МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ЭНГЕЛЬССКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

|  |
| --- |
|  |



ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

Методические указания и контрольные задания

для студентов – заочников средних профессиональных учебных заведений по специальности: 35.02.07 Механизация сельского хозяйства

Энгельс, 2020 г.

Рассмотрено на заседании цикловой методической комиссии общепрофессиональных дисциплин

Протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

Председатель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.И. Трушина

Рекомендовано методическим Советом к применению в учебном процессе

Протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

Начальник методического отдела \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Карюкина

Автор: Сорокина Ирина Александровна

### ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина «Основы гидравлики и теплотехники» является дисциплиной базового уровня и состоит из двух разделов: «Основы гидравлики» и «Основы теплотехники».

В разделе «Основы гидравлики» студент изучает свойства жидкостей и газов, силы, действующие в жидкостях, общие законы гидростатики и гидродинамики. В этом разделе рассматриваются виды движения жидкости, гидравлические машины, гидро - и пневмотранспорт.

Студенты знакомятся с основными принципами и методами эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения, мелиорации. На практических занятиях изучают насосы общего назначения, выполняют расчёты гидростатического давления, расхода жидкости, скорости истечения.

Во втором разделе «Основы теплотехники» студенты изучают основные понятия и законы термодинамики, идеальные циклы поршневых двигателей, водяной пар, процессы теплообмена, тепловые установки, отопление и горячее водоснабжение.

Изучаемая дисциплина является базой для изучения специальных дисциплин:

«Тракторы и автомобили», «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины»,

«Механизация животноводства» и других.

Изучение дисциплины состоит из самостоятельной работы студента, установочных и обзорных занятий, лабораторных работ, практических занятий и консультаций. Самостоятельная работа студента заочника заключается в изучении дисциплины по рекомендуемой литературе, выполнении контрольной работы и практических работ.

По дисциплине выполняется одна контрольная работа, в неё входят задачи из гидравлики, теплотехники и теоретические вопросы, т.е. задание является комплексным. Исходные данные к задачам и номера вопросов выбираются согласно варианту. Вариантом являются две последние цифры из шифра. Например, шифр 5623, то вариант будет 23. По всем темам программы определены формируемые представления, знания и умения, которые студент-заочник сможет приобрести, указаны вопросы для самоконтроля и задания для практических занятий.

Рекомендуется следующий порядок самостоятельного изучения дисциплины.

1. Ознакомиться с содержанием учебного задания и подобрать необходимую литературу.
2. Прочитать материал соответствующей темы по рекомендованному учебнику: первый раз бегло, чтобы получить общее представление об изучаемых вопросах, а второй раз более тщательно, добиваясь полного понимания учебного материала.
3. Законспектировать прочитанный материал.
4. Ответить на вопросы самоконтроля, выполнить практические задания.
5. Выполнить контрольную работу.

Вопросы, оставшиеся после самостоятельного изучения непонятными, можно уточнить у преподавателя на групповых, индивидуальных консультациях в устной или письменной форме.

В результате изучения дисциплины, студент должен:

***иметь представление:*** о принципах работы гидравлических систем и их применении, об устройстве гидравлических машин;

### знать:

* основные законы гидростатики, кинематики и динамики движущихся потоков;
* особенности движения жидкостей и газов по трубам (трубопроводам);
* основные положения теории подобия гидродинамических и теплообменных процессов;
* основные законы термодинамики;
* характеристики термодинамических процессов и теплообмена;
* принципы работы гидравлических машин и систем, их применение;
* виды и характеристики насосов и вентиляторов;
* принципы работы теплообменных аппаратов, их применение.

***уметь:*** использовать гидравлические устройства и тепловые установки в производстве.

По дисциплине согласно учебному плану предусмотрен зачет. Студенты не могут быть допущены к сдаче зачета без зачтённых контрольных работ. Кроме того, замечания в контрольных работах до зачета должны быть доработаны студентом и проверены преподавателем.

### 3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

### Основные источники:

1. Брюханов О.Н., Коробко В.И., Мелик-Аракенян А.Т. Основы гидравлики теплотехники и аэродинамики: М.:ИНФРА-М,2015
2. Кузнецова Е.В. Сборник задач «Гидравлика и теплотехника». Методические указания,2014
3. Ухин Б.В., Гусев А.А. – М.: ИНФРА-М,2016

### Дополнительные источники:

1. Брюханов О.Н., Коробко В.И., Мелик-Аракенян А.Т. Основы гидравлики теплотехники и аэродинамики: М.:ИНФРА-М,2005
2. Дробнис В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины, учебное пособие [электронный ресурс]/ под ред. М.Б. Суллы- М.: Просвещение, 1987
3. Драганов Б.Х., Кузнецов А.В. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. -М: Агропромиздат, 1990
4. Баскаков А.П. Теплотехника-М.: Энерготомиздат, 1991
5. Черняк О.В., Рыбчинская Г.В. Основы теплотехники и гидравлики. - М.: Высшая школа, 1979
6. Луканин В.Н. Теплотехника- М.: Высшая школа,1991

### Интернет-ресурсы

[www.wikipedid.org](http://www.wikipedid.org/) Сайт содержит информацию по «Гидравлике и теплотехнике»

***Учебное задание***

Введение

### Студент должен:

***иметь представление:*** о содержании дисциплины «Основы гидравлики и теплотехники», её задачах и связях с другими дисциплинами;

***знать:*** краткую историю развития науки и место российских учёных в развитии гидравлики и теплотехники.

Дисциплина «Основы гидравлики и теплотехники», её задачи, содержание и связь с другими дисциплинами учебного плана. Реализация законов гидравлики и теплотехники в современной сельскохозяйственной технике. Краткая история развития науки. Место российских учёных в развитии гидравлики и теплотехники. Роль дисциплины в подготовке специалистов.

Литература: Л-1, с.3...8; Л-2, с. 4...8; Л-5, с. 9...10.

### Методические указания

Техникам-механикам сельскохозяйственного производства в своей работе приходится сталкиваться с вопросами использования воды для орошения сельскохозяйственных угодий, водоснабжения и других бытовых целей. В последние десятилетия в сельском хозяйстве наблюдается развитие гидромеханизации сельскохозяйственных процессов с увеличением использования разнообразных по назначению и широких по номенклатуре гидравлических систем и машин.

Важное значение имеют вопросы использования и охраны водных ресурсов. Важность этих вопросов становится особо понятной, если учесть, что две трети всего объёма воды, потребляемого народным хозяйством страны, приходится на сельское хозяйство.

Сельское хозяйство характеризуется большой энергоёмкостью и теп- лопотреблением. На его долю приходится около 20% общей потребляемой в стране энергии, а с учётом местных источников топлива - до 25%.

Сельское хозяйство отличается большим разнообразием потребителей теплоты, их разобщённостью и рассредоточенностью на большой территории, неравномерностью тепловых нагрузок, взаимосвязанностью теплотехнических, физиологических и биологических факторов, существенных для производства продукции животноводства и растениеводства.

В сельском хозяйстве применяется большое количество машин и агрегатов с двигателями внутреннего сгорания, паровых и водогрейных котлов, теплосетей, теплообменного оборудования, холодильных и сушильных установок. Большое количество теплоты расходуется на создание микроклимата в животноводческих помещениях, обогрев сооружений защищенного грунта, сушку и хранение сельскохозяйственной продукции. Только на процесс сушки зерна в нашей стране расходуется 0,6... 0,7 млн. тонн условного топлива.

Чтобы эффективно проводить техническую политику правительства по энергосбережению, выпускники средних профессиональных учебных заведений, обучаемые по специальности 35.02.07 «Механизация сельского хозяйства», должны знать основы теплотехники и умело применять свои знания при решении конкретных теплотехнических задач в профессиональной деятельности.

Вопросы для самоконтроля: 1. Какие задачи выполняет дисциплина «Основы гидравлики и теплотехники»? 2. Что изучает гидравлика? 3. Что изучает теплотехника? 4. Когда зародилась гидравлика как наука и кто её основатель? 5. Какие российские учёные внесли вклад в развитие теплотехники?

## Раздел 1. Основы гидравлики

### 1.1 Основные понятия и определения гидравлики

Студент должен иметь представление: о гидравлике, о четырёх агрегатных состояниях вещества;

***знать:*** понятие жидкости, её свойства.

Общие сведения о гидравлике. Понятие «жидкость». Модели жидкой среды.

Идеальная ньютоновская и неньютоновская жидкости, их особенности.

Литература: Л-1, с.16..20; Л-2, с. 8...12.

Вопросы для самоконтроля: 1. Из каких разделов состоит гидравлика? 2. Что изучают гидростатика и гидродинамика? 3. Что такое жидкость? 4. Приведите примеры ньютоновской и неньютоновской жидкостей. 5. Какая жидкость называется идеальной? 6. Какими свойствами обладает идеальная жидкость?

### Физические свойства жидкостей и газов

Студент должен ***иметь представление:*** о поверхностном натяжении, о его влиянии на капиллярность, об агрегатном состоянии вещества;

***знать:*** физические свойства жидкостей и газов;

***уметь:*** определять плотность, удельный вес, кинематическую вязкость.

Основные физические свойства жидкости. Плотность, удельный вес, вязкость, сжимаемости жидкостей. Физические свойства газов, их отличительные особенности. Единицы измерений физических свойств жидкостей и газов.

Литература: Л-1, с.9…16; Л-2, с. 8…12.

***Пример 1.*** Определить плотность и удельный объем дизельного топлива при t 25°С, если нефтеденсиметр t = 15ºС показывает плотность ** =835 кг/м3, а коэффициент

объемного расширения равен 0,00073ºС-1. Подсчитать, на сколько килограмм изменилась плотность?

Определите массу дизельного топлива, если объем емкости V = 60м3. При расчете используйте формулу Д.И. Менделеева:

а удельный объем

**1 

**0

1  ** (*t*  *t*0 )

**  1

**

**

**

Изменение плотности при изменении температуры

*M*  **15  **25

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Что происходит с вязкостью при повышении температуры у жидкостей и газов? 2. Чем объясняется, наличие капли, мыльного пузыря?

1. Какие основные свойства жидкостей Вы знаете? 4. Что называют динамической вязкостью? 5. Что называют кинематической вязкостью?

### Силы, действующие в жидкостях

Студент должен ***иметь представление:*** о напряжениях действующих в покоящейся жидкости;

***знать:*** основные силы, действующие в жидкостях; уметь: определять гидростатическое давление, силу давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки.

Внешние (поверхностные и марсовые) и внутренние силы, напряжения действующие в жидкостях. Понятие о давление жидкостей. Абсолютное и избыточное давление, вакуум.

Пьезометрическая высота. Гидростатический напор, его физический и геометрический смысл. Сообщающиеся сосуды. Методы и приборы для измерения давления. Сила гидростатического давления жидкости на стенки.

Литература: Л-1, с.21…42; Л-2, с. 13…35.

### Пример 2:

Ванна прямоугольной формы заполнена водой до верхнего края. Высота ванны *h =*

*1,8м*, ширина *в = 2м*, длина   2*м* . Плотность воды принять

**  1000*кг* / *м*3 .

Поверхностное давление принять равным атмосферному давлению *Р0 = Ратм = 0,101325МПа*. Требуется определить давление воды на дно резервуара, полную силу давления на боковую стенку.

Решение.

Выполним чертеж ванны в произвольном масштабе.

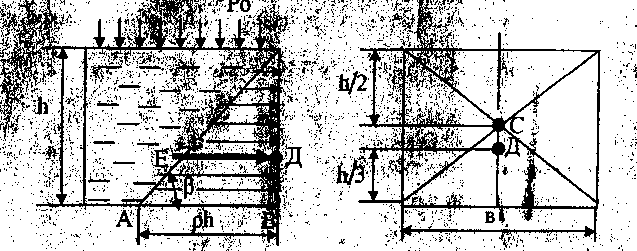


Рис. 1.

По основному уравнению гидростатики определим давление воды на дно

*Р*  *gh*  *P*0

где: Р – давление, действующее на дно ванны, Па; g = 9,81 м/с2 – ускорение свободного падения; Р0 – поверхностное давление, Па;

h – глубина, м.

так как Р0 = Ратм, то гидростатическое давление на дно сосуда равно избыточному давлению, созданному весом столба жидкости.

*Р*  *gh*  1000  9,811,8  17658*Па*  17,6*кПа*.

Определим полную силу давления на боковую вертикальную стенку.

