Министерство образования Кыргызской Республики.

Бишкекский архитектурно-строительный техникум.

**Специальность:** **"Технология деревообработки"**

**По предмету:** **"Сушка и защита древесины"**

**Тема:** ***Расчет работы сушильной камеры периодического***

***действия типа УЛ – 2***

 Выполнил: Крысанов А.Н. гр. 614

 Проверил: Сидорина А.А.

Бишкек 2008г.

Место строительства сушильной камеры – город Алматы

Назначение высушиваемого пиломатериала - мебель

Теплоноситель пар: давлением 0,45 М*Па*

Спецификация и количество высушиваемых пиломатериалов в год

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Порода** | **Размеры мм.** | **Вид материала** | **Влажность** | **Кол-во материала в год** |
| **Д** | **Ш** | **Т** | **Wн.%** | **Wк.%** |
| **Сосна** | 6500 | 160 | 40 | Обрезная | 50 | 8 | 1500 |
| **Кедр** | 6500 | 280 | 50 | Обрезной | 70 | 8 | 1700 |
| **Кедр** | 6500 | 180 | 32 | Обрезной | 60 | 8 | 1200 |
| **Орех** | 6500 | 200 | 40 | Обрезной | 50 | 8 | 1000 |
| **Дуб** | 6500 | 160 | 32 | Обрезной | 60 | 8 | 1100 |

**I. Технологический расчет**

 В камерах периодического действия при низкотемпературном процессе общая продолжительность сушки, включая начальный прогрев и ВТО, находиться по формуле:

τ = τисх.·Ар·Ац ·Аw·Ак·Ад

τисх – исходная продолжительность сушки пиломатериалов заданной породы, толщины, ширины (Таблица 1)

**Таблица 1. Исходная продолжительность сушки τисх пиломатериалов, ч, при низкотемпературном процессе.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Толщина пиломатериалов S1, мм** | **Ширина пиломатериалов S2, мм** |
| **40…50** | **60…70** | **80…100** | **110…130** | **140…180** |  **более 180** |
|  | **Сосна, ель, пихта, кедр** |
| **32** | 59 | 63 | 68 | 72 | 73 | 73 |
| **40** | 71 | 79 | 84 | 86 | 88 | 88 |
| **50** | - | 93 | 99 | 100 | 104 | 105 |
|  | **Дуб, орех, граб** |
| **32** | 146 | 173 | 193 | 206 | 214 | 221 |
| **40** | 183 | 234 | 269 | 293 | 307 | 321 |

**Ар** – коэффициент, учитывающий жесткость применяемого режима сушки: для мягких режимов Ар = 1.70, нормальных - 1.0, форсированных – 0.8.

**Ац** – коэффициент, учитывающий характер и интенсивность циркуляции воздуха в камере. Определяется по таблице 2

**Таблица 2.Значение коэффициента Ац для камер с реверсивной циркуляцией**

|  |  |
| --- | --- |
| **τисх**\*Ар | **Скорость циркуляции wмат. м/с** |
| ***0.2*** | ***0.5*** | ***1.5*** | ***2.0*** | ***2.5*** | ***3.0*** | ***3.5*** |
| **20** | 3.14 | 1.80 | 0.78 | 0.63 | 0.54 | 0.49 | 0.46 |
| **40** | 2.4 | 1.65 | 0.81 | 0.67 | 0.59 | 0.54 | 0.52 |
| **60** | 2.03 | 1.58 | 0.84 | 0.71 | 0.64 | 0.60 | 0.58 |
| **80** | 1.76 | 1.42 | 0.85 | 0.76 | 0.72 | 0.68 | 0.67 |
| **100** | 1.56 | 1.32 | 0.88 | 0.81 | 0.79 | 0.78 | 0.77 |
| **140** | 1.31 | 1.15 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.88 |
| **180** | 1.15 | 1.10 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.92 |
| **220** | 1.08 | 1.05 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 |

**Ак –** коэффициент, учитывающий категорию качества сушки пиломатериалов: I категория – 1,2 ; II категория – 1,15 ; III категория – 1,05

**Ад**– коэффициент, учитывающий длину пиломатериала:

для досок =1

**Аw** - коэффициент, учитывающий начальную Wн. и конечную Wк. влажность древесины. Определяется по таблице 3.

**Таблица 3. Значение коэффициента Аw**

|  |  |
| --- | --- |
| **Начальная влажность Wн.%** | **Конечная влажность Wк.%** |
| ***12*** | ***10*** | ***8*** |
| ***70*** | 1.10 | 1.21 | 1.35 |
| ***60*** | 1.00 | 1.11 | 1.25 |
| ***50*** | 0.89 | 1.00 | 1.14 |

**τсуш/час -** продолжительность сушки фактического пиломатериала в часах.

**τсуш/сут. -** продолжительность сушки фактического пиломатериала в сутках.

τоб.усл.год **-** продолжительность сушки условного пиломатериала.

