)$$

где $K = 1$ — класс точности прибора; $U_{в} = 5$ В и $U_{н} = 0,5$ В — верхний и нижний пределы измерений напряжения; U — измеряемое значение напряжения; $\Delta R/R$ — относительная погрешность измерения сопротивления трубы, определенная при изготовлении установки и равная $\pm 0,0179$.

Температуры t_c и $t_{ж}$ измеряют термоэлектрическим термометром. Пределы абсолютной погрешности милливольтметра первого класса, используемого для измерения термоЭДС, равны $\pm 0,1062$, что для хромель-копелевой термопары соответствует $\pm 1,5^\circ\text{C}$.

Пределы допустимой абсолютной погрешности блока с устройством для компенсации температуры холодных спаев термопар не превышают $\pm 2^\circ\text{C}$. Квадраты общей относительной погрешности термоэлектрического термометра и относительных погрешностей измерения t_c и $t_{ж}$ равны

$$\left(\frac{\Delta t_c}{t_c - t_{ж}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_{ж}}{t_c - t_{ж}}\right)^2 = \pm \frac{1,5^2 + 2^2}{(t_c - t_{ж})^2}. \quad (5.20)$$

Отчет о работе должен содержать: принципиальную схему экспериментальной установки; оформленный протокол испытаний и обработки результатов; анализ полученных результатов, основанный на сравнении экспериментальных данных с результатами расчета по существующим критериальным формулам; оценку погрешностей измерений.

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит интенсивность переноса теплоты от поверхности твердого тела к обтекающему его газу?
2. В чем состоит закон теплоотдачи Ньютона – Рихмана?
3. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?
4. Как определить средний температурный напор по длине трубы?
5. Как по экспериментальным данным вычислить локальный (местный) и средний коэффициенты теплоотдачи?
6. При каких значениях критерия Рейнольдса режим течения газа в трубе является ламинарным, переходным и турбулентным?
7. Как определить скорость течения воздуха в трубе?
8. Какие безразмерные комплексы называют определяющими критериями подобия?
9. Назовите критерии подобия для явления теплоотдачи при вынужденном течении газа в трубе.
10. В чем состоит преимущество зависимостей, связывающих безразмерные критерии подобия, по сравнению с обычными зависимостями, содержащими размерные переменные?

Типовая спецификация оценочного средства – устный опрос

1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов оценочного средства.

Устный опрос входит в состав комплекса оценочных средств и предназначено для текущей аттестации и оценки знаний и умений аттестуемых, соответствующих основным показателям оценки результатов подготовки по программе дисциплины ОП.05. Материаловедение программы подготовки специалистов среднего звена 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

2. Контингент аттестуемых обучающиеся ОСПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»

3. Условия аттестации: текущий контроль.

4. Структура (макет) варианта оценочного средства – устный опрос

Устный опрос №1.

1. Тепловая энергия. Основные понятия и определения.
2. Тепловая установка.
3. Принцип работы тепловой установки.
4. КПД установки.
5. Тепловой процесс.
6. Насыщенный и перегретый пар их параметры.
7. Теплота парообразования.
8. Параметры влажного воздуха.
9. Основные элементы тепловых установок.
10. Котельные установки.
11. Парогенераторы.
12. Топочные устройства.
13. Потеря теплоты.
14. Классификация котлов.
15. Тепловой баланс котлов.
16. Тепловой насос.
17. Геотермальные тепловые установки.
18. Принципиальная схема котельной установки.

Типовая спецификация оценочного средства - тестирование

1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов *оценочного средства*.

Тестирование входит в состав комплекса оценочных средств и предназначено для текущего контроля и оценки знаний и умений аттестуемых, соответствующих основным показателям оценки результатов подготовки по программе дисциплины ОП.05 Термодинамика, теплотехника и гидравлика программы подготовки специалистов среднего звена 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

2. Контингент аттестуемых обучающиеся ОСПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»

3. Условия аттестации: текущий контроль.

4. Структура (макет) варианта оценочного средства – тестирование

Варианты теста:

Вариант 1

Часть А

1. Внутренняя энергия данной массы реального газа...

- А. Не зависит ни от температуры, ни от объема.
- Б. Не зависит ни от каких факторов.
- В. Зависит только от объема.
- Г. Зависит от температуры и объема.

2. Внутреннюю энергию системы можно изменить (выберите наиболее точное продолжение фразы...

- А.. Только путем совершения работы.
- Б. Только путем теплопередачи.
- В. Путем совершения работы и теплопередачи.
- Г. Среди ответов нет правильного.

3. В процессе плавления твердого тела подводимое тепло идет на разрыв межатомных (межмолекулярных) связей и разрушение дальнего порядка в кристаллах. Происходит ли при плавлении изменение внутренней энергии тела?

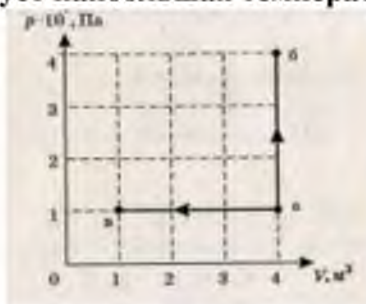
- А. Внутренняя энергия тела не изменяется.
- Б. Внутренняя энергия тела увеличивается.
- В. Внутренняя энергия тела уменьшается.
- Г. Внутренняя энергия тела иногда увеличивается, иногда уменьшается.

4. Какой тепловой процесс изменения состояния газа происходит без теплообмена?

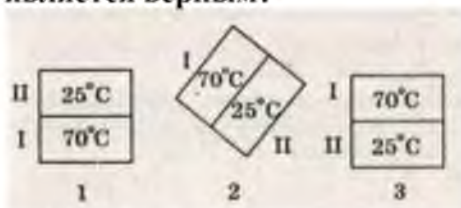
- А. Изобарный.
- Б. Изохорный.
- В. Изотермический.
- Г. Адиабатный.

5. Идеальный газ переводится из одного состояния в другое двумя способами: а—б и а—в (см. рис.). Какому состоянию соответствует наибольшая температура?

- А. а.
- Б. б.
- В. в.
- Г. а и в.

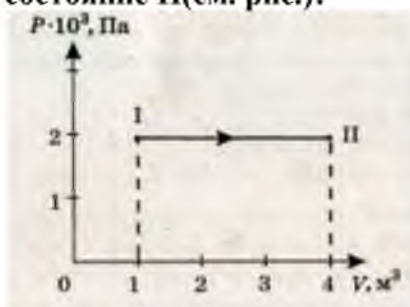


6. Два одинаковых твердых тела, имеющих различные температуры, привели в соприкосновение так, показано на рис. Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?



- А. Теплопередача осуществляется только в положении 1 от тела I к телу II.
- Б. Теплопередача осуществляется только в положении 2 от тела II к телу I.
- В. Теплопередача осуществляется только в положении 3 от тела II к телу I.
- Г. При любом положении тел теплопередача осуществляется от тела I к телу II.

7. Чему равна работа, совершенная газом при переходе его из состояния I в состояние II (см. рис.)?



- А. 8 кДж.
- Б. 6 кДж.
- В. 6 Дж.
- Г. 8 мДж.

8. В процессе адиабатного расширения газ совершает работу, равную $3 \cdot 10^{10}$ Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

- А. 0.
- Б. $3 \cdot 10^{10}$ Дж.
- В. $-3 \cdot 10^{10}$ Дж.
- Г. Изменение внутренней энергии может принимать любое значение.

9. Какую работу совершил водород массой 2 кг при изобарном нагревании на 10 К?

- А. = 83 кДж.
- Б. = 83 Дж.
- В. 0.
- Г. = 125 кДж.

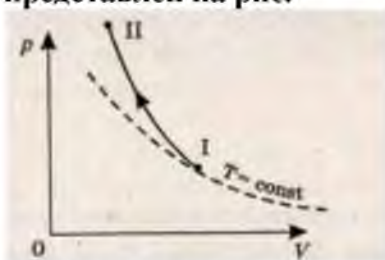
10. Тепловая машина получила от нагревателя 0,4 МДж теплоты и отдала холодильнику 0,1 МДж теплоты. Чему равен КПД такой тепловой машины?

- А. 100%.
- Б. > 100%.
- В. 75%.
- Г. 25%
- Часть Б

11. В стакан с водой опустили кристаллы марганцовки. Через некоторое время получился равномерно окрашенный раствор. Могут ли из раствора самопроизвольно образоваться кристаллики марганцовки?

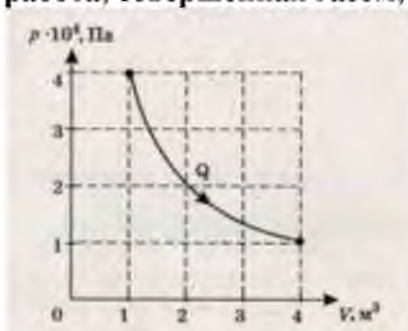
- А. Если нагреть, то могут.
- Б. Никогда не могут.
- В. Если охладить, то могут.
- Г. Могут, если быстро охладить, а затем нагреть.

12. Внутренняя энергия идеального газа при адиабатном процессе, график которого представлен на рис.



- А. Не изменяется.
- Б. Увеличивается.
- В. Уменьшается.
- Г. Сначала уменьшается, затем увеличивается

13. На рис. показан процесс изменения состояния идеального газа. Чему равна работа, совершенная газом, если в этом процессе он получил $6 \cdot 10^5$ Дж теплоты?

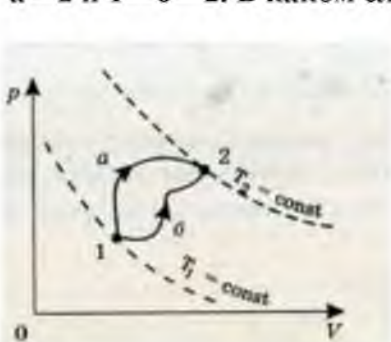


- А. 0.
- Б. $-6 \cdot 10^5$ Дж.
- В. $6 \cdot 10^5$ Дж.
- Г. $3 \cdot 10^4$ Дж.

14. Водород и гелий равной массы, взятые при одинаковых давлениях, нагревают на 20 К. Одинаковая ли работа совершается при этом?

- А. Работа, совершенная водородом, в 2 раза больше.
- Б. Работа, совершенная гелием, в 2 раза больше.
- В. Совершаются равные работы.
- Г. По условию задачи невозможно сравнить работы, совершенные газами.

15. Идеальный газ переводится из первого состояния во второе двумя способами: 1—а—2 и 1—б—2. В каком случае газу передано большее количество теплоты?



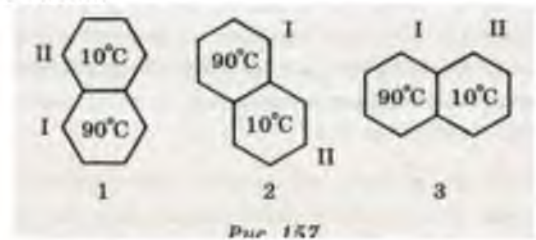
- А. 1—а—2.
- Б. 1—б—2.
- В. В обоих случаях передается одинаковое количество
- Г. По условию задачи невозможно сравнить переданное газу

Вариант 2

Часть А

1. Внутренняя энергия данной массы идеального газа...

- А. Не зависит ни от температуры, ни от объема.
- Б. Не зависит ни от каких факторов.
- В. Зависит только от температуры.
- Г. Зависит только от объема.



2. Какой вид теплопередачи сопровождается переносом вещества?

- А. Теплопроводность.
- Б. Конвекция.
- В. Излучение.
- Г. Теплопроводность и излучение.

3. В процессе кипения жидкости средняя скорость теплового движения молекул не увеличивается, а меняется их взаимное расположение. Происходит ли при кипении изменение внутренней энергии жидкости?

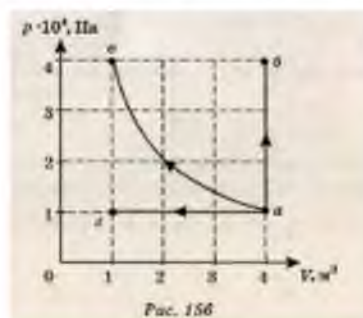
- А. Внутренняя энергия жидкости не изменяется.
- Б. Внутренняя энергия жидкости увеличивается.
- В. Внутренняя энергия жидкости уменьшается.
- Г. Внутренняя энергия жидкости иногда увеличивается, иногда уменьшается.

4. В каком тепловом процессе внутренняя энергия системы не изменяется при переходе ее из одного состояния в другое?

- А. В изобарном.
- Б. В изохорном.
- В. В изотермическом.
- Г. В адиабатном.

5. Идеальный газ переводится из одного состояния в другое тремя способами: а—б, а—в и а—г (см. рис.). Каким состояниям соответствует одинаковая температура?

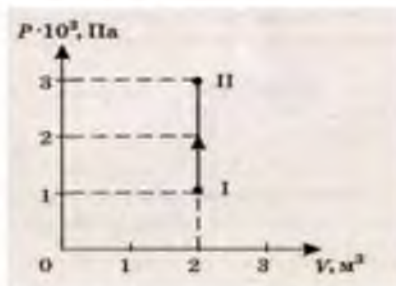
- А. а и б.
- Б. а и в.
- В. а и г.
- Г. в и г.



6. Два одинаковых твердых тела, имеющих различные температуры, привели в соприкосновение так как показано на рис. Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?

- А. Теплопередача осуществляется только в положении 1 от тела I к телу II.
- Б. Теплопередача осуществляется только в положении 2 от тела II к телу I.
- В. Теплопередача осуществляется только в положении 3 от тела II к телу I.
- Г. При любом положении тел теплопередача осуществляется от тела I к телу II.

7. Чему равна работа, совершенная газом при переходе его из состояния I в состояние II (см. рис.)?



- А. 4 кДж.
- Б. 6 кДж.
- В. 0.
- Г. Работа может принимать любое значение.

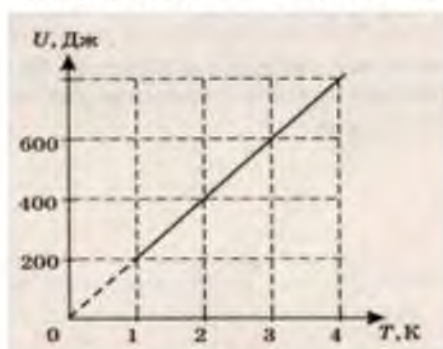
8. Чему равна внутренняя энергия 1 моль одноатомного идеального газа, находящегося при температуре 27 °С?

- А. 0
- Б. 3740 Дж.
- В. 7479 Дж.
- Г. 2493 Дж.

9. Газ получил 500 Дж теплоты. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Чему равна работа, совершенная газом?

- А. 200 Дж.
- Б. 800 Дж.
- В. 0.
- Г. 500 Дж.

10. Какое значение КПД может иметь идеальная тепловая машина с температурой нагревателя 527 °С и температурой холодильника -27 °С?



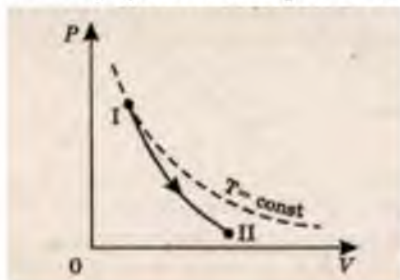
- А. 100%.
- Б. > 100%.
- В. = 95%.
- Г. = 63%.

Часть Б

11. Если в стакан с водой опустить кусочек сахара и размешать, то получится раствор сахара. Может ли из раствора самопроизвольно образоваться кусочек сахара?

- А. Если нагреть, то может.
- Б. Если охладить, то может.
- В. Никогда не может.
- Г. Может, если быстро нагреть, а затем охладить.

12. Внутренняя энергия идеального газа при адиабатном процессе, график которого представлен на рис., ...



