

**ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КОСТРОМСКОЙ КОЛЛЕДЖ ОТРАСЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ КОНКУРС
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

**АВТОР: ВОРОПАНОВА ИРТНА МИХАЙЛОВНА, РЕПОДАВАТЕЛЬ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН**

**ПРЕДМЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ: ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА И КОНСЕРВИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ**

НОМИНАЦИЯ: ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

КОСТРОМА, 2023

Составитель: Воропанова И.М., преподаватель ОГБПОУ «ККОТСиЛП», высшей квалификационной категории.

Методические указания для выполнения практических, лабораторных работ являются частью основной профессиональной образовательной программы ОГБПОУ «ККОТСиЛП» по специальности СПО 350203 «Технология деревообработки» в соответствии с требованиями ФГОС.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

Методические указания включают в себя учебную цель, перечень образовательных результатов, заявленных во ФГОС, задачи, обеспеченность занятия, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала, задания для практической работы студентов и инструкцию по ее выполнению, методику анализа полученных результатов, порядок и образец отчета о проделанной работе.

СОДЕРЖАНИЕ

Название практических, лабораторных работ	Стр.
Введение	
Практическая работа №1 « Аналитическое и графическое определение параметров воздуха на Id-диаграмме».	5
Практическая работа №2 «Процессы нагрева, охлаждения, испарения на Id-диаграмме».	8
Практическая работа №3 «Процесс смешения воздуха различных состояний на Id-диаграмме».	11
Практическая работа №4 «Графическое определение равновесной влажности и плотности древесины по диаграммам».	14
Практическая работа №5 «Определение различных видов усушки и разбухания древесины».	17
Практическая работа №6 «Определение тепловой мощности калориферов и необходимого их количества».	20
Практическая работа № 7 «Выбор вентиляторов, определение их мощности».	25
Практическая работа №8 «Ознакомление с оборудованием и конструкцией сушильных камер периодического действия, составление краткой характеристики камер. Ознакомление с оборудованием и конструкцией сушильных камер непрерывного действия, составление краткой характеристики камер».	29

Введение

УВАЖАЕМЫЙ СТУДЕНТ!

Методические указания по дисциплине ОП.06 «Гидротермическая обработка и консервирование древесины» для выполнения практических работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

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

Все задания к практической работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения зачета по дисциплине и допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую, лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или передачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим, лабораторным работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

Желаем Вам успехов!!!

Раздел 1. Гидротермическая обработка

Тема 1.1 «Параметры и свойства водяного пара, воздуха и топочных газов»

Название лабораторной работы № 1

«Аналитическое и графическое определение параметров воздуха на Id-диаграмме»

Учебная цель: формировать умения определения свойств влажного воздуха и методов контроля его параметров.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь:

- определять параметры влажного воздуха по расчетным зависимостям;
- определять параметры влажного воздуха по Id-диаграмме.

Задачи лабораторной работы:

1. Повторить теоретический материал по теме лабораторной работы.
2. Ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.
3. Познакомиться с устройством психрометра.
4. Занести в таблицу показания сухого и мокрого термометров.
5. С помощью психрометрической таблицы определить степень насыщенности.
6. С помощью Id-диаграммы определить параметры воздуха: степень насыщенности, влагосодержание, теплосодержание, плотность и приведенный удельный объем.
7. Аналитически рассчитать параметры воздуха.
8. Построить процесс нагревания и охлаждения воздуха (по заданию преподавателя) на Id-диаграмме.
9. Оформить отчет.

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. -224с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. -416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку.
4. Раздаточные материалы: Id-диаграмма
5. Калькулятор простой.
6. Ручка.
7. Карандаш простой.
8. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Параметры влажного воздуха можно определить графически с помощью Id-диаграммы. Зная два любых параметра воздуха, можно определить остальные.

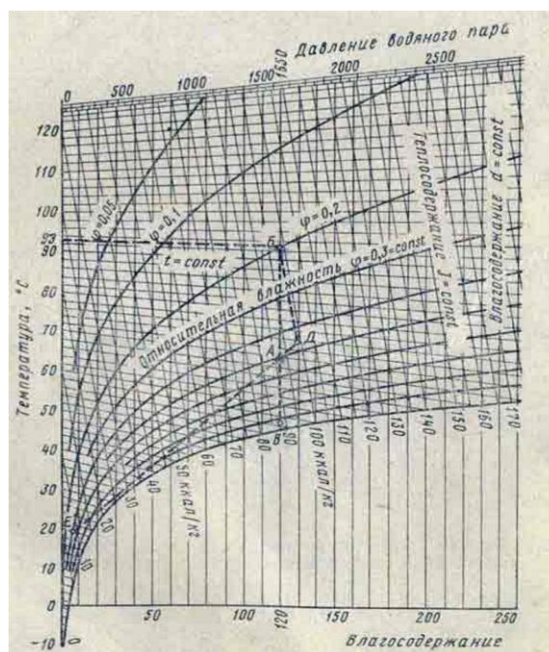


Рис. 1. Id - диаграмма

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Что называется абсолютной влажностью воздуха?
2. Что называется парциальным давлением компонентов в смеси газов?
3. Что такое степень насыщения?
4. Что называется температурой росы?
5. Какой пар называется сухим насыщенным?
6. Что такое влагосодержание, теплосодержание воздуха?
7. Как изображается на Id-диаграмме процесс охлаждения воздуха сухой поверхности?
8. Как изображается на Id-диаграмме процесс охлаждения насыщенного влагой воздуха?
9. Как изображается на Id-диаграмме процесс испарения влаги в воздухе?
10. Какие виды психрометров вы знаете?

Инструкция по выполнению лабораторной работы:

1. Прочитайте краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы.
2. Устно ответьте на вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе.
3. Ознакомьтесь с Id-диаграммой и определите влажность.

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы

Измерить температуру сухого и мокрого термометров. Определить истинную величину температуры мокрого термометра по формуле

$$t_{м\text{ист}} = t_m - \frac{x \cdot (t_c - t_m)}{100}$$

Найти разность $Dt = t_c - t_{м\text{ист}}$ и по психрометрической таблице определить относительную влажность воздуха.

Зная величину относительной влажности, из выражения:

$$\varphi = \frac{\rho_n}{\rho_{n\max}} = \frac{p_n}{p_{n\max}} = \frac{p_n}{p_s}$$

найти парциальное давление водяного пара.

Далее определяем парциальное давление сухого воздуха по формуле

$$p = p_s + p_n$$

величину влагосодержания:

$$d = \frac{M_n}{M_s}$$

Плотность:

$$M_s = \frac{p_s \cdot V}{R_s \cdot T}, \text{ так как } \frac{M_s}{V} = \rho_s, \text{ то } \rho_s = \frac{p_s}{R_s \cdot T};$$

$$M_n = \frac{p_n \cdot V}{R_n \cdot T}, \text{ так как } \frac{M_n}{V} = \rho_n, \text{ то } \rho_n = \frac{p_n}{R_n \cdot T};$$

$$\rho = \rho_s + \rho_n$$

Газовую постоянную:

$$R = \frac{R\mu}{\mu}$$

$$m = m_s \times r_s + m_n \times r_n$$

Энтальпию влажного воздуха:

$$i_s = c_{ps} \cdot t; \quad i_n = 2500 + c_{pn} \cdot t$$

$$t_{м\text{шт}} = t_m - \frac{x \cdot (t_c - t_m)}{100}$$

Удельный объем влажного воздуха находится по формуле:

$$v = \frac{1}{\rho}$$

Массу влажного воздуха M , кг, в помещении лаборатории определяют по формуле:

$$M = \frac{p \cdot V}{R \cdot T},$$

где V – объем помещения, м³;

p – давление влажного воздуха, Па.

Результаты расчетов и показания приборов занести в таблицу по следующей форме.