*F*  **  *g*  *hc*  *A*

где: *hc*  2 - глубина стенки тяжести стенки а м;

*h*

*A*  *в*  *h*

- площадь стенки в *м2*

*F*  10009,81 0,9  3,6  31784*Па*  31,78*кПа*,

где:

*А*  2 1,8  3,6*м*2 ,

*h*  1,8  0,9*м*

*с* 2

***Пример 3.*** Постройте эпюру гидростатического давления по условию задачи из примера 2. Определите положение центра давления.

* 1. Строим эпюру гидростатического давления на рисунке 1.

Для этого определим избыточное давление, обусловленное весом столба жидкости на поверхности.

*h*  0 ; *P*  *gh*  1000  9,81 0  0

На дне *h =1,8м; Р*  *gh*  1000  9,811,8  17658*Па*

Для воды угол наклона эпюры принято брать равным

**  45 , для более вязких

плотных жидкостей – положе, менее вязких – круче. Проводим наклонную, замеряем длину участка эпюры у дна « *gh* ».

**  *P*

 17,6  0586 *кПа*

/ *АВ* / 30 *мм*

Зная масштаб эпюры, можем определить давление на любой глубине, замеряя эпюру гидростатического давления.

Например: *РД*  / *ЕД* /  20  0,586  11,72*кПа*.

* 1. Определяем положение центра давления на вертикальную стенку. Центром давления называют точку приложения равнодействующей F силы давления на стенку.

Равнодействующая проходит через центр тяжести эпюры. Для прямоугольной стенки

центр находится на расстоянии

*h* от основания.

3

*h*  *h*  1,8  0,6*м*

*Д* 3 3

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие силы называют внешними, а какие внутренними? 2. Какие напряжения действуют в покоящейся жидкости? 3. Что называют гидростатическим давлением в точке? 4. Как найти абсолютное давление? 5. Что называют геометрической, а что пьезометрической высотами? 6. В чём физический смысл гидростатического напора?

### Общие законы и уравнение статики и динамики жидкостей и газов

Студент должен ***иметь представление:*** о схемах использования законов гидростатики жидкости в гидравлических машинах;

***должен знать:*** основные законы и уравнения статики и динамики жидкостей, газов;

***уметь:*** проводить расчет гидростатического давления, расхода жидкостей и скорости истечения.

Состояние покоя жидкостей. Свойства гидростатического давления. Уравнение равновесия жидкостей. Поверхности равных давлений. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Элементарный расход. Напорное и безнапорное давление. Истечение жидкостей из отверстий и насадок. Гидравлический удар в трубах. Уравнение Бернулли. Физический смысл и графическая интерпретация уравнения Бернулли.

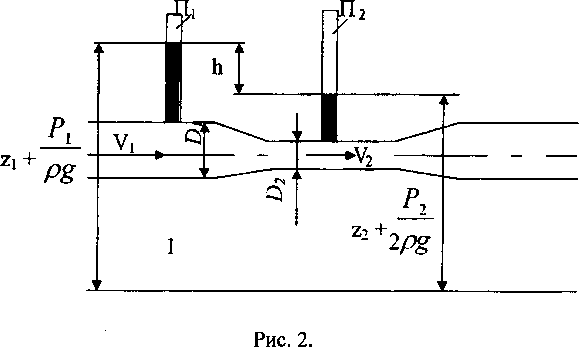
***Пример 4.*** Вода протекает по водомеру Вентури, состоящему из трубы диаметром Dx = 180 мм, в которую вставлен участок трубы диаметром

D2 = 80 мм. Пренебрегая сопротивлениями hw = 0, определить расход воды и скорость воды в трубе диаметром D2.

Показания пьезометров

*П*1  0,45*м* ;

*П*2  0,2*м*



### Решение:

1. Вычерчиваем схему водомера Вентури.
2. Составляем уравнение неразрывности потока для сечения 1 и 2.

2

4

2

4

2

4

*V*1  *A*1  *V*2  *A*2

Сократив на ** / 4 , имеем

или *V*1 *D*1

 *V*2 *D*2

 *V*2 *D*2

*V*  *D*2  *V*  *D*2 , выразим *V1*

*V*1  *V*2

1 1 2 2

( *D*2 )2

*D*1

(2)

Составим уравнение Бернулли.

*P V* 2

*P V* 2

*z*  1  1  *z*

 2  2

1 *g* 2*g*

*P*

2 *g* 2*g*

*P V* 2 *V* 2

(*z*  1 )  (*z*

 2 )  1  2

1 *g*

2 *g* 2*g* 2*g*

Зная, что (*z*1 

*P*1 )  (*z*

*g* 2

* *P*2 )  *h* , получим

*g*

*V* 2 *V* 2

*V* 2  *V* 2

*h*  1  2 , *h*  2 1

(3)

2*g* 2*g* 2*g*

Поставим выражение (2) в выражение (3)

*V* 2  *V* 2 (*D* / *D* )4

*h*  2 2 2 1

2*g*

откуда *V*2 

2*gh*

1  ( *D*2 )4

*D*1

Расход воды будет равен *Q*  *A*2

*V*2

*D*2

2 *V*

4 2

*h*  *П*1  *П*2  0,45  0,2  0,25*м* - разность показаний пьезометров Определим скорость

2  9,81 0,25

1  ( 0,08)4

0,18

*V*2 

 2,25*м* / *с*

Расход воды

*Q*  3,147 

0,082

4

 2,25  0,011*м*3 / *с*

Литература: Л-1, с. 43…56; Л – 2, с. 35-51.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. От чего зависят свойства гидростатического давления в точке? 2. Кто и когда вывел уравнение равновесия жидкостей? 3. Как звучит закон Паскаля? 4. Что называют расходом жидкости? 5. Между какими величинами устанавливает связь уравнения Бернулли? 6. В чем заключен физический смысл уравнения Бернулли?

### Турбулентность и ее основные статистические характеристики

Студент ***должен иметь представление*** об экспериментах, проведенных О. Рейнольдсом;

***знать:*** турбулентность и ее основные характеристики;

***уметь:*** определять режимы движения по числу Рейнольдса.

Понятие о турбулентности. Режим движения жидкостей. Закон распределения скоростей. Определение потерь напора при установившемся турбулентном режиме движения. График Никурадзе.

Литература: Л-1, с. 58...67; Л-2, с. 52...60;

***Пример 5.*** Определите режим движения рабочей жидкости (масла) в гидросистеме трактора. Подача насоса Q=12510-6 м3/с, диаметр нагнетательного трубопровода d = 12,5 мм, вязкость рабочей жидкости v=19·10-6 м2/c.

Решение:

Определим скорость рабочей жидкости в нагнетательном трубопроводе

Число Рейнольдса

*V*  4*Q*

*d* 2

 4 125 106 3,14 12,5 106

 1,02*м* / *с*

*Red*

 *V*  *d*

# 

 1,02 12,5 103 19 106

 671

Так как

*Red*

 671  *Rекр*

 2300 , то режим движения – ламинарный.

Если бы

*Red*

 *Rекр* , то движение было бы турбулентным.

Задание. Установите режим движения воды в трубе диаметром скорость *V*  0,5*м* / *с* , а кинематическая вязкость *v*  1,2 106 *м*2 / *с* .

*D*  250*мм*, если

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какое движение называется турбулентным? 2. Как распределяется скорость при ламинарном движении? 3. Что называют потерей напора? 4. Что показывает график Никурадзе? 5. Почему в гидросистемах тракторов режим движения жидкости ламинарный, а в водопроводных трубах - турбулентный?

### Гидравлические машины

Студент должен ***иметь представление:*** о турбинах и их классификации;

***знать:*** назначение, принцип работы и методы рациональной эксплуатации гидравлических машин;

***уметь:*** подбирать центробежные насосы по каталогу для испытания; проводить испытание центробежных насосов.

Насосы, их классификация и область применения. Параметры, характеризующие работу насосов. Подача, напор, мощность, КПД. Динамические и центробежные насосы, их назначение, устройство, принцип действия, область применения. Рабочие характеристики центробежного насоса. Построение рабочих характеристик по экспериментальным данным. Типизация лопастных насосов. Каталоги центробежных насосов, их использование. Осевые насосы, их устройство и принцип действия. Роторные насосы, особенности их конструкции и принцип действия. Характеристики и способы регулирования подачи. Обратимость роторных насосов. Гидравлические двигатели, их назначение и общая классификация. Объемные гидродвигатели. Гидродвигатели прямолинейного и поворотного движения. Гидроцилиндры, их конструктивные схемы и принцип работы. Гидропресс, гидроаккумулятор, их назначение и принцип работы. Поворотные гидродвигатели, их конструктивные схемы и принцип работы. Роторные гидродвигатели (гидромоторы), область их применения. Лопастные гидродвигатели (турбины), их классификация. Активные и реактивные турбины, их назначение и принцип действия. Вентиляторы, их устройство и назначение.

Литература: Л-1, с. 100...123; Л-2, с. 109…159.

***Пример 6***. Определить требуемую мощность насоса при напоре Н = 12 м, подаче Q = 2,5 л/с, КПД насоса * = 0,7*.

Решение. Теоретически требуемая мощность при заданном напоре и подаче.

*NT=  · g · Q · H = 1000 · 9,81 · 2,5 · 10-3 · 12 = 294,3 BT = 0,294кBT*

Действительная мощность с учётом потерь в насосе

*N*  *NT*

# 

 0,294  0,420*кВТ* 0,7

***Пример 7****.* Определить требуемый напор насоса для подъёма воды на высоту *h = 10 м*, преодолев сопротивление трубопровода hw продвижению воды на длине  *= 500 м*. Кроме того, необходимо обеспечить определённую скорость излива (свободный напор hCB= 4 м). Местное сопротивление n = 1, поворот на 90° - сопротивление * = 1,1*

Решение:

Напор насоса *Н = h + hw + hCB*

Сопротивление водопровода складывается из потерь напора на трение h1 и потерь напора от местных сопротивлений hM,

По формуле Дарси-Вейсбаха

*l V*

*hw=h*  *+hM*

500

0,52

*h*  **  *d*

 2  0,02 

2*g*

50 103

 2  9,81

 2,548*м*

Местные сопротивления определяем по формуле Вейсбаха:

2

*V*

*hм*  *n*  **  2*g*

2

11,1  0,014*м*

 0,5

2  9,81

тогда *hw = 2,548 + 0,014= 2,56м*

Напор насоса *Н = 10 + 2,56 + 4 = 16,56м.*

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Что называют гидравлическими машинами? 2. Перечислите основные показатели насосов. 3. Какие насосы относятся к лопастным, а какие к объемным? 4. Какие устройства называют насосами трения? 5. Что называется гидроцилиндром? 6. Для чего служит гидродвигатель? 7. Что называют вентилятором? 8. Какие конструкции вентиляторов Вы знаете?

***Задании:.*** Выполните практическую работу. На Вашем сельскохозяйственном объекте, молочно-товарной ферме или ремонтной мастерской изучите центробежные насосы. Для этого можно использовать нижеприведенную инструкционно - технологическую карту.

## Инструкционно - технологическая карта

***Наименование работы***: Центробежные насосы.

***Цель работы:*** Изучить устройство, принцип работы, характеристики, монтаж.

***Норма времени:*** 2 часа. Литература: Л-11.

### Методические указания

Основным рабочим органом центробежного насоса является свободно вращающееся внутри корпуса рабочее колесо, насаженное на вал. Рабочее колесо состоит из двух дисков (переднего и заднего), соединенных в единую конструкцию лопастями. Лопасти отогнуты плавно в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса. Передний диск имеет отверстие для подвода жидкости, а задний - втулку для крепления колеса на валу. Поток входит в насос в осевом направлении, а выходит в радиальном. На входе крепится к корпусу всасывающий патрубок, а на выходе - нагнетательный. Всасывающий трубопровод и корпус насоса перед запуском в работу должны быть заполнены водой. Принцип действия насоса в том, что при вращении колеса на каждый объем жидкости действует сила центробежная инерции

*F*  *m* 2 *r*

где ** - угловая скорость вращения колеса.

Под действием центробежной силы вода выбрасывается из рабочего колеса, в результате чего в центре колеса создается разряжение, а в периферийной его части - повышение давления. Под действием атмосферного давления, действующего на свободную поверхность, вода непрерывно поступает в насос. С рабочего колеса в спиральный корпус, в напорный патрубок и в трубопровод.

***Задание. 1****:* Изучить конструкцию насоса. 2. Изучить схему установки насоса. 3. Освоить запуск насоса в работу. 4. Изучить технические характеристики насоса, и его маркировку.

***Задание для отчета:*** 1. Описать принцип работы центробежных насосов. 2. Выполнить схему установки насоса. 3. Дать технические характеристики насоса. 4. Расшифровать маркировку насоса. 5. Указать, где применяются центробежные насосы.