А. Не изменяется.

Б. Увеличивается.

В. Уменьшается.

Г. Сначала уменьшается,

затем увеличивается.

13. В процессе изохорного нагревания газ получил 15 МДж теплоты. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

А. 15 МДж.

Б. -15 МДж.

В. 0.

Г. Определенно ответить нельзя.

14. Водород и азот равной массы, взятые при одинаковых давлениях, нагревают на 15 К. Одинаковая ли работа совершается газами при этом?

А. Работа, совершенная водородом, в 14 раз больше.

Б. Работа, совершенная азотом, в 14 раз больше.

В. Совершаются равные работы.

Г. По условию задачи невозможно сравнить работы, совершенные газами.

15. На тело массой 4 кг, движущееся со скоростью 2 м/с, действовала сила 10 Н, в результате чего скорость тела увеличилась до 5 м/с. Какую работу (Дж) совершила данная сила?

А. 34.

Б. 42

В. 24

Г. 50

Типовая спецификация оценочного средства – решение задач

1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов *оценочного средства*.

Решение задач входит в состав комплекса оценочных средств и предназначено для текущего контроля и оценки знаний и умений аттестуемых, соответствующих основным показателям оценки результатов подготовки по программе дисциплины ОП.05 Термодинамика, теплотехника и гидравлика программы подготовки специалистов среднего звена 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

2. Контингент аттестуемых обучающиеся ОСПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»

3. Условия аттестации: текущий контроль.

4. Структура (макет) варианта оценочного средства решение задач

Варианты задач:

Задача 1

Задание:

Сосуд заполнен водой, занимающей объем $W_1 = 2 \text{ м}^3$. На сколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину на величину 200 бар при температуре

20 °С ? Модуль объемной упругости для воды при данной температуре $E_0 = 2110 \text{ МПа}$.

Задача 2

Задание:

Плотность масла АМГ-10 при температуре 20 °С составляет 850 кг/м^3 . Определить плотность масла при повышении температуры до 60 °С и увеличении давления с атмосферного ($p_1 = 0,1 \text{ МПа}$) до $p_2 = 8,7 \text{ МПа}$. Модуль объемной упругости масла $E_0 = 1305 \text{ МПа}$, температурный коэффициент $\beta_1 = 0,0008 \text{ 1/град}$.

Задача 3

Задание:

В цилиндрический бак диаметром 2 м до уровня $H = 1,5 \text{ м}$ налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже уровня бензина на $h = 300 \text{ мм}$. Определить вес находящегося в баке бензина, если $\rho_б = 700 \text{ кг/м}^3$

Задача 4

Задание:

Система из двух поршней, соединенных штоком, находится в равновесии. Определить силу, сжимающую пружину. Жидкость, находящаяся между поршнями и в бачке – масло с плотностью $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$. Диаметры $D = 80 \text{ мм}$; $d = 30 \text{ мм}$; высота $H = 1000 \text{ мм}$; избыточное давление $p_0 = 10 \text{ кПа}$.

Задача 5

Задание:

Определить силу F , необходимую для удержания в равновесии поршня, если труба под поршнем заполнена водой, а размеры трубы: $D = 100 \text{ мм}$; $H = 0,5 \text{ м}$; $h = 4 \text{ м}$. Длины рычага: $a = 0,2 \text{ м}$ и $b = 1 \text{ м}$. Собственным весом поршня пренебречь.

Задача 6

Задание:

По трубопроводу диаметром $d = 150$ мм перекачивается нефть плотностью $\rho = 800$ кг/м³ в количестве 1200 т. в сутки. Определить секундный объемный расход нефти Q и среднюю скорость ее течения v .

Задача 7**Задание:**

Из напорного бака вода течет по трубе диаметром $d_1 = 20$ мм, и затем вытекает в атмосферу через насадку с диаметром выходного отверстия $d_2 = 10$ мм. Избыточное давление воздуха в баке $p_0 = 0,18$ МПа; высота $H = 1,6$ м. Пренебрегая потерями энергии, определить скорости течения воды в трубе v_1 и на выходе из насадки

Задача 8**Задание:**

Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход $Q = 0,136$ м³/с. Коэффициент кинематической вязкости для воды (при $t = 10$ °С) $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Задача 9**Задание:**

Вентиляционная труба $d = 0,1$ м имеет длину $l = 100$ м. Определить потери давления, если расход воздуха, подаваемый по трубе, равен $Q = 0,078$ м³/с. Давление на выходе равно атмосферному ($p_{ат} = 0,1$ МПа). Местные сопротивления по пути движения воздуха отсутствуют. Кинематическая вязкость воздуха при $t = 20$ °С составляет $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Средняя шероховатость выступов $\Delta = 0,2$ мм, плотность воздуха $\rho = 1,18$ кг/м³.

Задача 10**Задание:**

Вода перетекает из напорного бака, где избыточное давление воздуха $p_1 = 0,3$ МПа, в открытый резервуар по короткой трубе диаметром $d = 50$ мм, на которой установлен кран. Чему должен быть равен коэффициент сопротивления крана для того, чтобы расход воды составлял $Q = 8,7$ л/с. Высоты уровней $H_1 = 1$ м, $H_2 = 3$ м. Учесть потери напора на входе в трубу ($\zeta_{вх} = 0,5$) и на выходе из трубы (внезапное расширение).

Типовая спецификация оценочного средства – дифференциальный зачет

1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов *оценочного средства*.

Дифференциальный зачет входит в состав комплекса оценочных средств и предназначено для текущего контроля и оценки знаний и умений аттестуемых, соответствующих основным показателям оценки результатов подготовки по программе дисциплины ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика программы подготовки специалистов среднего звена 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

2. Контингент аттестуемых обучающиеся ОСПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»

3. Условия аттестации: зачетно-экзаменационная сессия

4. Структура (макет) варианта оценочного средства – дифференциальный зачет.

Вопросы к экзамену

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена по дисциплине «Термодинамика, теплотехника и гидравлика»

1. Термодинамика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные параметры состояния.
3. Идеальные газы.
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Законы Бойля – Мариотта, Гей – Люссака и Шарля.
6. Закон Авагадро.
7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Смеси идеальных газов. Основные понятия и определения.
9. Свойства смесей.
10. Первый закон термодинамики. Основные понятия о теплоте, работе, внутренней энергии.
11. Формулировка первого закона термодинамики. Энтальпия.
12. Теплоемкость газов и смесей. Основные понятия.
13. Теплоемкость изохорная и изобарная.
14. Термодинамические процессы. Основные понятия.
15. Изохорный процесс.
16. Изобарный процесс.
17. Изотермический и адиабатный процессы.
18. Политропный процесс.
19. Второй закон термодинамики. Формулировка.
20. Термодинамические циклы. Прямой и обратный цикл.
21. Энтропия.
22. Диаграмма $s - T$.
23. Влажный воздух. Основные определения. Параметры влажного воздуха. Диаграмма $h - d$ влажного воздуха.
24. Водяной пар. Основные определения. Параметры состояния.
25. Назначение, принцип действия и классификация компрессоров.
26. Теплопроводность. Основные понятия и определения.
27. Температурное поле.
28. Температурный градиент.

29. Основной закон теплопроводности.
30. Передача теплоты через плоскую стенку
31. Передача теплоты через цилиндрическую и шаровую стенку.
32. Конвективный теплообмен. Основные понятия.
33. Уравнение конвективного теплообмена.
34. Теплообмен при вынужденном движении жидкости.
35. Теплообмен при свободной конвекции.
36. Теплопередача в неограниченном пространстве.
37. Теплопередача в ограниченном пространстве.
38. Теплообмен при кипении жидкости. Основные понятия.
39. Коэффициент теплопроводности.
40. Механизм парообразования.
41. Теплообмен при кипении.
42. Теплообмен при конденсации пара.
43. Конвекция.
44. Теплопередача.
45. Теплообменные аппараты. Конструкция, назначение.
46. Применения теплообменных аппаратов.
47. Виды теплообменных аппаратов.
48. Материалы изготовления теплообменных аппаратов.
49. Рабочие среды.
50. Принцип работы теплообменных аппаратов.
51. Тепловая энергия. Основные понятия и определения.
52. Тепловая установка.
53. Принцип работы тепловой установки.
54. КПД установки.
55. Тепловой процесс.
56. Насыщенный и перегретый пар их параметры.
57. Теплота парообразования.
58. Параметры влажного воздуха.
59. Основные элементы тепловых установок.
60. Котельные установки.
61. Парогенераторы.
62. Топочные устройства.
63. Потеря теплоты.
64. Классификация котлов.
65. Тепловой баланс котлов.
66. Тепловой насос.
67. Геотермальные тепловые установки.
68. Принципиальная схема котельной установки.
69. Гидравлика как наука, ее предмет изучения.
70. Основные свойства жидкости.
71. Гидростатика. Основные понятия
72. Понятия об идеальном и реальном газе.
73. Основные законы гидростатики.
74. Закон Паскаля.
75. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
76. Сила давления на криволинейную поверхность. Закон Архимеда.
77. Условия плавания тел.

78. Гидродинамика. Основные понятия.
79. Уравнение неразрывности потока.
80. Уравнение Бернулли.
81. Режимы движения реальной жидкости.
82. Виды гидравлических сопротивлений.
83. Местное сопротивление.
84. Гидравлический удар в трубах.
85. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
86. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
87. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
88. Инструмент для определения давления.
89. Гидростатическое давление.
90. Закон сообщающихся сосудов.
91. Полный напор жидкости.
92. Назначение, принцип действия и классификация насосов.
93. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
94. Гидравлическая машина.
95. Закон подобия.
96. Параметры насосов.
97. Закон пропорциональности.
98. Назначение трубопроводов работающих под вакуумом.

3. Перечень используемых нормативных документов

ФГОС СПО 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

Программа подготовки специалистов среднего звена по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).

Рабочая программа дисциплины ОП.05 «Термодинамика, теплотехника и гидравлика».

Положение о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся по программам среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО «АГТУ»

4. Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовке обучающихся к аттестации

4.1. Основная учебная литература

1. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 308 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/442180>

2. Гусев, А. А. Основы гидравлики : учебник для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 218 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/423733>

4.2. Дополнительная учебная литература

1. Теплотехника. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 395 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/442184>

2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для бакалавриата и магистратуры [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 308 с. — (Высшее образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/433336>

4.3. Официальные, справочно-библиографические и периодические издания

а) официальные издания:

1. ГОСТ 14894-69 Термоэлектрические термометры образцовые 2-го разряда и общепромышленного назначения для низких температур. Методы и средства поверки

2. ГОСТ 16920-93 Термометры и преобразователи температуры манометрические. Общие технические требования и методы испытаний

3. ГОСТ 8.157-75 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы температурные практические

4. ГОСТ 31177-2003 (ЕН 982:1996) Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Гидравлика

б) справочно-библиографические издания:

1. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. - М.: Изд-во МЭИ, 2007. (17 шт.)

в) периодические издания:

1. Электронный научный журнал «Гидравлика» - 2017 – 2019. - №1-3. Режим доступа: <http://hydrojournal.ru/arkhiv>

2. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика» - 2011 – 2019. - №1-12. Режим доступа: http://www.tepen.ru/arkhiv_pomerov/

4.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

1. Ковалев О. П. Методические указания для лабораторных занятий по дисциплине ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика для студентов очной формы обучения по специальности 15.02.06 монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).- [Электронный ресурс] – Рыбное, 2019. - Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

2. Ковалев О. П. Методические указания для самостоятельных работ по дисциплине ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика для студентов очной формы обучения по специальности 15.02.06 монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).- [Электронный ресурс] – Рыбное, 2019. - Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

4.1.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Гидравлика и гидропривод, информационно-тематический сайт - <https://www.chipmaker.ru>

2. Форум строительной теплотехники <https://www.proektant.org/index.php?board=310.0>

4.6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых в учебном процессе

Наименование программного обеспечения	Назначение
Образовательный портал Moodle	Образовательный портал ДРТИ построен на обучающей виртуальной среде Moodle и доступен по адресу www.portal-drti.ru из любой точки, имеющей подключение к сети Интернет, в том числе из локальной сети ДРТИ. Образовательный портал ДРТИ подходит как для организации online-классов, так и для традиционного обучения. Портал разделен на «открытую» (общедоступную) и «закрытую» части. Доступ к закрытой части осуществляется после предъявления персональной пары «логин-пароль». преподавателем или студентом.
Электронно-библиотечная система ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»	Обеспечивает доступ к электронно-библиотечным системам издательств, доступ к электронному каталогу книг, трудам преподавателей, учебно-методическим разработкам ДРТИ, периодическим изданиям.

Возможность доступа к электронно-библиотечным системам

Наименование электронного ресурса, адрес сайта	Назначение
ЭБС «Университетская библиотека on-line» http://biblioclub.ru/	Фонд библиотеки насчитывает издания более 160 крупнейших современных издательств, выпускающих учебную, научную и иную литературу. Каталог «Университетской библиотеки онлайн» содержит: новейшие грифованные учебники и учебные пособия; научную, научно-популярную, художественную литературу; обучающие мультимедиа, схемы, тесты, тренажеры, презентации, карты и репродукции; эксклюзивные издательские коллекции, включающие востребованную литературу гуманитарной,

Наименование электронного ресурса, адрес сайта	Назначение
	социальной, юридической, технической и экономической тематик. Имеется программа «Детектор плагиата», позволяющая выявлять нарушения авторских прав в Интернете. Работа может осуществляться из любого места, в котором имеется доступ к сети Интернет.
ЭБС Юрайт https://www.biblio-online.ru	Фонд ЭБС «Юрайт» – это более 5000 наименований учебников и учебных пособий для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОС. В ЭБС присутствует возможность: индивидуального неограниченного доступа пользователей к содержимому из любой точки, в которой имеется подключение к сети Интернет; одновременного индивидуального доступа пользователей к содержимому в соответствии с требованиями ФГОС; полнотекстового поиска по содержимому, формирования статистических отчетов по пользователям. Издания в ЭБС представлены с сохранением вида страниц (оригинальной верстки).
ЭБС издательства «Лань» https://e.lanbook.com	ЭБС включает в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. Предоставляет возможность круглосуточного дистанционного индивидуального пользования для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, адрес в сети Интернет, с возможностью просмотра и скачивания на сайте в он-лайн режиме. Предоставляет право доступа к отдельным коллекциям, в частности таким, как «Инженерно-технические науки – Издательство Лань», «Информатика – Издательство Лань», «Физкультура и Спорт – Издательство Физическая культура» ЭБС Лань.

Перечень лицензионного учебного программного обеспечения

Наименование программного обеспечения	Назначение
КОМПАС-3D V15	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3DV15. Проектирование и конструирование в машиностроении.
ABBYY FineReader 8.0 CorporateEdition	Система оптического распознавания текста
STDU Viewer	Программа для просмотра электронных документов
GoogleChrome, Opera	Браузер
Windows NT	Графические, интерактивные, многозадачные оперативные системы корпорации Microsoft
Dr. Web	Антивирусные программные продукты
MicrosoftOffice	Приложения – офисные редакторы для работы с текстовыми документами, электронными таблицами, электронными сообщениями, базами данных,

Наименование программного обеспечения	Назначение
КОМПАС-3D V15	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3DV15. Проектирование и конструирование в машиностроении.
	изображениями и т.д.
Moodle	Образовательный портал ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»
7-zip	Архиватор

Перечень информационных справочных систем

Наименование ИСС	Назначение
ИСС «Консультант +»	Содержит российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты по здравоохранению, технические нормы и правила

Сведения об обновлении информационного обеспечения обучения представлены в локальной сети ДРТИ по адресу: <\\Base\\192.168.10.10\для обмена по дфагту\ИТ в обучении>



Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Астраханский государственный
технический университет»
(ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»)

Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015

ОТДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

дисциплины

ОП.05 Термодинамика, теплотехника и гидравлика

специальность

**15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и
установок (по отраслям)
(базовая подготовка)**

п. Рыбное, Дмитровский р-н, Московская обл. - 2019 г.

