**Министерство образования Тульской области**

**ГПОУ ТО «Сельскохозяйственный колледж «Богородицкий»**

**им. И.А. Стебута»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Заместитель директора**

**по учебно-воспитательной**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /О.А. Чудакова/**

**«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИИЯ**

**ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Учебная дисциплина ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники

Специальность 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования

Курс 2

Форма обучения очная

Богородицк

2020

Рассмотрено на заседании

предметной (цикловой) комиссии инженерных дисциплин.

Председатель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Моторина Л.Н./

Протокол № \_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Автор: преподаватель общепрофессиональных дисциплин Звягин А.А.

Методические указания по выполнению практических работ для обучающихся разработаны согласно рабочей программе учебной дисциплины ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники для специальности 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования и требованиям к результатам обучения Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования.

**ВВЕДЕНИЕ**

Уважаемый обучающийся!

Методические указания по учебной дисциплине ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники по выполнению практических работ созданы Вам в помощь для работы на практических занятиях, подготовки к практическим занятиям.

Приступая к выполнению практических работ, Вы должны внимательно прочитать цель и задачи практического занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практического занятия, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Наличие положительной оценки по практическим занятиям необходимо для допуска к дифференцированному зачету по учебной дисциплине ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим занятиям при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний.

Желаем Вам успехов!!!

**СОДЕРЖАНИЕ**

1.Пояснительная записка ......................................................................................5

2. Критерии оценивания .......................................................................................10

3. Общие требования по выполнению практической работы ..........................12

4. Инструктивно-методические указания по выполнению практической работы на практических занятиях .......................................................................13

Список использованной литературы ..................................................................72

Приложение 1. Инструкция по технике безопасности .....................................73

**1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Методические указания предназначены для выполнения работ на практических занятиях по учебной дисциплине ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники для специальности СПО 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования.

Практические занятия проводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплины ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники. Выполнение обучающимися практических работ позволяет им понять, где и когда изучаемые теоретические положения и практические умения могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности.

Цель:

- формирование практических умений, необходимых в последующей учебной и профессиональной деятельности.

Задачи:

- обобщить, систематизировать, углубить, закрепить полученные теоретические знания по конкретным темам дисциплины ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники;

- формировать умения применять полученные знания на практике;

- выработать при решении поставленных задач такие профессионально значимые качества, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

На практических занятиях реализуется практическая подготовка, обучающиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе учебной и производственной практик.

Результатом освоение дисциплины ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники являются соответствующие профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:

1. профессиональные компетенции

ПК 1.1. Выполнять монтаж, сборку, регулирование и обкатку сельскохозяйственной техники в соответствии с эксплуатационными документами, а также оформление документации о приемке новой техники.

ПК 1.2. Выполнять регулировку узлов, систем и механизмов двигателя и приборов электрооборудования в соответствии с правилами эксплуатации.

ПК 1.3. Осуществлять подбор почвообрабатывающих, посевных, посадочных и уборочных машин, а также машин для внесения удобрений, средств защиты растений и ухода за сельскохозяйственными культурами, в соответствии с условиями работы.

ПК 1.4. Выполнять настройку и регулировку почвообрабатывающих, посевных, посадочных и уборочных машин, а также машин для внесения удобрений, средств защиты растений и ухода за сельскохозяйственными культурами для выполнения технологических операций в соответствии с технологическими картами.

ПК 1.5. Выполнять настройку и регулировку машин и оборудования для обслуживания животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик.

ПК 1.6. Выполнять настройку и регулировку рабочего и вспомогательного оборудования тракторов и автомобилей в соответствии требованиями к выполнению технологических операций.

ПК 2.3. Выполнять работы на машинно-тракторном агрегате в соответствии с требованиями правил техники безопасности и охраны труда.

ПК 3.1. Проводить диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов и другого инженерно-технологического оборудования в соответствии с графиком проведения технических обслуживаний и ремонтов.

ПК 3.2. Определять способы ремонта сельскохозяйственной техники в соответствии с ее техническим состоянием.

ПК 3.4. Подбирать материалы, узлы и агрегаты, необходимые для проведения ремонта.

ПК 3.5. Осуществлять восстановление работоспособности или замену детали/узла сельскохозяйственной техники в соответствии с технологической картой.

ПК 3.6. Использовать расходные, горюче-смазочные материалы и технические жидкости, инструмент, оборудование, средства индивидуальной защиты, необходимые для выполнения работ.

ПК 3.7. Выполнять регулировку, испытание, обкатку отремонтированной сельскохозяйственной техники в соответствии с регламентами.

ПК 3.8. Выполнять консервацию и постановку на хранение сельскохозяйственной техники в соответствии с регламентами.

1. общие компетенции

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

В результате выполнения практических работ, предусмотренных программой по дисциплине ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники, обучающийся должен:

**Уметь:**

У1 Использовать гидравлические устройства и тепловые установки в производстве.

**Знать:**

З1 Основные законы гидростатики, кинематики и динамики движущихся потоков.

З2 Особенности движения жидкостей и газов по трубам (трубопроводам).

З3 Основные положения теории подобия гидродинамических и теплообменных процессов.

З4 Основные законы термодинамики.

З5 Характеристики термодинамических процессов и тепломассообмена.

З6 Принципы работы гидравлических машин и систем, их применение.

З7 Виды и характеристики насосов и вентиляторов.

З8 Принципы работы теплообменных аппаратов, их применение.

Практическое занятие проводится в соответствии со следующей структурой:

Вводная часть:

- организационный момент;

- мотивация учебной деятельности;

- сообщение темы, постановка целей;

- повторение теоретических знаний, необходимых для работы;

 - выдача задания;

- определение алгоритма;

- инструктаж по технике безопасности;

- ознакомление со способами фиксации полученных результатов;

- допуск к выполнению работы.

Самостоятельная работа обучающегося:

- определение путей решения поставленной задачи;

- выработка последовательности выполнения необходимых действий;

- проведение эксперимента (выполнение заданий, задач, упражнений);

- составление отчета;

 - обобщение и систематизация полученных результатов (таблицы, графики, схемы и т.п.).

Заключительная часть:

- подведение итогов занятия: анализ хода выполнения и результатов работы обучающихся;

- выявление возможных ошибок и определение причин их возникновения;

- защита выполненной работы.

Обязательная аудиторная нагрузка на практическое занятие – 2 часа.

**2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

Критерии и шкала оценивания практического занятия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Критерии оценивания | Оценка |
| 1 | представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;изложение грамотное, четкое и аргументировано;на все поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь обучающегося отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт | 5 «отлично» |
| 2 | представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;изложение грамотное, четкое и аргументировано;на поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь обучающегося отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт. Возможны некоторые неточности при ответах, однако основное содержание вопроса раскрыто полно | 4 «хорошо» |
| 3 | представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;изложение грамотное, четкое и аргументировано;на поставленные по тематике данной работы вопросы, даны неполные, слабо аргументированные ответы;не даны ответы на некоторые вопросы, требующие элементарных знаний темы | 3 «удовлетворительно» |
| 4 | представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;изложение грамотное, четкое и аргументировано;обучающийся не понимает вопросов по тематике данной работы, не знает ответа на теоретические вопросы, требующие элементарных знаний данной темы | 2 «неудовлетворительно» |

**3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

1. К выполнению практических работ необходимо приготовиться до начала занятия, используя рекомендованную литературу и конспекты лекций.
2. Обучающиеся обязаны иметь при себе линейку, карандаш, тетрадь для практических занятий.
3. Отчеты по практическим занятиям должны включать в себя следующие пункты:
* дата проведения практического занятия;
* название практического занятия и его цель;
* краткий порядок выполнения занятия;
* далее пишется «Ход работы» и выполняются этапы практического занятия согласно порядку, указанному в работе.
1. При подготовке к сдаче отчета по практическому занятию, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.
2. Если отчет по работе не сдан вовремя (до выполнения следующей работы) по неуважительной причине, оценка за работу снижается.

**4. ИНСТРУКТИВНО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ**

**Практическое занятие № 1**

**Тема:** Определение физических свойств жидкости.

**Цель:** Научиться рассчитывать и определять основные физические свойства жидкости.

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.
2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.
3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Жидкими телами или жидкостями называют физические тела, легко изменяющие свою форму под действием самой незначительной по величине силы. Можно сказать, что жидкость – это физическое тело, обладающее текучестью, имеющее определенный объем и заполняющая часть пространства (сосуда), равного ее объему.

Различают два вида жидкостей:

-жидкости капельные (малосжимаемые);

-жидкости газообразные (сжимаемые).

Плотность жидкости.

Важнейшими характеристиками механических свойств жидкости являются ее плотность и удельный вес. Они определяют "весомость" жидкости.

***Плотность ρ*** характеризует распределение массы Δm жидкостипо объему ΔW. Плотность однородной жидкости равна отношению массы m

жидкости к ее объему:

$ρ =\frac{m}{W}$ (1.1)

где m – масса жидкости, кг;

 W – объем жидкости, м3.

Плотность ρ во всех точках однородной жидкости одинакова. В общем случае плотность может изменяться в объеме жидкости от точки к точке и в каждой точке объема с течением времени. За единицу плотности в системе СИ принят 1 кг/м3.

Вместо плотности в формулах может быть использован также ***удельный вес γ*** (Н/м3), то есть вес жидкости G, приходящийся на единицу объема W:

$γ =\frac{G}{W}=\frac{mg}{W}= ρ∙g$ ( 1.2)

Плотность жидкостей и газов зависит от температуры и давления. Все жидкости, кроме воды, характеризуются уменьшением плотности с увеличением температуры. Плотность воды максимальна при t =4 ºС и уменьшается как с уменьшением, так и с увеличением температуры от этого значения. В этом проявляется одно из аномальных свойств воды.

Плотность воды при t =4º С составляет 1000 кг/м3;

морской воды - 1020 … 1030 кг/м3;

нефти и нефтепродуктов – 650 … 900 кг/м3;

чистой ртути - 13600 кг/м3;

воздуха при t =0ºС и атмосферном давлении – 1,29 кг/м3.

При изменении давления плотность жидкости изменяется незначительно.

***Сжимаемость.*** Это свойство жидкостей изменять объем приизменении давления; характеризуется коэффициентом объемного сжатия (коэффициентом сжимаемости) βр (Па-1); представляющим собой относительное изменение объема жидкости W при изменении давления на единицу:

$βр= –\frac{1}{W}∙\frac{∆W}{∆p}$, (1.3)

где W – первоначальный объем жидкости, м3;

∆W – относительное изменение объема жидкости при изменении давления на величину ∆р, м3.

Знак "—" в формуле (1.3) указывает на то, что при увеличении давления объем жидкости уменьшается.

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия – модуль объемной упругости жидкости Ео, Па:

$Ео =\frac{1}{βр}$ (1.4)

Физический смысл объемного модуля упругости: величина, обратная изменению объема одного кубического метра жидкости при изменении давления на одну единицу.

Объемный модуль упругости жидкости зависит от типа жидкости, давления и температуры. Однако в большинстве случаев Ео считают постоянной величиной, принимая за нее среднее значение в данном диапазоне температур и давлений.

Различают изотермический и адиабатический модуль упругости. Причем для расчетов обычно используют изотермический модуль упругости Ето, применяемый для анализа медленных процессов, при которых успевает завершиться теплообмен с окружающей средой. Для быстротечных процессов, при которых теплообмен не успевает завершиться, используют адиабатический модуль упругости Еао.

***Температурное расширение***. Это свойство жидкостей изменять объем при изменении температуры; характеризуется температурным коэффициентом объемного расширения βt (1/°С), представляющим собой относительное изменение объема жидкости при изменении температуры на единицу (1 ºС) и при постоянном давлении:

$β\_{t}= \frac{1}{W}∙\frac{∆W}{∆t}$, (1.5)

где W – первоначальный объем жидкости, м3;

∆W – относительное изменение объема жидкости при повышении температуры на ∆t, м3.

Для воды с увеличением давления при температуре до 50 ºС коэффициент βt растет, а при температуре выше 50 ºС уменьшается.

***Вязкость.*** Это свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу ее слоев.

Вязкость проявляется в том, что при относительном перемещении слоев жидкости на поверхностях их соприкосновения возникают силы сопротивления сдвигу, называемые силами внутреннего трения или силами вязкости. Благодаря этим силам слой жидкости, движущийся медленнее, "тормозит" соседний слой, движущийся быстрее. Силы внутреннего трения проявляются вследствие наличия межмолекулярных связей между движущимися слоями.

**Кинематическая вязкость** ν – отношение динамической вязкости µ к плотности жидкости ρ и определяется формулой:

$ν = \frac{µ}{ρ}$(1.6)

где µ - динамическая вязкость, Па·с;

ρ - плотность жидкости, кг/м³.