***Контрольные вопросы:*** 1. Какие достоинства центробежных насосов? 2. Как маркируют центробежные насосы? 3. Как запустить в работу центробежный насос?

### Гидро- и пневмотранспорт

Студент должен ***иметь представление***: о гидро- и пневмотранспорте; ***знать:*** методы рациональной эксплуатации гидро- и пневмотранспорта; ***уметь:*** применять гидро - и пневмотранспорт.

Задачи гидро - и пневмотранспорта. Общие сведения о гидро- и пневмотранспорте. Применение гидро - и пневмотранспорта для транспортирования навоза, кормов и других сельскохозяйственных продуктов. Классификация гидро - и пневмотранспортных установок. Основные физико-механические свойства гидросмесей.

Литература: Л-3, с. 369...392

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какой транспорт называется гидравлическим, а какой пневматическим? 2. Как классифицируется пневмогидротранспорт? 3. Что называют транспортирующей способностью потока? 4. Какой гидротранспорт называется напорным, а какой безнапорным?

### Основы сельскохозяйственного водоснабжения и гидромелиорации

Студент должен ***иметь представление:*** об особенностях сельскохозяйственного водоснабжения;

***знать:*** основные принципы построения и методы эксплуатации систем сельскохозяйственного водоснабжения и мелиорации;

***уметь:*** подготавливать к эксплуатации водоподъемные установки, применяемые в сельском хозяйстве.

Особенности сельскохозяйственного водоснабжения современных животноводческих, птицеводческих комплексов и в отгонном животноводстве. Системы водоснабжения из поверхностных и подземных источников. Средства механизации подъема воды. Насосы общего назначения и водоподъемники. Задачи гидромелиорации.

Механизированное орошение. Технологический процесс орошения, оросительные системы. Потребность в воде для орошения. Режимы орошения сельскохозяйственных культур в севообороте и хозяйстве. Способы полива сельскохозяйственных культур.

Литература: Л-3, с. 269...316, с. 326...362.

Вопросы для самоконтроля: 1. Какие особенности сельскохозяйственного водоснабжения Вы знаете? 2. Какие средства механизации подъема воды применяются? 3. Что такое орошение? 4. Какие способы полива сельскохозяйственных культур Вы знаете?

### Примерный перечень рекомендуемых лабораторных и практических работ:

1. Расчет силы гидростатического давления, расходы жидкости и скорости истечения.
2. Подбор центробежных насосов по каталогу для испытания, испытание центробежных насосов.
3. Подготовка к эксплуатации водоподъемных установок, применяемых в сельском хозяйстве.

### Раздел 2. Основы теплотехники

* 1. ***Основные понятия и определения технической термодинамики. Смеси и теплоемкость***

Студент должен ***иметь представление:*** о технической термодинамике и ее задачах;

***знать:*** основные понятия и определения технической термодинамики, смеси газов и их теплоемкость;

***уметь:*** определять состав смеси посредством концентрации, применять закон Дальтона.

Понятие о технической термодинамике, ее задачи и основные определения. Рабочее тело. Величины (параметры), определяющие состояние рабочего тела. Уравнение состояния идеального газа. Понятие о реальных газах и парах как рабочих телах. Понятие о газовой смеси.

Закон Дальтона. Состав смеси в массовых и объемных долях, соотношение между ними. Состав смеси, заданный числом молей. Газовая постоянная смесь. Теплоемкость газа и смеси газов.

Литература: Л - 3, с. 6...13, с. 19…24; Л - 1, с. 124...127; с. 131...133.

***Пример 8.*** В баллоне находится кислород О2 массой m = 3кг при давлении Р = 9МПа и температуре t = 20°С. Вычислите вместимость баллона.

### Решение:

Из уравнения состояния для *m* килограммов *PV = mRT* выразим объем

*V*  *mRT*

*P*

 3  259,8  293  0,025*м*3

9 106

где

*Т*  *t*   273  20  273  293Кельвина - абсолютная температура по

термодинамической шкале;

*R*  259,8

указаний.

*Дж кг*  *К*

удельная газовая постоянная из приложения 1 методических

***Пример 9.*** Определите количество теплоты, необходимое для нагревания кислорода массой *m = 5кг* в процессе *Р = const* от температуры *t1 = 40°С* до температуры *t2 = 190°.*

Решение:

1. Определяем удельную теплоемкость кислорода при *Р = const:*

*С*  *С*

 29,3  0,91 *кДж*

*р * 32 *кг*  *К*

где

*С*

 29,3

*кДж кМоль*  *К*

- молярная теплоемкость для двухатомных газов из

приложения 2 методических указаний;

**  32

*кг*

*кМоль*

- молекулярная масса кислорода

1. Теплота процесса:

*Q*  *m*  *Cр* (*t*2  *t*1 )  5  0,91(190  40 )  686,7*кДж*

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Что изучает теплотехника и на чем базируется? 2. Что называется термодинамикой? 3. Что называют рабочим телом? 4. О чем гласит закон Дальтона? 5. Чем задается состав смеси? 6. Что такое теплоемкость?

***Задание.*** В баллоне ёмкостью *V = 0,5м3* находится воздух под давлением *Р = 1,6 МПа*. Определите массу воздуха.

### Термодинамические процессы

Студент должен ***иметь представление:*** об энтропии, энтальпии, о внутренней энергии;

***знать:*** основные термодинамические процессы и законы термодинамики;

***уметь:*** определять работу, термический КПД.

Термодинамические процессы. Работа расширения газа и внутренняя энергия теплоты. Первый закон термодинамики, его сущность и формулировка. Энтропия газов.

*р* ** , *Т*  *s* и *h*  *s* - диаграммы и графическое изображение в них термодинамический

процессов.

Энтальпия газов. Изотермический, изобарный, изохорный, адиабатный и политропный процесс, их анализ.

Второй закон термодинамики, его сущность и формулировка. Круговые процессы и циклы. Прямой и обратный цикл. Термический КПД цикла и холодильный коэффициент. Прямой и обратный цикл Карно.

Литература: Л-1, с. 136...156; Л-3, с. 14...19; с. 24…38.

***Пример 10.*** Какое количество теплоты необходимо затратить нагревание V1 = 0,8 м3

воздуха в процессе при Р = сonst (P = 3МПа) при изменении температуры от

*t*2  250 *C* ?

*t*1  80 *C* до

Какую работу при этом совершит воздух? Определить также изменение внутренней энергии.

Решение. Последовательность решения

*R*  *Cp*  *m*  *Q*  *L*  *U*

1. Определим газовую постоянную воздуха

*R*  *R*0

# 

 8314

28,96

 287

*Дж кг*  *К*

где:

*R*0  8314

*Дж кМоль*  *К*

* универсальная газовая постоянная;

**  29,96

указаний.

*кг*

*кМоль*

- молекулярная масса воздуха из приложения 1 методических

1. Масса воздуха

*РV*1

 *mRT*1

 *m*  *P* *V*1

*R*  *T*1

 3 106 0,8

287  353

 23,7*кг*

1. Удельная теплоёмкость

*С*  *Ср*

 29,3  1,01 *кДж*

*р * 28,96 *кг*  *к*

Воздух смесь двухатомных газов, поэтому

1. Теплота процесса

*Ср*

 29,3

*кДж кМоль*  *к*

* приложения 2

*Q*  *mCp* (*t*2  *t*1 )  23,7 1,01(250  80 )  4069,3*кДж*

1. Работа изменения объема

*L*  *mR*(*t*2  *t*1 )  23,7  287(250  80 )  116323 *Дж*  1156*кДж*

1. Изменение внутренней энергии

*U*  *Q*  *L*  4069,3 1156,3  2913*кДж*

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. О чем гласит первый закон термодинамики? 2. Что называется термодинамическим процессом? 3. Какой процесс называется политропным?

4. Что такое энтропия? 5. Что такое энтальпия? 6. Для чего служит цикл Карно?

***Задание:*** В баллоне ёмкостью *V = 1,2 м3* находится азот при давлении

*Р = 0,6 МПа* и температуре t1=50°C. При охлаждении теряется Q = 80 кДж теплоты.

Определить, какое давление Р2 и температура t2 установятся в баллоне.

### Идеальные циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Компрессоры и компрессорные установки

Студент должен ***иметь представление:*** о поршневых двигателях, компрессорах и их назначении;

***знать:*** идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС), компрессоры и компрессорные установки.

***уметь:*** различать цикл Отто, Дизеля и смешанные циклы, определять их КПД.

Классификация поршневых ДВС. Понятие об идеальных циклах ДВС. Идеальный цикл с подводом теплоты при постоянном объеме. Цикл со смешанным подводом теплоты. Действительные циклы ДВС. Компрессоры и компрессорные установки, их назначение и классификация. Термодинамические основы работы поршневых компрессоров.

Литература: Л-3, с. 75...78; с.206...223.

### Методические указания

Специалисту сельского хозяйства необходимо хорошо знать термодинамические основы работы двигателей внутреннего сгорания, поэтому материал этой темы важен в профессиональной подготовке студента.

При изучении темы особое внимание следует обратить на индикаторную диаграмму и на последовательность изменения параметров рабочего тела двигателя в отдельных процессах: сжатие, горение, расширение. Необходимо понять смысл степени сжатия и её значение для мощностей и экономической оценки ДВС.

***Пример 11.*** У двигателя *Д - 240* индикаторное давление

*Рi* 0,7*МПа* ; диаметр поршня

*D = 110 мм*; рабочий ход *S = 125 мм*, механический эффективную работу одного цилиндра.

*КПДм*  0,9

Определить

### Решение:

Определим рабочий объём цилиндра

*Vh* 

*D*2

4

 *S* 

3,14  0,112

4

 0,125  1,188 103 *м*3

Тогда эффективная работа одного цилиндра

*Le*  *м*

 *Рi*

*Vh*

 0,9  0,7 106 1,188 103 *Дж*

***Пример 12.*** Частота вращения коленчатого вала двигателя

*n*  36,7*с*1 , число

цилиндров *Z = 4*, тактность двигателя * =2*, эффективная работа одного цилиндра

*Le*  748,4 *Дж*

Определить эффективную мощность. Решение.

Мощность

*Р*  *Le*  *n*  *Z*

*е *

 748.4  36.7  55 103 *Вт*  55*кВт* 2

***Пример 13.*** Выполним расчёт для двигателя СМД - 62 эффективной мощностью *Ре=129кВт* при эффективном КПД его *е*  0,36 . Стехиометрическое количество воздуха *L0 = 14,4 кг/кг*. топл., коэффициент избытка воздуха * = 1,3*. Принимаем для расчётов значения теплоёмкостей:

выхлопных газов *СРr= 1,15 кДж/(кг·К);* воздуха *Срв= 1 кДж/(кг·К);* температура выхлопных газов *tr = 500°С*, воздуха *tB = 20°С*. Низшая рабочая теплота сгорания топлива

*P*  42,7 *МДж*

*Q*

*H кг*

Секундный расход топлива

*В* 

*Ру*

* QP*

### Решение:

 129  0,00839 *кг*

0,36  42700 *с*

*е H*

Тепловые выделения при сгорании топлива

*Q*  *B*  *QP*  0,00839  42700  358*кВт*

*H*

1

Теплопотери с уходящими газами

*Q*2  *B*[(**  *L*0  1)  *C*Pr  *tr*  **  *L*0  *CPB*  *tB* ] 

 0,00839 [(1,3 14,6  1) 1,15  500 1,3 14,4 1 20]  932*кВт*

Потери в систему охлаждения

*Q*

*охл*

 *Q*1  *Pe*  *Q*2  358 129  93,2  135,8*кВт*

Эффективная мощность двигателя выделений при сгорании топлива.

*Р*  129 100  36% составляет от тепловых

*е* 358

Потери теплоты с уходящими газами *Q*2

 93,2 100%  26%

358

Потери в систему охлаждения *Qохл*

 135,8 100%  37,9%

358

***Задание:*** Выполните расчёт неустранимых тепловых потерь для двигателя СМД- 18Н, *Р = 74 кВт*, * = 1,2...1,4* - коэффициент избытка воздуха. Остальные данные такие же , как в примере 16.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие допущения делают для идеальных циклов? 2. Какой цикл называют циклом Отто? 3. В чем особенности цикла Дизеля? 4. Что называют компрессором? 5. По какому циклу работают современные дизельные двигатели?

### 2.4 Водяной пар и влажный воздух

Студент должен ***иметь представление***: о свойствах водяного пара, влажного воздуха;

***знать:*** основные понятия, определения, процессы образования и параметры водяного пара, влажного воздуха;

***уметь:*** определять параметры пара по диаграммам.

Основные понятия и определения водяного пара и влажного воздуха. Водяной пар

как рабочее тело. Процесс образования пара. *р* **,*Т*  *s* и *h-s* диаграмма водяного пара.