1. Паспорт контрольно-измерительных материалов

В результате освоения дисциплины ОП.05 «Термодинамика, теплотехника и гидравлика» обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности СПО 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)» (базовый курс) следующими умениями, знаниями:

уметь:

- У1- практически использовать гидравлические расчеты в аппаратах и трубопроводах;
- У2- применять методы расчета теплообменных аппаратов;
- У3- оценивать эффективность работы оборудования при его эксплуатации;
- У4- определять параметры рабочих веществ;

знать:

- З1- законы термодинамики;
- З2- термодинамические процессы и методы расчета теплообменных аппаратов;
- З3- циклы компрессорных машин;
- З4- основные типы насосов и их рабочие характеристики.

В процессе изучения дисциплины «Термодинамика, теплотехника и гидравлика» студент овладевает следующими **общими компетенциями:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

В процессе изучения дисциплины «Термодинамика, теплотехника и гидравлика» студент овладевает следующими **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1. Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).

ПК 1.2. Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.

ПК 1.3. Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.

ПК 1.4. Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования

ПК 2.1. Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и

испытаниям холодильного оборудования..

ПК 2.2. Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов.

ПК 2.3. Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования.

ПК 3.1. Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности.

ПК 3.2. Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности.

ПК 3.2. Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.

Формой аттестации по дисциплине является дифференцированный зачет.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Освоение умений, знаний, практического опыта

В результате аттестации по дисциплине осуществляется комплексная проверка умений и знаний, владения навыками

Результаты обучения (проверяемые умения и знания)	Показатели оценки результата	Виды аттестации	
		Текущий контроль	Итоговая аттестация
У1- практически использовать гидравлические расчеты в аппаратах и трубопроводах;	Умело и точно применять расчеты при проектирование новых аппаратов и трубопроводов;	лабораторные работы, устный опрос, тестирование реферативное задание	Дифференцированный зачет
У2- применять методы расчета теплообменных аппаратов;	Умело применять в расчетах специальные термодинамические диаграммы, таблицы и циклы, для правильного подбора оборудования.		
У3- оценивать эффективность работы оборудования при его эксплуатации;	Умело и точно оценивать риски и неэффективную работу элементов установки, пути решений этих проблем		
У4- определять параметры рабочих веществ;	Умело пользоваться приборами и таблицами для определения нужных параметров рабочей среды;		
З1- законы термодинамики;	Умело применять знания в методиках расчета всех элементов входящих в состав холодильной установки;		
З2- термодинамические процессы и методы расчета теплообменных аппаратов;	Умело применять знания в принципе действия холодильной установке в реале, все основные процессы протекающие в холодильных установка, в графическом и математическом виде описания установки		
З3- циклы компрессорных машин;	Самостоятельно заниматься		

	построением термодинамических циклов;		
34- основные типы насосов и их рабочие характеристики.	Умело применять знания по принципу действию, назначению, конструкции, всех типов насосов которые используются в промышленности, методике расчета и показатели подбора;		

Профессиональные и общие компетенции	Показатели оценки результата	Средства проверки
1	2	3
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	Демонстрация интереса к будущей профессии;	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Выбор и применение методов и способов решения профессиональных задач в области организации сетевого администрирования; -оценка эффективности и качества выполнения.	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Демонстрация умения решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	Эффективный поиск необходимой информации; -использование различных источников при поиске информации, включая интернет источники;	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	Работать высокотехнологичным информационным телекоммуникационным оборудованием	с и	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	Взаимодействие однокурсниками, преподавателями в ходе обучения; -сетевыми администраторами и лаборантами в ходе прохождения практики и обучения; -готовность к кооперации с коллегами и работе в коллективе при разработке объектов профессиональной деятельности	с	Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	Участие в разработке масштабных проектов, работа в коллективе разработчиков; -демонстрация внимания к деятельности каждого участника проекта и ее результатам; -оценка эффективности и качества выполнения работы каждого участника проекта.		Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	Организация самостоятельных занятий при изучения профессионального модуля		Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях
ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	Применение новых версий ранее изученных технологий, а также ориентация на изменение качественного уровня в технологических решениях		Экспертное наблюдение преподавателя и оценка на лабораторных занятиях

ПК 1.1. Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).	Выполнять деятельность по ремонту и обслуживанию холодильных установок с помощью современных инструментов и компьютерных программ	Дифференцированный зачет
ПК 1.2. Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.	Самостоятельно выполнять поиск не исправностей, которые влияют на показатели холодильной машины, при необходимости устранить.	Дифференцированный зачет
ПК 1.3. Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.	Осуществлять подготовку отчета о режимах работы и определять изменения в работе; определять факторы, оказывающие влияние на качество этих параметрах; документировать результаты оценки качества; выполнять корректирующие действия по восстановлению режимов для эффективной работы холодильной установки	Дифференцированный зачет
ПК 1.4. Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования.	Выполнять качественную настройку всех элементов автоматики для безаварийной и надежно – эффективной работе установки	Дифференцированный зачет
ПК 2.1. Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования.	Уметь работать в коллективе, организовывать работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования	Дифференцированный зачет
ПК 2.2. Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу по ремонту холодильного оборудования в составе некой бригады с использованием современных инструментов и приспособлений.	Дифференцированный зачет
ПК 2.3. Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу по ремонту и испытанию холодильного оборудования.	Дифференцированный зачет

ПК 3.1. Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	Дифференцированный зачет
ПК 3.2. Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	Уметь руководить коллективом, организовывать их работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	Дифференцированный зачет
ПК 3.2. Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.	Уметь качественно анализировать свою работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	Дифференцированный зачет

3. Формы и методы оценивания дисциплины

Предметом оценки служат умения и знания по дисциплине ОП.05 «Термодинамика, теплотехника и гидравлика» по специальности СПО 15.02.06. «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)» (базовая подготовка).

Элемент дисциплины	Формы и методы контроля						
	Текущий контроль			Итоговая аттестация			
	Проверяемые умения и знания	Форма контроля	Номер задания	Проверяемые умения и знания	Коды проверяемых профессиональных и общих компетенций:	Форма контроля	Контрольно-измерительные материалы
Раздел 1. Основы технической термодинамики	У1, У2, У3, У4 31, 33, 33, 34	Лабораторная работа Устный опрос Решение задач	Лабораторная работа №1 Устный опрос №1, Решение задач № 1.	У1, У2, У3, У4 31, 33, 33, 34	ОК1-ОК9 ПК 1.1. -ПК 1.4.	Дифференцированный зачет	Вопросы к дифференцированному зачету №1-98
Раздел 2. Основы теории теплообмена		Лабораторная работа Устный опрос Решение задач,	Лабораторная работа №2, 3 Устный опрос №2 Решение задач № 2.		ПК 2.1. -ПК 2.3.		
Раздел 3. Тепловые установки		Лабораторная работа Устный опрос Решение задач	Лабораторная работа №4, Устный опрос №3 Решение задач № 3.		ПК 3.1. -ПК 3.3.		

<p>Раздел 4. Использование теплоты в сельском хозяйстве</p>		<p>Тестирование Лабораторная работа Устный опрос итоговый Реферативное задание</p>	<p>Тестирование №1 Лабораторная работа № 5 Устный опрос №4 Реферат №1</p>
<p>Раздел 5. Гидравлика</p>		<p>Лабораторная работа Устный опрос Решение задач.</p>	<p>Лабораторная работа №6, Устный опрос №5 Решение задач № 4</p>
<p>Раздел 6. Гидравлические машины</p>		<p>Устный опрос Реферативное задание</p>	<p>Устный опрос №6 Реферат №2</p>
<p>Раздел 7. Основы сельскохозяйственно го водоснабжения и гидромелиорации</p>		<p>Лабораторная работа Устный опрос Решение задач.</p>	<p>Лабораторная работа №7 Устный опрос №7 Решение задач № 6</p>
<p>Раздел 8. Гидропередачи и гидроприводы сельскохозяйственно й техники</p>		<p>Реферативное задание</p>	<p>Реферат № 3</p>

--	--	--	--

4. Критерии оценки

Критерии оценки выполнения лабораторных работ, решений задач:

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если:

- выполнил работу без ошибок и недочетов;
- допустил не более одного недочета;

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если:

- не более одной негрубой ошибки и одного недочета;
- или не более двух недочетов;

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- не более двух грубых ошибок;
- или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета;
- или не более двух-трех негрубых ошибок;
- или одной негрубой ошибки и трех недочетов;
- или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов;

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если:

- допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка "3";
- или если правильно выполнил менее половины работы.

Критерии оценки выполнения тестовых работ:

Процент результативности (правильных ответов)	Кол-во баллов	Оценка уровня подготовки	
		балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	7-8	5	отлично
70 ÷ 89	5-6	4	хорошо
50 ÷ 69	4	3	удовлетворительно
менее 50	менее 4	2	неудовлетворительно

Критерии оценки устных ответов на теоретические вопросы (устный опрос):

оценка «**отлично**» ставится, если обучающийся:

- полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное языковых понятий;
- обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

оценка «**хорошо**» ставится, если студент даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки "5", но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

оценка «**удовлетворительно**» ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;
- не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка "2" отмечает такие недостатки в подготовке студента, которые являются серьёзным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

5. Задания для оценки освоения дисциплины

5.1 Задания текущего контроля

Лабораторная работа №1 Основы технической термодинамики

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Задание: Задание выполняется каждым студентом самостоятельно

Составьте термодинамический словарь терминов:

Термодинамика это –
Теплопередача это–
Термодинамические параметры состояния -
Смесь это –
Теплоемкость это–
Закон Бойля - Мариотта–
Закон Гей - Люссака–
Уравнение идеального газа–
Равновесное состояние это–
Внутренняя энергия это –
Первый закон термодинамике-
Основные процессы идеальных газов -
Второй закон термодинамики -
Энтропия-
Энтальпия –
Компрессор это–
Принцип действия компрессора–
Водяной пар–
Прямой и обратный цикл–
КПД–

Лабораторная работа №2. Основы теории теплообмена

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Задание: Задание выполняется каждым студентом самостоятельно

Задание 1

Как изменится коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты к окружающему воздуху если высоту плиты увеличить в 4 раза, а все другие условия оставить без изменения?

Задание 2

Как изменится коэффициент теплоотдачи и количество сухого насыщенного водяного пара, конденсирующегося в единицу времени на поверхности горизонтальной трубы, если диаметр трубы увеличить в 3 раза, а давление пара, температурный напор и длину трубы оставить без изменений?

Задание 3

Верно ли утверждение, что основным законом теплопроводности является закон Фурье?

Задание 4

Дать пояснение процессам: кипение, конденсация, сублимация. В чем отличие их друг от друга. Показать области этих процессов на диаграмме $s - T$.

Задание 5

Движение жидкости в трубе. Основные виды течений жидкости в трубе. Их граничные величины. От чего зависит критерий Рейнольдса.

Лабораторная работа №3 Основы теории теплообмена

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Цель работы — ознакомление с основами теории конвективного теплообмена и теории подобия применительно к случаю вынужденной конвекции; освоение методик экспериментального определения коэффициента теплоотдачи при движении газа в трубе и обобщения результатов эксперимента методами теории подобия.

Содержание работы

1. Экспериментальное определение локальных и средних коэффициентов теплоотдачи при принудительном движении воздуха в горизонтальной трубе.
2. Обработка полученных результатов в критериальной форме.
3. Сравнение результатов с известными критериальными зависимостями.
4. Оценка погрешностей измерений.

Основы теории

Конвективным теплообменом называется процесс переноса теплоты при перемещении объемов жидкости или газа из области пространства с одним значением температуры в область с другим значением температуры. Конвективный теплообмен между потоком жидкости (или газа) и поверхностью твердого тела называется *теплоотдачей*.

Различают теплоотдачу при *естественной* (свободной) и *вынужденной* конвекции.

При естественной конвекции движение жидкости (газа) вызывается неоднородными массовыми силами. Например, при неоднородном распределении температуры в поле силы тяжести возникает неоднородность плотности и связанная с ней подъемная сила.

При вынужденной конвекции движение жидкости или газа создается силами, приложенными извне. Такой силой является, например, сила обусловленная перепадом давления, создаваемым насосом. В настоящей работе исследуется теплоотдача между внутренней поверхностью трубы и воздухом, вынужденное движение которого осуществляется вентилятором.

Интенсивность теплоотдачи зависит от многих факторов, в частности от вида конвекции (естественная или вынужденная), скорости и режима движения среды (ламинарный или турбулентный), физических свойств среды (плотности ρ , коэффициента теплопроводности λ , динамической вязкости μ , удельной теплоемкости c_p), а также от формы и размеров теплоотдающей или теплопринимающей поверхности, обтекаемой средой.

Явление теплоотдачи описывается системой дифференциальных уравнений, в которую входят уравнения движения, неразрывности, энергии, состояния с комплексом условий однозначности (т. е. с геометрическими, физическими, начальными и граничными условиями). Однако эта система математически очень сложна и может быть решена аналитически только в отдельных простых случаях. Численное решение с помощью ЭВМ часто требует использования нетривиальных вычислительных подходов и принятия упрощающих предположений. В связи с трудностями теоретического исследования теплоотдачи широко применяются экспериментальные методы.

В соответствии с опытным законом теплоотдачи Ньютона — Рихмана тепловой поток, переносимый конвекцией от поверхности теплообмена в окружающую среду, пропорционален площади поверхности теплообмена и разности температур поверхности и окружающей среды:

$$\delta Q = \alpha(t_{ст} - t_{ж})dF, \quad (5.1)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); δQ — тепловой поток, Вт; dF — элемент поверхности теплообмена, м²; $t_{ст}$ и $t_{ж}$ —

Из уравнения (5.1) следует, что

$$\alpha = \frac{q}{t_{ст} - t_{ж}}, \quad (5.2)$$

где $q = \delta Q/dF$ — плотность теплового потока, Вт/м².

С физической точки зрения коэффициент теплоотдачи представляет собой тепловую мощность, переносимую через единицу поверхности, обтекаемой жидкостью или газом, отнесенную к разности температур поверхности и жидкости. Коэффициент теплоотдачи α характеризует интенсивность теплоотдачи и зависит от перечисленных ранее факторов, но непосредственно не зависит от физических свойств обтекаемого средой твердого тела. Коэффициент теплоотдачи можно определить в результате решения системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена или экспериментально.

Каждый отдельный эксперимент, проведенный на модели или натуральном объекте, дает одно конкретное числовое значение искомой величины (коэффициента теплоотдачи α) при определенных значениях исходных параметров. Чтобы найти зависимость коэффициента теплоотдачи хотя бы от одного параметра, необходимо провести множество экспериментов при различных значениях этого параметра, оставляя другие параметры неизвестными. Полученные экспериментально значения коэффициента теплоотдачи связываются с варьируемыми в экспериментах величинами эмпирической формулой. Такие зависимости, как правило, не отражают полностью физическую сущность процессов и справедливы только в диапазонах значений входящих в них величин, охваченных экспериментами. При большом числе факторов крайне трудно подобрать эмпирическую зависимость, отражающую влияние всех факторов. Кроме того, необходимо быть уверенным, что результаты, полученные экспериментально на конкретной установке (модели), можно перенести на другие аналогичные явления, которые называются подобными.