В международной системе единиц (СИ), кинематическая вязкость измеряется в квадратных метрах на секунду.

**Пример решения задачи**

Вариант 30.

Определите массу жидкости, если её занимаемый объем W, а плотность - ρ.

Дано: Решение:

W =72 м3 Воспользуемся формулой (1.1) $ρ =\frac{m}{W}$

ρ = 940 кг/м3 В этой формуле нам известные две величины: объем и

m- ? Тогда наша задача сводится к тому, чтобы выразить неизвестную величину и найти ее.

Тогда: m = W∙ρ = 72\*940 = 67680 кг $≈$ 68 т

Ответ: m$≈$ 68 т

**Задания для практического занятия**

№ 1. В отопительной системе (котел, радиаторы и трубопроводы) небольшого дома содержится объем воды W. Определите, сколько воды дополнительно войдет в расширительный сосуд при нагревании с t1 до t2?

№ 2. Определите удельный объем и удельный вес жидкости, если известна ее плотность ρ, ускорение свободного падения g=9,81 м/с2.

№ 3. При гидравлическом испытании внутренних систем водоснабжения допускается падение испытательного давления на ∆р. Определите допустимую величину утечки ∆Wпри гидравлическом испытании системы вместимостью W.

№ 4. По условиям гидравлического испытания водопровода диаметром d и длиной l давление должно быть поднято от атмосферного до p. Определите объем воды, который потребуется дополнительно подать в водопровод. Деформацией труб пренебречь.

№ 5. Определите изменение плотности воды при нагревании ее от t1до t2.

№ 6. Определите динамическую вязкость жидкости, если ее плотность ρ, а кинематическая вязкость ν.

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **W, м3** | **t1, 0С** | **t2, 0С** | **ρ, кг/м3** | **p, МПа** | **∆p, кПа** | **d, мм** | **l, м** | **υ, м2/с** |
| 1 вариант | 72 | 13 | 73 | 850 | 3,3 | 54 | 100 | 1980 | 7,6 |
| 2 вариант | 73 | 16 | 70 | 840 | 2,8 | 50 | 150 | 1740 | 7,7 |
| 3 вариант | 79 | 18 | 86 | 800 | 2,6 | 60 | 200 | 850 | 10 |
| 4 вариант | 89 | 18 | 89 | 990 | 3,3 | 40 | 100 | 930 | 9,9 |
| 5 вариант | 76 | 10 | 88 | 810 | 3,7 | 50 | 150 | 2000 | 9,6 |
| 6 вариант | 83 | 10 | 78 | 1000 | 2,9 | 57 | 200 | 1720 | 8,3 |
| 7 вариант | 82 | 10 | 75 | 950 | 3,1 | 41 | 100 | 1040 | 9,2 |
| 8 вариант | 88 | 15 | 76 | 1000 | 3 | 60 | 150 | 1580 | 7 |
| 9 вариант | 86 | 11 | 87 | 970 | 2,1 | 42 | 200 | 1780 | 7,1 |
| 10 вариант | 80 | 15 | 74 | 840 | 3,2 | 45 | 100 | 950 | 9,3 |
| 11 вариант | 70 | 18 | 77 | 930 | 2,8 | 43 | 150 | 910 | 9,6 |
| 12 вариант | 80 | 19 | 81 | 890 | 3,9 | 59 | 200 | 960 | 9,4 |
| 13 вариант | 77 | 11 | 77 | 840 | 4 | 42 | 100 | 1980 | 9,1 |
| 14 вариант | 83 | 16 | 76 | 900 | 2,2 | 53 | 150 | 1600 | 7 |
| 15 вариант | 75 | 15 | 85 | 860 | 2,4 | 49 | 200 | 800 | 9,6 |
| 16 вариант | 86 | 12 | 71 | 960 | 3,7 | 52 | 100 | 1320 | 7,9 |
| 17 вариант | 70 | 13 | 82 | 880 | 2,7 | 54 | 150 | 1480 | 8 |
| 18 вариант | 82 | 13 | 89 | 880 | 3 | 60 | 200 | 1330 | 8,4 |
| 19 вариант | 71 | 18 | 90 | 870 | 3,7 | 40 | 100 | 1300 | 9,2 |
| 20 вариант | 82 | 16 | 83 | 1000 | 3,8 | 44 | 150 | 1370 | 7,7 |
| 21 вариант | 88 | 15 | 84 | 800 | 3,6 | 60 | 200 | 1640 | 9 |
| 22 вариант | 73 | 13 | 87 | 1000 | 4 | 40 | 100 | 980 | 8,5 |
| 23 вариант | 74 | 10 | 82 | 1000 | 2,9 | 45 | 150 | 1770 | 7,8 |
| 24 вариант | 88 | 10 | 87 | 970 | 2 | 60 | 200 | 1010 | 9,9 |
| 25 вариант | 88 | 14 | 87 | 900 | 4 | 50 | 100 | 1190 | 8,5 |
| 26 вариант | 75 | 11 | 80 | 950 | 3,4 | 40 | 150 | 1430 | 8 |
| 27 вариант | 79 | 15 | 81 | 1000 | 3,7 | 58 | 200 | 1070 | 7,7 |
| 28 вариант | 90 | 20 | 88 | 900 | 2,9 | 59 | 100 | 1130 | 8,3 |
| 29 вариант | 73 | 16 | 84 | 820 | 3,8 | 48 | 150 | 1250 | 8,4 |
| 30 вариант | 72 | 18 | 70 | 940 | 3,7 | 59 | 200 | 1280 | 8,4 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте определение жидкости.
2. Назовите основные физические свойства жидкости.
3. Сформулируйте физический смысл вязкости?
4. Назовите физический смысл объемного модуля упругости?
5. Назовите виды вязкости жидкости?
6. Определите, как изменяется коэффициент βt с увеличением давления?
7. Назовите, в чем измеряются основные физические свойства жидкости?

**Список использованной литературы**

1. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин Гидравлические и пневматичексие системы. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.
2. О.Н. Брюханов, В.А.Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2019.
3. Калицун В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация – М.: Стройиздат, 2018.
4. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И.[Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2018

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=70>
2. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=kontrolnie&id=757>

**Практическое занятие № 2**

**Тема:** Определение давления рабочей жидкости

**Цель:** Ознакомиться с методами определения давления рабочей жидкости. Научиться определять давление жидкости в зависимости от заданных условий

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.
2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.
3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Гидростатикой называется раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости и их практическое применение.

В покоящейся жидкости всегда присутствует сила давления, которая называется гидростатическим давлением. Жидкость оказывает силовое воздействие на дно и стенки сосуда. Частицы жидкости, расположенные в верхних слоях водоема, испытывают меньшие силы сжатия, чем частицы жидкости, находящиеся у дна.

Гидростатическое давление обладает свойствами.

***Свойство 1****. В любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема жидкости.*

***Свойство 2****. Гидростатическое давление неизменно во всех направлениях.*

***Свойство 3****. Гидростатическое давление в точке зависит от ее координат в пространстве.*

Основное уравнение гидростатики

Рассмотрим распространенный случай равновесия жидкости, когда на нее действует только одна массовая сила - сила тяжести, и получим уравнение, позволяющее находить гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объема жидкости. Это уравнение называется *основным уравнением гидростатики*.

Пусть жидкость содержится в сосуде (рис.2.1) и на ее свободную поверхность действует давление *P0*. Найдем гидростатическое давление *P* в произвольно взятой точке *М*, расположенной на глубине *h*. Выделим около точки *М* элементарную горизонтальную площадку *dS* и построим на ней вертикальный цилиндрический объем жидкости высотой *h*. Рассмотрим условие равновесия указанного объема жидкости, выделенного из общей массы жидкости. Давление жидкости на нижнее основание цилиндра теперь будет внешним и направлено по нормали внутрь объема, т.е. вверх.



Рисунок 2.1 - Схема для вывода основного уравнения гидростатики

Запишем сумму сил, действующих на рассматриваемый объем в проекции на вертикальную ось:

$PdS - P\_{0} dS - ρ∙g∙hdS = 0 $ (2.1)

Последний член уравнения представляет собой вес жидкости, заключенный в рассматриваемом вертикальном цилиндре объемом *hdS*. Силы давления по боковой поверхности цилиндра в уравнение не входят, т.к. они перпендикулярны к этой поверхности и их проекции на вертикальную ось равны нулю. Сократив выражение на *dS* и перегруппировав члены, найдем

$P = P\_{0} + ρ∙g∙h = P\_{0} + h∙γ $ (2.2)

где р0 – давление, действующеена свободную поверхность жидкости, Па;

ρ– плотность жидкости, кг/м3;

g– ускорение свободного падения, g= 9,81м/с2;

h– высота столба жидкости, м;

γ – удельный вес Н/м3.

Полученное уравнение называют *основным уравнением гидростатики*. По нему можно посчитать давление в любой точке покоящейся жидкости. Это давление, как видно из уравнения, складывается из двух величин: давления *P0* на внешней поверхности жидкости и давления, обусловленного весом вышележащих слоев жидкости.

Из основного уравнения гидростатики видно, что какую бы точку в объеме всего сосуда мы не взяли, на нее всегда будет действовать давление, приложенное к внешней поверхности *P0*. Другими словами давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково. Это положение известно под названием *закона Паскаля*.

Абсолютное давление складывается из двух других: избыточного и внешнего (атмосферного):

*p = pизб +pвн* (2.3)

где*pизб* – избыточное давление в резервуаре, Па;

*pвн* – внешнее (атмосферное) давление в резервуаре, Па.

Избыточное давление определяется, как произведение удельного веса на высоту столба жидкости:

$p\_{изб}=h∙γ = ρ∙g∙h$ (2.4)

где γ – удельный вес, Н/м3;

ρ– плотность жидкости, кг/м3;

g– ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с2;

h– высота столба жидкости, м.

Закон Архимеда.

Тело, погруженное (полностью или частично) в жидкость, испытывает со стороны жидкости суммарное давление, направленное снизу вверх и равное весу жидкости в объеме погруженной части тела.

$P\_{выт} = ρ\_{ж}∙g∙V\_{погр}$(2.5)

где Vпогр – объем погруженного в жидкость тела, м3;

ρж – плотность жидкости, кг/м3;

g– ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с2.

**Пример решения задачи**

Вариант 30

К всасывающей стороне цилиндра присоединен водяной вакууметр с показанием h. Определите разрежение под поршнем.

Дано: Решение:

h =95 м В данной задачи нам нужно найти разрежение под

рраз- ? поршнем, по-другому его можно назвать избыточным

давлением, которое найдем по формуле (2.4) $p\_{изб}=ρ∙g∙h$

Жидкость, находящаяся в цилиндре это вода, тогда

ρ = 1000 кг/м3, а g = 9,81 м/с2

Тогда, $p\_{изб} = 1000∙9,81∙95$ = 931950 Па = 0,93 МПа



Рисунок 2.2–Цилиндр

Ответ: рраз = 0,93 Мпа

**Задания для практического занятия**

№ 1. Определите избыточное давление воды в трубе по показаниям батарейного ртутного манометра. Отметки уровней ртути по оси трубы:

Z1, Z2, Z3, Z4.



Рисунок 2.3– Батарейный ртутный манометр, к задаче №1

№ 2. Определите избыточное давление в забое скважины глубиной h, которая заполнена жидкостью плотностью ρ.

№ 3.Два горизонтальных цилиндрических трубопровода А и В содержат соответственно минеральное масло плотностью 900 кг/м3 и воду плотностью 1000 кг/м3. Высоты жидкостей, представленные на рисунке имеют следующие значения: hм, hрт, hв. Зная, что гидростатическое давление на оси трубопровода А равно р, определите давление на оси трубопровода В.

Рисунок 2.4– Батарейный ртутный манометр, к задаче №3

№ 4. Избыточное давление воды в океане на глубине h равно р. Определите: плотность морской воды на этой глубине.