 τсуш/час **=** τисх.·Ар·Ак·Ац·Аw·Ад

 τсуш/сут **= τ**исх.·Ар·Ац·Аw·Ак·Ад

 24

 τоб.усл.год = τсуш/сут + 0,1

0,1 - время на загрузку и выгрузку штабеля

**I.1 Расчет продолжительности сушки**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Порода** | **Размеры** | **WН%** | **W****К%** | **Коэффициенты** | **τсуш/час** | **τсуш****/сут** | **τоб.ус.****/год** |
| **Т** | **Ш** | **Д** | **τ**исх. | **Ар** | **Ак** | **Ац** | **Аw** | **Ад** |
| **Сосна**  | 40 | 160 | 6500 | 50 | 8 | 88 | 1 | 1.15 | 0.74 | 1.14 | 1 | 85.4 | 3.5 | 3.6 |
| **Кедр** | 50 | 280 | 6500 | 70 | 8 | 105 | 1 | 1.15 | 0.81 | 1.35 | 1 | 132 | 5.5 | 5.6 |
| **Кедр** | 32 | 180 | 6500 | 60 | 8 | 73 | 1 | 1.15 | 0.68 | 1.25 | 1 | 71.4 | 2.9 | 3 |
| **Орех** | 40 | 200 | 6500 | 50 | 8 | 321 | 1 | 1.15 | 0.97 | 1.14 | 1 | 408 | 17 | 17.1 |
| **Дуб** | 32 | 160 | 6500 | 60 | 8 | 214 | 1 | 1.15 | 0.96 | 1.25 | 1 | 295 | 12.3 | 12.4 |

**----------------------------------------------------------------------------------------------------------**

τсуш/час(сосна) = 88·1·1,15 ·0,74 · 1,14 · 1 = 85,4ч.

τсуш/сут(сосна) **=** 88·1·1,15·0,74·1,14·1 = 3,5сут.

24

τоб.усл.год(сосна) = 3,5+0,1=3,6сут.

-----------------------------------------------------------------------------------------------

τсуш/час(кедра) = 105·1·1,15·0,81·1,35·1 = 132ч.

τсуш/сут(кедра) **=** 105·1·1,15·0,81·1,35·1 = 5,5сут.

24

τоб.усл.год(кедра) = 5,5+0,1=5,6сут

-----------------------------------------------------------------------------------------------

τсуш/час(кедра) = 73·1·1,15·0,68·1,25·1 = 71,4ч

τсуш/сут(кедра) **=** 73·1·1,15·0,68·1,25·1 = 2,9сут.

24

τоб.усл.год(кедра) = 2,9+0,1=3сут.

-----------------------------------------------------------------------------------------------

τсуш/час(ореха) = 321·1·1,15·0,97·1,14·1 = 408ч.

τсуш/сут(ореха) **=** 321·1·1,15·0,97·1,14·1 = 17сут.

24

τоб.усл.год(ореха) = 17+0,1=17,1сут.

-----------------------------------------------------------------------------------------------

τсуш/час(дуба) = 214·1·1,15·0,96·1,25·1 = 295ч.

τсуш/сут(дуба) **=** 214·1·1,15·0,96·1,25·1 / 24 =12,3сут

τоб.усл.год(дуба) = 12,3+0,1=12,4сут.