Подобными явлениями принято считать явления одной физической природы, описываемые математически одинаковыми дифференциальными уравнениями, для которых условия однозначности качественно одинаковы (отличаются лишь числовыми значениями). Для таких явлений разработана теория подобия, позволяющая обобщить результаты в виде зависимостей, содержащих безразмерные комплексы, называемые критериями подобия. Полученные таким образом критериальные зависимости могут быть использованы для всей группы подобных явлений. Так, для рассматриваемого случая теплоотдачи в результате вынужденной конвекции при движении жидкости в трубах обобщение экспериментальных результатов представляет собой зависимость

$$Nu = f(Re, Pr). \quad (5.3)$$

Здесь $Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$ — критерий Нуссельта; $Re = \frac{\bar{w} \rho d}{\mu}$ — критерий Рейнольдса; $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$ — критерий Прандтля; d — диаметр трубы, м; \bar{w} — средняя (по расходу) скорость движения жидкости в трубе, м/с; λ , ρ , μ и c_p — коэффициент теплопроводности, плотность, динамическая вязкость и удельная теплоемкость жидкости, Вт/(м·К), кг/м³, кг/(м·с) и Дж/(кг·К) соответственно.

Все критерии являются безразмерными величинами и представляют собой обобщенные переменные, которые отражают влияние на процесс совокупности отдельных факторов. Критерии, содержащие искомые величины, называются *неопределяющими* (в нашем случае это критерий Нуссельта). Критерии, составленные из величин, входящих в условия однозначности (т. е. из известных величин), называются *определяющими* (в нашем случае это критерии Рейнольдса и Прандтля). Критерии подобия получают путем приведения к безразмерному виду дифференциальных уравнений, описывающих процесс. Кроме того, критерии подобия можно получить, пользуясь методами теории размерности.

Конкретный вид функции в уравнении (5.3) зависит от режима течения (ламинарный или турбулентный), который определяется значением критерия Рейнольдса Re . Критическое значение критерия Рейнольдса для труб, при котором происходит переход из ламинарного режима в турбулентный, лежит в пределах $2300 < Re_{кр} < 10^4$. Значение $Re_{кр}$ зависит от условий и степени турбулентности потока на входе в трубу, формы сечения трубы, шероховатости стенок, интенсивности теплообмена и некоторых других факторов. При $Re < 2300$ режим течения газа или жидкости в трубе является ламинарным, при $2300 < Re < 10^4$ — переходным, при $Re > 10^4$ — турбулентным.

При рассмотрении конвективного теплообмена в трубе следует иметь в виду некоторые особенности процесса. Всю длину нагреваемой (или охлаждаемой) трубы можно разбить на два участка. На первом (начальном) участке трубы происходит формирование профиля скоростей и температур. Этот начальный участок называется также участком стабилизации. Длина его при турбулентном режиме течения составляет около $50d$. На втором (основном) участке трубы коэффициент теплоотдачи не изменяется по длине трубы. Формы поперечных профилей скорости и температуры на основном участке не изменяются.

Длина труб во многих теплообменных устройствах соизмерима с длиной участка тепловой стабилизации, поэтому знание локальных коэффициентов теплоотдачи необходимо для расчета количества теплоты, переданного от стенки трубы к потоку на начальном участке.

В условиях теплообмена при постоянной плотности теплового потока по длине нагреваемой трубы ($q = \text{const}$) уменьшение местного (локального) значения коэффициента теплоотдачи на участке тепловой стабилизации приводит к тому, что температура стенки трубы t_c в направлении течения повышается быстрее, чем средняя по сечению температура потока $t_{ж}$. Плотность теплового потока на внутренней поверхности трубы $q = -\lambda(\partial t/\partial r)_c$, и согласно (5.2) $\alpha = -\lambda(\partial t/\partial r)_c/(t_c - t_{ж})$. При постоянной температуре стенки ($t_c = \text{const}$) уменьшение значения α отражает то обстоятельство, что $(\partial t/\partial r)_c$ падает быстрее, чем уменьшается перепад температуры $(t_c - t_{ж})$.

Согласно имеющимся данным критериальное уравнение подобия для расчета коэффициента теплоотдачи при вынужденном турбулентном течении газа в трубе, полученное путем обработки результатов эксперимента методами теории подобия, может быть представлено в следующем виде:

$$\text{Nu} = 0,021\text{Re}_{ж}^{0,8}\text{Pr}_{ж}^{0,43}. \quad (5.4)$$

Эта формула применима при $10^4 < \text{Re}_{ж} < 5 \cdot 10^6$ и $\text{Pr} \geq 0,7$ на основном участке трубы при близких значениях средних температур жидкости (газа) и стенки. Индекс «ж» означает, что в качестве определяющей температуры, для которой значения λ , ρ , μ и c_p берутся из табл. 3.1, принята температура газа $\bar{t}_{ж}$, усредненная по сечению и длине расчетного участка. Критерий $\text{Re}_{ж}$ рассчитан по скорости газа, усредненной по сечению трубы. В качестве характерного размера принят внутренний диаметр трубы.

В настоящей работе ставится задача сравнить полученные в эксперименте результаты с расчетными значениями, соответствующими уравнению (5.4).

Общий вид установки представлен на рис. 5.1.

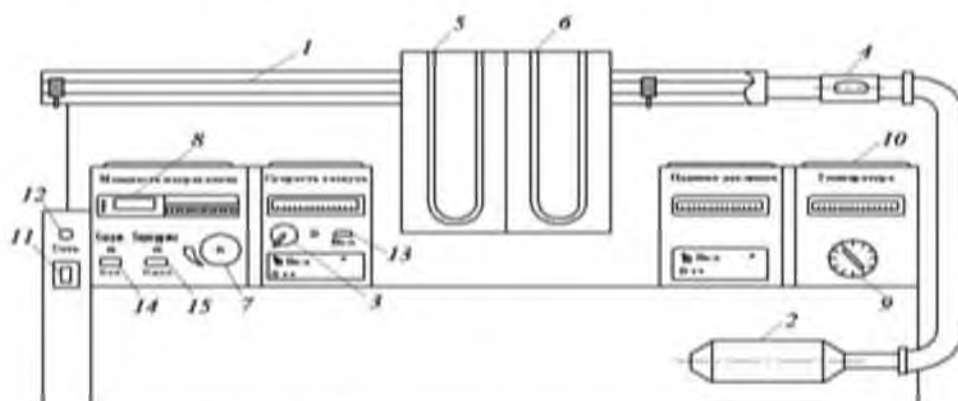


Рис. 5.1. Общий вид установки:

1 – нагреваемая труба; 2 – центробежный вентилятор; 3 – регулятор напряжения электродвигателя вентилятора; 4 – воздушная заслонка; 5 – водяной дифманометр, сообщающийся с трубой Пито; 6 – водяной дифманометр, показывающий полное падение давления на экспериментальном участке; 7 – регулятор напряжения автотрансформатора цепи нагрева; 8 – цифровой комбинированный прибор; 9 – переключатель термометр; 10 – блок измерения температуры; 11 – выключатель питания установки; 12 – контрольная лампа блока питания; 13 – кнопка включения и выключения центробежного вентилятора; 14 – кнопка включения нагрева трубы; 15 – кнопка выключения нагрева

Экспериментальный участок установки представляет собой трубу из коррозионно-стойкой стали внутренним диаметром $d = 8,5$ мм и длиной $L = 720$ мм. Один конец ее сообщается с атмосферой, а другой соединен шлангом с центробежным вентилятором. Движение воздуха в трубе 1 обеспечивается благодаря разрежению, создаваемому вентилятором 2. Скорость воздуха регулируется изменением частота вращения вала электродвигателя вентилятора с помощью регулятора напряжения 3, а также с помощью заслонки 4, обеспечивающей подсос атмосферного воздуха через отверстие в трубопроводе, идущем к центробежному вентилятору.

Скорость воздуха измеряется трубкой Пито в паре с водяным дифманометром 5.

Падение давления на экспериментальном участке измеряется с помощью второго водяного дифманометра 6.

Опоры, в которых закреплена трубка, изготовлены из фторопласта и служат тепло- и электроизоляцией от окружающих элементов конструкции. На концах трубы припаяны медные шайбы, к которым от понижающего трансформатора подводится электрический ток для нагрева экспериментального участка трубы. Напряжение в цепи нагрева регулируется автотрансформатором ЛАТР-2М (ручка регулятора 7) и регистрируется цифровым комбинированным прибором 8. Электрическое сопротивление R трубки на длине $L = 720$ мм составляет 0,0344 Ом.

Температура стенки трубы измеряется десятью хромель-копелевыми термопарами, горячие спаи которых приварены к ее наружной боковой поверхности. Координаты горячих спаев термопар на стенке трубы, отсчитываемые от начального сечения, и длины соответствующих участков измерения (рис. 5.2), указаны в табл. 5.1.

Термопары № 11 и 12 измеряют температуру воздуха соответственно на выходе из трубки и на ее входе. Термопара № 11 установлена в камере смешения. Для перемешивания воздуха перед термопарой № 11 установлена сетка.

Номера термопар, указанные на рис. 5.2, соответствуют позициям на переключателе термопар 9 (см. рис. 5.1). ТермоЭДС измеряется милливольтметром МВУ6-41А в комплекте с усилителем-преобразователем (с автоматической компенсацией температуры

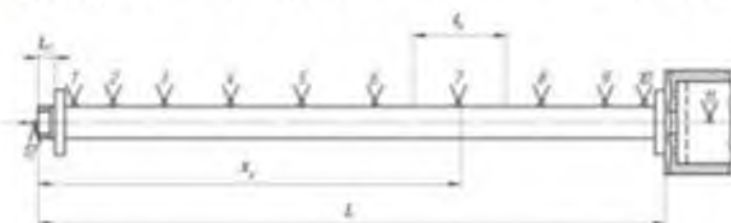


Рис. 5.2. Расположение термопар на рабочем участке. Значения x_i и l_i приведены в табл. 5.1

Координаты горячих спаев термопар и длины соответствующих участков измерения

Параметр	Номер термопары i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Координата x_i , мм	25	45	85	155	250	370	490	610	695	715
Длина участка измерения l_i , мм	25	30	55	82,5	107,5	120	120	102,5	52,5	25

холодных спаев термопар); показания выводятся на прибор блока измерения температуры 10.

Порядок выполнения работы

Перед включением установки проверить исправность цепи заземления корпуса установки. При выполнении работы запрещается прикасаться к токоведущим частям установки, а также без необходимости вращать ручки на пульте управления.

1. Убедиться, что ручки регуляторов напряжения 3 и 7 (см. рис. 5.1) на панели приборов выведены против хода часовой стрелки до упора. Выключателем 11 на панели управления включить установку в сеть (при включении загорится контрольная лампа 12).

2. Кнопкой 13 включить центробежный вентилятор и с помощью заслонки 4 установить режим, соответствующий минимальной скорости воздуха (заслонка полностью открыта). Скорость определить по перепаду давления, показываемому водяным дифманометром 5, соединенным с трубкой Пито.

3. Кнопкой 14 включить цепь нагрева рабочего участка трубы, установив с помощью автотрансформатора напряжение, не превышающее 1,5 В. Напряжение измеряется цифровым комбинированным прибором 8 и регулируется вращением ручки автотрансформатора 7.

4. Время выхода установки на стационарный режим составляет около 10 мин. Убедившись в стационарности теплового режима по стабильности показаний термопар № 8, 9 и 11 (см. рис. 5.2) во времени, по милливольтметру блока измерения температуры 10 (см. рис. 5.1) найти показания всех 12 термопар. Шкала милливольтметра отградуирована в градусах Цельсия.

5. Водяным дифманометром 5 измерить перепад давления Δp на трубке Пито. Водяным дифманометром 6 измерить падение давления по длине трубы ($\Delta h = p_{\text{вх}} - p_{\text{вых}}$).

6. С помощью цифрового комбинированного прибора 8 измерить падение напряжения U на теплообменной трубе.

7. Измерить температуру $t_{\text{вн}}$ и давление p окружающей среды.

8. Все показания, снятые при проведении опыта, занести в бланк отчета.

9. Опыты повторить еще на двух режимах — при максимально допустимой и промежуточной скоростях воздуха, которые соответствуют наполовину и полностью открытой заслонке 4.

10. При выключении установки сначала вращением ручки 7 автотрансформатора сбросить напряжение на теплообменной трубе. При этом цифровой комбинированный прибор 8 должен показывать нуль. Нажатием кнопки 15 выключить цепь нагрева трубы. При работающем центробежном вентиляторе по показаниям термомпар проконтролировать температуру стенки трубы. Отключить центробежный вентилятор нажатием кнопки 13 только после того, как труба охладится до температуры окружающей среды.

Обработка результатов эксперимента

Обработку результатов эксперимента следует выполнять в порядке, указанном в бланке обработки данных.

1. Мощность, Вт, потребляемую теплообменной трубой (на длине $L = 720$ мм), вычислить по формуле

$$Q = \frac{U^2}{R}, \quad (5.5)$$

где U — напряжение на рабочем участке трубы, В; R — сопротивление рабочего участка трубы, $R = 0,0344$ Ом.

2. При необходимости показания дифманометров блока расхода и блока давления на основании данных градуировки перевести в паскали. Шкалы этих приборов могут быть проградуированы непосредственно в паскалях.

3. Вычислить среднюю по длине рабочего участка температуру и плотность воздуха, а также среднюю по сечению скорость воздуха:

$$t_{\text{ж}} = \frac{\bar{t}_{11} + t_{12}}{2}; \quad (5.6)$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{p}{R_{\text{в}}(t_{\text{ж}} + 273)}; \quad (5.7)$$

$$\bar{w} = \xi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{ж}}}}. \quad (5.8)$$

Здесь $\rho_{\text{ж}}$ — плотность воздуха, кг/м^3 ; \bar{w} — средняя скорость воздуха, м/с; $\bar{t}_{11} = \psi t_{11}$ — средняя по сечению температура воздуха на выходе из рабочего участка, °С; t_{12} — температура воздуха на входе в трубу, приблизительно равная температуре окружающей среды (жидкости), °С; t_{11} — температура воздуха на выходе из рабочего участка трубы (измеряется на оси), °С; p — барометрическое давление в окружающей среде, Па; $R_{\text{в}} = 287$ Дж/(кг·К) — газовая постоянная воздуха; Δp — перепад давления на трубке Пито, измеряемый дифманометром 5 (см. рис. 5.1), Па; ψ и ξ — поправочные коэффициенты, связанные с погрешностью измерения температуры и усреднением скорости ($\psi \approx 1,0$; $\xi \approx 0,8$).

4. Вычислить температурный напор в сечениях трубы с координатами x_i ($i = 1, 2, 3, \dots, 10$):

$$\Delta t_i = (t_{ci} - t_{12}) - \frac{t_{11} - t_{12}}{730} x_i. \quad (5.9)$$

Здесь t_{ci} — температура стенки по показаниям i -й термопары, °С; x_i берут в миллиметрах из табл. 5.1; температуру t_{12} можно принять равной температуре окружающей среды $t_{\text{вн}}$.

5. Рассчитать среднюю температуру стенки:

$$\bar{t}_c = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_{ci}. \quad (5.10)$$

6. Экспериментальные значения локальных коэффициентов теплоотдачи определить по формуле

$$\alpha_i = \frac{Q - Q_{\text{п}}}{\Delta t_i \pi d L}, \quad (5.11)$$

где $Q_{\text{п}} = k(\bar{t}_c - t_{12})$ — потери теплоты; коэффициент k находят опытным путем ($k = 0,18$).

7. Экспериментальное значение среднего коэффициента теплоотдачи, Вт/(м²·К), определить по формуле

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=2}^9 \alpha_i l_i}{\sum_{i=2}^9 l_i}. \quad (5.12)$$

При этом вследствие конечных потерь значения α_1 и α_{10} получаются неточными, при усреднении их не учитывать; значения l_i взять из табл. 5.1.