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **h, м** | **z1, м** | **z2, м** | **z3, м** | **z4, м** | **hм, м** | **hрт, м** | **hв, м** | **ρ, кг/м3** | **р, МПа** | **m1, кг** |
| 1 вариант | 97 | 1,77 | 3,05 | 1,66 | 2,63 | 0,28 | 0,48 | 0,96 | 1080 | 0,55 | 13,5 |
| 2 вариант | 81 | 1,94 | 3,12 | 1,59 | 2,69 | 0,29 | 0,45 | 0,96 | 950 | 0,56 | 10,1 |
| 3 вариант | 84 | 1,78 | 3,26 | 1,68 | 2,64 | 0,3 | 0,44 | 0,98 | 820 | 0,61 | 11,7 |
| 4 вариант | 98 | 1,8 | 3,09 | 1,5 | 2,6 | 0,3 | 0,41 | 0,99 | 990 | 0,59 | 12,9 |
| 5 вариант | 93 | 1,87 | 3,03 | 1,58 | 2,61 | 0,29 | 0,5 | 0,92 | 940 | 0,64 | 10,8 |
| 6 вариант | 91 | 1,99 | 3,14 | 1,62 | 2,67 | 0,3 | 0,44 | 0,94 | 1150 | 0,53 | 14,5 |
| 7 вариант | 91 | 1,95 | 3,19 | 1,68 | 2,7 | 0,27 | 0,42 | 0,92 | 810 | 0,62 | 11,4 |
| 8 вариант | 92 | 1,76 | 3,04 | 1,7 | 2,51 | 0,3 | 0,45 | 0,93 | 880 | 0,61 | 13 |
| 9 вариант | 97 | 1,94 | 3,14 | 1,56 | 2,66 | 0,29 | 0,44 | 0,91 | 950 | 0,59 | 13,2 |
| 10 вариант | 99 | 1,76 | 3,23 | 1,56 | 2,67 | 0,3 | 0,48 | 0,93 | 1150 | 0,58 | 11,8 |
| 11 вариант | 88 | 1,97 | 3,18 | 1,59 | 2,58 | 0,27 | 0,41 | 0,94 | 1100 | 0,54 | 12,6 |
| 12 вариант | 86 | 1,96 | 3,04 | 1,65 | 2,64 | 0,23 | 0,5 | 0,99 | 1150 | 0,5 | 13,3 |
| 13 вариант | 95 | 1,89 | 3,18 | 1,68 | 2,58 | 0,27 | 0,48 | 0,92 | 800 | 0,53 | 13,9 |
| 14 вариант | 81 | 1,77 | 3,09 | 1,65 | 2,57 | 0,25 | 0,48 | 0,99 | 1080 | 0,57 | 11,1 |
| 15 вариант | 89 | 1,87 | 3,12 | 1,59 | 2,69 | 0,28 | 0,48 | 1 | 970 | 0,62 | 11,3 |
| 16 вариант | 85 | 1,83 | 3,17 | 1,59 | 2,66 | 0,21 | 0,44 | 0,96 | 980 | 0,69 | 13 |
| 17 вариант | 86 | 1,94 | 3,27 | 1,56 | 2,56 | 0,2 | 0,4 | 0,99 | 950 | 0,67 | 13,6 |
| 18 вариант | 97 | 1,82 | 3,11 | 1,67 | 2,56 | 0,26 | 0,48 | 0,9 | 1200 | 0,68 | 14,2 |
| 19 вариант | 97 | 1,88 | 3,29 | 1,6 | 2,54 | 0,29 | 0,4 | 0,9 | 800 | 0,59 | 10,6 |
| 20 вариант | 93 | 1,97 | 3,02 | 1,69 | 2,58 | 0,23 | 0,41 | 0,95 | 1160 | 0,61 | 13,3 |
| 21 вариант | 81 | 1,76 | 3,13 | 1,55 | 2,5 | 0,22 | 0,44 | 0,95 | 930 | 0,5 | 14,9 |
| 22 вариант | 99 | 2 | 3,27 | 1,51 | 2,52 | 0,28 | 0,48 | 0,93 | 1140 | 0,69 | 11,9 |
| 23 вариант | 99 | 1,75 | 3,15 | 1,68 | 2,68 | 0,26 | 0,41 | 0,98 | 930 | 0,52 | 14,6 |
| 24 вариант | 84 | 1,77 | 3,26 | 1,5 | 2,58 | 0,21 | 0,5 | 0,99 | 830 | 0,51 | 13,2 |
| 25 вариант | 83 | 1,92 | 3,17 | 1,61 | 2,64 | 0,22 | 0,49 | 1 | 1180 | 0,68 | 14,9 |
| 26 вариант | 94 | 1,79 | 3,02 | 1,53 | 2,59 | 0,28 | 0,48 | 0,91 | 800 | 0,65 | 10,1 |
| 27 вариант | 81 | 1,76 | 3,03 | 1,68 | 2,64 | 0,29 | 0,5 | 0,95 | 990 | 0,55 | 13,2 |
| 28 вариант | 99 | 1,97 | 3,22 | 1,67 | 2,53 | 0,23 | 0,45 | 0,99 | 1130 | 0,64 | 13,4 |
| 29 вариант | 84 | 1,78 | 3,14 | 1,62 | 2,58 | 0,21 | 0,48 | 0,95 | 830 | 0,54 | 14,7 |
| 30 вариант | 95 | 1,77 | 3,21 | 1,66 | 2,65 | 0,21 | 0,49 | 0,95 | 970 | 0,69 | 12 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите определение гидростатического давления?
2. Назовите свойства, которыми обладает гидростатическое давление.
3. Напишите вывод основного уравнения гидростатики.
4. Расскажите сущность закона Паскаля.
5. Сформулируйте закон Архимеда.
6. Назовите известные вам виды давлений?

**Список использованной литературы**

1. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин Гидравлические и пневматичексие системы. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.
2. О.Н. Брюханов, В.А.Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2019.
3. Калицун В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация – М.: Стройиздат, 2018.
4. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И.[Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2018

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=70>
2. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=kontrolnie&id=757>

**Практическое занятие № 3**

**Тема:** Определение режимов движения жидкостей

**Цель:** Ознакомиться с режимами движения жидкости. Научиться определять режим движения жидкости в зависимости от заданных условий

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.
2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.
3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Гидродинамика - раздел гидравлики, в котором изучаются законы движения жидкости и ее взаимодействие с неподвижными и подвижными поверхностями.

Живым сечением ω (м²) называют площадь поперечного сечения потока, перпендикулярную к направлению течения. Например, живое сечение трубы - круг (рис.3.1, а); живое сечение клапана - кольцо с изменяющимся внутренним диаметром (рис. 3.1, б).



Рисунок 3.1 – Живые сечения: а - трубы, б - клапана

Смоченный периметр χ ("хи") - часть периметра живого сечения, ограниченное твердыми стенками (рис. 3.2, выделен утолщенной линией).



Рисунок 3.2 – Смоченный периметр

Для круглой трубы

 (3.1)

где D–диаметр трубы, м;

φ–угол наполненности жидкости в трубе, 0.

Расход жидкости Q – это объем жидкости V, протекающей за единицу времени t через живое сечение ω.

 (3.2)

где V–объем жидкости, м3;

t– время, за которое вытекает жидкость, с.

Средняя скорость потока υ - скорость движения жидкости, определяющаяся отношением расхода жидкости Q к площади живого сечения ω

 (3.3)

Поскольку скорость движения различных частиц жидкости отличается друг от друга, поэтому скорость движения и усредняется. В круглой трубе, например, скорость на оси трубы максимальна, тогда как у стенок трубы она равна нулю.

Гидравлический радиус потока R - отношение живого сечения к смоченному периметру

 (3.4)

Течение жидкости может быть напорным и безнапорным.

*Напорное* течение наблюдается в закрытых руслах без свободной поверхности. Напорное течение наблюдается в трубопроводах с повышенным (пониженным давлением).

*Безнапорное* - течение со свободной поверхностью, которое наблюдается в открытых руслах (реки, открытые каналы, лотки и т.п.). В данном курсе будет рассматриваться только напорное течение.



Рисунок 3.3 – Труба с переменным диаметром при постоянном расходе

Из закона сохранения вещества и постоянства расхода вытекает *уравнение неразрывности* течений. Представим трубу с переменным живым сечением (рис.3.3). Расход жидкости через трубу в любом ее сечении постоянен, т.е. *Q1=Q2= const*, откуда

$ω\_{1}∙υ\_{1} = ω\_{2}∙υ\_{2}$(3.5)

Таким образом, если течение в трубе является сплошным и неразрывным, то уравнение неразрывности примет вид:

 (3.6)

гдеυ1 – скорость жидкости в первом сечении, м/с;

ω1 – площадь первого живого сечения, м2;

υ2 – скорость жидкости во втором сечении, м/с;

ω2 – площадь второго живого сечения, м2.

Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.

Для двух произвольных сечений 1-1 и 2-2 потока идеальной жидкости уравнение Бернулли (рис. 3.4) имеет следующий вид:

 (3.7)

Рисунок 3.4 – Схема струйки идеальной жидкости

Так как сечения 1-1 и 2-2 взяты произвольно, то полученное уравнение можно переписать иначе:

 (3.8)

и прочитать так: сумма трех членов уравнения Бернулли для любого сечения потока идеальной жидкости есть величина постоянная.

С энергетической точки зрения каждый член уравнения представляет собой определенные виды энергии:

z1 и z2 - удельные энергии положения, характеризующие потенциальную энергию в сечениях 1-1 и 2-2;

 - удельные энергии давления, характеризующие потенциальную энергию давления в тех же сечениях;

 - удельные кинетические энергии в тех же сечениях.

Уравнение Бернулли для реальной жидкости.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости несколько отличается от уравнения. Дело в том, что при движении реальной вязкой жидкости возникают силы трения, на преодоление которых жидкость затрачивает энергию. В результате полная удельная энергия жидкости в сечении *1-1* будет больше полной удельной энергии в сечении *2-2* на величину потерянной энергии (рис. 3.5).

Рисунок 3.5 – Схема потока реальной жидкости

Потерянная энергия или потерянный напор обозначаются  и имеют также линейную размерность.

Уравнение Бернулли для реальной жидкости будет иметь вид:

 (3.9)

Кроме этого в уравнении появились еще два коэффициента α1 и α2, которые называются *коэффициентами Кориолиса* и зависят от режима течения жидкости (α = 2 для ламинарного режима, α = 1 для турбулентного режима).

Потерянная высота  складывается из линейных потерь, вызванных силой трения между слоями жидкости, и потерь, вызванных местными сопротивлениями (изменениями конфигурации потока)

= *hлин* + *hмест* (3.10)

С помощью уравнения Бернулли решается большинство задач практической гидравлики. Для этого выбирают два сечения по длине потока, таким образом, чтобы для одного из них были известны величины Р, ρ, *g*, а для другого сечения одна или величины подлежали определению. При двух неизвестных для второго сечения используют уравнение постоянства расхода жидкости υ1ω 1 = υ2ω2.

При наблюдении за движением жидкости в трубах и каналах, можно заметить, что в одном случае жидкость сохраняет определенный строй своих частиц, а в других - перемещаются бессистемно. Однако исчерпывающие опыты по этому вопросу были проведены Рейнольдсом в 1883 г. На рис. 3.6 изображена установка, аналогичная той, на которой Рейнольдс производил свои опыты.



Рисунок 3.6 – Схема установки Рейнольдса

Установка состоит из резервуара *А* с водой, от которого отходит стеклянная труба *В* с краном *С* на конце, и сосуда *D* с водным раствором краски, которая может по трубке вводиться тонкой струйкой внутрь стеклянной трубы *В*.

*Первый случай движения жидкости*. Если немного приоткрыть кран *С* и дать возможность воде протекать в трубе с небольшой скоростью, а затем с помощью крана *Е* впустить краску в поток воды, то увидим, что введенная в трубу краска не будет перемешиваться с потоком воды. Струйка краски будет отчетливо видимой вдоль всей стеклянной трубы, что указывает на слоистый характер течения жидкости и на отсутствие перемешивания. Если при этом, если к трубе подсоединить пьезометр или трубку Пито, то они покажут неизменность давления и скорости по времени. Такой режим движения называется *ламинарный*.

*Второй случай движения жидкости*. При постепенном увеличении скорости течения воды в трубе путем открытия крана *С* картина течения вначале не меняется, но затем при определенной скорости течения наступает быстрое ее изменение. Струйка краски по выходе из трубки начинает колебаться, затем размывается и перемешивается с потоком воды, причем становятся заметными вихреобразования и вращательное движение жидкости. Пьезометр и трубка Пито при этом покажут непрерывные пульсации давления и скорости в потоке воды. Такое течение называется *турбулентным* (рис. 3.6, вверху).

Если уменьшить скорость потока, то восстановится ламинарное течение.

Итак, *ламинарным* называется слоистое течение без перемешивания частиц жидкости и без пульсации скорости и давления. При ламинарном течении жидкости в прямой трубе постоянного сечения все линии тока направлены параллельно оси трубы, при этом отсутствуют поперечные перемещения частиц жидкости.

*Турбулентным* называется течение, сопровождающееся интенсивным перемешиванием жидкости с пульсациями скоростей и давлений. Наряду с основным продольным перемещением жидкости наблюдаются поперечные перемещения и вращательные движения отдельных объемов жидкости. Переход от ламинарного режима к турбулентному наблюдается при определенной скорости движения жидкости. Эта скорость называется *критической* υ *кр*.