--------------------------------------------------------------------------------------------

**Сводка пересчета в условный материал**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вид материала** | **Порода** | **Толщина**  | **Заданное кол-во материала в год Ф(м3/год)** | **Продолжит.****оборота камеры сут. τоб. Ф** | **Объемный****коэфф. заполнения****штабеля βоб. Ф** | **Объем в условном мат-ле У(м3/год)** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| Обрезная | Сосна | 40 | 1500 | 3,6 | 0,438 | 1500 |
| Обрезной | Кедр | 50 | 1700 | 5,6 | 0,474 | 2500 |
| Обрезной | Кедр | 32 | 1200 | 3 | 0,399 | 1114 |
| Обрезной | Орех | 40 | 1000 | 17,1 | 0,438 | 4687 |
| Обрезной | Дуб | 32 | 1100 | 11,9 | 0,399 | 4086 |
| Итого м3/год | 6500 |  | 13887 |

|  |  |
| --- | --- |
| 3,6 | 0,438 |

* условный материал

Пересчет в условный материал производится по формуле:

**τоб. ф· βоб.ус**

**У= Ф**

**τоб. ус.· βоб.ф.**

Т.к продолжительность сушки условного материала 3,5 суток, то за условный материал выберем сосну толщиной 40мм с **τ**об. ус = 3,6 и **β**об.ус = 0,438

**Ф** – фактическое количество подлежащего сушке материала данного размера и породы м3/год (или фактически высушенное за какой-то период)

**τоб. ф–** продолжительность (в сутках) оборота камеры для фактического материала.

**τоб. ус. -** продолжительность (в сутках) оборота камеры для условного материала.

**βоб.ус ; βоб.ф –** объемные коэффициенты заполнения штабелей соответственно для условного и фактического материалов. Определяются по таблице 4.

5,6 · 0,438

 =1700

2,5

 = 2500 м3/год

**Укедра =** 1700

 1700

3,6 · 0,474

1,7

3 · 0,438

1,3

 = 1114 м3/год

**Укедра =** 1700

 1200

3,6 · 0,399

= 1200

1,4

 = 4687 м3/год

7,5

1,6

= 1200

**Уореха =** 1700

1200

3,6 · 0,438

17,7 · 0,438

**Удуба =** 1700

= 4243 м3/год

5,4

1100

12,4 · 0,438

= 1100

1,4

3,6 · 0,399

∑**У = Усосны + Укедра + Укедра + Уореха + Удуба**

∑**У =** 1500+2500+1114+4687+4243=14044м3/год

**Таблица 4.Нормативные значения объемного коэффициента заполнения штабеля**

|  |  |
| --- | --- |
| **Номинальная толщина пиломатериалов S1, мм** | **Способ укладки** |
| **без шпаций** |
| **обрезные** | **необрезные** |
| **Толщина прокладок Sпр, мм** |
| **22** | **25** | **32** | **22** | **25** |
| **32** | 0,422 | 0,399 | 0,356 | 0,281 | 0,266 |
| **40** | 0,459 | 0,438 | 0,395 | 0,306 | 0,292 |
| **50** | 0,494 | 0,474 | 0,434 | 0,329 | 0,316 |

**Габаритный объем штабелей (м3), находят по формуле:**

**Г = Lшт.·Bшт. · Hшт. · mшт. , м3**

**Г – габаритный объем**

**Lшт. – длина штабеля – 6,5м**

**Bшт. – ширина штабеля – 1,8м**

**Hшт. – высота штабеля – 2,6м**

**mшт. – число штабелей в камере – УЛ-2 – 2камеры**

**Г= 6,5 · 1,8 · 2,6 · 2 = 60,8м3**

При проектировании сушильных камер для определения годовой производительности камеры можно использовать для всех типов камер универсальную формулу:

 **335**

**τоб.усл.год**

 **У1кам. = Г · βоб.ус**

Г – габаритный объем.

**βоб.ус** – коэффициент объемного заполнения штабеля.

**335 –** установленное расчетное число дней работы сушильных камер в год.

 **τоб. ус.год -** продолжительность (в сутках) оборота камеры для условного материала в год.

**335**

**= 2478 м3/год**

**= 60,8 · 0,438**

 **У1кам.**

 **3,6**

***Потребное количество камер определяется по формуле:***

**∑У**

mкам.=

У1кам.

**∑У –** годовое количество всех пиломатериалов подлежащих сушке м3/год

**У1** – производительность одной камеры м3/год условного материала.

= 5,66 ≈ 6 камер УЛ-2

14044

 mкам =

2478

**II. Тепловой расчет**

**II.1. Выбор расчетного материала и режима сушки для него, продолжительность собственно сушки расчетного материала**

Наиболее быстросохнущим материалом в заданной спецификации.

 Кедр размером 32X180Х6500 обрезной – продолжительность сушки 3сут.