Основные термодинамические параметры воды и водяного пара. Таблицы водяного пара. Влажный воздух как смесь сухого воздуха и водяного пара. Насыщенный, ненасыщенный и перенасыщенный влажный воздух. Основные параметры влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, удельный объем, энтальпия, *H-d* диаграмма влажного воздуха.

Литература: Л-3, с.44...56; Л-1, с.160...167.

***Пример 14.*** Пар из котла при абсолютном давлении р и степени сухости X поступает в пароперегреватель, в котором ему сообщается дополнительное тепло при неизменном давлении, а температура пара повышается до *t2 = 350°С*. Определите количество тепла, сообщённое 1 кг пара и изменение внутренней энергии при помощи *h-s* диаграммы.

*3*

*Х*  0,97

*Р*  1*МПа*

*t*2  350 *С*

*О*

*q*  ? *u*  ?

### Решение:

1. По *h-s* диаграмме (приложение 4) находим состояние пара с *X = 0,97* и давлением

*р = 1,6 МПа*. Это будет точка 1 (рис. 5) на пересечении изобары Р и линии степени

сухости *X*. Проведя горизонталь, находим энтальпию *h*1

 2700 *кДж* . Точку 2 находим на

*кг*

пересечении изобары *Р= 1,6 МПа* и изотермы t2=350°C.

Проводим горизонталь и определяем энтальпию

1. Определим количество подведённой теплоты

*h*  3150 *кДж*

2 *кг*

*q*  *h*2

* *h*1

 3150  2700  450 *кДж*

*кг*

1. Изменение внутренней энергии

*u*  *u*2  *u*1  (*h*2  **2 )  (*h*1  *Р*1 ) 

 (3150 1,6 103  0,17)  (2700 1,6 103  0,11)  354 *кДЖ*

*кг*

где, **1 и **2

находим по *h-s* диаграмме по пунктирной линии изохоре и точкам 1 и 2.

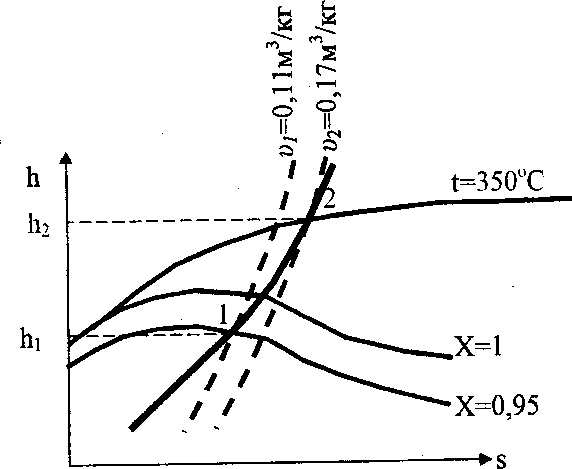


Рис. 5.

***Задание:*** Выполните практическую работу.

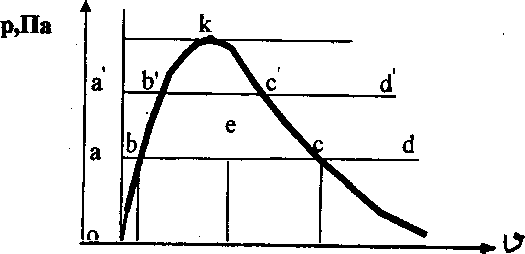
1. Определите температуру кипения воды при давлении Р = 200 кПа по h-s- диаграмме.
2. Определите энтропию, энтальпию водяного пара при давлении Р = 400 кПа и температуре t = 300°С.
3. Опишите порядок определения параметров, сделайте выкопировку h-s - диаграммы.

При выполнении работы можете воспользоваться инструкционной картой к практическому занятию.

***Инструкционно - технологическая карта Наименование работ:*** Определение параметров водяного пара.

***Цель работ:*** Освоить навыки работы с h-s-диаграммой, научиться определять параметры пара.

***Норма времени:*** 2 часа.

Литература: Б.Х. Драганов. «Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве».

На рисунке изображён процесс парообразования 1 кг воды в *p-* -координатах при

*р = const*. Начальное состояние воды, находящейся под давлением *р* и *t0 = 0°С*, показано точкой *a; b* - насыщенная жидкость; *е* - влажный пар; *с* - сухой пар; *d* - перегретый пар; *k* - критическая точка.

Пар - это газ в состоянии близком к сжижению. Насыщенным называется пар, находящийся в термическом и динамическом равновесии с жидкостью. Кипение - это испарение по всему объёму. Причина кипения является уменьшение с повышением температуры растворимости газов в жидкости. Кипение зависит от давления, наличия растворённых газов

По *h-s* диаграмме можно определить энтропию, энтальпию, удельный объём пара, температуру кипения, абсолютное давление. На практике широко пользуются *h-s* - диаграммой.

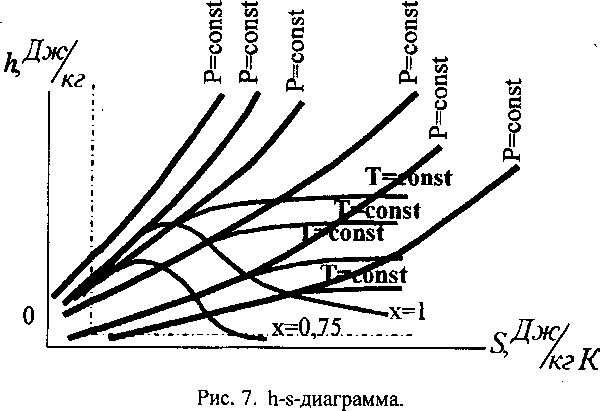
За начало координат принято состояние воды в тройной точке *(s0 = 0, h0 = 0)*.

Пограничные кривые строятся по точкам *h'* и *s'* для кривой *X = 0* и *h"* и *s"* - для кривой

*X = 1*.

Термодинамические параметры воды, доведённой до кипения *(X = 0),* и сухого насыщенного пара берут из таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара. В области влажного пара изобары и изотермы совпадают и изображаются расходящимися линиями.

С увеличением *Т* длина прямолинейного участка изотерм уменьшается и при *Т = Тк* обращается в точку. В критической точке *(dh/ds)T = Тк > 0*, и поэтому критическая точка *К* лежит не на вершине, как это было в *pv*- и *Ts*-диаграммах, а на левом склоне пограничной кривой. От пограничной кривой *X = 1* изотермы идут плавными кривыми вправо, а при больших степенях перегрева они практически параллельны оси *OS*. Дело в том, что с увеличением степени перегрева пар по своим свойствам приближается к идеальному газу, для которого изотермный процесс - одновременно изоэнтальпийный. Обычно для практического использования строят рабочую часть диаграммы, ограниченную штрих пунктирной линией.



***Задание:*** 1. По *h-s* диаграмме определить температуру кипения воды, если задано давление *Р*. 2. Известны температура и давление. Определить энтропию, энтальпию и удельный объём. 3. По удельному объёму и температуре определить давление, энтропию, энтальпию.

***Задание для отчёта:*** 1. Указать исходные данные своего варианта. 2. Записать найденные по диаграмме значения. 3. Выполнить выкопировку диаграммы.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие состояния водяного пара Вы знаете? Дайте определения. 2. Что понимают под степенью сухости водяного пара? 3. Что такое критическая точка? Каковы ее параметры. 4. Что называют влажным воздухом? 5. Какие параметры влажного воздуха, характеризующие содержание в нем пара, Вы знаете?

### Основные понятия и определения процесса теплообмена. Теплопроводность. Теплопередача и теплообменные аппараты

Студент должен ***иметь представление***: об основных видах теплообмена;

***знать****:* основные понятия и определения процесса теплообмена, теплопроводность, теплопередачу и виды теплообменных аппаратов;

***уметь:*** выполнять теплотехнические расчеты теплообменных аппаратов и подбирать их по каталогам.

Процесс теплообмена. Теплопроводность. Температурное поле. Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности и его величины для различных технических материалов. Стационарная теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках. Конвективный теплообмен. Особенности теплоотдачи при кипении и конденсации жидкости.

Теплопередача через однослойную плоскую и многослойную стенки. Коэффициент и термические сопротивления теплопередачи. Методы интенсификации теплообмена. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Тепловая изоляция. Теплообменные аппараты, их классификация. Основные положения теплового расчета. Уравнения теплопередачи и тепловых балансов теплоносителей. Средний температурный напор. Сравнение прямоточных и противоточных схем движения теплоносителей.

### Литература: Л-1, c. 170...191; Л-3, с. 90...152; Л-8, с. 69...81; с.90...110.

***Методические указания***

Теория теплообмена занимает одно из ведущих мест в инженерных расчетах. Процессы теплообмена имеют место в системах отопления зданий, паровых и водонагревательных котлах, тепловых двигателях, теплообменниках различных типов и т.д. Изучая теплопередачу, следует усвоить законы, по которым теплота передаётся от одного тела к другому.

Интенсивность теплообмена характеризуется такими понятиями, как тепловой поток и плотность теплообмена. Тепловой поток *Ф*, *Вт* -это количество теплоты, проходящее в единицу времени через некоторую произвольную поверхность. Плотность теплового потока *q* - это тепловой поток, отнесенный к единице площади поверхности, *Вт/м2*:

*q*  *Ф*

*А*

где *А* - площадь, поверхности, м2, через которую проходит тепловой поток Ф.

Закон распространения теплоты в пространстве за счёт теплопроводности называется законом Фурье: «Плотность теплового потока *q* пропорциональна производной от температуры *t* по внешней нормали к изотермической поверхности, направленная в сторону увеличения температуры».

** - коэффициент теплопроводности,

*Вт м*  *К*

При *tСТ1 = const* и *tcT2 = const*, *tСТ1* > *tСТ2* можно записать закон Фурье для плоской

однослойной стенки толщиной **

*q*  ** (*t*

# 

*cт*1

* *tст*2

)  *tст*1  *tст*2

*R*

где:

*R*  **

** **

- термическое сопротивление слоя, *м2 · К/Вт*

Часто встречается разновидность конвективного теплообмена - теплоотдача.

***Теплоотдача*** - это конвективный теплообмен между движущейся средой и поверхностью раздела, с другой средой (твердым телом, жидкостью или газом). Поверхность раздела, участвующую в теплоотдаче, называют поверхностью теплообмена или теплоотдающей поверхностью. Для количественного описания теплоотдачи используют основной закон теплоотдачи Ньютона: «Плотность теплового потока при теплоотдаче пропорциональна разности температур поверхности теплообмена и жидкости».

*q*  ** (*tст*  *tж* )

где *а* - коэффициент теплоотдачи,

*Вт* ;

*м* 2  *К*

*tст, tж* - температура поверхности теплообмена соответственно стенки и жидкости.

Тепловой поток по всей поверхности площадью *А*

*Ф*  ** (*tcт*  *tж* )  *А*

где *( tст*  *tж )* - температурный напор, который всегда принимают по модулю;

*a* - коэффициент теплоотдачи, характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью теплообмена и жидкостью.

При решении задачи учитывают, что удельный тепловой поток один и на глубине промерзания температура *t = 0°С*.

***Пример 15.*** Определить глубину промерзания стены дома толщиной ** = *250 мм*, если температура поверхностей внутренней *tc1 = 20°С*, наружной *tc2 = -30ºC.*

### Решение:

Удельный тепловой поток

Приравниваем правые части

*q*  *tc*1  *tc* 2

# 

**

и *q*  *t*  *tc* 2

*x*

# 

*tc*1  *tc* 2

 *t*  *tc* 2

*x*

# 

20  (30)  0  (30) ;

# 

50  30 ;

1  30

250 *x* 250 *x* 5 *x*

откуда *х = 30·5=150мм* – глубина промерзания стены

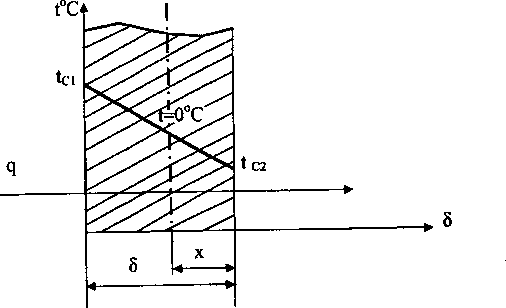


Рис. 8

***Пример 16:*** Определить плотность теплового потока через плоскую стенку парового котла и температуры поверхности стенки, если заданы: температура топочных газов *tri = 1300°C*, температура воды в котле *tж2= 170°C*, соответствующие коэффициенты теплоотдачи * 1 = 45 Вт/м2-К,  2= 6000 Вт/м2-К*, толщина стенки * = 14 мм* и коэффициент теплопроводности материала стенки * = 58 Вт/м·К*.