Критерий, который определяет режим движения жидкости, называется *критическим числом Рейнольдса* Reкр и определяется следующим образом:

 (3.11)

гдеυкр–критическая скорость жидкости, м/с;

d–внутренний диаметр трубы, мм;

ν–кинематическая вязкость, м2/с;

ω2–площадь второго живого сечения, м2.

Как показывает опыт, для труб круглого сечения Reкр примерно равно 2300.Таким образом, критерий подобия Рейнольдса позволяет судить о режиме течения жидкости в трубе. При Re<Reкр течение является ламинарным, а при Re>Reкр течение является турбулентным. Точнее говоря, вполне развитое турбулентное течение в трубах устанавливается лишь при Re примерно равно 4000, а при Re = 2300…4000 имеет место переходная, критическая область.

**Пример решения задачи**

Вариант 30

Уточните режим течения воды в трубопроводе диаметром d1 при расходе Q. Коэффициент кинематической вязкости ν.

Дано: СИ: Решение:

d1 =150 мм 0,15 м Воспользуемся формулой (3.11) 

Q = 95 л/с 0,095 м3/с в данной формуле нам не известна только

ν = 1,27 \* 10-6 м2/с величина – это критическая скорость.

Re - ? Скорость можем найти с помощью формулы (3.3)$ Q=\frac{υ}{S}, υ=Q∙S$

Теперь нужно найти площадь поперечного сечения. Так как в задании сказано, что вода движется по трубопроводу, а поперечное сечение трубопровода это круг, тогда:

$$ S=\frac{π∙d^{2}}{4}=\frac{3,14∙0,15^{2}}{4}=\frac{0,07}{4}=0,018 м^{2}$$

$$υ=Q∙S=0,095∙0,18=0,0017 м/с$$

$ Re=\frac{0,0017∙0,15}{1,27∙10^{-6}}=\frac{0,000255}{1,27∙10^{-6}}≈200<2300$,

Следовательно, режим движения ламинарный.

Ответ: режим движения ламинарный, Re = 200

*Примечание: данную задачу можно решить другим способом, путем подстановки всех формул в исходную формулу.*

**Задания для практического занятия**

№ 1.Труба, по которой течет вода, имеет переменное сечение. Определите скорость во втором сечении, если скорость в первом сечении v1, d1, d2.

№ 2.По полностью заполненному трубопроводу перекачивается жидкость со скоростью v1. Определите расход жидкости Q, если гидравлический радиус R .

№ 3. Определите давление p1в сечении 1-1 горизонтально расположенного сопла гидромонитора, необходимое для придания скорости воде в выходном сечении 2-2, v2, если скорость движения воды в сечении 1-1 – v1.

Рисунок 3.7 – Сопло гидромонитора, к задаче №3

№ 4.Из напорного бака вода течет по трубе диаметром d1, и затем вытекает в атмосферу через насадки с диаметром выходного отверстия d2. Избыточное давление воздуха в баке р0; высота Н. Пренебрегая потерями энергии, определите скорости течения воды в трубе v1и на выходе из насадки.



Рисунок 3.8 – Напорный бак, к задаче № 4

№ 5.Определите число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром d1, если расход Q. Коэффициент кинематической вязкости для воды υ.

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **υ1, м/c** | **υ2, м/c** | **d1, мм** | **d2, мм** | **R, м** | **р0, МПа** | **Н, м** | **Q, л/с** | **ν, м2/с \* 10-6** |
| 1 вариант | 0,06 | 12 | 200 | 100 | 0,019 | 0,07 | 0,9 | 80 | 1,32 |
| 2 вариант | 0,08 | 13 | 150 | 50 | 0,019 | 0,1 | 0,5 | 88 | 1,25 |
| 3 вариант | 0,08 | 12 | 200 | 100 | 0,018 | 0,07 | 0,5 | 95 | 1,41 |
| 4 вариант | 0,07 | 19 | 150 | 100 | 0,015 | 0,06 | 0,9 | 98 | 1,39 |
| 5 вариант | 0,05 | 19 | 150 | 100 | 0,017 | 0,09 | 0,7 | 100 | 1,25 |
| 6 вариант | 0,09 | 18 | 150 | 50 | 0,019 | 0,05 | 0,8 | 90 | 1,33 |
| 7 вариант | 0,07 | 13 | 150 | 50 | 0,016 | 0,08 | 0,7 | 97 | 1,4 |
| 8 вариант | 0,08 | 17 | 200 | 50 | 0,015 | 0,06 | 0,5 | 79 | 1,26 |
| 9 вариант | 0,09 | 18 | 200 | 100 | 0,016 | 0,06 | 0,5 | 82 | 1,36 |
| 10 вариант | 0,08 | 11 | 150 | 50 | 0,02 | 0,07 | 0,9 | 95 | 1,43 |
| 11 вариант | 0,05 | 18 | 200 | 100 | 0,015 | 0,07 | 0,5 | 79 | 1,29 |
| 12 вариант | 0,07 | 13 | 150 | 50 | 0,015 | 0,06 | 0,6 | 82 | 1,25 |
| 13 вариант | 0,07 | 10 | 200 | 100 | 0,017 | 0,09 | 1 | 81 | 1,25 |
| 14 вариант | 0,05 | 17 | 150 | 100 | 0,02 | 0,1 | 0,6 | 82 | 1,32 |
| 15 вариант | 0,07 | 18 | 150 | 100 | 0,019 | 0,1 | 0,7 | 93 | 1,29 |
| 16 вариант | 0,07 | 16 | 150 | 50 | 0,016 | 0,09 | 1 | 99 | 1,31 |
| 17 вариант | 0,06 | 10 | 150 | 50 | 0,019 | 0,05 | 1 | 90 | 1,3 |
| 18 вариант | 0,06 | 11 | 200 | 50 | 0,017 | 0,1 | 0,9 | 95 | 1,31 |
| 19 вариант | 0,06 | 12 | 200 | 100 | 0,017 | 0,09 | 0,5 | 97 | 1,3 |
| 20 вариант | 0,06 | 14 | 150 | 50 | 0,015 | 0,1 | 0,6 | 79 | 1,26 |
| 21 вариант | 0,06 | 20 | 200 | 100 | 0,02 | 0,05 | 1 | 87 | 1,33 |
| 22 вариант | 0,06 | 18 | 150 | 50 | 0,018 | 0,05 | 0,8 | 93 | 1,41 |
| 23 вариант | 0,08 | 12 | 200 | 100 | 0,019 | 0,08 | 1 | 89 | 1,42 |
| 24 вариант | 0,06 | 19 | 150 | 100 | 0,019 | 0,05 | 0,6 | 88 | 1,36 |
| 25 вариант | 0,06 | 14 | 150 | 100 | 0,018 | 0,1 | 0,6 | 91 | 1,34 |
| 26 вариант | 0,07 | 12 | 150 | 50 | 0,017 | 0,06 | 0,5 | 86 | 1,32 |
| 27 вариант | 0,06 | 11 | 150 | 50 | 0,02 | 0,09 | 0,8 | 97 | 1,26 |
| 28 вариант | 0,08 | 14 | 200 | 50 | 0,016 | 0,1 | 1 | 87 | 1,41 |
| 29 вариант | 0,09 | 17 | 200 | 100 | 0,019 | 0,09 | 1 | 75 | 1,34 |
| 30 вариант | 0,07 | 16 | 150 | 50 | 0,015 | 0,07 | 0,8 | 95 | 1,27 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите, что является живым сечением потока, покажите на рисунке?
2. Расскажите, что является смоченным периметром сечения?
3. Охарактеризуйте напорное и безнапорное течение жидкости.
4. Напишите уравнение неразрывности потока.
5. Напишите уравнение Бернулли для реальной и идеальной жидкости. Объясните в чем их отличие?
6. Расскажите, какие есть случаи движения жидкости, и с помощью какого критерия они определяются?

**Список использованной литературы**

1. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин Гидравлические и пневматичексие системы. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.
2. О.Н. Брюханов, В.А.Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2019.
3. Калицун В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация – М.: Стройиздат, 2018.
4. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И.[Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2018

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=70>
2. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=kontrolnie&id=757>

**Практическое занятие № 4**

**Тема:** Определение параметров пара

**Цель:** Научиться определять основные параметры пара и законы идеального газа. Понять в чем их отличие

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.

2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.

3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Теплотехника – это наука, изучающая процесс перехода теплоты в механическую работу.

Идеальный газ – это такой газ, в котором молекулы находятся на большом расстоянии друг от друга, не взаимодействуют межу собой.

Основные параметры состояния идеального газа:

1. Давление:

$$р\_{абс}= р\_{б}+р\_{изб } (6.1)$$

где рб – атмосферное (барометрическое давление Па, мм рт. ст., бар;

ризб – избыточное давление Па, мм рт. ст., бар.

1. бар = 750 мм рт. ст.
2. Температура:

$$T=t+273, К (6.2)$$

где t– температура по шкале Цельсия 0С.

1. Удельный объем:

$$υ=\frac{V}{m}=\frac{1}{ρ}, (6.3)$$

где V – объем, занимаемый газом, м3;

m– масса газа, кг;

ρ– плотность газа, кг/м3.

 Основные законы идеального газа:

Закон Бойля – Мариотта:

$$p∙υ=const, при t=const (6.4)$$

где υ – удельный объем, м3;

р – абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар;

t– температура, 0С, К.

Закон Гей-Люссака:

$$\frac{v\_{1}}{v\_{2}}=\frac{T\_{1}}{T\_{2}}=const, при p=const (6.5)$$

где υ – удельный объем, м3;

t– температура, К;

р– абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар.

Закон Шарля:

$$\frac{p\_{1}}{p\_{2}}=\frac{T\_{1}}{T\_{2}}=const, при v=const (6.6)$$

где р– абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар;

υ – удельный объем, м3;

t– температура, К.

Закон Авогадро:

$$\frac{μ\_{1}}{ρ\_{1}}=\frac{μ\_{2}}{ρ\_{2}}=const, при p=const и t=const (6.7)$$

где μ – молярная масса, кг/моль;

р– абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар;

ρ– плотность газа, кг/м3;

t– температура, 0С, К.

Уравнение состояния идеального газа, или уравнение Клайперона:

$$p∙V=m∙R\_{0}∙T, (6.8)$$

где V – объем, занимаемый газом, м3;

р– абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар;

ρ– плотность газа, кг/м3;

m– масса газа, кг;

R0 – газовая постоянная, для каждого газа имеет свое значение, Дж/(кг\*К);

T– температура, К.

Уравнение Менделеева-Клайперона:

$$p∙V=\frac{m}{μ}∙R∙T, (6.9)$$

где V – объем, занимаемый газом, м3;

р– абсолютное давление, Па, мм рт. ст., бар;

ρ– плотность газа, кг/м3;

m– масса газа, кг;

μ – молярная масса, кг/моль;

R – универсальная газовая постоянная, R=8,314 Дж/(моль\*К);

T– температура, К.

**Пример решения задачи**

Вариант 30

Определите, как изменится объем жидкости при повышении температуры от t1 до t2, если изначально объем жидкости составлял V, давление осталось неизменным.

Дано: Решение:

V = 0,8 м3 Так как p = const, то для нахождения изменения объема

t1 = 15 0C мы применим закон Гей-Люссака: $\frac{V\_{1}}{V\_{2}}=\frac{T\_{1}}{T\_{2}}$

t2 = 430CДля этого сначала переведем температуру в Кельвин:

∆V- ? Т1 = 273+15 = 288 К

 Т2 = 273+43 = 316 К

 Т.к. $\frac{V\_{1}}{V\_{2}}=\frac{T\_{1}}{T\_{2}}$ , то $V\_{2}=\frac{V\_{1}∙T\_{2}}{T\_{1}}=\frac{0,8∙316}{288}=0,878 м^{3}$

 Тогда ∆V = V2 – V1 = 0,878 – 0,8 = 0,078 м3

 Следовательно, при изменении температуры объем увеличился на 0,078 м3.

Ответ: ∆V = 0,078 м3

**Задания для практического занятия**

№ 1. Манометр, установленный на паровом котле, показывает давление ризб. Определите давление пара в котле, если атмосферное давление ратм.

№ 2. В баллоне содержится кислород массой m при давлении p и температуре t1. Вычислите вместимость баллонаV.

№ 3. Давление воздуха, измеренное ртутным барометром, равно рб при температуре ртути t1. Выразите это давление в барах.

№ 4. В баллоне объемом V содержится аргон при определенных условиях массой m. Определите плотность и удельный объем аргона при этих условиях.

№ 5. Резервуар вместимостью V заполнен углекислым газом. Избыточное давление в резервуаре pизб, температура t1, а барометрическое давление pатм. Определите:

а) массу газа

б) вес газа

в) удельный объем газа

№ 6. Определите, как изменится давление жидкости при повышении температуры от t1 до t2, если изначально давление жидкости составляло p, удельный объем остался неизменным.