8. Результаты, полученные для трех режимов, обобщить в виде критериальной зависимости, поэтому для каждого режима следует рассчитать

критерий Нуссельта

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = \frac{\bar{\alpha} d}{\lambda_{\text{ж}}}, \quad (5.13)$$

критерий Рейнольдса

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{w d \rho_{\text{ж}}}{\mu_{\text{ж}}}. \quad (5.14)$$

Значение теплофизических параметров воздуха $\lambda_{\text{ж}}$, $\mu_{\text{ж}}$ и $\text{Pr}_{\text{ж}}$ взять из табл. 3.1 индекс «ж» указывает, что эти характери-

ки должны соответствовать значениям для средней температуры жидкости $t_{ж}$.

9. По результатам расчета построить зависимость $Nu_{ж}$ от $Re_{ж}$ в логарифмических координатах, нанося точки, соответствующие экспериментальным режимам.

10. На этом же графике построить зависимость (в виде линии), рассчитываемую по формуле

$$Nu = f(Re_{ж})Pr_{ж}^{0,43}.$$

Значения $f(Re_{ж})$ приведены ниже:

$Re_{ж} \dots$	2300	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000	$> 10^4$
$f(Re_{ж}) \dots$	3,6	4,9	7,5	10	12,2	16,5	20	24	27	30	$0,021Re_{ж}^{0,8}$

Расчет выполнить для значений критерия Рейнольдса, использованных в экспериментах.

Оценка погрешностей измерений

Здесь относительная погрешность измерения напряжения равна

$$\frac{\Delta U}{U} = \pm \frac{K(U_{в} - U_{н})}{100U}, \quad (5.19)$$

где $K = 1$ — класс точности прибора; $U_{в} = 5$ В и $U_{н} = 0,5$ В — верхний и нижний пределы измерений напряжения; U — измеряемое значение напряжения; $\Delta R/R$ — относительная погрешность измерения сопротивления трубы, определенная при изготовлении установки и равная $\pm 0,0179$.

Температуры t_c и $t_{ж}$ измеряют термоэлектрическим термометром. Пределы абсолютной погрешности милливольтметра первого класса, используемого для измерения термоЭДС, равны $\pm 0,1062$, что для хромель-копелевой термопары соответствует $\pm 1,5^\circ\text{C}$.

Пределы допустимой абсолютной погрешности блока с устройством для компенсации температуры холодных спаев термопар не превышают $\pm 2^\circ\text{C}$. Квадраты общей относительной погрешности термоэлектрического термометра и относительных погрешностей измерения t_c и $t_{ж}$ равны

$$\left(\frac{\Delta t_c}{t_c - t_{ж}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_{ж}}{t_c - t_{ж}}\right)^2 = \pm \frac{1,5^2 + 2^2}{(t_c - t_{ж})^2}. \quad (5.20)$$

Отчет о работе должен содержать: принципиальную схему экспериментальной установки; оформленный протокол испытаний и обработки результатов; анализ полученных результатов, основанный на сравнении экспериментальных данных с результатами расчета по существующим критериальным формулам; оценку погрешностей измерений.

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит интенсивность переноса теплоты от поверхности твердого тела к обтекающему его газу?
2. В чем состоит закон теплоотдачи Ньютона — Рихмана?
3. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?
4. Как определить средний температурный напор по длине трубы?
5. Как по экспериментальным данным вычислить локальный (местный) и средний коэффициенты теплоотдачи?
6. При каких значениях критерия Рейнольдса режим течения газа в трубе является ламинарным, переходным и турбулентным?
7. Как определить скорость течения воздуха в трубе?
8. Какие безразмерные комплексы называют определяющими критериями подобия?
9. Назовите критерии подобия для явления теплоотдачи при вынужденном течении газа в трубе.
10. В чем состоит преимущество зависимостей, связывающих безразмерные критерии подобия, по сравнению с обычными зависимостями, содержащими размерные переменные?

Лабораторная работа №4 Тепловые установки

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
----------------------------------	---------------------------------------

Задание выполняется каждым студентом самостоятельно

Выполните следующие задания:

1. Определить массу 1 м³ водяного пара при давлении 700 кПа и степени сухости 0,75.
2. В сосуде вместимостью 5 м³ находится влажный насыщенный пар при давлении 150 бар со степенью сухости 0,3. Определить массу влажного пара и объем, занимаемый кипящей водой и сухим насыщенным паром.
3. Определить температуру охлаждающей воды на выходе из водяного маслоохладителя, если температура трансформаторного масла на входе в теплообменник $t'_1=45^{\circ}\text{C}$, на выходе $t''_1=35^{\circ}\text{C}$, расход масла 15000 кг/час. Температура охлаждающей воды на входе 15 $^{\circ}\text{C}$, расход воды 25000 кг/ч.

Лабораторная работа №5 Использование теплоты в сельском хозяйстве

Проверяемые результаты обучения:	У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4
----------------------------------	--------------------------------

Расчеты ведутся каждым студентом самостоятельно

Задание 1

В теплообменном аппарате вода с расходом 2 кг/с нагревается от температуры 20 °С до 210 °С. При этом газы охлаждаются от 410 °С до 250 °С. Определить поверхность теплообменника при включении его по схеме прямотока и 120 противотока, если коэффициент противотока, теплопередачи $k = 32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Задание 2

В теплообменнике конденсируется пар при атмосферном давлении 0,1 МПа и конденсат удаляется при температуре насыщения. Охлаждающая вода нагревается от $t_2 = 20 \text{ °С}$ до $t''_2 = 85 \text{ °С}$. Поверхность теплообменника $F = 5 \text{ м}^2$. Коэффициент теплопередачи $k = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Определить расход горячего теплоносителя.

Задание 3

В испарителе кипит вода при давлении $p_2 = 1 \text{ бар}$. Греющий пар при давлении $p_1 = 20 \text{ бар}$ конденсируется и удаляется при температуре насыщения. Расход воды $G_2 = 0,2 \text{ кг/с}$.

Определить расход греющего пара.

Задание 4

Определить расход пара на нагрев воды в пароводяном теплообменнике при условии, что весь пар превращается в конденсат, выходящий из теплообменника в состоянии насыщения при давлении греющего пара. Найти площадь поверхности нагрева в теплообменнике при условии, что коэффициент теплопередачи $k = 2700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Построить схематично график изменения температуры теплоносителей вдоль поверхности нагрева, если расход воды $G_2 = 2 \text{ м}^3/\text{мин}$, температура воды на входе 25 °С, на выходе 75 °С. Давление пара $p = 0,12 \text{ МПа}$, степень сухости $x = 0,98$.

Лабораторная работа №6 Гидравлика

Проверяемые результаты обучения:	У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4
----------------------------------	--------------------------------

Задание выполняется каждым студентом самостоятельно

Составьте гидравлический словарь терминов:

Гидравлика это –

Гидростатика это–

Гидродинамика это –

Жидкостью называется–

Физические свойства жидкости–

Закон Паскаля–

Закон Архимеда–

Уравнение не разрывности потока–

Уравнение Бернулли –

Гидравлические сопротивления это–

Внезапное сужение -

Постепенное расширение -

Гидравлический удар в трубе это–

Лабораторная работа №7 Основы сельскохозяйственного водоснабжения и гидромелиорации

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Задание выполняется каждым студентом самостоятельно

Составьте гидравлический словарь терминов:

- Гидравлика это –
- Гидростатика это–
- Гидродинамика это –
- Жидкостью называется–
- Физические свойства жидкости–
- Закон Паскаля–
- Закон Архимеда–
- Уравнение не разрывности потока–
- Уравнение Бернулли –
- Гидравлические сопротивления это–
- Внезапное сужение -
- Постепенное расширение -
- Гидравлический удар в трубе это–
- Кавитация это–
- Напор это–
- Гидравлическая машина это -
- Труба это–
- Насос это–
- Внезапное сужение -
- Постепенное расширение -
- Гидравлический удар в трубе это–

Устный опрос №1 Основы технической термодинамики

Проверяемые результаты обучения:

У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4

Тематика устного опроса:

1. Термодинамика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные параметры состояния.
3. Идеальные газы.
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Законы Бойля – Мариотта, Гей – Люссака и Шарля.
6. Закон Авагадро.
7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Смеси идеальных газов. Основные понятия и определения.
9. Свойства смесей.
10. Первый закон термодинамики. Основные понятия о теплоте, работе, внутренней энергии.
11. Формулировка первого закона термодинамики. Энтальпия.
12. Теплоемкость газов и смесей. Основные понятия.
13. Теплоемкость изохорная и изобарная.
14. Термодинамические процессы. Основные понятия.
15. Изохорный процесс.
16. Изобарный процесс.
17. Изотермический и адиабатный процессы.
18. Политропный процесс.
19. Второй закон термодинамики. Формулировка.
20. Термодинамические циклы. Прямой и обратный цикл.
21. Энтропия.
22. Диаграмма $s - T$.
23. Влажный воздух. Основные определения. Параметры влажного воздуха. Диаграмма $h - d$ влажного воздуха.
24. Водяной пар. Основные определения. Параметры состояния.
25. Назначение, принцип действия и классификация компрессоров.

Устный опрос №2 Основы теории теплообмена

Проверяемые результаты обучения:

У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4

Тематика устного опроса:

1. Теплопроводность. Основные понятия и определения.
2. Температурное поле.
3. Температурный градиент.
4. Основной закон теплопроводности.
5. Передача теплоты через плоскую стенку
6. Передача теплоты через цилиндрическую и шаровую стенку.
7. Конвективный теплообмен. Основные понятия.
8. Уравнение конвективного теплообмена.
9. Теплообмен при вынужденном движении жидкости.
10. Теплообмен при свободной конвекции.
11. Теплопередача в неограниченном пространстве.
12. Теплопередача в ограниченном пространстве.
13. Теплообмен при кипении жидкости. Основные понятия.

14. Коэффициент теплопроводности.
15. Механизм парообразования.
16. Теплообмен при кипении.
17. Теплообмен при конденсации пара.
18. Конвекция.
19. Теплопередача.
20. Теплообменные аппараты. Конструкция, назначение.
21. Применения теплообменных аппаратов.
22. Виды теплообменных аппаратов.
23. Материалы изготовления теплообменных аппаратов.
24. Рабочие среды.
25. Принцип работы теплообменных аппаратов.

Устный опрос №3 Тепловые установки

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Тематика устного опроса:

1. Тепловая энергия. Основные понятия и определения.
2. Тепловая установка.
3. Принцип работы тепловой установки.
4. КПД установки.
5. Тепловой процесс.
6. Насыщенный и перегретый пар их параметры.
7. Теплота парообразования.
8. Параметры влажного воздуха.
9. Основные элементы тепловых установок.
10. Котельные установки.
11. Парогенераторы.
12. Топочные устройства.
13. Потеря теплоты.
14. Классификация котлов.
15. Тепловой баланс котлов.
16. Тепловой насос.
17. Геотермальные тепловые установки.
18. Принципиальная схема котельной установки.

Устный опрос №4. Обобщенный Использование теплоты в сельском хозяйстве

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Тематика устного опроса:

1. Термодинамика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные параметры состояния.
3. Идеальные газы.
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Законы Бойля – Мариотта, Гей – Люссака и Шарля.
6. Закон Авагадро.

7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Смеси идеальных газов. Основные понятия и определения.
9. Свойства смесей.
10. Первый закон термодинамики. Основные понятия о теплоте, работе, внутренней энергии.
11. Формулировка первого закона термодинамики. Энтальпия.
12. Теплоемкость газов и смесей. Основные понятия.
13. Теплоемкость изохорная и изобарная.
14. Термодинамические процессы. Основные понятия.
15. Изохорный процесс.
16. Изобарный процесс.
17. Изотермический и адиабатный процессы.
18. Политропный процесс.
19. Второй закон термодинамики. Формулировка.
20. Термодинамические циклы. Прямой и обратный цикл.
21. Энтропия.
22. Диаграмма $s - T$.
23. Влажный воздух. Основные определения. Параметры влажного воздуха. Диаграмма $h - d$ влажного воздуха.
24. Водяной пар. Основные определения. Параметры состояния.
25. Назначение, принцип действия и классификация компрессоров.
26. Теплопроводность. Основные понятия и определения.
27. Температурное поле.
28. Температурный градиент.
29. Основной закон теплопроводности.
30. Передача теплоты через плоскую стенку
31. Передача теплоты через цилиндрическую и шаровую стенку.
32. Конвективный теплообмен. Основные понятия.
33. Уравнение конвективного теплообмена.
34. Теплообмен при вынужденном движении жидкости.
35. Теплообмен при свободной конвекции.
36. Теплопередача в неограниченном пространстве.
37. Теплопередача в ограниченном пространстве.
38. Теплообмен при кипении жидкости. Основные понятия.
39. Коэффициент теплопроводности.
40. Механизм парообразования.
41. Теплообмен при кипении.
42. Теплообмен при конденсации пара.
43. Конвекция.
44. Теплопередача.
45. Теплообменные аппараты. Конструкция, назначение.
46. Применения теплообменных аппаратов.
47. Виды теплообменных аппаратов.
48. Материалы изготовления теплообменных аппаратов.
49. Рабочие среды.
50. Принцип работы теплообменных аппаратов.
51. Тепловая энергия. Основные понятия и определения.
52. Тепловая установка.

53. Принцип работы тепловой установки.
54. КПД установки.
55. Тепловой процесс.
56. Насыщенный и перегретый пар их параметры.
57. Теплота парообразования.
58. Параметры влажного воздуха.
59. Основные элементы тепловых установок.
60. Котельные установки.
61. Парогенераторы.
62. Топочные устройства.
63. Потеря теплоты.
64. Классификация котлов.
65. Тепловой баланс котлов.
66. Тепловой насос.
67. Геотермальные тепловые установки.
68. Принципиальная схема котельной установки.

Устный опрос №5 Гидравлика

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Тематика устного опроса:

1. Гидравлика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные свойства жидкости.
3. Гидростатика. Основные понятия
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Основные законы гидростатики.
6. Закон Паскаля.
7. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
8. Сила давления на криволинейную поверхность. Закон Архимеда.
9. Условия плавания тел.
10. Гидродинамика. Основные понятия.
11. Уравнение неразрывности потока.
12. Уравнение Бернулли.
13. Режимы движения реальной жидкости.
14. Виды гидравлических сопротивлений.
15. Местное сопротивление.
16. Гидравлический удар в трубах.
17. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
18. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
19. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
20. Инструмент для определения давления.
21. Гидростатическое давление.
22. Закон сообщающихся сосудов.
23. Полный напор жидкости.
24. Назначение, принцип действия и классификация насосов.
25. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

Устный опрос №6 Гидравлические машины

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
----------------------------------	---------------------------------------

Тематика устного опроса:

1. Гидравлика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные свойства жидкости.
3. Гидростатика. Основные понятия
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Основные законы гидростатики.
6. Закон Паскаля.
7. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
8. Сила давления на криволинейную поверхность. Закон Архимеда.
9. Условия плавания тел.
10. Гидродинамика. Основные понятия.
11. Уравнение неразрывности потока.
12. Уравнение Бернулли.
13. Режимы движения реальной жидкости.
14. Виды гидравлических сопротивлений.
15. Местное сопротивление.
16. Гидравлический удар в трубах.
17. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
18. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
19. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
20. Инструмент для определения давления.
21. Гидростатическое давление.
22. Закон сообщающихся сосудов.
23. Полный напор жидкости.
24. Назначение, принцип действия и классификация насосов.
25. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

Устный опрос №7 Основы сельскохозяйственного водоснабжения и гидромелиорации.

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
----------------------------------	---------------------------------------

Тематика устного опроса:

1. Гидравлика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные свойства жидкости.
3. Гидростатика. Основные понятия
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Основные законы гидростатики.
6. Закон Паскаля.
7. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
8. Сила давления на криволинейную поверхность. Закон Архимеда.
9. Условия плавания тел.
10. Гидродинамика. Основные понятия.
11. Уравнение неразрывности потока.
12. Уравнение Бернулли.
13. Режимы движения реальной жидкости.