В дальнейшем весь тепловой расчет ведется по быстросохнущему материалу

 Выбираем режим сушки для быстросохнущего материала

Для сушки используют **нормальный режим №4**

**Параметры режима:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Средняя влажность древесины %** | **Параметры режима (t, Δt,ºС, φ )** |
| t | Δt | φ |
| **Iступень > 35%** | 75 | 5 | 0.80 |
| **IIступень 35-25** | **80** | **10** | **0.64** |
| **IIIступень < 25** | 100 | 30 | 0.29 |

**Продолжительность собственно сушки расчетного материала определяется по формуле:**

**τсоб. суш. = 0,8 ·** τ**суш**

τсоб. суш.**=** 0,8 · 3=2,4суток

2,4 · 24 = 57,6 часов

В дальнейшем все расчеты ведутся исходя из значения **τсоб. суш.** и по параметрамII ступени режима сушки.

 **II.2. Определение количества испаряемой влаги**

 Количество влаги испаряемой влаги испаряемой в процессе сушки из 1м3 др-ны производится по формуле:

60 - 8

[кг/м3]

**Wн. – Wк.**

**М1м3 =** **ρусл**.  М1м3 = 360 кг/м3

100

**100**

 = 360·0,52 = 187,2

[кг/м3]

**ρкедра = 360 кг/м3**

Количество влаги испаряемой влаги испаряемой из древесины за 1 оборот камеры производится по формуле:

[кг/об. кам.]

**М1об. кам. = Е·М1м3**

**Е** – емкость камеры.

Е = Г · βоб.ус = (2,6·1,8·6,5·2) · 0,399 = 24,28м3

[кг/об. кам.]

М1об. кам = 24,28 · 187,2 = 4545

Рассчитываем среднее количество влаги испаряемой из древесины в час:

**М1об. кам**

**Мср. час. =**

**τсоб. суш.**

4545

 Мср. час**.** = = 79 кг/час

57,6

Расчетное количество испаряемой влаги в час

**Мрасчет..=** **Мср. час. · Х кг/час**

**Х –** коэффициент учитывающий равномерность просыхания материала по всему объему

 При W материала = 12% Х = 1,2

 При W материала = 8...10% Х = 1,3

Мрасчет. = 79·1,3 = 102,1 кг/час

**II.3. Определение часового количества циркуляции воздуха в камере**

 Расчетно-режимные параметры воздуха определяют по 2-й ступени режима по Id диаграмме.

По Id диаграмме находим: I, d, ρ, V

 t = 80ºС **I** = 191 ккал/кг

 φ = 0,64 d = 275 г/кг

 ρ = 0,87 кг/м3

 **V =** 1,47 м3/кг

Циркуляция воздуха в камере реверсивного действия.

Для расчета скорости циркуляции сушильного агента по материалу принимается:

wмат. = 3...4 м/с

**Рассчитываем площадь живого сечения штабелей плоскости перпендикулярной движению воздуха:**

Fжив. сеч.шт. = h · l · n (1-βвыс.) м2

где βвыс. - коэффициент укладки штабеля по высоте

S

βвыс. =

2,5 + 1,08 · S

S – толщина расчктного материала в мм.

32

32

βвыс. = = = 0,54

59,56

2,5 + 1,08 · 32

Fжив. сеч.шт. = 33,8·(1-0,54) = 33,8 · 0,46 = 15,5м2

  **Расчет объема циркулирующего воздуха внутри камеры, производится по формуле:**

**Vц. = Fжив. сеч.шт · wшт. · 3600м3/ч.** Vц. =15,5 · 3 · 3600 = 167400м3/ч.

Масса циркуляции воздуха рассчитывается по формуле:

**Gц. = Vц. · ρ = кг/ч** Gц. = 167400 · 0,87 = 145,638 кг/ч.

Количество влаги испаряемой 1кг. циркуляции воздуха в камере при проходе через штабель:

**Мрасчет. \* 1000**

Δd = d2-d1 = [г/кг]

 Gц.

102,7 ·1000

 Δd = d2-d1 = = 1г/кг.