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **p, МПа** | **ризб, кПа** | **ратм, кПа** | **рб, мм рт. ст.** | **t1, 0С** | **t2, 0С** | **∆t, 0С** | **V, м3** | **m,кг** |
| 1 вариант | 3,9 | 1,4 | 100 | 696 | 20 | 53 | 10 | 1,3 | 0,91 |
| 2 вариант | 10,4 | 2,2 | 94 | 665 | 15 | 49 | 9 | 0,7 | 1,04 |
| 3 вариант | 7,4 | 1,9 | 102 | 655 | 10 | 55 | 7 | 0,9 | 0,6 |
| 4 вариант | 1,4 | 1,6 | 96 | 661 | 15 | 50 | 5 | 0,6 | 0,9 |
| 5 вариант | 10,8 | 1 | 107 | 704 | 30 | 42 | 20 | 1,8 | 0,53 |
| 6 вариант | 3,9 | 1,2 | 119 | 665 | 25 | 44 | 15 | 1,3 | 0,5 |
| 7 вариант | 7,1 | 1,8 | 115 | 671 | 20 | 49 | 9 | 0,8 | 0,99 |
| 8 вариант | 2 | 2,2 | 88 | 697 | 15 | 58 | 8 | 1,4 | 1,03 |
| 9 вариант | 7 | 1,5 | 96 | 670 | 15 | 51 | 7 | 1,5 | 0,82 |
| 10 вариант | 4,3 | 2 | 112 | 689 | 10 | 57 | 5 | 0,8 | 0,62 |
| 11 вариант | 6,3 | 2,2 | 80 | 702 | 25 | 41 | 20 | 0,6 | 0,46 |
| 12 вариант | 7,5 | 0,9 | 114 | 660 | 10 | 55 | 7 | 0,8 | 0,71 |
| 13 вариант | 7,2 | 1,9 | 92 | 692 | 30 | 49 | 17 | 0,7 | 0,75 |
| 14 вариант | 10,5 | 1,4 | 83 | 703 | 10 | 43 | 8 | 0,7 | 0,73 |
| 15 вариант | 1,3 | 1,4 | 107 | 690 | 15 | 54 | 9 | 1,8 | 0,58 |
| 16 вариант | 1,8 | 1,1 | 86 | 660 | 15 | 41 | 4 | 1,2 | 0,66 |
| 17 вариант | 4,6 | 1,2 | 115 | 717 | 25 | 58 | 22 | 1,4 | 1,03 |
| 18 вариант | 3,2 | 1,6 | 106 | 659 | 10 | 57 | 7 | 1,2 | 0,86 |
| 19 вариант | 9,7 | 1,6 | 116 | 681 | 25 | 51 | 11 | 1,1 | 0,76 |
| 20 вариант | 2,7 | 1 | 85 | 647 | 30 | 40 | 10 | 1,8 | 0,89 |
| 21 вариант | 5,3 | 1,5 | 111 | 718 | 30 | 55 | 14 | 1,4 | 0,51 |
| 22 вариант | 9,8 | 1,4 | 90 | 681 | 15 | 54 | 9 | 0,6 | 0,7 |
| 23 вариант | 8,5 | 2,1 | 88 | 652 | 20 | 44 | 14 | 1,3 | 0,8 |
| 24 вариант | 8,6 | 1,7 | 84 | 710 | 25 | 41 | 8 | 1 | 0,56 |
| 25 вариант | 2,5 | 2,3 | 97 | 665 | 30 | 57 | 7 | 1,5 | 0,62 |
| 26 вариант | 4 | 1,5 | 92 | 710 | 15 | 44 | 10 | 1,4 | 0,47 |
| 27 вариант | 2,9 | 1,3 | 83 | 645 | 10 | 58 | 4 | 1,5 | 0,56 |
| 28 вариант | 7,6 | 1,2 | 118 | 685 | 20 | 55 | 19 | 1,8 | 0,59 |
| 29 вариант | 1,3 | 1,3 | 102 | 676 | 30 | 51 | 15 | 1,3 | 0,88 |
| 30 вариант | 10,9 | 1,2 | 106 | 655 | 15 | 43 | 7 | 0,8 | 0,53 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите, что изучает теплотехника?
2. Сформулируйте, какой физический смысл лежит в основе термодинамики?
3. Назовите, что такое термодинамическая система?
4. Назовите какие бывают термодинамические состояния?
5. Объясните отличие реального газа от идеального.
6. Назовите какие две температурные шкалы применяют для измерения температуры?
7. Назовите основные параметры состояния идеального газа?
8. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта
9. Назовите, что утверждает закон Гей-Люссака?
10. Сформулируйте закон Шарля.
11. Объясните, какие параметры связывают уравнение идеального газа Клайперона?

**Список использованной литературы**

1. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин Гидравлические и пневматичексие системы. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.

2. О.Н. Брюханов, В.А.Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2019.

3. Калицун В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация – М.: Стройиздат, 2018.

4. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И.[Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2018

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=70>
2. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=kontrolnie&id=757>

**Практическое занятие № 5**

**Тема:** Применение первого и второго закона термодинамики

**Цель:** Научиться применять первый и второй законы термодинамики для решения конкретных прикладных задач, изучить термодинамические процессы, и их особенности, понять, в чем заключается особенность цикла Карно, и что такое прямой и обратный циклы

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.

2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.

3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

**Полная энергия системы:**

E = Eк + Еп + U, (7.1)

где Eк – кинетическая энергия системы, Дж;

Eп – потенциальная энергия системы, Дж;

U – внутренняя энергия, Дж.

**Внутренняя удельная энергия вещества:**

$u=\frac{U}{m}, $ Дж/кг (7.2)

где U – внутренния энергия системы, Дж;

m – масса вещества, кг.

**Изменение внутренней энергии:**

∆U = $\frac{i}{2}∙\frac{m}{μ}∙R∙∆T, $Дж (7.3)

где i – число степеней свободы;

R – универсальная газовая постоянная, R = 8,314 Дж/(моль\*К);

m – масса вещества, кг;

μ–молярная масса, кг/моль;

∆T – изменение температуры, К.

**Удельная теплоемкость при постоянном давлении:**

$с\_{р}=\frac{1}{m}∙\frac{∆Q}{∆T},Дж/кг∙К$ (7.4)

где ∆Q – количество теплоты, Дж;

m – масса вещества, кг;

∆T – изменение температуры, К.

**Удельная теплоемкость при постоянном объеме:**

$$с\_{v}=\frac{1}{m}∙\frac{∆Q}{∆T} (7.5)$$

где ∆Q – количество теплоты, Дж;

m – масса вещества, кг;

∆T – изменение температуры, К.

**Показатель адиабаты:**

$$k=\frac{c\_{p}}{c\_{v}} (7.6)$$

где ср – удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/кг\*К;

сv – удельная теплоемкость при постоянном объеме, Дж/кг\*К.

**Молярная теплоемкость:**

$с\_{μ}=с\_{р}∙μ, Дж/моль∙К$ (7.7)

где ср – удельная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/кг\*К;

μ–молярная масса, кг/моль.

**Первый закон термодинамики:**

$$Q=∆U+A (7.8)$$

где ∆U – изменение внутренней энергии системы, Дж;

А – работа, Дж.

**Второй закон термодинамики:**

$$∆S\geq \frac{∆Q}{T} (7.9)$$

где ∆Q – количество теплоты, Дж;

Т – температура, К.

**КПД тепловой машины:**

$$ƞ=1-\frac{Q\_{2}}{Q\_{1}}=1-\frac{T\_{2}}{T\_{1}} (7.10)$$

**Холодильный коэффициент:**

$$ε=\frac{Q\_{2}}{Q\_{1}-Q\_{2}}=\frac{T\_{2}}{T\_{1}-T\_{2}} (7.11)$$

**Пример решения задачи**

Вариант 30

Найдите среднюю удельную теплоемкость кислорода при постоянном давлении при повышении его температуры от t1до t2.

Дано: Решение:

t1 = 200C Так как давлении постоянно p = const, то будем находить t2 = 1460C среднюю удельную теплоемкость при постоянном

ср - ? давлении ср.

Искомую теплоемкость принимаем равной истинной Удельной изобарной теплоемкости при средней арифметической температуре $\overbar{t}$.

Так как, в условии задачи нам даны t1и t2, то сначала

найдем среднюю температуру:$\overbar{ t}$*= t1 + t2 =* 20 + 146 = 830C

Затем из приложения 13 (справочные данные), находим истинную удельную изобарную теплоемкость для кислорода при $\overbar{t}$ = 83 0C: ср = 0,929 кДж/(кг\*К).

Это значение теплоемкости равно средней удельной теплоемкости кислорода в интервале температур от 20 до 146 0C.

Ответ: ср = 0,929 кДж/(кг\*К)

**Задания для практического занятия**

№ 1**.** Определите внутреннюю энергию азота массой m, который вначале находится при температуре Т1. Затем азот изобарно нагрели до Т2. Определить изменение внутренней энергии газа. Молярная масса азота равна μ= 0,028 кг/моль.

№ 2. Определите расход воздуха в системе охлаждения дизеля Q, и массу m, мощностью N, если отводимая теплота составляет 75% полезной мощности двигателя, а температура охлаждающего воздуха повышается до ∆t.

№ 3.В резервуаре емкостью V1находится воздух при давлении p1 и температуре t1. Определите, как изменится температура t2 и давление p2  воздуха, если к нему подвести теплоту в количестве Q?

№ 4. Найдите среднюю киломольную изобарную теплоемкость углекислого газа (СО2) при повышении его температуры от t1 до t2.

№ 5.Определите КПД обратимого цикла теплового двигателя, если температуры теплоотдачи t1 , а теплоприемника t2.

№ 6. Тепловая машина работает по некоторому обратимому прямому циклу, КПД которого ƞ. Вычислите величину холодильного коэффициента этой машины, если она будет совершать тот же цикл в обратном направлении?