Протокол записи показаний измерительных приборов
и результатов вычислений

№	Наименование определяемой величины	Обозначение	Размерность	Численная величина
1	Давление влажного воздуха	p	Па	
2	Температура сухого термометра	t_c	°С	
3	Температура мокрого термометра	t_m	°С	
4	Относительная влажность воздуха	j	%	
5	Давление насыщенного пара	p_n	Па	
6	Парциальное давление водяного пара	p_n	Па	
7	Парциальное давление сухого воздуха	p_s	Па	
8	Влагосодержание	d	кг/кг	
9	Плотность влажного воздуха	ρ	кг/м ³	
10	Абсолютная влажность	r_n	кг/м ³	
11	Газовая постоянная влажного воздуха	R	Дж/(кг×К)	
12	Энтальпия влажного воздуха	I	кДж/кг	

13	Масса влажного воздуха	<i>M</i>	кг	
----	------------------------	----------	----	--

Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен протокол записи показаний измерительных приборов и результатов вычислений

Название практической работы № 2 «Процессы нагревания, охлаждения, испарения на Id–диаграмме»

Учебная цель: формировать умения экспериментально и теоретически определять температуру произвольных точек древесины в процессах нагревания древесины в зависимости от времени нагревания.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически определять температуру произвольных точек древесины в процессах нагревания древесины в зависимости от времени нагревания.

Задачи практической работы:

1. Нагреть воду в бачке до заданного уровня, измерить и обозначить t_c $^{\circ}\text{C}$.
2. Установить породу, нагреваемых образцов древесины, измерить расстояние от поверхности образца до отверстия под термопару x , м, радиус образца R , м, и начальную влажность древесины W_H , %.
3. Закрепить образец древесины в бачке с помощью металлической пластины.
4. Ввести термопару в отверстие на торце образца, включить потенциометр.
5. Сразу после включения потенциометра, прибор покажет начальную температуру древесины до нагревания, записать, обозначить t_0 .
6. Далее производить, запись показаний температуры древесины с потенциометра через каждые 2 минуты в течение 0,5 часа или чуть меньше, обозначить $t_1, t_2, t_3, \dots t_i$. Соответственно время нагревания обозначить $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots \Pi_i$, с. Время начала отсчета обозначить $\Pi_0 = 0$.
7. Рассчитать теоретически температуру в заданной точке древесины для тех же моментов времени ($\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots \Pi_i$), используя соотношение $\Pi_1 \Pi$

$$Q = t_c - Q(t_c - t_0), (1)$$

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. - 224 с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. - 416 с.

2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку.
4. Раздаточные материалы: Id-диаграмма.
5. Калькулятор простой.
6. Ручка.
7. Карандаш простой.
8. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Процессы нагревания и охлаждения

Нагревание происходит при соприкосновении атмосферного воздуха с горячей и сухой поверхностью

При нагревании температура увеличивается, степень насыщения уменьшается, теплосодержание увеличивается, влагосодержание - постоянное.

Охлаждение происходит в результате соприкосновения с холодной сухой поверхностью.

Процесс испарения

Процесс испарения проходит при соприкосновении агента сушки с холодным мокрым материалом (древесина).

Процесс испарения сопровождается понижением температуры, увеличением влагосодержания и степени насыщения; теплосодержание при испарении не изменяется.

Процесс испарения При испарении агент сушки может достигнуть своего насыщения, при котором влага будет в виде пара.

Точка предела охлаждения при испарении находится на линии $\phi=1$.

Температура, соответствующая этой точке, называется температурой предела охлаждения при испарении.

Процесс смешивания воздуха различных состояний

В процессе сушки часто происходит смешивание холодного и горячего воздуха.

Смешивание воздуха различных состояний Отработанный воздух проходит через штабель, а остальная часть смешивается с вновь поступившим свежим воздухом.

Получается смесь, параметры которой находятся по id-диаграмме.

Для этого рассчитывается коэффициент. Зная параметры, находим точки 1 и 2, а 3 находится на отрезке 1-2.

Для нахождения пользуются формулой (см. рисунок).

Виды влаги и влажностные состояния древесины

Влажность древесины - отношение массы влаги к массе древесины в абсолютно сухом состоянии.

Виды влаги и влажностные состояния древесины Максимальное количество связанной влаги называется влажностью предела насыщения древесины.

Различают две формы воды, содержащейся в древесине: связанную и свободную. Связанная вода находится в клеточных стенках, а свободная содержится в полостях клеток и межклеточных пространствах. Связанная вода удерживается в основном физикохимическими связями, изменение ее содержания существенно отражается на большинстве свойств древесины. Свободная вода, удерживаемая только механическим

связями, удаляется легче, чем связанная вода, и оказывает меньшее влияние на свойства древесины.

Процесс сушки связан с удалением связанной влаги; удаление свободной влаги на свойство древесины никакого влияния не оказывает.

При испытаниях с целью определения показателей физико-механических свойств древесины ее кондиционируют, приводя к нормализованной влажности. Если нет особых примечаний, то показатель равен 12%. На практике по степени влажности различают древесину:

мокрую, $W > 100\%$, длительное время находившуюся в воде;
свежесрубленную, $W = 50-100\%$, сохранившую влажность растущего дерева;
воздушно-сухую, $W = 15-20\%$, выдержанную на открытом воздухе;
комнатно-сухую, $W = 8-12\%$, долгое время находившуюся в отапливаемом помещении;
абсолютно сухую, $W = 0$, высушенную при температуре $t = 103 \pm 2^\circ\text{C}$.

Для количественной характеристики содержания воды в древесине используют показатель влажность. Под влажностью древесины понимают выраженное в процентах отношение массы воды к массе сухой древесины: $W = (m - m_0) / m_0 \cdot 100$, где m - начальная масса образца древесины, г, а m_0 - масса образца абсолютно сухой древесины, г.

Измерение влажности осуществляется прямыми или косвенными методами. Прямые методы основаны на выделении тем или иным способом воды из древесины, например высушиванием. Эти методы простые, надежные и точные, но имеют недостаток - довольно продолжительную процедуру. Этому недостатка лишены косвенные методы, основанные на измерении показателей других физических свойств, которые зависят от содержания воды в древесине. Наибольшее распространение получили кондуктометрические электровлагомеры, измеряющие электропроводность древесины. Однако и эти способы имеют свои недостатки: дают надежные показания в диапазоне от 7 до 30% и лишь только в месте введения игольчатых контактов.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Какие процессы нагревания считаются стационарными и нестационарными, привести примеры.
2. Какие тела принимаются за неограниченные цилиндры и пластины?
3. Какие безразмерные комплексы физических величин применяют для расчета процессов нагревания древесины?
4. Назвать две задачи, которые решаются при нагревании древесины в воде или насыщенном водяном паре в практических условиях.
5. Перечислить факторы, влияющие на продолжительность нагревания древесины до заданной температуры.
6. Что показывает дифференциальное уравнение Фурье?

Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен протокол записи показаний измерительных приборов и результатов вычислений.

Название практической работы № 3
Процесс смешения воздуха различных состояний на Id-диаграмме

Учебная цель: формировать умения экспериментально и теоретически определять температуру произвольных точек древесины в процессах смешения воздуха различных состояний

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения: Студент должен уметь: экспериментально и теоретически определять температуру произвольных точек древесины в процессах нагревания древесины в зависимости от времени нагревания.

Задачи практической работы:

1. Применение I-d-диаграммы для расчетов.
2. Угловой масштаб на I-d-диаграмме.
3. Процесс смешения воздуха.

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019.-224с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. -416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку.
4. Раздаточные материалы: Id-диаграмма.
5. Калькулятор простой.
6. Ручка.
7. Карандаш простой.
8. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Для анализа процесса смешения и определения параметров смеси используют только Id- диаграмму. Процесс смешения на диаграмме изображается следующим образом. Пусть смешиваются G_1 килограмм воздуха со* стояния 1 и G_2 килограмм воздуха состояния 2. Точки 1 и 2 на /d-диаграмме характеризуют состояние компонентов. Точка состояния смеси находится на отрезке прямой 1—2. Для нахождения положения этой точки на отрезке необходимо первоначально определить коэффициент пропорции смеси p из соотношения

Затем отрезок 1—2 следует разделить на $p+1$ часть, и от точки, характеризующей состояние преобладающего компонента (например, от точки 1), отложить одну часть. Получаем точку 3, которая и характеризует состояние смеси. Для удобства построения рекомендуется брать $p > 1$.