14. Виды гидравлических сопротивлений.
15. Местное сопротивление.
16. Гидравлический удар в трубах.
17. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
18. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
19. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
20. Инструмент для определения давления.
21. Гидростатическое давление.
22. Закон сообщающихся сосудов.
23. Полный напор жидкости.
24. Назначение, принцип действия и классификация насосов.
25. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
26. Гидравлическая машина.
27. Закон подобия.
28. Параметры насосов.
29. Закон пропорциональности.
Назначение трубопроводов работающих под вакуумом.

Решение задач №1 Основы технической термодинамики

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Задачи решаются группами по 5 человек

Задача 1

Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при температуре 27 °С?

Задача 2

При уменьшении объема одноатомного газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20% .
Во сколько раз изменилась внутренняя энергия?

Задача 3

Температура воздуха в комнате объемом 70 м³ была 280 К. После того как протопили печь, температура поднялась до 296 К. Найти работу воздуха при расширении, если давление постоянно и равно 100 кПа.

Задача 4

Какую работу совершил воздух массой 200 г при его изобарном нагревании на 20 К?
Какое количество теплоты ему при этом сообщили?

Задача 5

Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117 °С, а холодильника 27 °С. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с, равно 60 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, и мощность машины.

Задача 6

Сосуд содержит 2 л воды и лед при общей температуре 0 °С. После введения 380 г водяного пара при температуре 100 °С лед растаял и вся вода нагрелась до 70 °С. Сколько льда было в сосуде? Теплоемкость сосуда 57 Дж/К.

Задача 7

Сколько дров надо сжечь в печке с КПД 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре -10 °С, воду при 20 °С?

Задача 8

Через воду, имеющую температуру $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, пропускают водяной пар при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сколько процентов составит масса воды, образовавшейся из пара, от массы всей воды в сосуде в момент, когда ее температура равна $50\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Задача 9

После опускания в воду, имеющую температуру $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, тела, нагретого до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, через некоторое время установилась общая температура $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Задача 10

Бытовой газовый водонагреватель проточного типа имеет полезную мощность 21 кВт и КПД 80% . Сколько времени будет наполняться ванна вместимостью 200 л водой, нагретой в нагревателе на $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, и каков расход газа (в литрах) за это время? При сгорании 1 м^3 природного газа выделяется энергия 36 МДж .

Решение задач №2 Основы теории теплообмена

Проверяемые результаты обучения:	У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4
---	---------------------------------------

Задачи решаются группами по 2 человека

Задача №1.

Определить термическое сопротивление теплопроводности R_1 и толщину δ плоской однослойной стенки, если при разности температур ее поверхностей $\Delta T = T_{w2} - T_{w1} = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ через нее проходит стационарный тепловой поток плотностью $q = 3\text{ кВт/м}^2$. Коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 2\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Задача №2.

Плоская стенка толщиной $\delta = 50\text{ мм}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 2\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ пропускает стационарный тепловой поток, имеющий поверхностную плотность $q = 3\text{ кВт/м}^2$. Температура тепловоспринимающей поверхности стенки $T_{w1} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить термическое сопротивление теплопроводности стенки R_1 и температуру теплоотдающей поверхности T_{w2} .

Задача №3.

Вычислить потерю теплоты с 1 м неизолированного трубопровода диаметром $d_1/d_2 = 150/165\text{ мм}$, проложенного на открытом воздухе, если внутри трубы протекает вода со средней температурой $T_{11} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура окружающего воздуха $T_{12} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплопроводности материала трубы $\lambda = 50\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы $\alpha_1 = 1000\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ и от трубы к окружающему воздуху $\alpha_2 = 12\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Определить также температуры на внутренней и внешней поверхностях трубы.

Задача №4.

Нагреватель, выполненный из трубки диаметром $d = 25\text{ мм}$ и длиной $L = 0,5\text{ м}$, погружен вертикально в бак с водой, имеющей температуру $T_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемое нагревателем в единицу времени, считая температуру его поверхности постоянной по всей длине и равной $T = 55,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задача №5.

По трубе $d = 60\text{ мм}$ протекает воздух со скоростью $w = 5\text{ м/с}$. Определить значение среднего коэффициента теплоотдачи, если средняя температура воздуха $T_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Задача №6.

На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром $d = 20$ мм и длиной $L = 2$ м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении $p_n = 1,013 \cdot 10^5$ Па. Температура поверхности трубы $T_w = 94,5^\circ\text{C}$. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара G , которое конденсируется на поверхности трубы.

Задача №7.

Определить коэффициент теплоотдачи и температуру поверхности нагрева при пузырьковом режиме кипения в большом объеме. Давление воды 1 МПа, а плотность теплового потока $q = 0,4$ МВт/м².

Решение задач №3 Тепловые установки

Проверяемые результаты обучения:	У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4
----------------------------------	--------------------------------

Задачи решаются группами 2-3 человека

Задача №1.

Определить температуру, удельный объем, плотность, энтропию, энтальпию сухого насыщенного водяного пара при давлении 1 МПа.

Задача №2.

Определить внутреннюю энергию водяного пара при $p = 5$ МПа и $t = 300^\circ\text{C}$.

Задача №3.

1 кг воды с температурой 100°C нагревается при постоянном давлении 3 МПа и переводится в пар с температурой 400°C . Определить начальные и конечные параметры, количество теплоты, расходуемой на нагрев воды до кипения, на процесс парообразования, на перегрев пара, суммарную теплоту процесса, степень перегрева пара и работу изменения объема.

Задача №4.

Простой цикл ПТУ имеет следующие параметры: давление и температура пара перед турбиной $p_0 = 130$ бар и $t_0 = 510^\circ\text{C}$, давление пара в конденсаторе $p_k = 0,035$ бар. Определить термический КПД цикла, удельные расходы пара и теплоты на выработанный кВт·ч.

Решение задач №4 Гидравлика

Проверяемые результаты обучения:	У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4
----------------------------------	--------------------------------

Задачи решаются группами по 5 человек

Задача 1

Сосуд заполнен водой, занимающей объем $W_1 = 2$ м³. На сколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину на величину 200 бар при температуре 20°C ? Модуль объемной упругости для воды при данной температуре $E_0 = 2110$ МПа.

Задача 2

Плотность масла АМГ-10 при температуре 20°C составляет 850 кг/м³. Определить плотность масла при повышении температуры до 60°C и увеличении давления с атмосферного ($p_1 = 0,1$ МПа) до $p_2 = 8,7$ МПа. Модуль объемной упругости масла $E_0 = 1305$

МПа, температурный коэффициент $\beta_t = 0,0008$ 1/град.

Задача 3

В цилиндрический бак диаметром 2 м до уровня $H = 1,5$ м налиты вода и бензин. Уровень воды в пьезометре ниже уровня бензина на $h = 300$ мм. Определить вес находящегося в баке бензина, если $\rho_b = 700$ кг/м³

Задача 4

Система из двух поршней, соединенных штоком, находится в равновесии. Определить силу, сжимающую пружину. Жидкость, находящаяся между поршнями и в бачке – масло с плотностью $\rho = 870$ кг/м³. Диаметры $D = 80$ мм; $d = 30$ мм; высота $H = 1000$ мм; избыточное давление $p_0 = 10$ кПа.

Задача 5

Определить силу F , необходимую для удержания в равновесии поршня, если труба под поршнем заполнена водой, а размеры трубы: $D = 100$ мм; $H = 0,5$ м; $h = 4$ м. Длины рычага: $a = 0,2$ м и $b = 1$ м. Собственным весом поршня пренебречь.

Задача 6

По трубопроводу диаметром $d = 150$ мм перекачивается нефть плотностью $\rho = 800$ кг/м³ в количестве 1200 т. в сутки. Определить секундный объемный расход нефти Q и среднюю скорость ее течения v .

Задача 7

Из напорного бака вода течет по трубе диаметром $d_1 = 20$ мм, и затем вытекает в атмосферу через насадку с диаметром выходного отверстия $d_2 = 10$ мм. Избыточное давление воздуха в баке $p_0 = 0,18$ МПа; высота $H = 1,6$ м. Пренебрегая потерями энергии, определить скорости течения воды в трубе v_1 и на выходе из насадки

Задача 8

Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход $Q = 0,136$ м³/с. Коэффициент кинематической вязкости для воды (при $t = 10$ °С) $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Задача 9

Вентиляционная труба $d = 0,1$ м имеет длину $l = 100$ м. Определить потери давления, если расход воздуха, подаваемый по трубе, равен $Q = 0,078$ м³/с. Давление на выходе равно атмосферному ($p_{ат} = 0,1$ МПа). Местные сопротивления по пути движения воздуха отсутствуют. Кинематическая вязкость воздуха при $t = 20$ °С составляет $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Средняя шероховатость выступов $\Delta = 0,2$ мм, плотность воздуха $\rho = 1,18$ кг/м³.

Задача 10

Вода перетекает из напорного бака, где избыточное давление воздуха $p_1 = 0,3$ МПа, в открытый резервуар по короткой трубе диаметром $d = 50$ мм, на которой установлен кран. Чему должен быть равен коэффициент сопротивления крана для того, чтобы расход воды составлял $Q = 8,7$ л/с. Высоты уровней $H_1 = 1$ м, $H_2 = 3$ м. Учесть потери напора на входе в трубу ($\zeta_{вх} = 0,5$) и на выходе из трубы (внезапное расширение).

Решение задач №6 Основы сельскохозяйственного водоснабжения и гидромелиорации

Проверяемые результаты обучения:

У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4

Задачи решаются группами по 5 человек

Задача 1

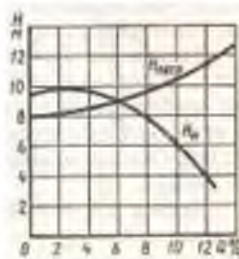
При испытании насоса получены следующие данные: избыточное давление на выходе из насоса $p_2=0,35$ МПа; вакуум перед входом в насос $h_{\text{вак}}=294$ мм рт. ст.; подача $Q=6,5$ л/с; крутящий момент на валу насоса $M=41$ Нм; частота вращения вала насоса $n=800$ об/мин. Определить мощность, развиваемую насосом; потребляемую мощность и к.п.д. насоса. Диаметры всасывающего и напорного трубопроводов считать одинаковыми.

Задача 2

Центробежный насос системы охлаждения двигателя имеет рабочее колесо диаметром $D_2=200$ мм с семью радиальными лопатками ($\beta_2=90^\circ$); диаметр окружности входа $D_1=100$ мм. Какую частоту вращения нужно сообщить валу этого насоса при работе на воде для получения давления насоса $p=0,2$ МПа? Гидравлический к.п.д. насоса принять равным $\eta_H=0,7$.

Задача 3

Центробежный насос работает с частотой вращения $n_1=1500$ об/мин и перекачивает жидкость по трубопроводу, для которого задана кривая потребного напора $H_{\text{номп}}=f(Q)$ (см. рисунок). На том же графике дана характеристика насоса H_n при указанной частоте вращения. Какую частоту вращения нужно сообщить данному насосу, чтобы увеличить подачу жидкости в два раза?

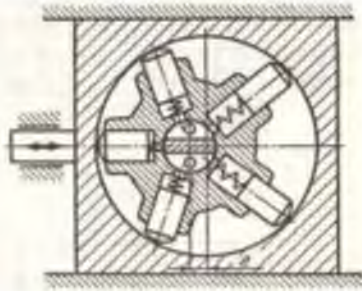


Задача 4

Центробежный насос, характеристика которого описывается уравнением $H_n=H_0-k_1Q^2$, нагнетает жидкость в трубопровод, потребный напор для которого пропорционален квадрату расхода: $H_{\text{номп}}=k_2Q^2$. Определить подачу насоса и его напор, если $H_0=5$ м, $k_1=k_2=0,05 \cdot 10^6$ с²/м⁵. Какими будут подача насоса и напор, если частота его вращения увеличится вдвое, и вдвое возрастет сопротивление трубопровода, т.е. $k_2=0,1 \cdot 10^6$ с²/м⁵?

Задача 5

При постоянном расходе жидкости, подводимой к радиально-поршневому гидромотору, частоту вращения его ротора можно изменять за счет перемещения статора и, следовательно, изменения эксцентриситета e . Определить максимальную частоту вращения ротора гидромотора, нагруженного постоянным моментом $M=300 \text{ Н}\cdot\text{м}$, если известно: максимальное давление на входе в гидромотор $p_{max}=20 \text{ МПа}$; расход подводимой жидкости $Q=15 \text{ л/мин}$; объемный к.п.д. гидромотора $\eta_0=0,9$ при p_{max} ; механический к.п.д. при том же давлении $\eta_M=0,92$.



Раздел 8. Гидропередачи и гидроприводы сельскохозяйственной техники

Реферативное задание №1 Использование теплоты в сельском хозяйстве

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Каждый студент самостоятельно подготавливает эссе по теме «Теплообменные аппараты. Конструкции. Принцип действия. Основные процессы. Назначение и применение их в промышленности»

Реферативное задание №2 Гидравлические машины

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Темы выбирают студенты самостоятельно, по теме на каждого студента.

Темы реферативных заданий:

1. Гидравлические машины.
2. Основные типы насосов и их параметры.
3. Центробежные насосы. Конструкция. Принцип действия.
4. Плунжерные насосы. Конструкция. Принцип действия.
5. Шестеренчатый насос. Конструкция. Принцип действия.
6. Пластинчатый насос. Конструкция. Принцип действия.
7. Струйные насосы. Конструкция. Принцип действия.
8. Подбор насосов.
9. Ротационные насосы. Конструкция. Принцип действия.
10. Гидродвигатели Основные параметры и характеристики.
11. Вентиляторы. Принцип работы.
12. Источники водоснабжения.
13. Гидравлические расчеты теплообменных аппаратов.
14. Гидроэлектростанции.
15. Основные виды рабочих веществ.
16. Гидравлический пресс. Работа. Назначение.
17. Применение гидравлики в холодильной технике.
18. Поршневая гидравлическая машина.
19. Закон пропорциональности.
20. Закон подобия.
21. Приборы для измерения давления.
22. Трубопроводы, работающие под вакуумом.
23. Кавитация. Высота установки насосов.
24. Воздушные колпаки
25. Классификация поршневых насосов.

Реферативное задание №3 Гидропередачи и гидроприводы сельскохозяйственной техники

Проверяемые результаты обучения:	<i>У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4</i>
---	---------------------------------------

Темы выбирают студенты самостоятельно. Работа по группам из 3-4 человек.

1. Динамические передачи. Назначение, типы, достоинства и недостатки.
2. Гидромуфты и гидротрансформаторы. Устройство, принцип действия.
3. Способы регулирования гидромуфты.
4. Объемные гидроприводы. Назначение, общее устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, классификация, типовые схемы.
5. Типовые схемы объемных гидроприводов и гидротрансмиссий применяемых в сельскохозяйственной технике.
6. Гидравлические системы управления и регулирования.
7. Расчет и испытание объемного гидропривода.
8. Применение гидравлических систем в пищевой промышленности.
9. Применение гидравлических систем в автомобильной промышленности.
10. Применение гидравлических систем в химической промышленности.
11. Гидроподъемники.

Тестирование №1. Использование теплоты в сельском хозяйстве

Проверяемые результаты обучения:

У1, У2, У3, У4, З1, З3, З3, З4

Варианты теста:

Вариант 1

Часть А

1. Внутренняя энергия данной массы реального газа...

- А. Не зависит ни от температуры, ни от объема.
- Б. Не зависит ни от каких факторов.
- В. Зависит только от объема.
- Г. Зависит от температуры и объема.

2. Внутреннюю энергию системы можно изменить (выберите наиболее точное продолжение фразы...