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **t1, 0С** | **t2, 0С** | **∆t, 0С** | **m,кг** | **N, кВт** | **V1, м3** | **V2, м3** | **p1, МПа** | **p2, МПа** | **ƞ, %** | **Q, Дж** |
| 1 вариант | 56 | 105 | 52 | 0,85 | 65,00 | 0,70 | 3,60 | 0,80 | 6,80 | 17,00 | 240 |
| 2 вариант | 45 | 180 | 27 | 0,63 | 40,00 | 1,90 | 4,30 | 0,70 | 5,20 | 39,00 | 235 |
| 3 вариант | 42 | 300 | 48 | 0,43 | 42,00 | 1,40 | 3,30 | 1,10 | 4,70 | 23,00 | 258 |
| 4 вариант | 43 | 135 | 26 | 0,80 | 62,00 | 0,90 | 3,40 | 0,70 | 5,80 | 18,00 | 299 |
| 5 вариант | 70 | 291 | 49 | 0,45 | 53,00 | 1,70 | 4,10 | 1,00 | 4,30 | 38,00 | 302 |
| 6 вариант | 60 | 114 | 60 | 0,57 | 38,00 | 1,30 | 5,50 | 1,90 | 5,00 | 24,00 | 304 |
| 7 вариант | 53 | 117 | 82 | 0,42 | 33,00 | 2,10 | 5,20 | 1,40 | 4,70 | 41,00 | 308 |
| 8 вариант | 56 | 254 | 58 | 0,58 | 36,00 | 1,00 | 5,00 | 1,70 | 4,10 | 37,00 | 325 |
| 9 вариант | 51 | 243 | 27 | 0,84 | 48,00 | 1,90 | 4,80 | 0,50 | 4,70 | 16,00 | 242 |
| 10 вариант | 62 | 249 | 96 | 0,90 | 65,00 | 2,50 | 4,20 | 0,50 | 4,30 | 16,00 | 309 |
| 11 вариант | 44 | 127 | 21 | 0,57 | 62,00 | 0,60 | 5,40 | 1,10 | 6,00 | 24,00 | 195 |
| 12 вариант | 34 | 190 | 28 | 0,58 | 33,00 | 2,20 | 4,10 | 1,80 | 6,10 | 18,00 | 290 |
| 13 вариант | 12 | 205 | 22 | 0,90 | 34,00 | 0,50 | 5,30 | 1,40 | 6,40 | 35,00 | 313 |
| 14 вариант | 64 | 116 | 43 | 0,56 | 35,00 | 0,50 | 5,00 | 1,60 | 6,60 | 23,00 | 350 |
| 15 вариант | 17 | 145 | 71 | 0,65 | 37,00 | 0,80 | 3,70 | 1,50 | 5,70 | 25,00 | 390 |
| 16 вариант | 23 | 120 | 52 | 0,55 | 58,00 | 1,90 | 3,10 | 0,70 | 4,50 | 38,00 | 380 |
| 17 вариант | 56 | 234 | 28 | 0,90 | 50,00 | 0,90 | 5,10 | 0,70 | 5,90 | 16,00 | 372 |
| 18 вариант | 30 | 178 | 83 | 0,80 | 71,00 | 2,30 | 3,70 | 0,70 | 6,20 | 24,00 | 350 |
| 19 вариант | 13 | 228 | 13 | 0,92 | 43,00 | 2,30 | 4,60 | 1,70 | 5,70 | 20,00 | 375 |
| 20 вариант | 59 | 211 | 20 | 0,56 | 48,00 | 0,90 | 3,00 | 1,70 | 4,00 | 23,00 | 198 |
| 21 вариант | 68 | 230 | 68 | 0,58 | 70,00 | 1,00 | 4,60 | 1,40 | 5,70 | 35,00 | 171 |
| 22 вариант | 54 | 159 | 62 | 0,70 | 70,00 | 1,50 | 5,30 | 1,10 | 4,00 | 27,00 | 153 |
| 23 вариант | 16 | 153 | 77 | 0,80 | 50,00 | 2,40 | 4,60 | 1,60 | 5,70 | 35,00 | 203 |
| 24 вариант | 66 | 193 | 75 | 0,90 | 50,00 | 1,80 | 5,50 | 1,60 | 4,00 | 39,00 | 231 |
| 25 вариант | 11 | 102 | 97 | 0,86 | 63,00 | 1,90 | 3,60 | 0,60 | 7,00 | 24,00 | 255 |
| 26 вариант | 52 | 279 | 71 | 0,49 | 43,00 | 0,80 | 5,00 | 1,20 | 5,30 | 20,00 | 281 |
| 27 вариант | 27 | 174 | 29 | 0,53 | 67,00 | 1,90 | 3,80 | 1,80 | 6,20 | 39,00 | 292 |
| 28 вариант | 18 | 215 | 45 | 0,68 | 72,00 | 2,00 | 3,60 | 1,00 | 4,80 | 35,00 | 300 |
| 29 вариант | 68 | 297 | 86 | 0,63 | 57,00 | 2,30 | 5,20 | 1,80 | 5,70 | 27,00 | 302 |
| 30 вариант | 20 | 146 | 95 | 0,57 | 55,00 | 0,70 | 5,50 | 0,60 | 6,80 | 24,00 | 307 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите из чего складывается полная внутренняя энергия системы?
2. Объясните, что такое удельная внутренняя энергия?
3. Объясните, как определить энтальпию газа?
4. Назовите, что такое энтропия газа, в чем заключается ее физический смысл?
5. Назовите определение теплоемкости газов. Виды.
6. Сформулируйте первый закон термодинамики.
7. Запишите уравнение изохорного процесса.
8. Запишите основное уравнение для изобарного процесса.
9. Объясните физическую сущность изотермического процесса.
10. Запишите основное уравнение для адиабатического процесса.
11. Объясните в чем сущность политропного процесса?
12. Назовите, как определить термический КПД?
13. Сформулируйте, что означает «холодильный коэффициент»?
14. Назовите, в чем заключается сущность идеального цикла Карно?
15. Назовите, какой процесс называют обратным, а какой прямым?
16. Назовите известные вам трактовки второго закона термодинамики.

**Список использованной литературы**

1. О.Н. Брюханов, В.А. Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2010.
2. В.И. Калицун, Е.В. [Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С. Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И. [Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2005

**Интернет-ресурсы:**

<http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=573>

**Практическое занятие № 6**

**Тема:** Основные положения теории теплообмена

**Цель:** научиться [определять интенсивность излучения стенки](http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Ftwt.mpei.ru%2FMCS%2FWorksheets%2FHydro%2FOGTA-11-1.xmcd&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNGKlpjZSbKG1W1KdI1sD4450yFxeg),  [тепловой поток от газов к воздуху через кирпичную обмуровку](http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Ftwt.mpei.ru%2FMCS%2FWorksheets%2FHydro%2FOGTA-11-2.xmcd&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNGv5RS87G1ISwR66j31hjck474fmw) и [необходимую толщину тепловой изоляции](http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Ftwt.mpei.ru%2FMCS%2FWorksheets%2FHydro%2FOGTA-11-3.xmcd&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNFcc-UUqIJcMq4p3Xdo498zhT0rRw)

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.

2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.

3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Согласно второму закону термодинамики самопроизвольный процесс перено­са теплоты в пространстве возникает под действием разности температур и направлен в сторону уменьшения температуры.

Теория теплообмена изучает процессы распространения теплоты в твердых, жидких и газообразных телах. Перенос теплоты может передаваться тремя способами:

- теплопроводностью;

- конвекцией;

- излучением (радиацией).

Процесс передачи теплоты *теплопроводностью* происходит непосредственно при контакте тел или частицами тел с различными температурами и представляет собой молекулярный перенос передачи теплоты. При нагревании тела, кинетическая энергия его молекул возрастает и частицы более нагретой части тела, сталкиваясь с соседними молекулами, сообщают им часть кинетической энергии.

*Конвекция* - это перенос теплоты при перемещении и перемешивании всей массы неравномерно нагретых жидкости и газа. При этом, перенос теплоты зависит от скорости движения жидкости или газа прямо пропорционально. Это вид передачи теплоты сопровождается всегда теплопроводностью. Одновременный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью называется *конвективным теплообменом*.

В инженерных расчетах часто определяют конвективный теплообмен между потоками жидкости или газа и поверхностью твердого тела. Это процесс конвективного теплообмена *называют конвективной теплоотдачей или теплоотдачей*.

Процесс передачи теплоты внутренней энергии тела в виде электромагнитных волн называется *излучением (радиацией).* Этот процесс происходит в три стадии: превращение части внутренней энергии одного из тел в энергию электромагнитных волн, распространение электромагнитных волн в пространстве, поглощение излучения другим телом. Совместный теплообмен излучением и теплопроводностью *называют радиационно-конвективным теплообменом*.

Интенсивность переноса теплоты ха­рактеризуется *плотностью тепло­вого потока*, т.е. количеством теплоты, передаваемой в единицу времени через единичную площадь поверхности. Эта величина измеряется в*Вт/м2* и обычно обозначается *q*.

Явление теплопроводности состоит в переносе теплоты структурными частицами вещества - молекулами, атомами, электронами - в процессе их теплового движения. В жидкостях и твердых телах- диэлектриках- перенос теплоты осуществляется путем непосредственной передачи теплового движения молекул и атомов соседним частицам вещества. В газообразных телах распространение теплоты теплопроводностью происходит вследствие обмена энергией при соударении молекул, имеющих различную скорость теплового движения. В металлах теплопроводность осуществляется главным образом вследствие движения свободных электронов.

В основной зеком теплопроводности входит ряд математических понятий, оп­ределения которых, целесообразно напомнить и пояснить.

*Температурное поле* — это со­вокупности значений температуры во всех точках тела в данный момент време­ни.

Согласно основному закону тепло­проводности — закону *Фурье* (1822 г.), вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью, пропорционален градиенту температуры:

*q* = - λ *gradt*, (8.1)

 где*λ* — коэффициент теплопро­водности вещества; его единица измерения, Вт/(м·К).

Знак минус в уравнении (8.1) ука­зывает на то, что вектор *q* направлен противоположно вектору *gradt*, т.е. в сторону наибольшего уменьшения температуры.

Перенос теплоты теплопроводностью

Однородная плоская стенка.

Простейшей и очень распространенной задачей, решаемой теорией теплообмена, является определение плотности теплового потока, передаваемого через плоскую стенку толщиной *δ*, на поверхностях которой поддерживаются температуры *tw1* и *tw2.* (рисунок 8.1).



Рисунок 8.1- Стационарное распределение температуры по толщине плоской стенки

Температура изменяется только по толщине пластины *-* по одной координате *х.* Такие задачи называются одномерными, решения их наиболее просты, и в данном курсе мы ограничимся рассмотрением только одномерных задач. Учитывая, что для одномерного случая:

*grad t* = *dt/dх*, (8.2)

и используя основной закон теплопроводности:

, (8.3)

получаем дифференциальное уравнение стационарной теплопроводности для плоской стенки:

,(8.4)

Тогда, плотности теплового потока, будет иметь следующий вид:

, (8.5)

или мощность теплового потока (тепловой поток):

, (8.6)

При расчете плотности теплового потока q и температуры поверхностей стенки, можно получить уравнение теплопередачи:

$$q=\frac{Т\_{ж1}-Т\_{ж2}}{\frac{1}{α\_{1}}-\frac{δ}{λ}-\frac{1}{α\_{2}}}=K∙∆T (8.7)$$

где$ K=\frac{1}{\frac{1}{α\_{1}}-\frac{δ}{λ}-\frac{1}{α\_{2}}}$- коэффициент теплопередачи.

Конвективный теплообмен

Понятие конвективного теплообмена включает процессы теплообмена между жидкостью (газом) и твердым телом при их непосредственном соприкосновении.

Тепловой поток при конвективном теплообмене определяется по формуле Ньютона:

*Q* = *α*$∙$*F*$∙$(*tж - τ*), (8.8)

где α – коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом теплоотдачи, Вт/(м2$∙$0С);

*tж* – температура жидкости, 0С;

*τ* - температура поверхности тела, 0С;

F – площадь поверхности теплообмена, м2.

Если принять F=1м2, получим величину удельного теплового потока (плотность теплового потока) q, Вт/м2.

В тепловых расчетах также используются различные критерии подобия.

Наиболее важным из них является критерий (или число) Нуссельта Nu. Это безразмерная величина, характеризующая процесс конвективного теплообмена. При известном числе Нуссельта Nu может быть легко вычислен коэффициент теплоотдачи:

$$α=\frac{λ}{l}∙Nu (8.9)$$

гдеl – характерный размер поперечного сечения потока жидкости (газа).

Число Прандтля Pr – это критерий подобия, характеризующий процессы обмена энергией между частицами жидкости (газа). Его также называют критерием физических свойств вещества, так как он не зависит от внешних факторов, а определяется только свойствами жидкости (газа).

Число Прандтля вычисляется по значениям кинематической вязкости ν и коэффициента температуропроводности а:

Pr = ν/a, (8.10)

Коэффициент температуропроводности а – это комплексный показатель, равный отношению коэффициента теплопроводности жидкости λ к ее удельной теплоемкости при постоянном давлении ср и плотности ρ:

$$а=\frac{λ}{с\_{р}∙ρ} (8.11)$$

Теплообмен излучением

Под теплообменом излучением понимается перенос энергии посредством фотонов или электромагнитных колебаний. Количество излучаемой энергии поверхностью тела в единицу времени называется потоком излучаемой энергии Физл, или лучистым потоком, измеряемым в ваттах (Вт).

Если тепловой луч на своем пути встречает какое-нибудь тело, то часть лучистой энергии Физлпроникает в это тело, а часть отражается в окружающее пространство. Некоторая доля энергии, проникающая в тело, превращается в тепловую энергию, а остальная проходит сквозь него. Итак, падающий на тело лучистый поток Фпад может разделиться на три части: отраженную Фотр, поглощенную Фпогл и пропущенную Фпр. Для количественной оценки каждой из этих частей вводят следующие понятия.

Отношение отраженной энергии Фотр к энергии Фпад, падающей на поверхность тела, называют *отражательной способностью тела:*

$$R=\frac{Ф\_{отр}}{Ф\_{пад}}, (8.12) $$

Отношение поглощенной энергии Фпогл к энергии Фпад, падающей на поверхность тела, называют *поглощательной способностью тела:*

$$А=\frac{Ф\_{погл}}{Ф\_{пад}}, (8.13) $$

Отношение энергии Фпр, прошедшей сквозь тело, к падающей энергии Фпад, называют *пропускательной способностью тела:*

$$D=\frac{Ф\_{пр}}{Ф\_{пад}}, (8.14) $$

Тогда, в соответствии с законом сохранения энергии A+R+D=1.

**Пример решения задачи**

Вариант 30

Определить сопротивление стенки чугунной трубы, если ее толщина δ, а теплопроводность чугуна λ = 39 Вт/(м\*0С)

Дано: СИ: Решение:

δ =2 мм 0,002м Сопротивление стенки:

λ = 39 Вт/(м\*0С) $R= \frac{δ}{λ}=\frac{0,002}{39}=0,00005 $0С

R- ? Ответ: $R=0,00005 $0С

**Задания для практического занятия**

№ 1.Определить сопротивление стенки чугунной трубы, если ее толщина δ, а теплопроводность чугуна λ = 39 Вт/(м\*0С)

№ 2. Определить тепловой поток при конвективном теплообмене, если коэффициент теплоотдачи α2, площадь поверхности составляет F. Температура жидкости tж, а температура поверхности стенки τ.