Примеры. 1. Воздух температурой $t_1=50^\circ\text{C}$ и степенью насыщения $\phi_1=0,7$ нагревают в теплообменнике до температуры 90°C . Найти теплосодержание l и степень насыщения ϕ_2 нагретого воздуха. Находим на Id- или ϕ -диаграммах точку пересечения линии $t=50^\circ\text{C}$ и $\phi=0,7$. Из этой точки проводим прямую, параллельную линии $d=\text{const}$ (вертикально вверх) до пересечения с линией температуры $t=90^\circ\text{C}$. Полученная точка характеризует состояние нагретого воздуха. Далее находим искомое: $l=250\text{ кДж/кг}$, $\phi_2=0,13$.

2. Воздух, имеющий $t_1=90^\circ\text{C}$ и $\phi_1=0,2$, проходит через слой сырого материала и выходит из него при $t_2=70^\circ\text{C}$. Определить степень насыщения ϕ_2 воздуха, прошедшего через материал.

Из точки, характеризующей исходное состояние воздуха ($t_1=90^\circ\text{C}$ и $\phi_1=0,2$), проводим линию, параллельную линиям $l=\text{const}$ до пересечения с линией $t_2=70^\circ\text{C}$. По положению полученной точки находим, что степень насыщения воздуха искомого состояния равна 0,5.

3. Найти температуру росы $t_{\text{р}}$ и температуру предела охлаждения $t_{\text{п.о}}$ воздуха, имеющего $t_1=94^\circ\text{C}$ и $\phi_1=0,3$.

Выполнив на Id- или ϕ -диаграммах построения, аналогичные показанным на 3, определяем, что $t_{\text{р}}=65^\circ\text{C}$ и $t_{\text{п.о}}=66^\circ\text{C}$.

4. По показаниям психрометра $t_{\text{с}}=75^\circ\text{C}$ и $t_{\text{м}}=60^\circ\text{C}$ определить с помощью Id- или ϕ -диаграмм следующие параметры: степень насыщения ϕ , влагосодержание d и теплосодержание l .

Находим точку пересечения линии $t_{\text{м}}=60^\circ\text{C}$ и $\phi=1$; через полученную точку проводим прямую, параллельную $l=\text{const}$, до пересечения с линией $t_{\text{с}}=75^\circ\text{C}$. Точка пересечения характеризует параметры воздуха. Далее находим: $\phi=0,5$, $d=153\text{ г/кг}$, $l=480\text{ кДж/кг}$.

5. Смешивают 50 кг воздуха при $t_1=60^\circ\text{C}$, $\phi_1=0,7$ и 25 кг воздуха при $t_2=92^\circ\text{C}$, $\phi_2=0,5$. Определить температуру t_3 и степень насыщения ϕ_3 полученной смеси. 50(1—0,1) 25(1—0,4)

На /d-диаграмме выполняем следующие построения: находим точки 1 и 2, характеризующие состояние воздуха, проводим отрезок прямой, соединяющий эти точки; рассчитываем коэффициент пропорции смеси p , предварительно определив

влагосодержание воздуха состояний 1 и 2: $d_1=100\text{ г/кг}$, $d_2=400\text{ г/кг}$, $p=3$;

делим отрезок 1—2 на $p+1$ частей, т. е. на 4; откладываем

одну часть от точки 1 (точка 1 характеризует состояние преобладающего компонента); получаем точку 3, которая определяет состояние смеси. Таким образом, $t_3=70^\circ\text{C}$, $\phi_3=0,68$.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы:

На d-h диаграмме параметры смешанного воздуха (с параметрами, соответствующими точкам X и Y) можно получить следующим образом. Соединяем точки X и Y прямой. Параметры смешанного воздуха лежат на этой прямой, и точка Z делит ее на отрезки, обратно пропорциональные массе воздуха каждой из составных частей. Если обозначить пропорцию смеси $n = G_x / G_y$, то, чтобы на прямой XY найти точку Z, необходимо прямую XY разделить на количество частей $n + 1$ и от точки X отложить отрезок, равный одной части. Точка смеси всегда будет ближе к параметрам того воздуха, сухая часть которого имеет большую массу.

При смешивании двух объемов ненасыщенного воздуха с состояниями, соответствующими точкам X₁ и Y₁, может случиться, что прямая X₁Y₁ пересечет кривую насыщения $\phi = 100\%$ и точка Z₁ окажется в области туманообразования. Такое положение точки смеси Z₂ показывает, что в результате смешения будет происходить выпадение влаги из воздуха. Точка смеси Z₁ при этом перейдет в более устойчивое состояние на кривую насыщения $\phi = 100\%$ в точку Z₂ по изохральной. При этом на каждый килограмм смеси выпадает $dZ_1 - dZ_2$ грамм влаги. Угловой коэффициент на d-h диаграмме

Изменения состояния влажного воздуха на d-h диаграмме можно разделить на 4 характерных сектора.

Сектор I – процессы, в которых происходит повышение влагосодержания и увлажнение воздуха при контакте воздуха с водой при температуре воды выше температуры мокрого термометра.

Сектор II - процессы осушки воздуха с повышением его теплосодержания. Такие процессы возможны при применении химических поглотителей влаги с одновременным подогревом воздуха и встречаются на практике крайне редко.

Сектор III – процессы с уменьшением тепло- и влагосодержания воздуха. Их можно осуществлять при контакте воздуха с водой при температуре ее ниже точки росы.

Сектор IV – процессы понижения теплосодержания воздуха с одновременным увлажнением.

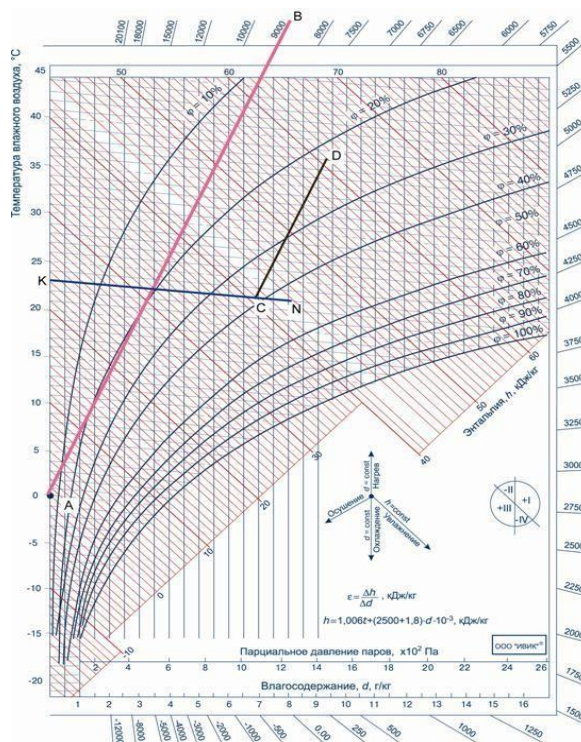
Отношение

$$\varepsilon = \frac{h_2 - h_1}{d_2 - d_1} = \frac{\Delta h}{\Delta d}$$

однозначно определяет характер процесса изменения влажного воздуха. Причем значения величин Δh и Δd могут иметь знак «+» или «-», либо они могут быть равны нулю. Величина ε называется тепловлажностным отношением процесса изменения влажного воздуха, а при изображении процесса лучом на d-h диаграмме – угловым коэффициентом: , кДж/кг.

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{\Delta d} \cdot 1000 = \pm \frac{Q_{\text{всб}}}{M_x}$$

Таким образом, угловой коэффициент равен отношению избытков тепла к массе выделившейся влаги. Угловой коэффициент изображается отрезками лучей на рамке поля d-h диаграммы.



Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен протокол записи показаний измерительных приборов и результатов вычислений.

Название практической работы № 4 Графическое определение равновесной влажности и плотности древесины по диаграммам

Цель работы: формировать умения определять равновесную влажность по диаграмме Н.Н.Чулицкого. Определять влажности с помощью влагомера.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически определять температуру произвольных точек древесины в процессах нагревания древесины в зависимости от времени нагревания.

Задачи практической работы:

1. Применение I-d-диаграммы для расчетов.
2. Угловой масштаб на I-d-диаграмме.
3. Процесс смешения воздуха.

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. - 224 с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. - 416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку.
4. Раздаточные материалы: Id-диаграмма.
5. Калькулятор простой.
6. Ручка.
7. Карандаш простой.
8. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Влажность древесины определяется количеством содержащейся воды, выраженной в % от массы сухой древесины.

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} \times 100\% \quad (1)$$

где: W – влажность древесины, % $m_{\text{вл}}$.

– масса влажной древесины, гр. $m_{\text{с}}$ –

масса сухой древесины, гр.

В древесине влага находится в следующих формах:

- *свободная или капиллярная*, заполняющая каналы сосудов, полости клеток (содержание ее более 30 %)
- *связанная или гигроскопическая*, пропитывающая клеточные оболочки и занимающая межкапиллярные пространства (содержание ее до 30 %)
- химически связанная, входящая в химический состав вещества.

Состояние древесины, при котором в ней находится только связанная влага, а полости заполнены воздухом, соответствует влажности точки насыщения волокна $W_{\text{т.н.в.}}$. Этот показатель колеблется для всех пород в пределах 23-33 %.

По влажности различают следующие состояния древесины: сплавная (более 100 %), свежесрубленная (35 % и выше), воздушно-сухая (15-20 %), комнатно-сухая (8-13 %) и абсолютно-сухая (около 0 %).

Древесина обладает свойством гигроскопичности, т.е. способна поглощать из воздуха пары влаги. Этот процесс прекращается только после того, как влага распределится равномерно по всему сечению древесины, а влажность древесины будет соответствовать температуре $t^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности окружающего воздуха $\phi_{\text{в}}$, %. Это состояние древесины называется равновесным, а влажность древесины – равновесной.

1. Влажность древесины можно определить стандартным методом (ГОСТ 16483.7-71) по потере массы стандартных образцов при высушивании до постоянной массы.
2. Равновесную влажность рассчитывают по номограммам (для древесины со связной влажностью) обычно используют номограмму профессора Н.Н.Чулицкого.

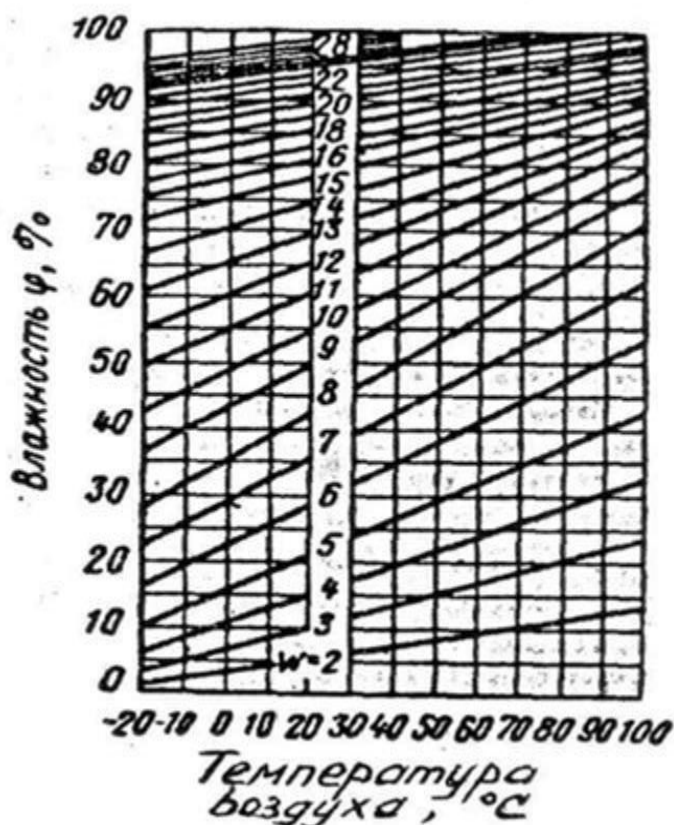


Диаграмма Н.Н. Чулицкого для определения равновесной влажности древесины.

Влажность древесины определяют по электропроводности древесины в зависимости от ее влажности). Для испытания применяют прибор – электровлагомер. Равновесную влажность можно определить по диаграмме Н.Н. Чулицкого, зная t , ϕ . Кроме этого определяют влажность с помощью прибора влагомера.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Какие процессы нагревания считаются стационарными и нестационарными, привести примеры.
2. Какие тела принимаются за неограниченные цилиндры и пластины?
3. Какие безразмерные комплексы физических величин применяют для расчета процессов нагревания древесины?
4. Назвать две задачи, которые решаются при нагревании древесины в воде или насыщенном водяном паре в практических условиях.
5. Перечислить факторы, влияющие на продолжительность нагревания древесины до заданной температуры.
6. Что показывает дифференциальное уравнение Фурье?

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы:

- определить влажность образца по диаграмме Н.Н. Чулицкого, зная t и ϕ ; - определить влажность образцов влагомером.

Определение влагомером:

- прогреть прибор в течение 15 минут.

- выбрать необходимый диапазон измерения прибора и установить переключатель диапазонов в нужное положение;
- установить стрелку показывающего прибора на отметку «НШ» шкалы прибора, поворачивая ручку резистора установка «НШ» (только при работе на первом диапазоне);
- нажать кнопку «КШ» и установить стрелку прибора на отметку «КШ» шкалы прибора, поворачивая ручку резистора «установка «КШ»»;
- после подготовки прибора к работе внедрить иглы датчика в древесину (вдоль волокон); - после успокоения стрелки прибора, но не более чем через 10 секунд после внедрения игл датчика произвести отсчет с точностью до 0,1 % при показании прибора 12 % с точностью до 0,2 % при показании прибора от 12 % до 30 % и с точностью до 1 % при показаниях прибора более 30 %;
- перевести показания прибора во влажность древесины данной породы по переводной таблице 1 приложения 1;
- полученные данные занести в лабораторный журнал.
- значение влажности определяют по среднему арифметическому из 3-х определений.

Лабораторный журнал

№ ОБРАЗЦА	ПОРОДА	ВЛАЖНОСТЬ. W, %

Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен протокол записи показаний измерительных приборов и результатов вычислений.

Название практической работы № 5 Определение различных видов усушки и разбухания древесины

Цель работы: формировать умения определения величины частичной, полной и максимальной усушки, а так же соответствующих коэффициентов усушки

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически определять усушку и разбухание древесины

Задачи практической работы:

1. Определить линейную усушку (разбухание).

2. Определить объемную усушку (разбухание).

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. - 224 с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. - 416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку..
4. Калькулятор простой.
5. Ручка.
6. Карандаш простой.
7. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Древесина принадлежит к материалам, размеры которых нестабильны и изменяются при изменении температуры и влажности. Уменьшение линейных размеров или объемов древесины, наблюдаемое при снижении её влажности, принято называть усушкой, а увеличение объема или размеров при повышении влажности – разбуханием. Усушка и разбухание объясняются особенностями строения древесины. Поглощение молекул воды поверхностью древесины вызывает увеличение размеров клеточных стенок. Обратный процесс удаления абсорбционной воды вызывает усушку. Разбухание сухой древесины в воздухе прекращается при достижении ее влажности предела гигроскопичности $W_{п.г.}$, а в воде – предела насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$. Изменение содержания в древесине свободной воды не вызывает изменение её размеров. Исчисление усушки ведется в процентах по отношению к размеру или объему образца в сыром соотношении. Величина усушки зависит от структурного направления изменяемого линейного размера, диапазона изменения влажности и породы древесины. Наибольшая усушка наблюдается в тангенциальном направлении. Усушка в рациональном направлении в 1,5-2 раза меньше. Усушка в направлении оси ствола минимальна.