- А. Только путем совершения работы.
- Б. Только путем теплопередачи.
- В. Путем совершения работы и теплопередачи.
- Г. Среди ответов нет правильного.

3. В процессе плавления твердого тела подводимое тепло идет на разрыв межатомных (межмолекулярных) связей и разрушение дальнего порядка в кристаллах. Происходит ли при плавлении изменение внутренней энергии тела?

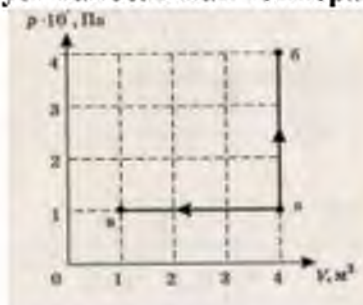
- А. Внутренняя энергия тела не изменяется.
- Б. Внутренняя энергия тела увеличивается.
- В. Внутренняя энергия тела уменьшается.
- Г. Внутренняя энергия тела иногда увеличивается, иногда уменьшается.

4. Какой тепловой процесс изменения состояния газа происходит без теплообмена?

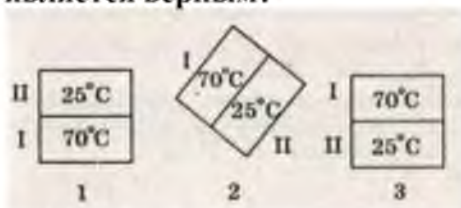
- А. Изобарный.
- Б. Изохорный.
- В. Изотермический.
- Г. Адиабатный.

5. Идеальный газ переводится из одного состояния в другое двумя способами: а—б и а—в (см. рис.). Какому состоянию соответствует наибольшая температура?

- А. а.
- Б. б.
- В. в.
- Г. а и в.

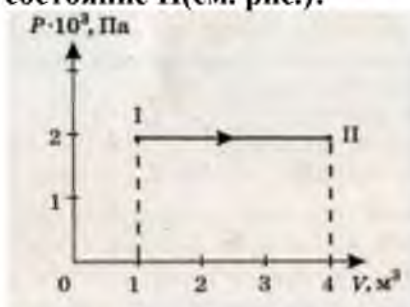


6. Два одинаковых твердых тела, имеющих различные температуры, привели в соприкосновение так, показано на рис. Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?



- А. Теплопередача осуществляется только в положении 1 от тела I к телу II.
- Б. Теплопередача осуществляется только в положении 2 от тела II к телу I.
- В. Теплопередача осуществляется только в положении 3 от тела II к телу I.
- Г. При любом положении тел теплопередача осуществляется от тела I к телу II.

7. Чему равна работа, совершенная газом при переходе его из состояния I в состояние II (см. рис.)?



- А. 8 кДж.
- Б. 6 кДж.
- В. 6 Дж.
- Г. 8 мДж.

8. В процессе адиабатного расширения газ совершает работу, равную $3 \cdot 10^{10}$ Дж. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

- А. 0.
- Б. $3 \cdot 10^{10}$ Дж.
- В. $-3 \cdot 10^{10}$ Дж.
- Г. Изменение внутренней энергии может принимать любое значение.

9. Какую работу совершил водород массой 2 кг при изобарном нагревании на 10 К?

- А. = 83 кДж.
- Б. = 83 Дж.
- В. 0.
- Г. = 125 кДж.

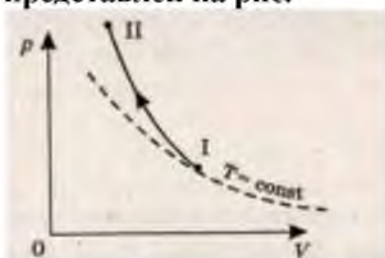
10. Тепловая машина получила от нагревателя 0,4 МДж теплоты и отдала холодильнику 0,1 МДж теплоты. Чему равен КПД такой тепловой машины?

- А. 100%.
- Б. > 100%.
- В. 75%.
- Г. 25%
- Часть Б

11. В стакан с водой опустили кристаллы марганцовки. Через некоторое время получился равномерно окрашенный раствор. Могут ли из раствора самопроизвольно образоваться кристаллики марганцовки?

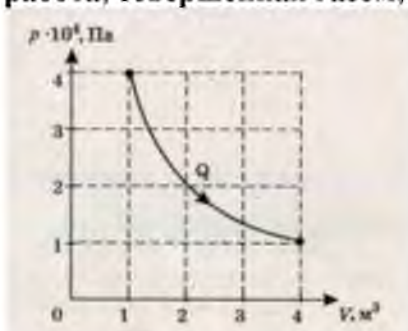
- А. Если нагреть, то могут.
- Б. Никогда не могут.
- В. Если охладить, то могут.
- Г. Могут, если быстро охладить, а затем нагреть.

12. Внутренняя энергия идеального газа при адиабатном процессе, график которого представлен на рис.



- А. Не изменяется.
- Б. Увеличивается.
- В. Уменьшается.
- Г. Сначала уменьшается, затем увеличивается

13. На рис. показан процесс изменения состояния идеального газа. Чему равна работа, совершенная газом, если в этом процессе он получил $6 \cdot 10^5$ Дж теплоты?

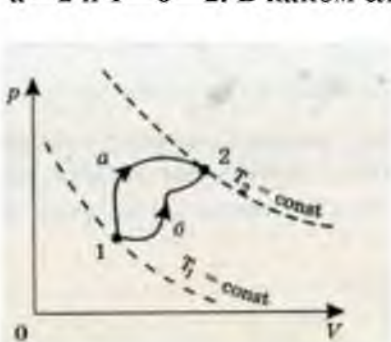


- А. 0.
- Б. $-6 \cdot 10^5$ Дж.
- В. $6 \cdot 10^5$ Дж.
- Г. $3 \cdot 10^4$ Дж.

14. Водород и гелий равной массы, взятые при одинаковых давлениях, нагревают на 20 К. Одинаковая ли работа совершается при этом?

- А. Работа, совершенная водородом, в 2 раза больше.
- Б. Работа, совершенная гелием, в 2 раза больше.
- В. Совершаются равные работы.
- Г. По условию задачи невозможно сравнить работы, совершенные газами.

15. Идеальный газ переводится из первого состояния во второе двумя способами: 1—а—2 и 1—б—2. В каком случае газу передано большее количество теплоты?



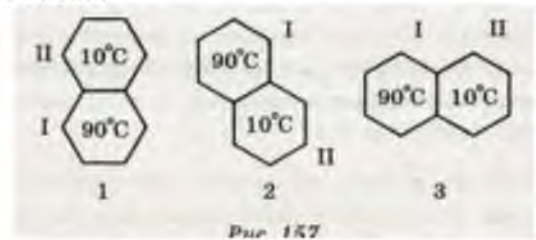
- А. 1—а—2.
- Б. 1—б—2.
- В. В обоих случаях передается одинаковое количество
- Г. По условию задачи невозможно сравнить переданное газу

Вариант 2

Часть А

1. Внутренняя энергия данной массы идеального газа...

- А. Не зависит ни от температуры, ни от объема.
- Б. Не зависит ни от каких факторов.
- В. Зависит только от температуры.
- Г. Зависит только от объема.



2. Какой вид теплопередачи сопровождается переносом вещества?

- А. Теплопроводность.
- Б. Конвекция.
- В. Излучение.
- Г. Теплопроводность и излучение.

3. В процессе кипения жидкости средняя скорость теплового движения молекул не увеличивается, а меняется их взаимное расположение. Происходит ли при кипении изменение внутренней энергии жидкости?

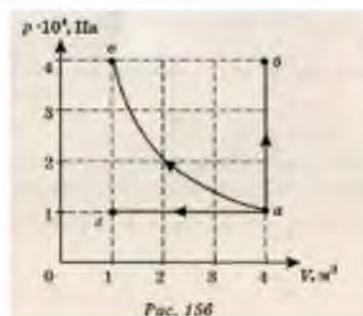
- А. Внутренняя энергия жидкости не изменяется.
- Б. Внутренняя энергия жидкости увеличивается.
- В. Внутренняя энергия жидкости уменьшается.
- Г. Внутренняя энергия жидкости иногда увеличивается, иногда уменьшается.

4. В каком тепловом процессе внутренняя энергия системы не изменяется при переходе ее из одного состояния в другое?

- А. В изобарном.
- Б. В изохорном.
- В. В изотермическом.
- Г. В адиабатном.

5. Идеальный газ переводится из одного состояния в другое тремя способами: а—б, а—в и а—г (см. рис.). Каким состояниям соответствует одинаковая температура?

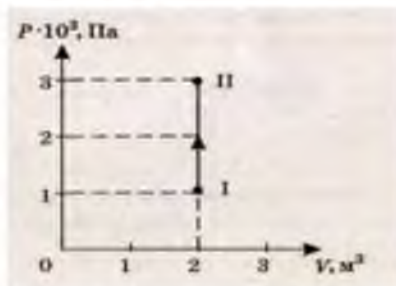
- А. а и б.
- Б. а и в.
- В. а и г.
- Г. в и г.



6. Два одинаковых твердых тела, имеющих различные температуры, привели в соприкосновение так как показано на рис. Какое из перечисленных ниже утверждений является верным?

- А. Теплопередача осуществляется только в положении 1 от тела I к телу II.
- Б. Теплопередача осуществляется только в положении 2 от тела II к телу I.
- В. Теплопередача осуществляется только в положении 3 от тела II к телу I.
- Г. При любом положении тел теплопередача осуществляется от тела I к телу II.

7. Чему равна работа, совершенная газом при переходе его из состояния I в состояние II (см. рис.)?



- А. 4 кДж.
- Б. 6 кДж.
- В. 0.
- Г. Работа может принимать любое значение.

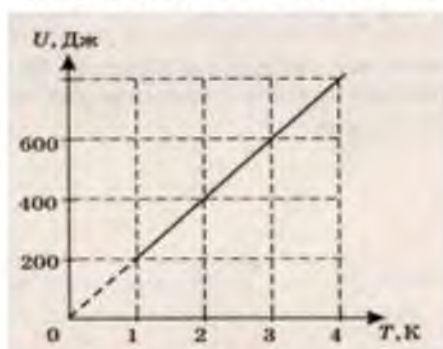
8. Чему равна внутренняя энергия 1 моль одноатомного идеального газа, находящегося при температуре 27 °С?

- А. 0
- Б. 3740 Дж.
- В. 7479 Дж.
- Г. 2493 Дж.

9. Газ получил 500 Дж теплоты. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Чему равна работа, совершенная газом?

- А. 200 Дж.
- Б. 800 Дж.
- В. 0.
- Г. 500 Дж.

10. Какое значение КПД может иметь идеальная тепловая машина с температурой нагревателя 527 °С и температурой холодильника -27 °С?



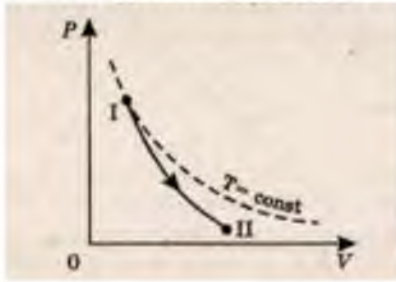
- А. 100%.
- Б. > 100%.
- В. = 95%.
- Г. = 63%.

Часть Б

11. Если в стакан с водой опустить кусочек сахара и размешать, то получится раствор сахара. Может ли из раствора самопроизвольно образоваться кусочек сахара?

- А. Если нагреть, то может.
- Б. Если охладить, то может.
- В. Никогда не может.
- Г. Может, если быстро нагреть, а затем охладить.

12. Внутренняя энергия идеального газа при адиабатном процессе, график которого



представлен на рис., ...

А. Не изменяется.

Б. Увеличивается.

В. Уменьшается.

Г. Сначала уменьшается,

затем увеличивается.

13. В процессе изохорного нагревания газ получил 15 МДж теплоты. Чему равно изменение внутренней энергии газа?

А. 15 МДж.

Б. -15 МДж.

В. 0.

Г. Определенно ответить нельзя.

14. Водород и азот равной массы, взятые при одинаковых давлениях, нагревают на 15 К. Одинаковая ли работа совершается газами при этом?

А. Работа, совершенная водородом, в 14 раз больше.

Б. Работа, совершенная азотом, в 14 раз больше.

В. Совершаются равные работы.

Г. По условию задачи невозможно сравнить работы, совершенные газами.

15. На тело массой 4 кг, движущееся со скоростью 2 м/с, действовала сила 10 Н, в результате чего скорость тела увеличилась до 5 м/с. Какую работу (Дж) совершила данная сила?

А. 34.

Б. 42

В. 24

Г. 50

5.2. Задания для оценки освоения дисциплины

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета по дисциплине «Термодинамика, теплотехника и гидравлика»

1. Термодинамика как наука, ее предмет изучения.
2. Основные параметры состояния.
3. Идеальные газы.
4. Понятия об идеальном и реальном газе.
5. Законы Бойля – Мариотта, Гей – Люссака и Шарля.
6. Закон Авагадро.
7. Уравнение состояния идеального газа.
8. Смеси идеальных газов. Основные понятия и определения.
9. Свойства смесей.
10. Первый закон термодинамики. Основные понятия о теплоте, работе, внутренней энергии.
11. Формулировка первого закона термодинамики. Энтальпия.
12. Теплоемкость газов и смесей. Основные понятия.
13. Теплоемкость изохорная и изобарная.
14. Термодинамические процессы. Основные понятия.
15. Изохорный процесс.
16. Изобарный процесс.
17. Изотермический и адиабатный процессы.
18. Политропный процесс.
19. Второй закон термодинамики. Формулировка.
20. Термодинамические циклы. Прямой и обратный цикл.
21. Энтропия.
22. Диаграмма $s - T$.
23. Влажный воздух. Основные определения. Параметры влажного воздуха. Диаграмма $h - d$ влажного воздуха.
24. Водяной пар. Основные определения. Параметры состояния.
25. Назначение, принцип действия и классификация компрессоров.
26. Теплопроводность. Основные понятия и определения.
27. Температурное поле.
28. Температурный градиент.
29. Основной закон теплопроводности.
30. Передача теплоты через плоскую стенку
31. Передача теплоты через цилиндрическую и шаровую стенку.
32. Конвективный теплообмен. Основные понятия.
33. Уравнение конвективного теплообмена.
34. Теплообмен при вынужденном движении жидкости.
35. Теплообмен при свободной конвекции.
36. Теплопередача в неограниченном пространстве.
37. Теплопередача в ограниченном пространстве.
38. Теплообмен при кипении жидкости. Основные понятия.
39. Коэффициент теплопроводности.
40. Механизм парообразования.
41. Теплообмен при кипении.
42. Теплообмен при конденсации пара.
43. Конвекция.

44. Теплопередача.
45. Теплообменные аппараты. Конструкция, назначение.
46. Применения теплообменных аппаратов.
47. Виды теплообменных аппаратов.
48. Материалы изготовления теплообменных аппаратов.
49. Рабочие среды.
50. Принцип работы теплообменных аппаратов.
51. Тепловая энергия. Основные понятия и определения.
52. Тепловая установка.
53. Принцип работы тепловой установки.
54. КПД установки.
55. Тепловой процесс.
56. Насыщенный и перегретый пар их параметры.
57. Теплота парообразования.
58. Параметры влажного воздуха.
59. Основные элементы тепловых установок.
60. Котельные установки.
61. Парогенераторы.
62. Топочные устройства.
63. Потеря теплоты.
64. Классификация котлов.
65. Тепловой баланс котлов.
66. Тепловой насос.
67. Геотермальные тепловые установки.
68. Принципиальная схема котельной установки.
69. Гидравлика как наука, ее предмет изучения.
70. Основные свойства жидкости.
71. Гидростатика. Основные понятия
72. Понятия об идеальном и реальном газе.
73. Основные законы гидростатики.
74. Закон Паскаля.
75. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
76. Сила давления на криволинейную поверхность. Закон Архимеда.
77. Условия плавания тел.
78. Гидродинамика. Основные понятия.
79. Уравнение неразрывности потока.
80. Уравнение Бернулли.
81. Режимы движения реальной жидкости.
82. Виды гидравлических сопротивлений.
83. Местное сопротивление.
84. Гидравлический удар в трубах.
85. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
86. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
87. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
88. Инструмент для определения давления.
89. Гидростатическое давление.
90. Закон сообщающихся сосудов.
91. Полный напор жидкости.