№ 3. Определить тепловой поток от газов к воздуху через кирпичную обмуровку котла площадью F и толщиной δ’, если температура газов t1, температура воздуха t2, коэффициент теплообмена на внутренней поверхности α1 и коэффициент теплообмена на наружной поверхности α2 и коэффициент теплопроводности обмуровки λ = 0,81 Вт/(м\*0С). Определить также температуры обеих поверхностей обмуровки.

№ 4.Определить критерии подобия Прандтля и Нуссельта, если в трубе длиной l течет вода (коэффициент теплопроводности воды λ = 0,6 Вт/(м\*0С), и коэффициент теплоотдачи α = 340 Вт/(м2\*0С)), а удельная теплоемкость составляет ср = 1,87 кДж/(кг\*К). Коэффициент кинематической вязкости воды υ = 96 м2/с.

№ 5. Падающий на стену лучистый поток с энергией Фпад, разделился на энергии: отраженную Фотр, поглощенную Фпогли пропущенную. Определить:

1. отражательную способность тела
2. Поглощательную способность тела
3. Пропускательную способность тела
4. Проверить соответствие закона сохранения энергии.

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **δ, мм** | **α1, Вт/(м2**$∙$**0С)** | **α2, Вт/(м2**$∙$**0С)** | **F, м2** | **tж, К** | **τ, 0С** | **δ’, мм** | **t1, 0C** | **t2, 0C** | **l, км** | **Фпад, кал/см2** | **Фотр, кал/см2** | **Фпоглкал/ см2** | **с,** **Вт/ (м2**$∙$**0С)** |
| 1 вариант | 5 | 20 | 7,5 | 142 | 280 | 5 | 295 | 570 | 34 | 1,2 | 1007 | 436 | 473 | 4,2 |
| 2 вариант | 3 | 24,6 | 7 | 123 | 293 | 6 | 240 | 561 | 27 | 1,6 | 1025 | 447 | 475 | 4,3 |
| 3 вариант | 2 | 22,9 | 7,8 | 149 | 283 | 5 | 236 | 577 | 38 | 1,4 | 1026 | 430 | 472 | 4,8 |
| 4 вариант | 2 | 22,1 | 7,4 | 122 | 296 | 5 | 295 | 600 | 30 | 1,1 | 1029 | 405 | 460 | 4,4 |
| 5 вариант | 4 | 24,4 | 8 | 147 | 291 | 3 | 258 | 538 | 31 | 1,4 | 1014 | 441 | 479 | 4,5 |
| 6 вариант | 2 | 20,1 | 7,8 | 125 | 283 | 4 | 288 | 503 | 24 | 1,5 | 1015 | 425 | 479 | 4,6 |
| 7 вариант | 2 | 20,4 | 7,1 | 111 | 297 | 3 | 291 | 510 | 30 | 1,3 | 1019 | 427 | 473 | 4,2 |
| 8 вариант | 3 | 21,2 | 7 | 121 | 296 | 3 | 242 | 572 | 40 | 1,4 | 1027 | 420 | 476 | 4,7 |
| 9 вариант | 3 | 21,3 | 7,9 | 130 | 293 | 5 | 251 | 525 | 30 | 1,4 | 1011 | 422 | 453 | 4,3 |
| 10 вариант | 5 | 21,5 | 7,8 | 115 | 295 | 4 | 245 | 600 | 28 | 1,6 | 1006 | 409 | 463 | 4,6 |
| 11 вариант | 3 | 21,4 | 7,8 | 139 | 280 | 3 | 295 | 501 | 39 | 1,6 | 1007 | 426 | 456 | 4,3 |
| 12 вариант | 4 | 22,2 | 7,3 | 124 | 294 | 3 | 225 | 571 | 22 | 1,1 | 1050 | 416 | 476 | 4,2 |
| 13 вариант | 4 | 23,8 | 6,8 | 121 | 290 | 3 | 232 | 536 | 32 | 1,3 | 1038 | 420 | 452 | 4,3 |
| 14 вариант | 5 | 20,3 | 8,1 | 122 | 287 | 6 | 222 | 536 | 26 | 1,3 | 1017 | 433 | 467 | 4,5 |
| 15 вариант | 5 | 23,1 | 8,3 | 114 | 289 | 3 | 246 | 520 | 31 | 1,2 | 1031 | 418 | 454 | 4,8 |
| 16 вариант | 5 | 22,7 | 8,2 | 141 | 295 | 6 | 296 | 564 | 31 | 1,3 | 1041 | 413 | 459 | 4,1 |
| 17 вариант | 5 | 20,1 | 8,3 | 134 | 299 | 3 | 208 | 598 | 27 | 1,1 | 1001 | 450 | 454 | 4,7 |
| 18 вариант | 4 | 24,3 | 6,9 | 122 | 294 | 6 | 252 | 519 | 38 | 1,2 | 1034 | 407 | 461 | 4,8 |
| 19 вариант | 4 | 24 | 7,5 | 133 | 291 | 3 | 250 | 520 | 33 | 1,6 | 1009 | 447 | 459 | 4,8 |
| 20 вариант | 3 | 20,9 | 7,5 | 124 | 281 | 6 | 240 | 581 | 24 | 1,2 | 1004 | 434 | 459 | 4,8 |
| 21 вариант | 4 | 22,6 | 6,8 | 137 | 285 | 6 | 216 | 537 | 40 | 1,6 | 1039 | 436 | 455 | 4,6 |
| 22 вариант | 4 | 23,3 | 7,3 | 141 | 296 | 6 | 284 | 506 | 34 | 1,3 | 1017 | 425 | 463 | 4,2 |
| 23 вариант | 2 | 22,7 | 8,2 | 124 | 300 | 5 | 226 | 502 | 32 | 1,4 | 1002 | 406 | 469 | 4,3 |
| 24 вариант | 2 | 24,5 | 7,5 | 150 | 280 | 6 | 248 | 540 | 39 | 1,3 | 1029 | 449 | 462 | 4,6 |
| 25 вариант | 3 | 21,5 | 7,8 | 118 | 285 | 6 | 278 | 528 | 25 | 1,4 | 1006 | 436 | 453 | 4,2 |
| 26 вариант | 4 | 24,3 | 7 | 137 | 280 | 5 | 200 | 551 | 36 | 1,1 | 1015 | 442 | 479 | 4,5 |
| 27 вариант | 5 | 21,7 | 7,6 | 106 | 289 | 4 | 239 | 551 | 20 | 1,5 | 1037 | 416 | 452 | 4,3 |
| 28 вариант | 3 | 20,9 | 7,6 | 109 | 294 | 6 | 299 | 588 | 21 | 1,5 | 1004 | 408 | 478 | 4,8 |
| 29 вариант | 2 | 22,4 | 7,7 | 138 | 280 | 4 | 221 | 570 | 33 | 1,3 | 1042 | 415 | 450 | 4,2 |
| 30 вариант | 2 | 22,4 | 7,8 | 150 | 284 | 6 | 236 | 594 | 30 | 1,5 | 1013 | 428 | 455 | 4,2 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите три основные виды теплообмена.

2. Объясните механизм обмена энергии в процессе теплопроводности.

3. Объясните процесс теплового излучения.

4. Какой процесс называется теплопередачей?

5. Дайте определение теплового потока.

6. Запишите математическое выражение закона Фурье.

7. Дайте определение конвективного теплообмена.

8. От каких критериев подобия зависит число Нуссельта в случае конвективного теплообмена?

9. Объясните понятие лучистой энергии.

10. Объясните следующие понятия способности тела: поглощательная, отражательная и пропускательная.

**Список использованной литературы**

1. О.Н. Брюханов, В.А. Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2010.
2. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С. Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И. [Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2005

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=573>

**Практическое занятие № 7**

**Тема:** Определение потерь давления в воздуховодах, построение характеристик воздуховодов

**Цель:** научиться определять неблагоприятное расположение каналов воздуховодов, производить расчет вентиляционных воздуховодов, определять потери давления в воздуховодах

**Методическое обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению работы.

2. Справочная литература по УД ОП.05 Основы гидравлики и теплотехники.

3. Инструкция по технике безопасности на рабочем месте (Приложение 1).

**Порядок выполнения работы:**

1. Перед выполнением практической работы повторите правила техники безопасности.

2. Повторите теоретические положения по теме практической работы.

3. Изучите пример оформления задания.

4. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием.

5. Решите поставленные задачи.

6. Сделайте выводы о проделанной работе.

7. Оформите отчет и ответьте на контрольные вопросы.

**Теоретическая часть**

Канальными системами естественной вентиляции называются системы, в которых подача наружного воздуха или удаление загрязненного осуществляется по специальным каналам, предусмотренным в конструкции здания, или приставным воздуховодам.

Основная задача вентиляции - поддерживать в помещениях воздух, отвечающий по своему качеству санитарно-гигиеническим требованиям.

Естественное давление:

$∆p\_{e}=h\_{i}∙g∙\left(ρ\_{H}-ρ\_{В}\right), $Па (9.1)

где hi – высота воздушного столба, принимаемая от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

ρн, ρв – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м3.

 Необходимое условие нормальной работы естественной вентиляции:

$\sum\_{}^{}\left(R∙l∙β+Z\right)∙α=∆p\_{е }, $Па (9.2)

где R – удельная потеря давления на трение, Па/м;

l – длина воздуховодов (каналов), м;

Rl – потеря давления на трение расчетной ветви, Па;

Z – потеря давления на местные сопротивления, Па;

∆ре – располагаемое давление, Па;

α – коэффициент запаса, α =1,1 - 1,15;

β – поправочный коэффициент на шероховатость поверхности.

Естественное давление не зависит от длины горизонтальных воздуховодов, тогда как для преодоления сопротивлений в коротких ветвях воздуховодов, безусловно, требуется меньше давления, чем в ветвях значительной протяженности.

Удельная потеря давления:

$$∆р\_{уд}=\frac{∆р\_{}}{\sum\_{}^{}l} (8.3)$$

где$\sum\_{}^{}l$ – суммарная длина воздуховодов (каналов), м;

∆ре – располагаемое давление, Па.

Перекачка по трубам газов широко используется для различных целей (бытовых и технических). По сравнению с движением капельных жидкостей движение газов характеризуется рядом особенностей, обуславливаемых различиями физических свойств капельных жидкостей и газообразных жидкостей.

Различают два случая движения газа по газопроводам в зависимости от перепада давления ∆р между начальным и конечным сечениями труб, отнесенного к среднему давлению:

1. Малые относительные перепады ( $\frac{∆р}{р}\leq 5\%)$;
2. Большие относительные перепады ( $\frac{∆р}{р}\geq 5\%)$.

В первом случае, возможно, пренебрегать сжимаемостью газов, т.е. считать плотность транспортируемого газа неизменной по всей длине трубопровода.

При больших относительных перепадах пренебрегать сжимаемостью газа нельзя и нужно учитывать непрерывный характер изменения плотности газа в зависимости от давления.

**Пример решения задачи**

Вариант 30

Рассчитайте воздуховод системы естественной вытяжной вентиляции, обслуживающей врачебные кабинеты двухэтажного здания поликлиники. Аксонометрическая схема системы вентиляции с указанием объема воздуха, проходящего по каждому участку, длины и номеров участков приведена на рисунке 8.1. Воздух удаляется из верхней зоны помещений на высоте 0,5 м от потолка. Высота этажей, включая толщину перекрытия – 3,3 м. Высота чердака под коньком крыши 3,6 м.Температура наружного воздуха для расчета вытяжной системы естественной вентиляции принимаем равной t1.



Рисунок 8.1 - Воздуховод системы вентиляции, к примеру решения задачи

Дано: Решение:

l1 =0,8 м

l2 = 0,4м

l3 = 2,2м

l4 = 0,5м

l5 = 1,2м

l6 = 4,1м

l7 = 4,4м

l8 = 0,8м

l9 = 1,0м Рисунок 8.2 - Воздуховод системы вентиляции, к решению задачи

l10 = 2,3 м Температура наружного воздуха для расчета вытяжной

l11 = 4,9м системы естественной вентиляции принимаем равной t1 = 12 0C

l12 = 0,6м Тогда, из приложения 14 (справочные данные) ρ12 =1,256 кг/м3

t1 = 120С Внутреннюю температуру воздуха во врачебных кабинетах

∆руд- ? принимаем 20 0С, тогда ρ20 =1,205 кг/м3.

Располагаемое естественное давление в системе вентиляции для помещений второго этажа равно:

$$ ∆p\_{2}=h\_{i}∙g∙\left(ρ\_{H}-ρ\_{В}\right)=4,9∙9,81∙\left(1,256-1,205\right)=2,452Па$$

Для помещений первого этажа:

$$ ∆p\_{1}=h\_{i}∙g∙\left(ρ\_{H}-ρ\_{В}\right)=8,5∙9,81∙\left(1,256-1,205\right)=4,453Па$$

Расчет воздуховодов начинаем с наиболее неблагоприятного расположенного канала (самого удаленного).