### Решение:

1. Определяем коэффициент теплопередачи

*K*  1

**1

1

 **  1

** ** 2

 1

1  0,014 

45 58

1

6000

 44,1

*Вт м*2  *К*

1. Поверхностная плотность теплового потока составит

*q*  *k*(*tr*1

* *tж*2

)  44,1(1300 170)  49833 *Вт*

*м*2

1. Определим температуру поверхностей стенки со стороны газов

со стороны воды

*tc*1

 *tr*1 

1

*q*

**

 1300  49833  193 *C*

45

*tc*2

 *tж* 2 

2

*q*

**

 170  49833  178 *C*

6000

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие существуют способы распространения теплоты в пространстве? 2. Что такое тепловой поток, плотность теплового потока, температурное поле, изотермическая поверхность? 3. Как читается закон теплопроводности Фурье? 4. Как звучит закон теплоотдачи Ньютона? 5. Какие типы теплообменных аппаратов Вы знаете?

***Задание:*** Определите тепловой поток через кирпичную стенку длиной *6 м*, высотой *3 м* и толщиной *250 мм*, если на поверхностях стенки температура *tс1=18°*C и *tc2 = -22°C*, а коэффициент теплопроводности * = 0,690·Вт/м-К*.

### Котельные установки и топочные устройства

Студент должен ***иметь представление:*** о принципе работы котельной установки; ***знать:*** типы, назначения и состав котельных установок и топочных устройств; ***уметь:*** определять КПД котельного агрегата, часовой расход топлива,

испарительную способность топлива; проводить гидравлические испытания, безопасно эксплуатировать котельные установки.

Котельные установки, их типы и назначения. Основное и вспомогательное оборудование котельной установки. Тепловой баланс котельного агрегата. Полезно использованная теплота. Потери теплоты. КПД котельного агрегата. Часовой расход топлива. Испарительная способность топлива.

### Литература: Л-3, с.180...184; Л-8, с.146... 165.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Что такое котельная установка? 2. Какие бывают топки и горелки? 3. Из каких вспомогательных устройств состоит котельная установка? 4. Какие бывают по назначению котельные установки? 5. Из каких частей состоит тепловой баланс котла?

### Методические указания

Котельная установка - это комплекс устройств и агрегатов, предназначенный для получения пара или горячей воды за счёт сжигания топлива или использования посторонних теплоисточников. Она состоит из котельного агрегата и вспомогательного оборудования, служащего для подготовки и подачи топлива, воды, воздуха, удаления и очистки дымовых газов, удаления золы и шлака при сжигании твёрдого топлива.

По назначению котельные установки бывают производственные (вырабатываемые вода и пар используются для технических нужд), отопительные (вода и пар для отопления), энергетические (снабжают паром турбины турбогенераторов тепловых электростанций). Они могут работать на твёрдом, жидком, газообразном топливе. Котельный агрегат (котёл) - это устройство, где непосредственно вырабатывается пар или горячая вода. Котлы для получения пара называют паровыми, а для получения воды - водогрейными. Важнейшими характеристиками паровых котлов являются паропроизводительность (кг/ч или т/ч), рабочее давление (Па, кПа, МПа) и температура (°С или К ) пара. Для водогрейных котлов характеристиками являются тепловая мощность (кВт, МВт и т.д.), расчётное давление в котле (Па, кПа и т. д.). Наиболее крупными являются энергетические котлы, паропроизводительность которых достигает 3950 т/ч; в сельскохозяйственном производстве применяются котлы малой и средней производительности.

При изучении котельной установки научитесь определять коэффициент полезного действия котельного агрегата. Для этого необходимо знать паропроизводительность котла

D, энтальпию перегретого пара hПП и энтальпию питательной воды hПВ. Технику-механику важно знать часовой расход топлива В и его низшую теплоту сгорания *QP*

*H*

КПД будет найдено по формуле

*ка*

 *D*  (*hПП*  *hПВ* )

*В*  *QP*

*H*

Энтальпия питательной воды *hПВ*  4,2  *tПВ* , кДж/(кг·К)

*В*  *QР*

Часовой расход условного топлива

*Вусл*

*Н* , т.у.т/ч 29,3

где - 29,3 - теплота сгорания условного топлива, МДж/кг. Видимая испарительная способность топлива

*И*  *D Вусл*

, кг. пара/кг.у.т.

***Пример 17:*** Определить часовой расход топлива, если КПД котельного агрегата

* КА = 89,3%* , паропроизводительность *D = 230 т/ч*. Энтальпию перегретого пара определили по h-s диаграмме hПП=3400 кДж/кг. Температура питательной воды tПВ = 215°C.

### Решение:

Определяем энтальпию питательной воды

*hПВ*

Часовой расход топлива

 4,2  *tПВ*

 4,2  215  903*кДж*/ *кг*

*В*  *Dч* (*hПП*  *hПВ* )  230000()3400  903  42034*кг* / *ч*

*QР* ** 15300  0,893

*Н*

*КА*

### Водогрейные и паровые котлы, водонагреватели

Студент должен ***иметь представление:*** о назначении водогрейных и паровых котлов, применении их в сельском хозяйстве;

***знать:*** виды и принципиальное устройство водогрейных и паровых котлов и водонагревателей;

***уметь:*** проводить анализ устройства и работы котла.

Водогрейные и паровые котлы, их классификация и отличительные особенности. Котлы - утилизаторы. Методы гидравлических испытаний котлов. Водонагреватели, их виды и назначение.

Литература: Л-3, с.184...196; с.201...203, Л-8, с. 146...157

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие марки отечественных водогрейных котлов Вы знаете? 2. Какие характеристики имеют паровые котлы серии Е (КЕ) и Е(ДЕ)? 3. Какие источники тепла используют в водонагревателях? 4. Как работает АОГВ?

### Нагреватели воздуха

Студент должен ***иметь представление:*** где применяются нагреватели воздуха в сельскохозяйственном производстве;

***знать:*** назначение, классификацию и устройство нагревателей воздуха;

***уметь:*** проводить анализ устройства и работы теплогенератора, калорифера.

Нагреватели воздуха, их назначение, классификация и устройство. Типы нагревателей воздуха, их характеристики. Тепловой баланс и КПД нагревателей воздуха.

Литература: Л-3, с. 190...201.

***Задание***: Выполните практическую работу, используя инструкционно- технологическую карту.

***Инструкционно - технологическая карта Наименование работы:*** Теплогенератор ТГ-2,5

***Цель работы:*** Изучить устройство, принцип работы, характеристики, запуск, отключение.

***Норма времени:*** 2 часа.

Литература: А.В.Кузнецов и др. «Основы теплотехники, топливо и смазочные материалы».

### Методические указания

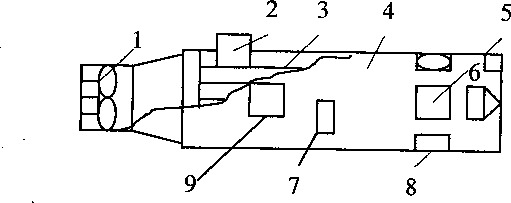
Различают нагреватели непрямого нагрева (теплогенераторы), в которых нагреваемый воздух не смешивается с топочными газами, и нагреватели прямого нагрева, в которых происходит непосредственное смешивание топочных газов и нагреваемого воздуха. В теплогенераторе встроен теплообменник кожухотрубного типа, в котором теплота топочных газов передаётся нагреваемому воздуху, при этом топочные газы движутся в межтрубном пространстве, а воздух по трубам. Вследствие низкой теплоотдачи от топочных газов к поверхности теплообмена и от последней к воздуху воздух в аппаратах этого типа имеет невысокую выходную температуру (до 100°С), что является недостатком этих устройств и в определённой мере ограничивает их применение (например, в сушильных устройствах, в которых требуется высокая начальная температура сушильного агента). К преимуществу их относится не загрязнение нагреваемого воздуха продуктами сгорания топлива, что, в частности, позволяет применять их не только для отопления помещений, но и в системах вентиляции.

В качестве топлива в теплогенераторах применяют природный газ или жидкое топливо (керосин, дизельное, печное бытовое).

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатель** | **ТГ- 1,0А** | **ТГ-1,5** | **ГТГ-1,5** | **ТГ- 2,5А** | **ТГФ- 2,5Б** | **ГТГ-2,5А** | **ТГ-3,5А** | **ТГ-Ф- 350** |
| Тепловая мощность,  кВт | 116 | 175 | 175 | 290 | 290 | 290 | 408 | 408 |
| Расход нагреваемого воздуха,  тыс.м3/ч | 6…8 | 10…14 | 10…14 | 14…18 | 20 | 17 | 25 | 22,5 |
| Температура нагретого  воздуха, ºС | 48…58 | 35…50 | 35…50 | 50 | 50 | 45…55 | 53 | 53 |
| КПД,% | 87 | 89 | 90 | 89 | 91 | 91 | 90 | 91 |
| Вид топлива | керосин | печное бытовое | природный газ | печное бытовое | печное бытовое | природный газ | печное бытовое, керосин,  дизельное | печное бытовое |

В таблице даны основные показатели теплогенераторов отечественного производства серии ТГ. Буквенное обозначение ТГ марки теплогенератора означает теплогенератор, цифры тепловую мощность в сотнях мега калорий в час (1 Мкал/час

=1,163 кВт).

1 - осевой вентилятор; 2 - дымовая труба; 3 - теплообменник; 4 - корпус; 5 - датчик системы автоматики; 6 - горелка;

7 - топливный отстойник; 8 - трансформатор системы зажигания; 9 - пульт управления.

***Задание:*** 1. Изучить конструкции теплогенераторов, назначение, технические характеристики. 2. Изучить принцип работы, запуск, выключение теплогенератора. 3. Технику безопасности. 4. Освоить запуск и остановку теплогенератора.

***Задание для отчета:*** 1. Тема. 2. Цель работы. 3. Технические характеристики. 4.

Схема установки. 5. Порядок запуска и остановки.

***Контрольные вопросы***: 1. Назначение теплогенераторов. 2. Какое топливо применяется для теплогенераторов? 3. Какой расход топлива? 4. Как запускать теплогенератор после аварийной остановки?

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Что служит источником энергии в нагревателях воздуха? 2. Что представляет собой теплогенератор? 3. Чем различаются топливные нагреватели прямого и непрямого нагрева? 4. Какие нагреватели воздуха с паровым и водяным нагревом Вы знаете? 5. Как рассчитать тепловую мощность и расходы топлива теплогенератора?

### Холодильные установки

Студент должен ***иметь представление***: о принципах работы холодильных установок;

***знать:*** способы охлаждения, назначение и устройство холодильных машин;

***уметь:*** выполнять основные теплотехнические расчеты и подбирать холодильные машины.

Применение холода в сельском хозяйстве. Способы охлаждения до температур более низких, чем температура окружающей среды, машинное охлаждение. Холодильные агенты. Парокомпрессионные, газокомпрессионные и абсорбционные холодильные машины. Методика теплотехнического расчета парокомпрессионной холодильной машины.

Литература: Л-3, с. 85...88; Л-8, с. 200...202.

***Задание:*** Выполните практическую работу, используя инструкционно - технологическую карту.

***Инструкционно - технологическая карта Наименование работы:*** Холодильная установка МХУ-8.

***Цель работы:*** Изучить устройство, принцип работы, характеристики.

***Норма времени:*** 2 часа.

Литература: Б.Х. Драганов. «Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве»

### Методические указания

Холодильная машина МХУ-8 обеспечивает охлаждение молока за 2 часа с учётом аккумуляции холода (намораживания льда на пластинах испарителя). Длительность аккумуляции холода 5 часов.

Таким образом, длительность всего цикла охлаждения 7 часов. Количество намороженного льда на панелях испарителя 450 ± 50 кг. Холодильная мощность установки 9,3 кВт.