92. Назначение, принцип действия и классификация насосов.
93. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
94. Гидравлическая машина.
95. Закон подобия.
96. Параметры насосов.
97. Закон пропорциональности.
98. Назначение трубопроводов работающих под вакуумом.

Критерии оценки: правильность, полнота и аргументированность ответов.

Оценка «**отлично**» - если обучающийся правильно, полно и аргументировано ответил на три теоретических вопроса.

Оценка «**хорошо**» - если обучающийся правильно и аргументировано ответил на три теоретических вопроса, допустив 1-2 ошибки.

Оценка «**удовлетворительно**» - если обучающийся правильно и полно ответил на три теоретических вопроса, допустив больше 2 ошибок.

Оценка «**неудовлетворительно**» - если обучающийся ответил менее половины задания и не аргументировал свои ответы.

Условия выполнения заданий

Таблица - Критерии оценки освоенности компетенций

Коды проверяемых компетенций	Показатели оценки результата	Оценка (да /нет)
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	Демонстрация интереса к будущей профессии;	
ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Выбор и применение методов и способов решения профессиональных задач в области организации сетевого администрирования; -оценка эффективности и качества выполнения.	
ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Демонстрация умения решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях	
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	Эффективный поиск необходимой информации; -использование различных источников при поиске информации, включая интернет источники;	
ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	Работать с высокотехнологичным информационным и телекоммуникационным оборудованием	

<p>ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.</p>	<p>Взаимодействие с однокурсниками, преподавателями в ходе обучения; -сетевыми администраторами и лаборантами в ходе прохождения практики и обучения; -готовность к кооперации с коллегами и работе в коллективе при разработке объектов профессиональной деятельности</p>	
<p>ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.</p>	<p>Участие в разработке масштабных проектов, работа в коллективе разработчиков; -демонстрация внимания к деятельности каждого участника проекта и ее результатам; -оценка эффективности и качества выполнения работы каждого участника проекта.</p>	
<p>ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.</p>	<p>Организация самостоятельных занятий при изучении профессионального модуля</p>	
<p>ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.</p>	<p>Применение новых версий ранее изученных технологий, а также ориентация на изменение качественного уровня в технологических решениях</p>	
<p>ПК 1.1. Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).</p>	<p>Выполнять деятельность по ремонту и обслуживанию холодильных установок с помощью современных инструментов и компьютерных программ</p>	
<p>ПК 1.2. Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.</p>	<p>Самостоятельно выполнять поиск неисправностей, которые влияют на показатели холодильной машины, при необходимости устранить.</p>	
<p>ПК 1.3. Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.</p>	<p>Осуществлять подготовку отчета об режимах работы и определять изменения в работе; определять факторы, оказывающие влияние на качество этих параметров; документировать результаты оценки качества; выполнять корректирующие действия по восстановлению режимов</p>	

	для эффективной работы холодильной установки	
ПК 1.4. Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования.	Выполнять качественную настройку всех элементов автоматики для безаварийной и надежно – эффективной работе установки	
ПК 2.1. Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования.	Уметь работать в коллективе, организовывать работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования	
ПК 2.2. Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу по ремонту холодильного оборудования в составе некой бригады с использованием современных инструментов и приспособлений.	
ПК 2.3. Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу по ремонту и испытанию холодильного оборудования.	
ПК 3.1. Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	Уметь работать в коллективе, организовывать свою работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	
ПК 3.2. Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	Уметь руководить коллективом, организовывать их работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	
ПК 3.2. Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.	Уметь качественно анализировать свою работу в структурном подразделении в реализации профессиональной деятельности.	

6. Перечень используемых материалов, оборудования и информационных источников

6.1 Материально-техническое обеспечение:

Реализация программы дисциплины осуществляется в учебно-лабораторном корпусе в кабинетах «Термодинамики, теплотехники и гидравлики», «Технологии холодильной обработки продукции» и лаборатории «Термодинамики, теплотехники и гидравлики». Основные характеристики и оснащенность отражены в паспорте, оригинал которого хранятся в учебно-методическом отделе ДРТИ.

Оборудование кабинета №412 «Термодинамики, теплотехники и гидравлики»:

Рабочие места студентов: стол (2 пос. места) - 17 шт., стул - 34 шт.

Рабочее место преподавателя: стол - 1 шт., кресло - 1 шт.

Технические средства обучения: мобильный проекционный экран - 1 шт., мобильный проектор - 1 шт., ноутбук с операционной системой Windows 7 Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2007, STDU Viewer, Google Chrome, Opera, Dr.Web, 7-zip. (переносной) - 1 шт.

Шкаф (стеллаж) для хранения экспонатов, таблиц, раздаточного материала и др.: шкаф (стеллаж) для хранения - 2 шт., тумба - 1 шт., полка - 2 шт.

Аудиторная доска: доска меловая - 1 шт.

Наглядные материалы (стенды, плакаты и др.): стенды - 1 шт.

Оборудование кабинета №408 «Технологии холодильной обработки продукции»:

Рабочие места студентов: стол (2 пос. места) - 12 шт., стул - 24 шт.

Рабочее место преподавателя: стол - 1 шт., стул - 1 шт.

Технические средства обучения: мобильный проекционный экран - 1 шт., мобильный проектор - 1 шт., компьютер в комплекте с системным блоком, монитором, клавиатурой и мышью, операционной системой Windows XP Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2003, STDU Viewer, ABBYY FineReader 8.0 Corporate Edition, Google Chrome, Opera, Dr.Web, Moodle, 7-zip. - 1 шт., аудиокolonки - 1 комплект, телевизор - 1 шт., DVD-проигрыватель - 1 шт., аудиокolonки - 1 комплект.

Шкаф (стеллаж) для хранения экспонатов, таблиц, раздаточного материала и др.: шкаф (стеллаж) для хранения - 5 шт., тумба - 3 шт., шкаф - 2 шт.

Аудиторная доска: доска меловая - 1 шт.

Наглядные материалы (стенды, плакаты и др.): стенды - 5 шт.

Оборудование лаборатории №416 «Термодинамики, теплотехники и гидравлики»:

Рабочие места студентов: стол (2 пос. места) - 14 шт., стул - 28 шт.

Рабочее место преподавателя: стол - 1 шт., стул - 1 шт.

Лабораторное оборудование: набор для изучения свойств жидкости «капелька» - 1 шт., анемометр ручной - 1 шт., центробежный насос - 1 шт., макет поршневого насоса - 1 шт.

Технические средства обучения: мобильный проекционный экран - 1 шт., мобильный проектор - 1 шт., ноутбук с операционной системой Windows 7 Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2007, STDU Viewer, Google Chrome, Opera, Dr.Web, 7-zip. (переносной) - 1 шт.

Шкаф (стеллаж) для хранения экспонатов, таблиц, раздаточного материала и др.: тумба - 1 шт., стеллаж для хранения - 5 шт.

Аудиторная доска: доска меловая - 1 шт.

Наглядные материалы (стенды, плакаты и др.): стенд «Изучение конденсации воды» - 1 шт. стенды - 3 шт.

Оборудование компьютерного класса

Рабочие места студентов: стол (1 пос. места) - 18 шт., стул - 18 шт.

Рабочее место преподавателя: стол - 1 шт., стул - 1 шт.

Технические средства обучения: мобильный проекционный экран - 1 шт., мобильный проектор - 1 шт., компьютер в комплекте с системным блоком, монитором, клавиатурой и мышью, операционной системой Windows XP Professional, Windows 7 Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2007, STDU Viewer, ABBYY FineReader 8.0 Corporate Edition, Google Chrome, Opera, Dr.Web, Moodle, 7-zip. - 19 шт., копировальный аппарат - 1 шт., сканер - 2 шт.

Аудиторная доска: доска магнитно - маркерная - 1 шт., доска магнитная - 1 шт.

Оборудование библиотеки, читального зала с выходом в сеть Интернет:

Рабочие места студентов: стол (2 пос. места) - 11 шт., компьютерный стол (1 пос. место) - 4 шт., стул - 26 шт.

Рабочее место библиотекаря: стол (абонемент) - 5 шт., приставка к столу - 5 шт., стул - 1 шт., компьютер в комплекте с системным блоком, монитором, клавиатурой и мышью, операционной системой Windows XP Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2003, STDU Viewer, ABBYY FineReader 8.0 Corporate Edition, Google Chrome, Opera, Dr.Web, Moodle, 7-zip.) - 2 шт., принтер - 1 шт.

Технические средства обучения: компьютер в комплекте с системным блоком, монитором, клавиатурой и мышью, операционной системой Windows XP Professional, с лицензионным программным обеспечением MS Office 2003, STDU Viewer, ABBYY FineReader 8.0 Corporate Edition, Google Chrome, Opera, Dr.Web, Moodle, 7-zip.) - 4 шт., принтер - 2 шт.

Шкаф (стеллаж) для хранения экспонатов, таблиц, раздаточного материала и др.: шкаф (стеллаж) для хранения - 8 шт., стеллаж для хранения книг - 100 шт., тумба приставная с замком - 6 шт., стенд для книг (5 полок) - 2 шт.

Наглядные материалы (стенды, плакаты и др.): плакаты - 1 шт.

6.2 Информационное обеспечения обучения

6.2.1. Основная учебная литература:

1. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 308 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/442180>

2. Гусев, А. А. Основы гидравлики : учебник для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 218 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/423733>

6.2.2 Дополнительная учебная литература

1. Теплотехника. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 395 с. — (Профессиональное образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/442184>

2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для бакалавриата и магистратуры [Электронный ресурс] / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 308 с. — (Высшее образование). Режим доступа: <https://biblio-online.ru/bcode/433336>

6.2.3 Официальные, справочно-библиографические и периодические издания

а) официальные издания:

5. ГОСТ 14894-69 Термоэлектрические термометры образцовые 2-го разряда и общепромышленного назначения для низких температур. Методы и средства поверки
6. ГОСТ 16920-93 Термометры и преобразователи температуры манометрические. Общие технические требования и методы испытаний
7. ГОСТ 8.157-75 Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы температурные практические
8. ГОСТ 31177-2003 (ЕН 982:1996) Безопасность оборудования. Требования безопасности к гидравлическим и пневматическим системам и их компонентам. Гидравлика

б) справочно-библиографические издания:

2. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. - М.: Изд-во МЭИ, 2007. (17 шт.)

в) периодические издания:

3. Электронный научный журнал «Гидравлика» - 2017 – 2019. - №1-3. Режим доступа: <http://hydrojournal.ru/arkhiv>
4. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика» - 2011 – 2019. - №1-12. Режим доступа: http://www.tepen.ru/arkhiv_nomerov/

6.2.4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

3. Ковалев О. П. Методические указания для лабораторных занятий по дисциплине ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика для студентов очной формы обучения по специальности 15.02.06 монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).- [Электронный ресурс] – Рыбное, 2019. - Режим доступа: <http://portal-drti.ru>
4. Ковалев О. П. Методические указания для самостоятельных работ по дисциплине ОП.05. Термодинамика, теплотехника и гидравлика для студентов очной формы обучения по специальности 15.02.06 монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) (базовая подготовка).- [Электронный ресурс] – Рыбное, 2019. - Режим доступа: <http://portal-drti.ru>

6.2.5 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. +Гидравлика и гидропривод, информационно-тематический сайт - <https://www.chipmaker.ru>
2. Форум строительной теплотехники <https://www.proektant.org/index.php?board=310.0>

6.2.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень информационных технологий, используемых в учебном процессе

Наименование программного обеспечения	Назначение
Образовательный портал Moodle	Образовательный портал ДРТИ построен на обучающей виртуальной среде Moodle и доступен по адресу www.portal-drti.ru из любой точки, имеющей подключение к сети Интернет, в том числе из локальной сети ДРТИ. Образовательный портал ДРТИ подходит как для организации online-классов, так и для традиционного обучения. Портал разделен на «открытую» (общедоступную) и «закрытую» части. Доступ к закрытой части осуществляется после предъявления персональной пары «логин-пароль». преподавателем или студентом.
Электронно-библиотечная система ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»	Обеспечивает доступ к электронно-библиотечным системам издательств, доступ к электронному каталогу книг, трудам преподавателей, учебно-методическим разработкам ДРТИ, периодическим изданиям.

Возможность доступа к электронно-библиотечным системам

Наименование электронного ресурса, адрес сайта	Назначение
ЭБС «Университетская библиотека on-line» http://biblioclub.ru/	Фонд библиотеки насчитывает издания более 160 крупнейших современных издательств, выпускающих учебную, научную и иную литературу. Каталог «Университетской библиотеки онлайн» содержит: новейшие грифованные учебники и учебные пособия; научную, научно-популярную, художественную литературу; обучающие мультимедиа, схемы, тесты, тренажеры, презентации, карты и репродукции; эксклюзивные издательские коллекции, включающие востребованную литературу гуманитарной, социальной, юридической, технической и экономической тематик. Имеется программа «Детектор плагиата», позволяющая выявлять нарушения авторских прав в Интернете. Работа может осуществляться из любого места, в котором имеется доступ к сети Интернет.
ЭБС Юрайт https://www.biblio-online.ru	Фонд ЭБС «Юрайт» – это более 5000 наименований учебников и учебных пособий для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОС. В ЭБС присутствует возможность: индивидуального неограниченного доступа пользователей к содержимому из любой точки, в которой имеется подключение к сети Интернет; одновременного индивидуального доступа пользователей к содержимому в соответствии с требованиями ФГОС; полнотекстового поиска по содержимому, формирования статистических отчетов по пользователям. Издания в ЭБС представлены с сохранением вида страниц (оригинальной верстки).

ЭБС издательства «Лань» https://e.lanbook.com	<p>ЭБС включает в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.</p> <p>Предоставляет возможность круглосуточного дистанционного индивидуального пользования для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, адрес в сети Интернет, с возможностью просмотра и скачивания на сайте в он-лайн режиме. Предоставляет право доступа к отдельным коллекциям, в частности таким, как «Инженерно-технические науки – Издательство Лань», «Информатика – Издательство Лань», «Физкультура и Спорт – Издательство Физическая культура» ЭБС Лань.</p>
---	---

Перечень лицензионного учебного программного обеспечения

Наименование программного обеспечения	Назначение
КОМПАС-3D V15	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3DV15. Проектирование и конструирование в машиностроении.
ABBYY FineReader 8.0 CorporateEdition	Система оптического распознавания текста
STDU Viewer	Программа для просмотра электронных документов
GoogleChrome, Opera	Браузер
Windows NT	Графические, интерактивные, многозадачные оперативные системы корпорации Microsoft
Dr.Web	Антивирусные программные продукты
MicrosoftOffice	Приложения – офисные редакторы для работы с текстовыми документами, электронными таблицами, электронными сообщениями, базами данных, изображениями и т.д.
Moodle	Образовательный портал ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»
7-zip	Архиватор

Перечень информационных справочных систем

Наименование ИСС	Назначение
ИСС «Консультант +»	Содержит российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты по здравоохранению, технические нормы и правила

Сведения об обновлении информационного обеспечения обучения представлены в локальной сети ДРТИ по адресу: \\Base\192.168.10.10\для_обмена_по_дфагту\ИТ_в_обучении