Наибольшую усушку имеет древесина, высыхающая от предела насыщения клеточных стенок $W_{п.н.}$ до абсолютно сухого состояния. Такую усушку (Y_{max}) называют полной.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Что такое усушка (разбухание) древесины?
2. Почему усушка древесины в разных направлениях различна?
3. Содержание какой влаги влияет на усушку древесины?

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы:

Задание 1. Линейная усушка

1. Измеряют размеры поперечного сечения $\ell_{\text{гвек}}$ в радиальном направлении и $\ell_{\text{тгвек}}$ в тангентальном направлении с точностью до 0,01 мм по серединам радиальных и тангентальных поверхностей.
2. Образцы высушивают до постоянных размеров при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$.
3. Охлаждают образцы в эксикаторе.
4. Измеряют размеры $\ell_{\text{гсух}}$ и $\ell_{\text{тсух}}$ соответственно в радиальном и тангентальном направлениях.

Полную линейную усушку $\beta_{\text{линей}}$ в процентах вычисляют по формулам

$$\beta_{\text{гвек}} = \frac{\ell_{\text{гвек}} - \ell_{\text{гсух}}}{\ell_{\text{гвек}}} \cdot 100,$$

для радиального направления

$$\beta_{\text{тгвек}} = \frac{\ell_{\text{тгвек}} - \ell_{\text{тсух}}}{\ell_{\text{тгвек}}} \cdot 100,$$

для тангентального направления:

где $\ell_{\text{гвек}}, \ell_{\text{тгвек}}$ — размеры образца при влажности, равной и выше предела насыщения клеточных стенок соответственно в радиальном и тангентальном направлениях, мм;

$\ell_{\text{гсух}}, \ell_{\text{тсух}}$ — размеры образца в абсолютно сухом состоянии соответственно в радиальном и тангентальном направлениях, мм.

Коэффициент линейной $K_{\text{л}}$ усушки в процентах на 1% влажности вычисляют по формуле

$$K_{\text{лг}} = \frac{\beta_{\text{гвек}}}{W},$$

для радиального направления

$$K_{\text{лт}} = \frac{\beta_{\text{тгвек}}}{W},$$

для тангентального направления

Результат округляют до 0,01% на 1% влажности.

Задание 2. Объемная усушка

Испытание производят по методике, описанной при определении линейной усушки, измеряя дополнительно размер образца в направлении вдоль волокон $\ell_{\text{дгвек}}$.

Полную объемную усушку $\beta_{\text{объем}}$ в процентах вычисляют по формуле

$$\beta_{\text{в.с.ст.}} = \frac{\ell_{\text{г.н.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.ш.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.с.ст.}} - \ell_{\text{г.н.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.ш.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.с.ст.}}}{\ell_{\text{г.н.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.ш.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.с.ст.}}}$$

где $\ell_{\text{г.н.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.ш.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.с.ст.}}$ размеры образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок в соответствующих направлениях;

$\ell_{\text{г.н.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.ш.ст.}} \cdot \ell_{\text{г.с.ст.}}$ размеры образца в абсолютно сухом состоянии в соответствующих направлениях.

Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен протокол записи показаний измерительных приборов и результатов вычислений.

Название практической работы № 6 Определение тепловой мощности калориферов и необходимого их количества

Цель работы: формировать умения определения тепловой мощности калориферов и необходимого их количества

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически подобрать калорифер приточно-вытяжной вентиляции

Задачи практической работы:

1. Подобрать калорифер приточно-вытяжной вентиляции.
2. Сделать его расчет.

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. -224с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. -416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку..
4. Калькулятор простой.
5. Ручка.
6. Карандаш простой.
7. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Калорифером называют теплообменный аппарат, предназначенный для передачи теплоты от теплоносителя к сушильному агенту. В зависимости от применяемых теплоносителей калориферы делятся на паровые, водяные, огневые и электрические. В промышленных сушильных установках используют паровые и иногда водяные калориферы.

Паровой (или водяной) калорифер представляет собой замкнутую систему сообщающихся металлических трубопроводов, омываемых снаружи циркулирующим сушильным агентом, а изнутри обогреваемых паром или горячей водой.

В сушилках используют калориферы двух конструктивных типов: сборные, монтируемые из стандартных труб внутри сушильного пространства, и компактные калориферы заводского изготовления, устанавливаемые в специальных внутренних или внешних воздухопроводах сушилок. Для монтажа сборных калориферов чаще всего применяют отопительные чугунные ребристые трубы с фланцевыми соединениями. Выпускаемые заводами сантехнического оборудования ребристые трубы имеют длину 1;

1,5 и 2 м и поверхность нагрева соответственно 2, 3 и 4 м². В некоторых специальных случаях сборные калориферы монтируют в виде регистров из гладких труб. Конкретные схемы монтажа калориферов определяются конструктивными особенностями сушилок. Обычно трубы группируются в секции, имеющие самостоятельное питание паром, а внутри секции соединяются параллельно или последовательно с уклоном около 0,01 в направлении стока конденсата. Последовательное соединение обеспечивает более, равномерный нагрев воздуха по длине калорифера, а параллельное – более плотное размещение труб.

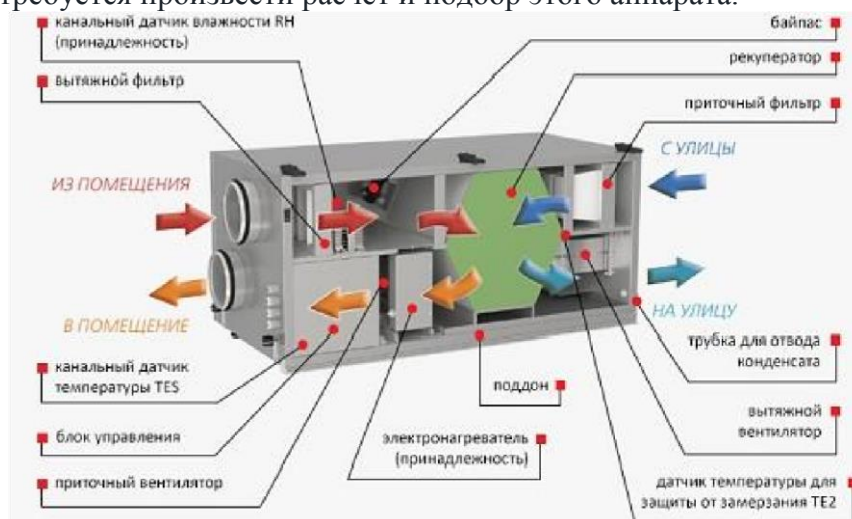
Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Что такое калорифер?
2. Принцип работы калорифера?
3. Виды калориферов?

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы:

- Исходные данные для подбора теплообменника
- Инструкция по вычислению
- Определение поверхности нагрева - Подбор электрического воздушонагревателя

Перед тем как подать приточный воздух с улицы в помещения, его требуется обработать с целью доведения до нормативных параметров. Такая обработка может включать в себя фильтрацию, нагревание, охлаждение и увлажнение. Нагрев приточного воздуха в холодное время года осуществляется в специальных теплообменных аппаратах – калориферах. Чтобы на выходе из калорифера получить воздушный поток необходимой температуры, требуется произвести расчет и подбор этого аппарата.