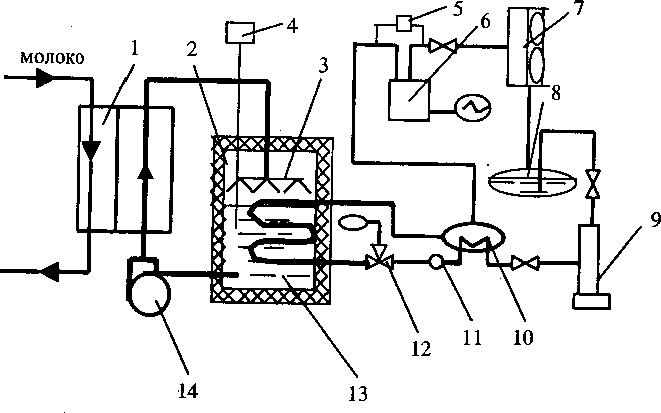


Схема холодильной установки МХУ-8С. 1 - охладитель молока; 2 - бак для охлаждения воды; 3 - коллектор; 4 - реле температуры; 5 - реле давления; 6 - компрессор; 7 - конденсатор с воздушным охлаждением; 8 - ресивер; 9 - фильтр-осушитель; 10 - теплообменник; 11 - смотровое устройство; 12 - терморегулирующий вентиль; 13 - испаритель; 14 - насос.

Циркулирующий в испарителе 13 холодильный агент отбирает теплоту от воды в баке 2.0бразовавшийся при кипении хладона пар проходит через теплообменник 10, где он дополнительно нагревается жидким хладоном, который поступает из ресивера 8 и имеет более высокое давление и температуру, чем пары хладона после испарителя 13.

Пары хладона отсасываются поршневым двухцилиндровым компрессором ФВ-6. Сжатые в компрессоре пары хладагента (при этом их температура повышается до 70...80°С) нагнетаются в конденсатор 7, наружная поверхность которого обдувается окружающим воздухом с помощью вентилятора.

Жидкий хладон поступает в ресивер 8, а затем в фильтр-осушитель 9, где он освобождается от влаги и загрязнений, протекая через силикагель.

В теплообменнике 10 холодильный агент, отдавая теплоту парам хладона, дополнительно охлаждается. Протекая далее через терморегулирующий вентиль 12, хладон дросселируется. При этом понижается как давление, так и температура хладона (дроссель эффект имеет положительное значение). Тем самым хладон приобретает способность кипеть при низких температурах.

Из терморегулирующего вентиля 12 он поступает в испаритель 13 и цикл повторяется. Холодная вода из бака-аккумулятора 2 насосом 14 подаётся в охладитель молока 1. Степень охлаждения устанавливают терморегулирующим вентилем 12. Реле температуры 4 регулирует толщину льда на пластинах испарителя. Реле давления 5 служит для защиты от чрезмерного повышения давления.

**Задание:** 1 Изучить конструкцию холодильной установки. 2. Изучить схему установки, принцип работы. 3. Изучить технические характеристики. 4. Изучить регулировки.

***Задание для отчета:*** 1. Описать принцип работы установки МХУ-8. 2. Выполнить схемы установки. 3. Дать технические характеристики. 4. Расшифровать маркировку. 5. Указать, где применяется холодильная установка.

***Контрольные вопросы:*** 1. Для каких целей предназначена МХУ-8? 2. Как работает МХУ-8? 3. Из каких агрегатов состоит МХУ-8? 4. Расшифровать марку установки. 5. Какой хладагент применяется в МХУ-8?

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Каковы особенности льдосоляного охлаждения? 2. Как определяют расчетным путем расход холода в леднике? 3. Что такое холодильная мощность холодильной установки? 4. Какие холодильные установки применяются в сельском хозяйстве?

### Отопление и горячее водоснабжение. Вентиляция

Студент должен ***иметь представление:*** о паровом, водяном и воздушном отоплении;

***знать:*** системы отопления, горячего водоснабжения и вентиляции;

***уметь:*** выполнять основные теплотехнические расчеты и подбирать отопительно- вентиляционное оборудование.

Системы отопления, их назначения, классификация. Методика расчета тепловых потерь в помещениях. Водяное отопление. Нагреваемые приборы системы отопления, их типы и характеристики. Методика расчета площади поверхности нагрева и подбора нагревательных приборов. Эксплуатация систем отопления. Системы горячего водоснабжения, их назначения, классификация, принципиальные схемы и расход теплоты. Системы вентиляции, их назначение и классификация. Вредные выделения, их предельно допустимые нормы концентрации в воздухе различных помещений. Методика

расчета воздухообмена.

Оборудование и эксплуатация систем вентиляции. Литература: Л-3, с.259...301.

### Методические указания

В производственных и коммунально-бытовых помещениях необходимо создать оптимальный микроклимат, обеспечивающий комфортные условия для людей, наивысшую продуктивность для животных и растений.

Наиболее важный параметр микроклимата - температура. От её значения зависит самочувствие людей, животных и птицы, а следовательно, их производительность или продуктивность. Для поддержания в помещении требуемой температуры предусматривают систему отопления, которую рассчитывают и проектируют на наиболее холодный период года. Для определения мощности системы отопления необходимо знать потери теплоты из помещений. Эти потери делят на основные и добавочные.

Основные потери определяют

*Ф*   *Koi Aoi* (*tВ*  *tН* )*ni*

*oi*

где

*K* -коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м2К);

Aoi- площадь поверхности отдельных ограждений, м2; tB- расчётная температура внутреннего воздуха, °С;

tH- наружного воздуха, °С;

*ni* - коэффициент, зависящий от положения поверхности к наружному воздуху. Добавочные теплопотери учитывают потери на нагрев воздуха при открытии дверей,

инфильтрацию через окна, притворы фрамуг и т. д.

Мощность системы отопления определяют из теплового уравнения баланса здания: Фот = Фт.п + Фи - Фтв,

где Фтп - тепловые потери, Вт;

Фи- потери на испарение влаги, Вт;

Фтв- мощность тепловыделений в помещении, Вт.

***Пример 18***. Определить потери тепла по укрупнённым показателям для жилого здания в г. Волгограде. Строительный объём здания по наружному замеру VH = 200 м3, удельная отопительная характеристика q0= 1,38 кДж/(м3 · ч-К), teB = +18°С - температура внутри жилого помещения, tHpo = -22°С - расчётная температура наружного воздуха для г. Волгограда.

### Решение:

Расчётный расход тепла находим по формуле

*Qр*  *q V* (*t*  *t* )  1,38  200(18  22)  11040*кДж*/ *ч*

*от* 0 *н B нро*

***Пример 19.*** Определить необходимое количество секций в батарее отопления по условиям решённой выше задачи. Тепловые потери через ограждения QT.П = 11040 кДж/ч, температура воды на входе в радиатор tBX = 95°C, на выходе tBbIX = 70°C, температура воздуха в помещении tB = + 18°С, коэффициент теплопередачи 1 секции радиатора k = 9,54Вт/(м2∙К).

### Решение:

Суммарная поверхность нагрева радиаторов

*А*  *QТП*

*k*  (*tcp*  *tв* )

 3067

9,54  (82,5 18)

 4,98*м*2

где: *QТП*  11040*кДж*/ *ч*  11040000 / 3600  3067*Вт*;

*tср*

 95  70 82,5 *С*

2

- среднеарифметическая температура

Требуемое число секций радиатора

*n* 

*A*  4,98

*f* 0,299

 16,6

где *f* = 0,299 м2 - площадь нагрева 1 секции радиатора из табл. 16. Л-11. Примем n = 17.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Для каких целей используют теплоту в сельском хозяйстве? 2. Какие Вы знаете системы отопления? 3. Какие Вы знаете нагревательные приборы? 4. Какие бывают системы вентиляции? 5. Как рассчитать потребный воздухообмен помещения?

***Задание:*** Определите тепло потери коровника, имеющего объём по наружному обмеру 11000 м3, внутреннюю температуру +10°С, наружная температура - 22°С.

Удельная отопительная характеристика здания q0T= 0,174 Вт/(м3 К).

### Теплоснабжение сооружений защищенного грунта

Студент должен ***иметь представление***: о способах обогрева сооружений защищенного грунта;

***знать:*** типы, конструкции и характеристики сооружений защищенного грунта;

***уметь:*** регулировать температуру и влажность воздуха, почвы в теплицах.

Типы сооружений защищенного грунта, их конструкции и характеристики. Виды обогрева. Виды технического обогрева. Методика расчета отопления теплиц. Регулирование температуры и влажности воздуха, температуры почвы в теплицах. Эксплуатация системы отопления и вентиляции теплиц.

Литература: Л-3, с. 318...334.

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Какие способы обогрева сооружений защищенного грунта Вы знаете? 2. Какие бывают теплицы в Вашем районе? 3. Какие системы технического обогрева применяют для теплиц?

### Сушка и хранение для сельскохозяйственной продукции

Студент должен ***иметь представление:*** о значении сушки для сельскохозяйственной продукции;

***знать:*** способы сушки и хранения сельскохозяйственной продукции, конструкции и характеристики сушилок и хранилищ;

***уметь:*** выполнять основные теплотехнические расчеты процессов сушки и хранения сельскохозяйственной продукции, подбирать оборудование.

Значение сушки, естественная и искусственная сушка материалов. Способы сушки. Характеристика влажного материала и агентов сушки. Механизм и кинетика процесса сушки. Тепловые режимы сушки. Классификация сушильных установок. Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки. Расход сушильного агента и теплоты на сушку.

Классификация предприятий по хранению сельскохозяйственной продукции. Оптимальные параметры микроклимата в хранилищах. Способы создания оптимальных условий хранения.

Литература: Л-3, с. 340...362.

### Методические указания

Необходимо повторить понятия и определения из темы «Водяной пар и влажный воздух». Влажный воздух представляет собой механическую смесь воздуха и водяного пара. Для выражения содержания пара во влажном воздухе используют такие понятия, как влагосодержание, абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание - это отношение массы пара *mn*, находящегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха *тв*:

*d*  *mП* ;

*mВ*

*кг*.*пара кг*.*сух*.*возд*

Абсолютная влажность воздуха - это масса пара, содержащаяся в 1м3 влажного воздуха:

где *V* - объём влажного воздуха, м3.

*С*  *mП*

*V*

Эта величина имеет численное значение плотности пара при парциальном давлении Относительная влажность - это отношение фактической массы пара *тп* во влажном

воздухе к максимально возможному её значению при тех же температуре Т и давлении Р влажного воздуха. Температура точки росы *tm.p*. - это температура, которая устанавливается при охлаждении влажного воздуха при постоянном влагосодержании до полного насыщения * =100%.*

***Сушка*** - это процесс удаления влаги из твердых влажных материалов за счёт её испарения. Конвективная сушка - наиболее распространенный способ сушки сельскохозяйственной продукции. При ней воздух нагревается калориферами или теплогенератором и подается в сушильную камеру. Там отбирает влагу и удаляется.

***Пример 20.*** С помощью диаграммы h-d влажного воздуха (приложение 5) определить влагосодержание воздуха в 2-х случаях:

1. температура t1=80°C, относительная влажность **1 *= 10%;*

температура *t2 = 70°С, ср2 =20%* - относительная влажность.

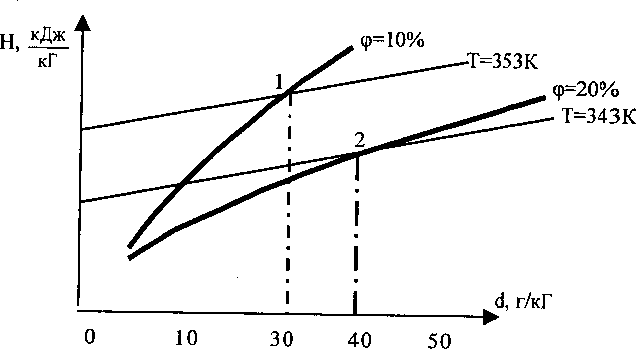
### Решение:

На диаграмме h-d находим точку 1 пересечения изотермы T1=353K и линии

постоянной относительной влажности

**1 =10%. Абсолютную температуру нашли по

формуле *T1= t1°C + 273 = 80 + 273 = 353 К.* Чтобы найти влагосодержание воздуха для этой точки, опустим вертикальную линию на горизонтальную ось d*, г/кг*. Получим d = 30 г/кг (рис. 11).

Аналогично для состояния 2 при t2 = 70°С и **2 *= 20%* имеем *d = 40 г/кГ*.

***Пример 21.*** Определить необходимое количество влажного воздуха для сушилки производительностью m1=1000 кг/ч, если материал поступает в неё с относительной

влажностью **1 *=25%,* а выходит с **2 *=15%.* Влагосодержание воздуха, поступающего в

сушилку, *d1=10 г/кг* и выходящего из сушилки *d2= 60 г/кг*.