 145,638

 Определяем температурный период воздуха, при переходе его через штабель:

Δd

 Δt = t1-t2 =

0,4 + 0,00074 ·d1

 1

 1

 Δt = t1-t2 = = = 1,65ºC

 0,6035

0,4 + 0,00074 · 275

 Зная значения t1 , d1 и d2 находим значения φ2 по **Id** диаграмме:

 t2 = t1- Δt t2 = 80 – 1,65 = 78,35ºC

 **φ = 0,7**

**II.4. Расчет часового количества отработанного и свежего воздуха**

 Объем отработанного воздуха определяем по формуле:

 **Vотр. = g0 · Мрасчет. · V2 ; V2 = V1 ;**

 Расчет количества воздуха для удаления влаги из древесины рассчитываем по формуле:

**1000**

**1000**

 **g0 = ;** g0 = = 3,77 [ кг/кг ]

**277 - 12**

**d2-d0**

 d0 – влагосодержание, принимается равным 12 г/кг.

 Vотр. = 3,77 · 102,7 · 1,47 = 569 [ кг/м3 ]

Объем свежего воздуха, подаваемого вентилятором в камеру рассчитываем по формуле:

**Vсв.в. = g0 · Мрасчет. · V0 ;** [ кг/м3 ]

V0 – объем свежего воздуха м3/кг для приточного воздуха t = 20ºC, принимаем V0 = 0,87

 Vсв.в. = 3,77 · 102,7 · 0,87 = 337 ; [ кг/м3 ]

**II.5. Определение расхода тепла на сушку древесины.**

 Расход тепла определяют в 2-х вариантах:

 а) Для зимних условий по формуле:

 Qнач.зим. = ρусл.[0,53 · (tкам. – t0 зим. ) + W**нач.** – 15 · ( 0,5 · ( - t0 зим. ) + 80 + tкам. ) ]

 100

 tкам. - температура воздуха внутри камеры по II ступени режима

 t0 зим. -  принимается по климатологической таблице.

 Для города Алматы t0 зим. = - 24ºC

 t0 ср.год. = + 7,3ºC

 Qнагр.зим. = 360 · [0,53 · (80 + 24) + 60– 15 · ( 0,5 · ( 24) + 80 + 80) ] =

100

 = 360 · [ 55,12 + 77,4 ] = 360 · 132,56 = 47707 ккал/м3

 б) Расход тепла на сушку древесины для среднегодовых условий ведем по формуле:

 Qнагр.ср.зим. = ρусл.(0,38 + W**нач.**  ) · (tкам. - t0 ср.год.) =

100

 = 360 · ( 0,38 + 0,6 ) · ( 80 - 7,3 ) = 360 · 71,246 = 25648 ккал/м3

**Определяем расход тепла на нагрев 1 кг испаряемой влаги в 2-х вариантах:**

 а) Зимой

47707 ккал/м3

Qнагрев.зим.

 gнагрев.зим = ; gнагрев.зим. = = 255,8 ккал/кг.

187,2 кг/м3

М1 м3

б) Среднегодовой

25648 ккал/м3

Qнагрев.ср.год.

 gнагрев.ср.год. = ; gнагрев.ср.год. = = 137 ккал/кг

187,2 кг/м3

М1 м3

 **II.6. Расчет теплопотерь через ограждение камеры:**

 Камера УЛ-2 представляет собой металлическую камеру, собираемую из двух боковых, двух торцевых панелей и верхней секции. Панели 3-х слойные из холодно-гнутых профилей и из полужестких минераловатых утеплителей, с внутренней стороны панели обшиваются алюминиевыми листами или листом из нержавеющей стали. Снаружи камера обшита гофрированным алюминием.

Алюминий

Строительное железо *Стекловата*  *1 120 мм пенобетон*

 *Пенобетон*

  *50 мм стекловата*

 *7 мм алюминий*

 *8 мм строительное*

 *железо*

*Гофрированный алюминий*

Расчет теплопотерь через ограждения камеры производится по формуле в 2-х вариантах:

 а) Для зимних условий:

**Qогр. зим. = F · k (tкам. - (-tзим.) ) [ккал/кг] ;**

 б) Для среднегодовых условий:

 **Qогр. ср.год. = F · k (tкам. - (-t0ср.год) ) [ккал/кг] ;**

**F -** площадь ограждения камеры

k - коэффициент теплопередачи

tкам. - температура внутри камеры

 **Для многослойных ограждений камеры рассчитывается по формуле:**

**[ ккал/м2 · ч · ºC ]**

**1**

**k =**

+

+

+

+

+

+

**1 G1 G2 G3  Gn  1**

**£в.  λ1  λ2 λ3  λn £н.**

£в.**-** коэффициент теплопередачи от окружающей среды к внутренней поверхности ограждения.