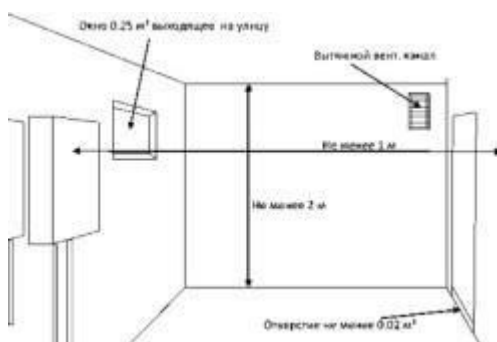


Воздухонагреватели производятся различных типоразмеров и для разных видов теплоносителей, в качестве которых может выступать вода или пар. Последний применяется достаточно редко, в большинстве случаев на предприятиях, где он

Приточно-вытяжная установка с рекуператором тепла

производится для технологических нужд. Самый распространенный вид теплоносителя – горячая вода. Поскольку в некоторых случаях расход воздуха приточной вентиляции достаточно велик, а установить калорифер большого проходного сечения невозможно, то устанавливают поочередно несколько аппаратов меньшего типоразмера. В любом случае

вначале необходим расчет мощности калорифера.



Расчет мощности воздухонагревателя.

Для выполнения расчета нужны следующие исходные данные:

1. Количество приточного воздуха, который необходимо нагреть. Может выражаться в м³/ч (объемный расход) или кг/ч (массовый расход).
2. Температура исходного воздуха, равна расчетной температуре наружного воздуха для данного региона.
3. Температура, до которой требуется нагреть приточный воздух для подачи его в помещения.
4. Температурный график теплоносителя, используемого для нагрева.

Результатами расчета теплообменника для приточной вентиляции являются значения площади поверхности нагрева и мощности. Начать следует с определения площади сечения калорифера по фронту:

$A_{\phi} = L_{\rho} / 3600 (\vartheta_{\rho})$, здесь:

- L – расход приточного воздуха по объему, м³/ч;
- ρ – значение плотности наружного воздуха, кг/м³;
- ϑ_{ρ} – массовая скорость воздушных масс в расчетном сечении, кг/(с м²).

Величина фронтального сечения нужна для предварительного выяснения размеров калорифера, после чего нужно взять для просчета ближайший больший типоразмер аппарата. Если в результате получилась слишком большая площадь сечения, надо подбирать несколько параллельно устанавливаемых теплообменников, чтобы в сумме они дали требуемую площадь. Следует обратить внимание, что поверхность нагрева по результату принимается с запасом, поэтому данный подбор носит предварительный характер.

Значение реальной массовой скорости следует рассчитывать с учетом фактической площади по фронту подобранных теплообменников:

$$\vartheta_{\rho} = L_{\rho} / 3600 A_{\phi. \text{факт}}$$

Далее, необходимое количество теплоты для нагревания воздушного потока рассчитывают по формуле:

$$Q = 0.278 G c (t_n - t_h), \text{ где:}$$

- Q – количество теплоты, Вт;
- G – массовый расход нагреваемого воздуха, кг/ч;
- c – величина удельной теплоемкости воздушной смеси, принимается равной 1.005 кДж/кг °С;
- t_n – температура притока, °С;
- t_h – начальная температура воздуха с улицы.

Поскольку вентилятор в приточной вентиляционной установке принято ставить до теплообменника, массовый расход G находят с учетом плотности наружного воздуха:

$$G = L \rho_n.$$

В противном случае плотность принимают по температуре притока после его нагрева.

теплообменнике (кг/ч) для передачи этого тепла воздушному потоку:

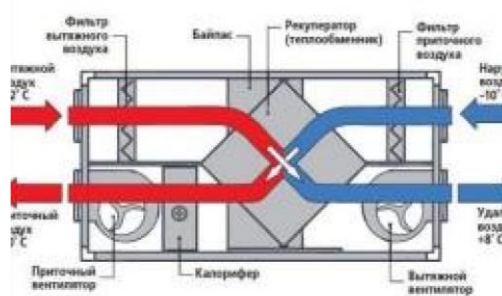


Схема движения воздуха.

Полученное количество теплоты дает возможность рассчитать расход теплоносителя в

$$G_w = Q / c_w (t_r - t_o).$$

В этой формуле:

- c_w – значение теплоемкости для воды, кДж/кг °С;
- t_r – расчетная температура воды в подающем трубопроводе, °С; t_o – расчетная температура воды в обратном трубопроводе, °С.

Удельная теплоемкость воды является справочной величиной, расчетные температурные параметры теплоносителя принимают согласно реальным значениям в конкретных условиях. То есть при наличии котельной или подключения к централизованной теплосети нужно знать параметры теплоносителя, который они подают, и внести их в данную формулу для расчета. Зная расход теплоносителя, вычисляют скорость (м/с) его движения в трубах калорифера:

$$w = G_w / 3600 \rho_w A_{mp}, \text{ здесь:}$$

- A_{mp} – площадь поперечного сечения трубок теплообменника, м²;
- ρ_w – плотность воды при средней температуре теплоносителя в калорифере, °С. Среднюю температуру воды, проходящей через теплообменник, можно посчитать как $(t_r + t_o) / 2$. Скорость, посчитанная по данной формуле, будет верной для группы калориферов, подключенных по последовательной схеме. Если же выполнить параллельную обвязку, площадь сечения трубок возрастет в 2 и более раз, что

приведет к снижению скорости движения теплоносителя. Такое снижение не даст существенного улучшения тепловой производительности, но значительно понизит температуру в обратном трубопроводе. И наоборот, во избежание значительного увеличения гидравлического сопротивления Коэффициент передачи тепла поверхностного нагревателя находят по справочным таблицам для рассчитанных значений скорости теплоносителя и массовой скорости притока. Затем вычисляют площадь поверхности нагрева (m^2) калорифера по формуле:

калорифера, не следует скорость движения теплоносителя принимать свыше 0,2 м/с.



Принципиальная схема работы воздушонагревателя.

$A_{mp} = 1.2Q / K (t_{cp.t} - t_{cp.v})$, где:

- K – коэффициент передачи тепла калорифером, Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$);
- $t_{cp.t}$ – значение средней температуры теплоносителя, $^\circ C$;
- $t_{cp.v}$ – значение средней температуры приточного воздуха для вентиляции, $^\circ C$;
- число 1,2 – необходимый коэффициент запаса, учитывает дальнейшее остывание воздушных масс в воздухопроводах.

Среднюю температуру воздушного потока просчитывают таким образом: $(t_n + t_h) / 2$. В том случае, если для нагревания воздушных масс недостаточно поверхности нагрева одного калорифера, число теплообменников одного типоразмера нужно считать по формуле:

$N_{mp} = A_{mp} / A_k$, тут A_k – величина площади поверхности нагрева одного теплообменника (m^2). Полученное значение округляют до целого числа в большую сторону.

Теперь можно рассчитать тепловую производительность воздушонагревателей по факту: $Q_{факт} = K (t_{cp.t} - t_{cp.v}) N_{факт} A_k$. здесь $N_{факт}$ принимается с округленным значением N_{mp} , остальные параметры – как в предыдущих формулах.

На практике необходимо предусматривать запас мощности калорифера 10-15%. Этому есть 2 причины:

1. Реальное значение коэффициента передачи тепла воздушонагревателя отличается от табличных значений или данных, представленных в каталоге, как правило, в меньшую сторону.
2. Теплопроизводительность аппарата может со временем снижаться вследствие засорения его трубок отложениями.

В то же время не стоит превышать величину запаса мощности, так как значительное увеличение поверхности нагрева может привести к их переохлаждению, а при сильных морозах – к размораживанию. Если производитель гарантирует соответствие заявленных показателей реальным, то величину запаса можно принять в размере 5%, которую следует прибавить к величине $Q_{факт}$, это и будет полная мощность воздушонагревателя для приточной вентиляции.

В том случае, если в качестве теплоносителя применяется пар, подбор и расчет теплообменника производится аналогичным образом, только расход теплоносителя при нагреве воздуха для вентиляции рассчитывают так: $G = Q / r$.

Форма отчета по лабораторной работе: 1. Отчёт по

лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.

2. В отчете должен быть представлен вид выбранного калорифера и результаты вычислений.

Название практической работы № 7 **Выбор вентиляторов, определение их мощности**

Цель работы: формировать умения определения мощности вентиляторов и необходимого их количества

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически подобрать вентилятор для сушки пиломатериалов

Задачи практической работы:

1. Выбрать вентилятор.
2. Сделать расчет его мощности.