### Решение:

1. Определяем количество материала на выходе из сушилки

*m*2  *m*1

 1  **1 1  **2

 1000  1  0,25  882,3*кг* / *ч* 1  0,15

1. Количество испарившейся влаги

*m*

117.7 103

*m* *вл* 

 882,3*кг* / *ч*

*возд*

*d*2  *d*1

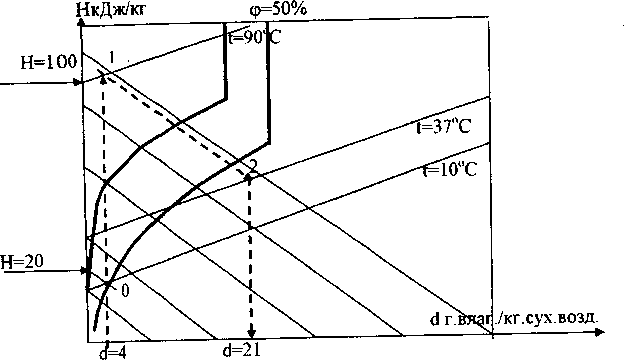
1  0,15

1. Определяем расход воздуха на сушку

Следует отметить, что конвективная сушка осуществляется горячим воздухом, подогретым в специальном теплогенераторе. Поэтому нужно знать не только расход горячего воздуха на сушку, но и расход теплоты.

*Q*  *mвозд* (*h*1  *h*0 )

где h1, h0 - энтальпия воздуха соответственно до теплогенератора и после него, кДж/кг.



Рассмотрим, как определяется значение d1 и d2; H0 и H1 по диаграмме H-*d* влажного воздуха (приложение 5). Предположим, что атмосферный воздух имеет температуру t1=10°C и относительную влажность **  50% . В теплогенераторе воздух подогревается до

t2=90°C.

Далее он направляется в сушилку, где высушивая материал, сам становится влажнее и остывает до t = 37°С.

На диаграмме H-d, прежде всего, отыскиваем точку О пересечения изотермы t = 10°С

с линией постоянной относительной влажности **  50% . Эта точка характеризует

состояние холодного воздуха (атмосферного). Его влагосодержание d1=4г/кг, а энтальпия Но =20 кДж/кг(рис. 12).

Нагрев воздуха протекает при постоянном влагосодержании d1=const.

Поэтому из точки 0 проводим вертикаль до пересечения её в точке 1 с изотермой t2 = 90°С. Точка «один» характеризует состояние воздуха после его нагрева в калорифере, т.е. на входе в сушилку. Его энтальпия H1 = 100 кДж/кг.

Линия 0-1 есть процесс нагрева воздуха в теплогенераторе.

Далее начинается сам процесс сушки. Можно считать, что здесь не меняется энтальпия. Поэтому из точки 1 проводим линию постоянной энтальпии H1 = const до пересечения её с изотермой t=37°C в точке 2. Эта точка характеризует состояние воздуха на выходе из сушилки

***Вопросы для самоконтроля:*** 1. Как определить влажность и влагосодержание материала? 2. Какие способы тепловой сушки Вы знаете? 3. Как рассчитать затраты теплоты на сушку при калориферной сушке? 4. Какие типы сушилок применяют в сельскохозяйственном производстве? 5. Описать способы или охарактеризовать способы хранения сельскохозяйственной продукции при температурах ниже температуры окружающей среды.

### Контрольная работа

В контрольной работе необходимо выполнить две задачи по основам гидравлики, три задачи по основам теплотехники и ответить на два теоретических вопроса (51... 110) согласно Вашему варианту. Ответы на теоретические вопросы дополните при необходимости схемами, рисунками, графиками, диаграммами. Обязательно укажите использованную литературу. Контрольная работа выполняется в объеме ученической тетради.

### Таблица распределения и вопросов контрольной работы по вариантам

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ШИФРА** | **ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ШИФРА** | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 0 | 1;11;  21;31;  41;51;  71 | 2;12;  22;32;  42;52;  72 | 3;13;  23;33;  43;53;  73 | 4;14;  24;34;  44;54;  73 | 5;15;  25;35;  45;55;  75 | 6;16;  26;36;  46;56;  76 | 7;17;  27;37;  47;57;  77 | 8;18;  28;38;  48;58;  78 | 9;19;  29;39;  49;59;  79 | 10;20;  30;40;  50;110  80 |
| 1 | 2;13;  24;35;  41;61;  81 | 3;14;  25;36;  47;62;  82 | 4;15;  26;37;  48;63;  83 | 5;16;  27;38;  49;64;  84 | 6;17;  28;39;  50;65;  85 | 7;18;  29;40;  46;66;  86 | 8;20;  30;31;  42;67;  87 | 9;20;  21;32;  43;68;  88 | 10;11;  22;33;  44;69;  89 | 1;12;  23;34;  45;109;  90 |
| 2 | 3;15;  27;39;  43;71;  91 | 4;16;  28;40  44;72;  92 | 5;17;  29;31;  45;73;  93 | 6;18;  30;32;  46;74;  94 | 7;19;  21;33;  47;75;  95 | 8;20;  22;34;  42;76;  96 | 9;11;  23;35;  49;77;  97 | 10;19;  24;36;  50;78;  98 | 1;10;  25;37;  48;79;  99 | 2;11;  26;38;  41;108;  100 |
| 3 | 4;17;  30;33;  50;81;  101 | 5;18;  21;34;  48;82;  102 | 6;19;  22;40;  49;83;  103 | 7;20;  23;36;  47;84;  104 | 8;13;  24;37;  46;85;  105 | 9;14;  25;38;  45;86;  106 | 10;15;  26;39;  44;87;  107 | 11;16;  27;35;  43;88;  108 | 2;17;  28;31;  42;89;  109 | 3;18;  29;32;  41;107;  110 |
| 4 | 5;19;  23;37;  50;91;  52 | 6;20;  24;38;  48;92;  53 | 7;11;  25;39;  47;93;  54 | 8;19;  26;40;  46;94;  55 | 9;18;  27;31;  45;95;  56 | 10;17;  28;32;  44;96;  57 | 1;14;  29;33;  43;97;  58 | 2;15;  30;34;  49;98;  59 | 3;12;  21;35;  42;99;  60 | 4;13;  22;36;  41;106;  61 |
| 5 | 6;12;  26;38;  41;51;  72 | 7;12;  27;39;  42;52;  73 | 8;15;  28;40;  43;53;  74 | 9;15;  29;31;  44;54;  75 | 10;14;  30;32;  45;55;  76 | 1;13;  21;33;  50;56;  77 | 2;14;  22;34;  49;57;  78 | 3;11;  23;35;  46;58;  79 | 4;20;  24;36;  47;59;  80 | 5;11;  25;37;  48;105;  81 |
| 6 | 7;14;  29;32;  50;60;  82 | 8;15;  30;33;  41;61;  83 | 9;16;  21;34;  42;62;  84 | 10;17;  22;35;  49;63;  85 | 1;18;  23;36;  43;64;  86 | 2;19;  24;37;  44;65;  87 | 3;20;  25;38;  45;66;  88 | 4;19;  26;39;  46;67;  89 | 5;12;  27;40;  47;68;  90 | 6;15;  28;31;  48;104;  91 |
| 7 | 8;16;  22;34;  44;69;  92 | 9;20;  23;35;  45;70;  93 | 10;19;  24;32;  46;71;  94 | 1;15;  25;31;  47;72;  95 | 2;16;  26;38;  48;73;  96 | 3;17;  27;39;  50;74;  97 | 4;18;  28;40;  49;75;  98 | 5;20;  30;37;  41;76;  99 | 6;19;  29;30;  42;77;  100 | 7;16;  21;33;  43;103;  51 |
| 8 | 9;17;  25;40;  50;78;  52 | 10;16;  26;31;  41;79;  53 | 1;17;  27;32;  42;80;  54 | 2;18;  28;33;  43;81;  55 | 3;16;  29;34;  44;82;  56 | 4;12;  30;35;  45;83;  57 | 5;13;  21;36;  46;84;  58 | 6;14;  22;37;  47;85;  59 | 7;13;  23;38;  48;86;  60 | 8;11;  24;39;  50;102;  61 |
| 9 | 10;20;  28;36;  48;86;  62 | 1;19;  29;37;  49;87;  63 | 2;20;  30;38;  50;88;  64 | 3;19;  21;39;  47;89;  65 | 4;11;  22;40;  46;90;  66 | 5;14;  23;31;  45;91;  67 | 6;13;  24;32;  44;92;  68 | 7;15;  25;33;  43;93;  69 | 8;12;  26;34;  42;94;  70 | 9;12;  27;35;  41;101;  71 |

### Задачи 1...10.

Ванна прямоугольной формы заполнена водой до верхнего края. Высота ванны *h м*, ширина *в* м, длина  м. Плотность воды принять * = 1000 кг/м3*. Поверхностное давление

принять равным атмосферному *Ро= Ратм= 0,101325 МПа.* Требуется определить давление воды на дно резервуара, полную силу давления на боковую стенку, положение центра давления и построить эпюру гидростатического давления. Принять *g = 9,81 м/с2*. Показать на схеме центр давления.

### Данные к задачам 1...10.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величины | Номера задач | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| h, м | 1,6 | 2,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 1,3 |
| в, м | 2,1 | 2,5 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,6 | 2,0 | 2,7 | 2,8 | 3,0 |
| , *м* | 2,1 | 2,5 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,6 | 2,0 | 2,7 | 2,8 | 3,0 |

***Примечание.*** При решении задачи, построении эпюры смотрите примеры 2, 3 к теме

1.3. «Силы, действующие в жидкостях».

### Задачи 11...20.

Требуется подать воду на высоту *h* по водопроводу диаметром *d* и длиной  . Необходимо обеспечить при отборе воды свободный напор *hCB = 4 м.* На трубопроводе

имеется одна задвижка коэффициентом местного сопротивления **1  0,44 с высотой

перекрытия *a/d = 0,3* и три резких поворота на 90° с **2  1,1. Скорость движения воды *V*. Коэффициент гидравлического трения по длине **  0,25.

Определить полный напор насоса *Н* и требуемую мощность электродвигателя насоса, если КПД насоса *0,65*, подача *Q*.

### Данные к задач 11…20

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Номера задач | | | | | | | | | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| *Q, л/с* | 4,4 | 3 | 5,8 | 3,8 | 5,6 | 6,0 | 5,0 | 2,6 | 3,5 | 2,8 |
| *h, м* | 15 | 14 | 17 | 18 | 13 | 12 | 16 | 19 | 18 | 14 |
| , *м* | 300 | 40 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 850 | 750 | 650 |
| *d, мм* | 75 | 80 | 75 | 100 | 75 | 100 | 80 | 75 | 80 | 100 |
| *V, м/с* | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,75 | 0,63 | 0,54 | 0,82 |

***Примечание***. При решении задачи см. указания и примеры 6, 7 к теме 1.6.

«Гидравлические машины».

### Задачи 21...30

Определите эффективную мощность четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания по следующим данным: среднее индикаторное давление Рi , диаметр цилиндра D, ход поршня S, число цилиндров Z, частота вращения п, механический КПД * м*

### Данные к задачам 21...30

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Номера задач | | | | | | | | | |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Марка  двигателя | А-41 | СМД-  21 | СМД-  18Н | Д-  145Т | Д-  108 | Д-  120 | Д-  160 | А-  90ТК | СМД-  72 | А-01-  М |
| *Рi, МПа* | 0,71 | 1,2 | 0,9 | 1,0 | 0,77 | 0,77 | 0,97 | 1,1 | 1,0 | 0,75 |
| *D, мм* | 130 | 120 | 120 | 105 | 145 | 105 | 145 | 165 | 130 | 130 |
| *S, мм* | 140 | 140 | 140 | 120 | 205 | 120 | 205 | 170 | 115 | 140 |
| *n,с-1* | 29,2 | 33,3 | 30 | 33,3 | 1708 | 33,3 | 20,8 | 32,7 | 35,0 | 28,3 |
| *Z* | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 8 | 6 | 6 |
| ** | 0,9 | 0,86 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 0,89 | 0,8 | 0,86 | 0,85 |

***Примечание.*** При решении задачи см. примеры к теме 2.3.

### Задачи 31...40

Определить удельные теплопотери через кирпичную стенку *( *  0,75

*Вт/м-К*)

здания толщиной * = 250 мм*, если внутренняя температура *tB* и коэффициент теплоотдачи * в*. Наружная температура *tH*, a коэффициент теплоотдачи снаружи * н*. Найти также температуры внутренней и наружной поверхности стенки.