Из схемы системы вентиляции видно, что таким будет канал второго этажа правой ветки, обозначенный 1.

Действительно, возможная удельная потеря давления для участков 1, 2, 3, 4, 5 и 6 при общей их длине

$\sum\_{}^{}l=0,8+0,4+2,2+0,5+1,2+4,1=9,2 м, ∆р\_{уд2}=\frac{∆р\_{2}}{\sum\_{}^{}l}=0.267 Па$/м

а для участков 7, 3, 4, 5 и 6 при общей длине их

$$\sum\_{}^{}l=4,4+2,2+0,5+1,2+4,1=12,4 м ∆р\_{уд1}=\frac{∆р\_{1}}{\sum\_{}^{}l}=0.359 Па/м$$

Ответ: $∆р\_{уд1}=0,359 Па/м∆р\_{уд2}=0,267 Па/м$.

**Задания для практического занятия**

№ 1**.** Вентиляция уличной и внутренней канализационных сетей осуществляется вследствие разности веса теплового газа в сети и веса атмосферного воздуха. Газ вытесняется через стояки 1, заканчивающиеся над крышами зданий, а воздух притекает через зазоры между крышками 2 и люками колодцев. Определите разность давлений в канализационной сети n – этажного дома и в окружающем пространстве на уровне поверхности земли, если температура газов в сети t1, а температура воздуха t2.



Рисунок 8.3 – Разрез здания, к задаче №1

№ 2. Рассчитайте воздуховод системы естественной вытяжной вентиляции, обслуживающей врачебные кабинеты двухэтажного здания поликлиники. Аксонометрическая схема системы вентиляции с указанием объема воздуха, проходящего по каждому участку, длины и номеров участков приведена на рисунке 3. Воздух удаляется из верхней зоны помещений на высоте 0,5 м от потолка. Высота этажей, включая толщину перекрытия – 3,3 м. Высота чердака под коньком крыши 3,6 м. Температура наружного воздуха для расчета вытяжной системы естественной вентиляции принимаем равной t1.



Рисунок 8.4 – Воздуховод, к задаче №2

**Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **t1, 0C** | **t2, 0C** | **n, эт.** | **l1, м** | **l2, м** | **l3, м** | **l4, м** | **l5, м** | **l6, м** | **l7, м** | **l8, м** | **l9, м** | **l10, м** | **l11, м** | **l12, м** |
| 1 вариант | 14 | -30 | 9 | 0,8 | 0,2 | 3 | 0,5 | 1,5 | 4,6 | 3,9 | 0,7 | 1,1 | 1,8 | 4,6 | 0,7 |
| 2 вариант | 11 | -18 | 10 | 0,4 | 0,5 | 2,7 | 0,2 | 1,5 | 4,3 | 4,5 | 0,7 | 1 | 1,8 | 4,9 | 0,6 |
| 3 вариант | 9 | -22 | 10 | 0,8 | 0,2 | 2,9 | 0,5 | 1,3 | 4,3 | 4,4 | 0,7 | 1,1 | 2 | 4,9 | 0,5 |
| 4 вариант | 9 | -24 | 9 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | 0,4 | 1,5 | 4,6 | 4 | 0,9 | 0,9 | 2,4 | 4,9 | 0,5 |
| 5 вариант | 8 | -29 | 10 | 0,4 | 0,5 | 2,8 | 0,4 | 1,3 | 4,3 | 3,7 | 0,7 | 1 | 2,2 | 4,9 | 0,5 |
| 6 вариант | 8 | -14 | 10 | 0,7 | 0,3 | 2,3 | 0,3 | 1,3 | 4,2 | 4 | 0,6 | 0,9 | 2,2 | 4,7 | 0,7 |
| 7 вариант | 6 | -25 | 10 | 0,4 | 0,5 | 2,4 | 0,3 | 1,3 | 4,4 | 4,3 | 0,6 | 0,9 | 2,3 | 4,7 | 0,6 |
| 8 вариант | 5 | -23 | 10 | 0,8 | 0,2 | 2,7 | 0,3 | 1,2 | 4 | 4,1 | 0,6 | 1 | 1,9 | 4,8 | 0,4 |
| 9 вариант | 12 | -23 | 10 | 0,4 | 0,4 | 2,8 | 0,5 | 1,3 | 4 | 4,4 | 0,6 | 0,9 | 2,2 | 4,8 | 0,5 |
| 10 вариант | 13 | -10 | 10 | 0,8 | 0,5 | 3 | 0,2 | 1,5 | 4,4 | 4,3 | 0,6 | 1,1 | 2 | 4,6 | 0,7 |
| 11 вариант | 6 | -23 | 10 | 0,6 | 0,3 | 2,9 | 0,5 | 1,3 | 3,9 | 3,9 | 0,7 | 0,9 | 2,1 | 4,6 | 0,5 |
| 12 вариант | 11 | -30 | 9 | 0,7 | 0,5 | 2,3 | 0,5 | 1,4 | 4,3 | 4,5 | 0,8 | 0,9 | 1,9 | 4,5 | 0,7 |
| 13 вариант | 6 | -17 | 9 | 0,7 | 0,4 | 2 | 0,4 | 1,3 | 3,9 | 4,2 | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 4,5 | 0,6 |
| 14 вариант | 9 | -10 | 10 | 0,8 | 0,3 | 2,8 | 0,3 | 1,4 | 4,3 | 4,3 | 0,6 | 1 | 2,3 | 4,6 | 0,5 |
| 15 вариант | 12 | -24 | 10 | 0,9 | 0,3 | 2,1 | 0,3 | 1,4 | 4,2 | 3,7 | 0,9 | 1,1 | 2,1 | 4,8 | 0,5 |
| 16 вариант | 14 | -14 | 10 | 0,6 | 0,3 | 2,9 | 0,4 | 1,3 | 4,3 | 4,3 | 0,9 | 0,9 | 2,1 | 4,5 | 0,6 |
| 17 вариант | 5 | -28 | 10 | 0,9 | 0,2 | 2,7 | 0,4 | 1,4 | 4,2 | 4,5 | 0,6 | 0,9 | 2 | 4,5 | 0,5 |
| 18 вариант | 9 | -24 | 9 | 0,9 | 0,2 | 2,4 | 0,2 | 1,5 | 4,3 | 4,2 | 0,6 | 1,1 | 2,2 | 4,6 | 0,7 |
| 19 вариант | 5 | -29 | 10 | 0,6 | 0,2 | 2,6 | 0,4 | 1,4 | 4 | 4 | 0,6 | 0,9 | 2,1 | 4,7 | 0,7 |
| 20 вариант | 9 | -15 | 9 | 0,5 | 0,5 | 2,4 | 0,2 | 1,5 | 4,3 | 4,1 | 0,7 | 0,9 | 1,8 | 4,7 | 0,7 |
| 21 вариант | 7 | -13 | 10 | 0,8 | 0,4 | 2,5 | 0,3 | 1,2 | 4,3 | 4 | 0,9 | 0,9 | 1,8 | 4,6 | 0,6 |
| 22 вариант | 9 | -12 | 10 | 0,6 | 0,2 | 2,9 | 0,5 | 1,4 | 4,2 | 4,3 | 0,9 | 0,8 | 1,8 | 4,5 | 0,5 |
| 23 вариант | 12 | -30 | 10 | 0,7 | 0,5 | 3 | 0,3 | 1,2 | 4,3 | 3,8 | 0,7 | 0,9 | 1,9 | 4,9 | 0,4 |
| 24 вариант | 13 | -22 | 9 | 0,7 | 0,3 | 2,8 | 0,4 | 1,5 | 4,6 | 4,4 | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 4,5 | 0,4 |
| 25 вариант | 5 | -21 | 10 | 0,9 | 0,2 | 2,8 | 0,5 | 1,3 | 4,6 | 4 | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 4,7 | 0,4 |
| 26 вариант | 13 | -15 | 9 | 0,5 | 0,3 | 2,2 | 0,3 | 1,5 | 4 | 3,9 | 0,7 | 1,1 | 1,8 | 4,8 | 0,5 |
| 27 вариант | 5 | -12 | 9 | 0,9 | 0,2 | 2,4 | 0,4 | 1,5 | 4,3 | 4,2 | 0,6 | 0,8 | 1,9 | 4,6 | 0,6 |
| 28 вариант | 5 | -25 | 9 | 0,7 | 0,3 | 2,6 | 0,5 | 1,5 | 4,2 | 3,9 | 0,6 | 1 | 1,9 | 4,8 | 0,6 |
| 29 вариант | 7 | -25 | 10 | 0,8 | 0,3 | 2,1 | 0,3 | 1,3 | 4,1 | 4,4 | 0,8 | 1,1 | 2,4 | 4,6 | 0,5 |
| 30 вариант | 12 | -22 | 9 | 0,8 | 0,4 | 2,2 | 0,5 | 1,2 | 4,1 | 4,4 | 0,8 | 1 | 2,3 | 4,9 | 0,6 |

**Отчёт о работе должен содержать**

- дату проведения практического занятия;

- название и цель работы;

- задание (номер варианта);

- правильно оформленные решения;

- по результатам работы необходимо сделать выводы.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите, что является канальными системами естественной вентиляции?
2. Объясните принцип действия вытяжной вентиляции.
3. Сформулируйте основную задачу естественной вентиляции.
4. Назовите необходимое условие нормальной работы естественной вентиляции.
5. Запишите формулу для определения естественного давления в воздуховодах.
6. Объясните, чем отличается методика гидравлического расчета газопроводов при больших и малых перепадах давления?

**Список использованной литературы**

1. О.Н. Брюханов, В.А. Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2010.
2. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И. [Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2005

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=573>
2. <http://www.twirpx.com/file/513611/>
3. [http://bittu.org.ru/umkd/sites/default/files/Лекция7.pdf](http://bittu.org.ru/umkd/sites/default/files/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F7.pdf)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин Гидравлические и пневматические системы. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.

2. О.Н. Брюханов, В.А.Жила Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. - М.: Инфра-М, 2019.

3. Калицун В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация – М.: Стройиздат, 2018.

4. В.И. Калицун, Е.В.[Дроздов](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=Е.%20В.%20Дроздов=), [А.С.Комаров](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=А.%20С.%20Комаров=), К.И.[Чижик](http://bookmix.ru/index.phtml?cid=-1&searchform=on&kauthor=К.%20И.%20Чижик=) Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. – М.: Стройиздат, 2018

**Интернет-ресурсы:**

5. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=70>

6. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=kontrolnie&id=757>

7. <http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=573>

8. <http://www.twirpx.com/file/513611/>

9. [http://bittu.org.ru/umkd/sites/default/files/Лекция7.pdf](http://bittu.org.ru/umkd/sites/default/files/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F7.pdf)

Приложение 1

**Инструкция по технике безопасности**

**I. Общие требования безопасности**

1. Соблюдение данной инструкции обязательно для всех обучающихся, занимающихся в кабинете.

2. Спокойно, не торопясь, соблюдая дисциплину и порядок, входить и выходить из кабинета.

3. Не загромождать проходы.

4. Не включать электроосвещение и технические средства обучения.

5. Не открывать форточки и окна.

6. Не передвигать учебные столы и стулья.

7. Не трогать руками электрические розетки и электроприборы.

8. Не приносить на занятия посторонние, ненужные предметы, чтобы не отвлекаться и не травмировать других обучающихся.

9. Не садиться на трубы и радиаторы водяного отопления.

**II. Требования безопасности перед началом занятий**

1. Входить в кабинет спокойно, не торопясь.

2. Подготовить своё рабочее место, учебные принадлежности.

**III. Требования безопасности во время занятий**

1. Внимательно слушать объяснения и указания преподавателя.

2. Соблюдать порядок и дисциплину во время урока.

3. Не включать самостоятельно приборы и иные технические средства обучения.

4. Выполнять задания только после указания преподавателя.

5. Поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

6. При работе с острыми, режущими инструментами соблюдать инструкции преподавателя по технике безопасности.

7. Размещать приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

8. Во время учебных экскурсий соблюдать дисциплину и порядок, не отходить от группы без разрешения преподавателя.

**IV. Требования безопасности в аварийных ситуациях**

1. При возникновении аварийных ситуаций (пожар и т.д.), покинуть кабинет по указанию преподавателя в организованном порядке, без паники.

2. В случае травматизма обратиться к преподавателя за помощью.

3. При плохом самочувствии или внезапном заболевании сообщить преподавателя или классному руководителю.

**V. Требования безопасности по окончании занятий**

1. Привести своё рабочее место в порядок.

2. Не покидать рабочее место без разрешения преподавателя.

3. Выходите из кабинета спокойно, не толкаясь, соблюдая дисциплину.