Обеспеченность занятия:

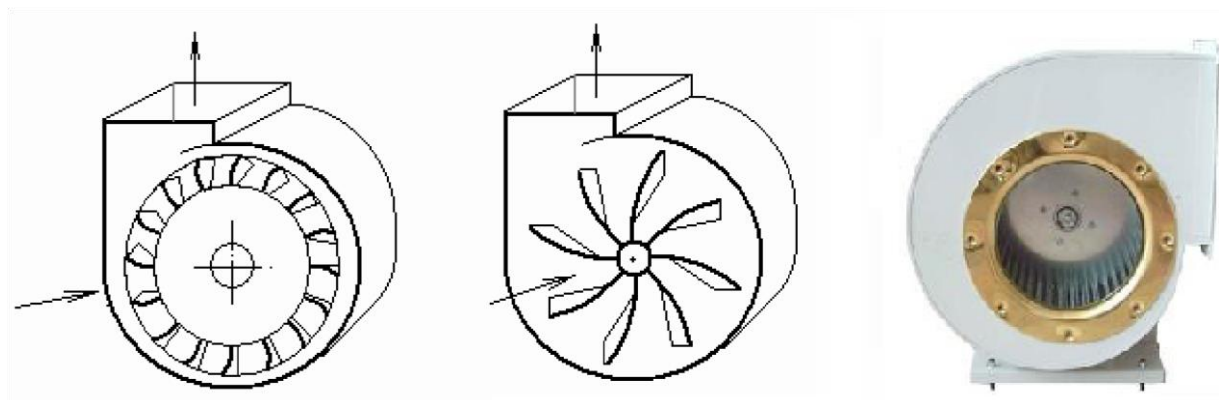
1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019.-224с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. -416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку..
4. Калькулятор простой.
5. Ручка.
6. Карандаш простой.
7. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы

Вентиляторы общего назначения применяют для работы на чистом воздухе, температура которого меньше 80 градусов. Для перемещения более горячего воздуха предназначены специальные термостойкие вентиляторы. Для работы в агрессивных и взрывоопасных средах выпускают специальные антикоррозионные и взрывобезопасные вентиляторы. Кожух и детали антикоррозионного вентилятора выполнены из материалов, не вступающих в химическую реакцию с коррозионными веществами перемещаемого газа. Взрывобезопасное исполнение исключает вероятность искрообразования внутри корпуса (кожуха) вентилятора и повышенного нагревания его частей во время работы. Для перемещения запылённого воздуха применяют специальные пылевые вентиляторы. Размеры вентиляторов характеризуются номером, который обозначает диаметр рабочего колеса вентилятора, выраженный в дециметрах.

По принципу действия вентиляторы подразделяются на центробежные (радиальные) и осевые. Центробежные вентиляторы низкого давления создают полное давление до 1000 Па; вентиляторы среднего давления – до 3000 Па; и вентиляторы высокого давления развивают давление от 3000 Па до 15000 Па.

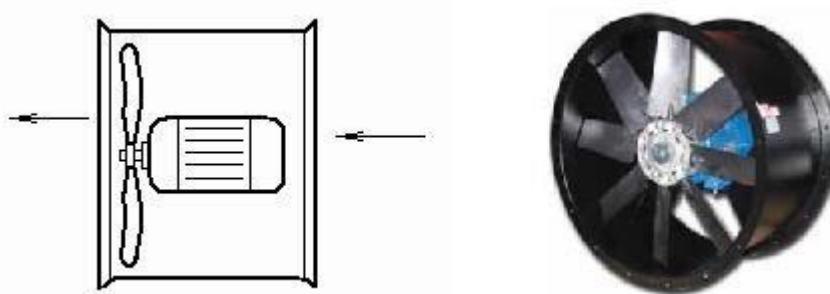
Центробежные вентиляторы изготавливают с дисковым и бездисковым рабочим колесом:



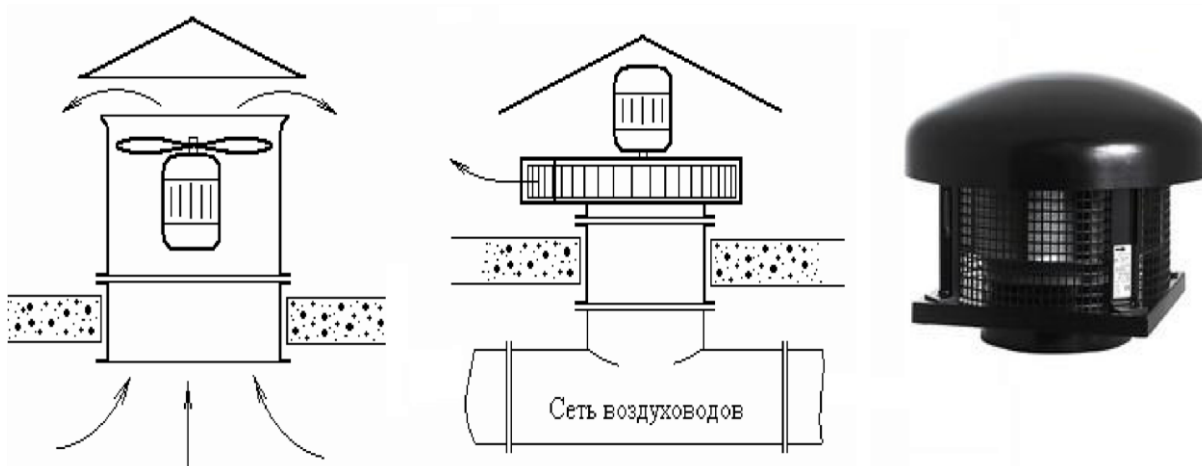
Лопатки рабочего колеса крепятся между двумя дисками. Передний диск - в виде кольца, задний - сплошной. Лопасти-лопатки бездискового колеса крепятся к ступице. Спиральный кожух центробежного вентилятора устанавливают на самостоятельных опорах, или на станине, общей с электродвигателем.

Осевые вентиляторы характеризуются большой производительностью, но низким давлением, поэтому широко применяются в общеобменной вентиляции для перемещения больших объемов воздуха при невысоком давлении. Если рабочее колесо осевого вентилятора состоит из симметричных лопаток, то вентилятор является реверсивным.

Схема осевого вентилятора:



Крышные вентиляторы изготавливаются осевые и радиальные; устанавливаются на крышах, на бесчердачном перекрытии зданий. Рабочее колесо и осевого, и радиального крышного вентилятора вращается в горизонтальной плоскости. Схемы работы осевого и радиального (центробежного) крышных вентиляторов:



Осевые крышные вентиляторы применяют для общеобменной вытяжной вентиляции без сети воздухопроводов. Радиальные крышные вентиляторы развивают более высокие давления, поэтому могут работать как без сети, так и с сетью подключенных к ним воздухопроводов.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Что такое вентилятор?
2. Принцип работы вентилятора?
3. Виды вентиляторов?

Указания к расчету результатов, полученных в ходе лабораторной работы:

Расчёт мощности, требуемой для привода вентилятора

Мощность, которая требуется для привода вентилятора, зависит от создаваемого им давления N_v (Па), перемещаемого объема воздуха Q_v (м³/сек) и коэффициента полезного действия $\eta_{кпд}$:

$$N_v = N_v \cdot Q_v / 1000 \cdot \eta_{кпд} \quad (\text{кВт}); \quad N_v = 2200 \text{ Па}; \quad Q_v = 6000 / 3600 = 1,67 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Коэффициенты полезного действия предварительно подобранных по аэродинамическим характеристикам вентиляторов 1, 2, 3 и 4 соответственно: 0,49; 0,54; 0,575; 0,59.

Подставляя величину давления, расхода и $\eta_{кпд}$ в формулу расчёта, получим следующие значения мощности для привода каждого вентилятора: 7,48 кВт, 6,8 кВт, 6,37 кВт, 6,22 кВт.