### Данные к задачам 31...40

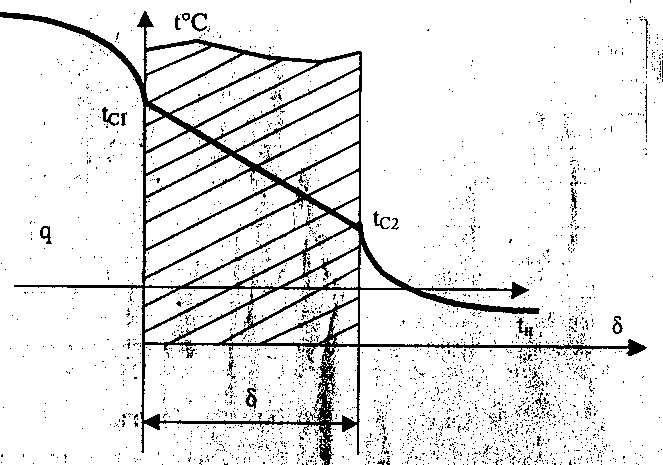
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Номера задач | | | | | | | | | |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| *tв, ºС* | 17 | 12 | 15 | 20 | 18 | 24 | 22 | 19 | 17 | 14 |
| * в, Вт/м2·К* | 9,0 | 8,9 | 8,8 | 8,9 | 9,1 | 9,2 | 9,3 | 8,9 | 8,8 | 8,7 |
| *tн* ºС | -27 | -25 | -23 | -28 | -26 | -24 | -23 | -26 | -22 | -27 |
| * н, Вт/м2·К* | 13,8 | 11,8 | 12,1 | 12,3 | 12,5 | 13,2 | 13,2 | 14,8 | 16,2 | 17,3 |

*q*  **2 (*tн*2  *tвн*2 )

*tc2* - температура наружной стенки

tж2 – температура воздуха в помещении

Решая задачу, запишите условие ещё и в буквенном виде м постройте график температур, например:



При решении задачи см. методические указания и примеры к теме 2,5

### Задачи 41…50

Определить КПД котельного агрегата, часовой расход условного топлива и его видимую испарительную способность, если известно давление пара *Р*, температура пара *t*, теплота сгорания топлива *Qн* , часовой расход топлива В и температура питательной воды

*р*

*tпв.*

Сделайте выкопировку h-s диаграммы (см. пример 16, рис. 5)

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величины | Номера задач | | | | | | | | | |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| *D, т/ч* | 35 | 60 | 50 | 75 | 100 | 100 | 640 | 220 | 75 | 200 |
| *Р, МПа* | 4 | 5 | 4 | 4 | 13 | 10 | 14 | 10 | 4 | 10 |
| *t, ºС* | 440 | 500 | 450 | 440 | 565 | 500 | 575 | 540 | 450 | 570 |
| *Qн ,*  *р*  *мДж/кг* | 20 | 23 | 21 | 20 | 25 | 33 | 25 | 20 | 25 | 29 |
| *В, т/ч* | 5,5 | 8,5 | 7,5 | 11,5 | 12,5 | 9,3 | 73 | 31 | 10 | 22 |
| *tпв ºС* | 145 | 165 | 140 | 150 | 175 | 190 | 220 | 220 | 145 | 230 |

***Примечание.*** При решении задачи см. методические указания и пример к теме 2.4

«Водяной пар и влажный воздух» и к теме 2.6. «Котельные установки и топочные устройства»

### Вопросы контрольной работы

1. Содержание дисциплины «Основы гидравлики и теплотехники». История развития гидравлики.
2. Основные понятия и определения гидравлики.
3. Физические свойства жидкостей и газов.
4. Основные силы, действующие в жидкостях. Понятие о давлении жидкостей.
5. Гидростатика. Гидростатическое давление, его свойства.
6. Основное уравнение гидростатики. Понятие пьезометрической высоты, нивелирной и гидростатического напора.
7. Закон Паскаля. Гидравлический парадокс.
8. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
9. Сила давления жидкости на криволинейную поверхность.
10. Закон Архимеда. Условия плавания тел.
11. Гидродинамика. Виды движения, струи.
12. Гидравлические характеристики движения жидкости. Уравнение неразрывности потока. Уравнение постоянства потока.
13. Уравнение Бернулли. Физический смысл. Турбулентность.
14. Гидравлические машины.
15. Гидро- и пневмотранспорт.
16. Основы сельскохозяйственного водоснабжения.
17. Гидромелиорация.
18. Механизированное орошение.
19. Средства механизации подъема воды.
20. Особенности сельскохозяйственного водоснабжения.
21. Основные понятия и определения технической термодинамики. Исторический очерк.
22. Агрегатное состояние вещества. Рабочее тело и его параметры.
23. Законы идеальных газов.
24. Количество вещества. Закон Авогадро. Уравнение Менделеева – Клайперона.
25. Понятие чистого вещества и смеси. Закон Дальтона. Состав смесей.
26. Теплоемкость газов. Уравнение Майера.
27. Основные понятия. Первое начало термодинамики. Энтропия. Энтальпия.
28. Термодинамические процессы. Изотермический процесс.
29. Изобарный процесс. Анализ, графическое изображение.
30. Изохорный процесс. Анализ, графическое изображение.
31. Политропный процесс. Анализ, графическое изображение.
32. Второе начало термодинамики. Круговые процессы. Цикл Сади Карно.
33. Идеальные циклы ДВС. Основные допущения.
34. Цикл Отто. Диаграмма в P-V координатах.
35. Цикл Дизеля. Диаграмма в P-V координатах.
36. Смешанный цикл ДВС. Диаграмма в P-V координатах.
37. Цикл одноступенчатого компрессора. Изотермическое, политропное, адиабатное сжатие.
38. Компрессоры. Их назначение, классификация.
39. Водяной пар. Основные понятия и определения.
40. Диаграмма *р* ** и водяного пара.
41. h-s диаграмма водяного пара.
42. Влажный воздух. H-d диаграмма влажного воздуха.
43. Теплообмен. Способы переноса теплоты.
44. Теплопроводность. Закон Фурье.
45. Теплопроводность плоской стенки.
46. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона.
47. Лучистый теплообмен. Закон Стефана-Больцмана.
48. Котельные установки. Основное и вспомогательное оборудование. Схема котельной установки.
49. Тепловой баланс парового котла.
50. Котлы водогрейные малой производительности.
51. Котлы типа ДКВР.
52. Котлы водогрейные чугунные.
53. Стальные котлы НР-18, ТВГ.
54. Нагреватели воздуха. Их назначение, классификация, устройство.
55. Холодильные установки. Принцип работы.
56. Системы отопления. Их назначение, классификация.
57. Системы горячего водоснабжения. Их назначение, классификация.
58. Системы вентиляции. Их назначение, классификация.
59. Типы сооружений защищенного грунта. Виды обогрева. Схемы.
60. Естественная и искусственная сушка материалов. Схемы сушилок.

Приложение 1

### Молекулярные массы, плотности и объемы киломолей при нормальных условиях и газовые постоянные важнейших газов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Химическое обозначение | Молекулярная масса, ** | Плотность р, кг/м3 | Объем киломоли,  ** , *м*3 / *кг*  *v* | Газовая постоянная Дж/кг·К |
| Воздух | - | 28,96 | 1,293 | 22,40 | 287,0 |
| Кислород | О2 | 32,00 | 1,429 | 22,39 | 259,8 |
| Азот | N | 28,026 | 1,251 | 22,40 | 296,8 |
| Атмосферный  азот1 | N | 28,16 | (1,257) | (22,40) | (295,8) |
| Гелий | Не | 4,003 | 0,179 | 22,42 | 2078,0 |
| Аргон | Ar | 39,994 | 1,783 | 22,39 | 208,2 |
| Водород | Н2 | 2,016 | 0,090 | 22,43 | 4224,0 |
| Окись углерода | СО | 28,01 | 1,250 | 22,40 | 296,8 |
| Двуокись  углерода | СО2 | 44,01 | 1,977 | 22,26 | 188,9 |
| Сернистый газ | SO2 | 64,06 | 2,296 | 21,89 | 129,8 |
| Метан | СН4 | 16,032 | 0,717 | 22,39 | 518,8 |
| Этилен | С2Н4 | 28,052 | 1,251 | 22,41 | 296,6 |
| Коксовый газ | - | 11,50 | 0,515 | 22,33 | 721,0 |
| Аммиак | NН3 | 17,032 | 0,771 | 22,08 | 448,3 |
| Водяной пар2 | Н2О | 18,016 | (0,804) | (22,40) | (461) |

1. Атмосферный азот – условный газ, состоящий из азота воздуха вместе в двуокисью углерода и редкими газами, содержащимися в воздухе.
2. Приведение водяного пара к нормальному состоянию является условным.

Приложение 2

### Молярные теплоёмкости газов, кДж/кМоль·К

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Газы** | *С* | *Ср* |
| Одноатомные | 12,6 | 20,9 |
| Двухатомные | 20,9 | 29,3 |
| Трех – и многоатомные | 29,3 | 37,7 |

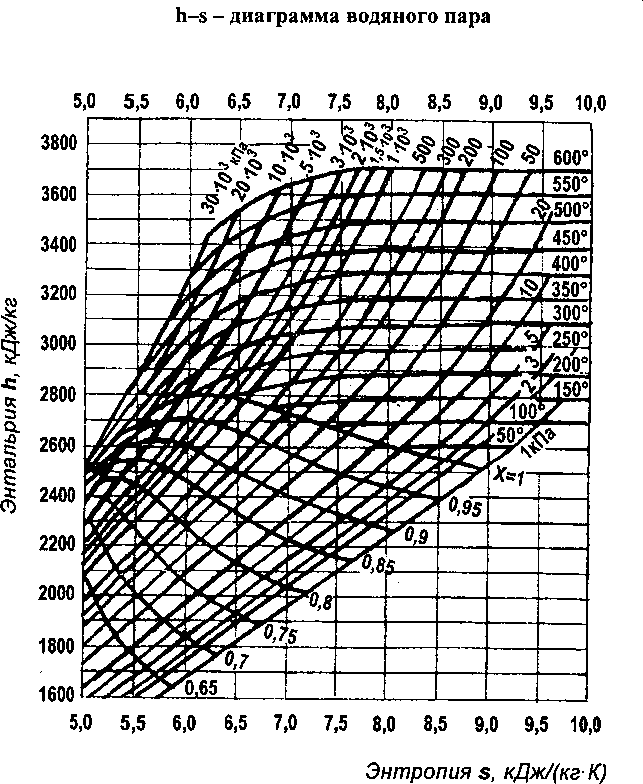
Приложение 3

### Перечень единиц системы СИ для важнейших величин в теплотехнике и

***гидравлике***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Буквенное обозначение | Наименование | Обозначение |
| Длина | *l* | метр | М |
| Масса | *m* | килограмм | Кг |
| Время | *Т* | секунда | С |
| Термодинамическая  температура | *Т* | кельвин | К |
| Количество вещества | *М* | моль | Моль |
| Площадь | *F* | квадратный метр | м2 |
| Объем | *V* | кубический метр | м2 |
| Скорость | *v* | метр в секунду | м/с |
| Ускорение | *g* | метр в секунду в квадрате | м/с2 |
| Частота вращения | *n* | секунда в минус с  первой степени | с-1 |
| Плотность | ** | килограмм на  кубический метр | кг/м3 |
| Сила | *Р* | ньютон | Н |
| Удельный объем | *V* | Кубический метр на  килограмм | м3/кг |
| Давление | *Р* | паскаль | Па |
| Количество теплоты | *Q* |  |  |
| Работа | *L* | джоуль | Дж |
| Энергия | *Е* |  |  |
| Мощность | *N* | ватт | Вт |
| Тепловой поток | *Q* |  |  |
| Удельное количество теплоты | *q* | джоуль на килограмм | Дж/кг |
| Энтальпия | *H* |  |  |
| Удельная  теплоемкость | *с* |  |  |
| Удельная газовая  постоянная | *R* | джоуль на килограмм -  Кельвин | Дж/(кг·К) |
| Удельная энтропия | *S* |  |  |
| Теплопроводность | *А* | ватт на метр - Кельвин | Вт/(м·) |
| Коэффициент  теплообмена | ** | ватт на квадратный  метр - Кельвин | Вт/(м2·К) |
| Плотность теплового  потока | *q* | ватт на квадратный  метр | Вт/м2 |
| Вязкость  (динамическая) | ** | паскаль - секунда | Па·с |
| Объемный расход  (подача, производительность) | *V(Q)* | кубический метр в секунду | м3/с |
| Массовый расход | *m´* | килограмм в секунду | Кг/с |
| Вязкость  динамическая | ** | паскаль - секунда | Па·с |
| Вязкость  кинематическая | *v* | Квадратный метр в  секунду | м2/с |

Приложение 4



Приложение 5