Расчёт мощности электродвигателя для привода вентилятора

Мощность электродвигателя зависит от вида её передачи с вала двигателя на вал вентилятора, и учитывается в расчёте соответствующим коэффициентом ($\eta_{кпер}$). Нет потерь мощности при непосредственной посадке рабочего колеса вентилятора на вал электродвигателя, т. е. $\eta_{кпд}$ такой передачи равен 1. $\eta_{кпд}$ соединения валов вентилятора и электродвигателя с помощью муфты 0,98. Для достижения необходимой частоты вращения рабочего колеса вентилятора применяем клиноремённую передачу, коэффициент полезного действия которой 0,95. Потери в подшипниках учитываются коэффициентом $\eta_{кп} = 0,98$. По формуле расчёта мощности электродвигателя:

$$N_{эл} = N_v / \eta_{кпер} \cdot \eta_{кп}$$

получим следующие мощности: 8,0 кВт; 7,3 кВт; 6,8 кВт; 6,7 кВт.

Установочную мощность электродвигателя принимают с коэффициентом запаса $k_z = 1,15$ для двигателей мощностью менее 5 кВт; для двигателей более 5 кВт $k_z = 1,1$: $N_{у} = k_z \cdot N_{эл}$. С учётом коэффициента запаса $k_z = 1,1$ окончательная мощность электродвигателей для 1-го и 2-го вентиляторов составит 8,8 кВт и 8 кВт; для 3-го и 4-го 7,5 кВт и 7,4 кВт. Первые два

вентилятора пришлось бы комплектовать двигателем 11 кВт, для любого вентилятора из второй пары достаточно мощности электродвигателя 7,5 кВт. Выбираем вентилятор 3: как менее энергоёмкий, чем типоразмеры 1 или 2; и как более тихходный и эксплуатационнонадёжный по сравнению с вентилятором 4.

Номера вентиляторов и графики аэродинамических характеристик в примере подбора вентилятора приняты условно, и не относятся к какой-либо конкретной марке и типоразмеру. (А могли бы.)

Расчёт диаметров шкивов клиноремённого привода вентилятора

Клиноремённая передача позволяет подобрать нужную частоту вращения рабочего колеса посредством установки на вал двигателя и приводной вал вентилятора шкивов разного диаметра. Определяется передаточное отношение частоты вращения вала электродвигателя к частоте вращения рабочего колеса вентилятора: $n_э/n_в$.

Шкивы клиноремённой передачи подбираются так, чтобы отношение диаметра приводного шкива вентилятора к диаметру шкива на валу электродвигателя соответствовало отношению частот вращения:

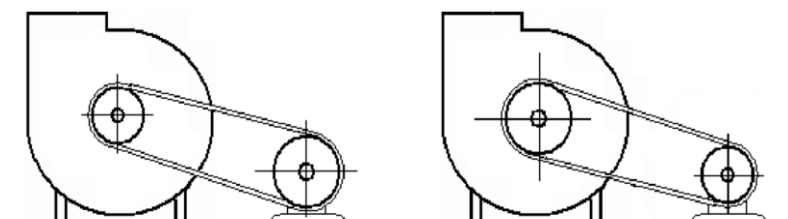
$$D_в/D_э=n_э/n_в$$

Отношение диаметра ведомого шкива к диаметру ведущего шкива называется передаточным числом ремённой передачи.

Пример. Подобрать шкивы для клиноремённой передачи вентилятора с частотой вращения рабочего колеса 1780 об/мин, с приводом от электродвигателя мощностью 7,5 кВт и частотой вращения 1440 об/мин. Передаточное отношение передачи: $n_э/n_в=1440/1780=0,8$

Необходимую частоту вращения рабочего колеса обеспечит следующая комплектация: шкив на вентиляторе диаметром 180 мм, шкив на электродвигателе диаметром 224 мм.

Схемы клиноремённой передачи вентилятора, повышающей и понижающей частоту вращения рабочего колеса:



Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлен вид выбранного вентилятора и результаты вычислений.

Название практической работы № 8

Ознакомление с оборудованием и конструкцией сушильных камер периодического действия, составление краткой характеристики камер. Ознакомление с оборудованием и конструкцией сушильных камер непрерывного действия, составление краткой характеристики камер

Цель работы: закрепить умения выбора конструкции сушильных камер периодического и непрерывного действия, составить краткую характеристику камер.

Образовательные результаты, заявленные во ФГОС третьего поколения:

Студент должен уметь: экспериментально и теоретически подобрать сушильную камеру периодического и непрерывного действия

Задачи практической работы:

1. Изучить конструкцию сушильных камер периодического действия
2. Изучить конструкцию сушильных камер непрерывного действия.
3. Дать характеристику камеры (по заданию преподавателя).

Обеспеченность занятия:

1. Учебно-методическая литература:
 - Расев А. И. Сушка древесины : учебное пособие. 7-е изд. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2019. -224с.
 - Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины : учебное пособие. М : ФОРУМ, 2020. -416 с.
2. Лабораторное оборудование и инструменты.
3. Рабочая тетрадь: обычная, в клетку.
4. Калькулятор простой.
5. Ручка.
6. Карандаш простой.
7. Чертежные принадлежности: линейка - трафарет

Краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы
ВОЗДУШНЫЕ КАМЕРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

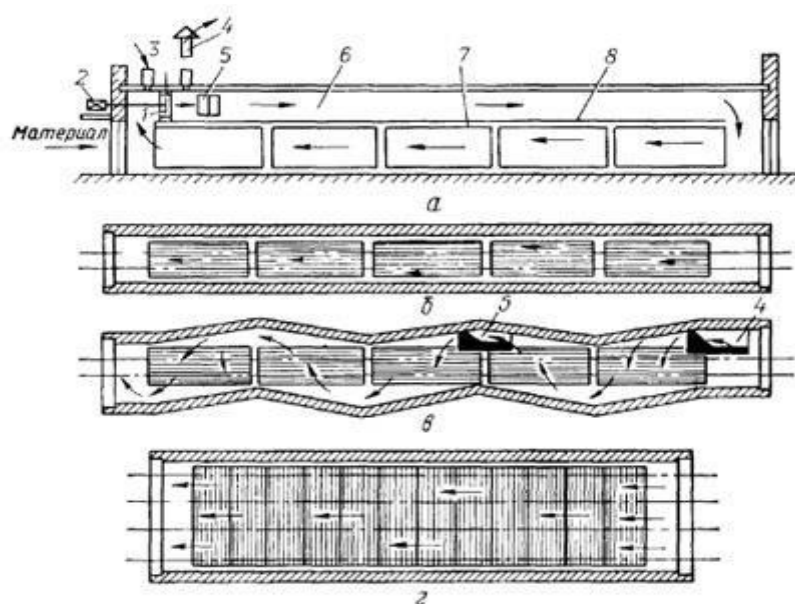


Рис.1. Противоточная сушильная камера непрерывного действия:
а – схематический продольный разрез, б,в,г – варианты штабелирования материала

Камеры непрерывного действия отличаются от камер периодического действия не только длиной, но и принципом регулирования режима сушки. В камере периодического действия состояние воздуха изменяется во времени, но для каждого заданного момента процесса оно должно быть при входе в штабель одинаковым по всей длине камеры. В камере непрерывного действия состояние воздуха изменяется по ее длине, оставаясь в каждой точке сушильного пространства постоянным во времени.

Наиболее распространены противоточные камеры непрерывного действия (рис. 81). Камера представляет собой длинный туннель, разделенный горизонтальным экраном 8 на две части — сушильное пространство 7 и циркуляционный.

Вопросы для закрепления теоретического материала к практической работе:

1. Дайте характеристику камеры периодического действия?
2. Дайте характеристику камеры непрерывного действия?
3. Принцип работы камер периодического и непрерывного действия?
4. Виды камер периодического и непрерывного действия?

Форма отчета по лабораторной работе:

1. Отчёт по лабораторной работе выполняется в рабочей тетради.
2. В отчете должен быть представлена характеристика камеры (по заданию преподавателя), её схема, принцип работы.