£в. = 22...25ккал/м2 ·ч · ºC

**£н. -** коэффициент теплопередачи от наружной поверхности ограждения сушильной камеры к окружающей среде.

**G1, G2 ,G3 ,Gn -** это толщина отдельных слоев ограждения в м.

**λ1 , λ2 ,λ3 , λn -** это коэффициент теплопроводности материала, принимается согласно справочных данных (Справочник по сушке древесины Е.С. Богданов )

|  |  |
| --- | --- |
| Материал | λ ккал/м2 · ч · ºC |
| **Железобетон****Пенобетон****Кирпич****Рубероид****Минеральная вата****Алюминий** **Сталь строительная** **Асбестоцементные плиты** | **1,4****0,34****0,7****0,15****0,06****240****58****0,13** |
| **Засыпка** | **Песок** | **0,5** |
| **Шлак топливный** | **0,25** |

1

kпотолка =

 = 0,6

+

+

+

+

+

 1 0,1 0,014 0,018 0,05 1

22 0,13 24058 0,06 10

1

kстены =

 = 0,6

+

+

 1 0,120 0,014 0,018 0,05 1

22 0,13 240 58 0,06 10

+

+

+

1

kдвери =

 = 0,8

+

+

 1 0,012 0,020 0,01 1

22 240 50 0,06 10

+

+

 kпола - принимается 0,5 стены

 kпола = 0,5 · 0,6 = 0,3 ккал/м2 · ч · ºC

 **Расчет теплопотерь ведется по таблице для зимних и для среднегодовых условий:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ограждения** | **Fм2** | **Коэфф. теплопередачи k · ккал/м2·ч·ºC** | **t0** | **t1-t0** | **Qогр.= F·k(tкам.- t)** |
| **Зим. расчет** | **Среднегод.****расчет** | **Зим.** **условия** | **Среднегод.****условия** | **Зим.****условия** | **Среднегод.****условия** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **Бок наруж. 14,42 х 4,9** | 70,65 | 0,6 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 4408 | 3082 |
| **Торцевая** **4,9 х 4,52** | 22,148 | 0,6 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 1382 | 966 |
| **Перед. торц. за вычет двери.** | 16,5 | 0,6 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 1030 | 720 |
| **Двери 2 х 2,8** | 5,6 | 0,8 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 466 | 326 |
| **Потолок** **4,1 х 14,42** | 59,1 | 0,6 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 3688 | 2578 |
| **Пол****(14,42х 4,1)х2** | 37,04 | 0,3 | -24 | +7,3 | 104 | 72,7 | 116 | 808 |
|  **Итого Q огр. ккал/ч**  | 12133 | 8480 |
|  **С учетом 10% по ОСТ** | 13346 | 9328 |
|  **С учетом коэффициента запаса С=2** | 26693 | 18656 |

**II.7. Удельный расход тепла на 1 кг испаряемой влаги рассчитывается по формуле**

**Qогр.ср.год**

**Qогр.зим**

**qср.год =**

**[ ккал/кг ]**

**Мср.час**.

**qзим =**

 **[ ккал/кг ] ;**

**Мср.час**.

79

[ ккал/кг ]

= 236

[ ккал/кг ]

= 338

18656

79

qср.год =

26693

qзим =

**Расход тепла на испарение рассчитываем по формуле:**

**· 1000 - tмат. [ ккал/кг ]**

**qзим =**

**I2 - I0**

**d2 - d0**.

**I2 = I1**

**I0 -** теплосодержание свежего приточного воздуха температурой t = 20ºC, подаваемого вентилятором из коридора управления.

**I0 = 12 ккал/кг**

tмат. - определяется по Id диаграмме ; tмат. = tм. - tм. = 69ºC

d0 - для свежего приточного воздуха при t = 20ºC,

**d0 = 12г/кг**

qисп.**=**

· 1000 - 69 = 179/265 · 1000 - 69 = 606[ккал/кг]

191 - 12

277 - 12

Суммарный расход тепла на сушку 1кг испаряемой влаги определяем в 2-х вариантах:

 а) Зимой

**qсуш.зим. = ( qисп. + qогр. + qнагр.зим. ) · С1 [ ккал/кг ]**

 С1 - коэффициент запаса принимаем равным 1,2

qсуш.зим. = ( 606+ 338 + 255) · 1,2 = 1439 [ ккал/кг ]

 б) Среднегодовой расчет

**qсуш.ср.год. = ( qисп. + qогр. + qнагр.ср.год ) · С1 [ ккал/кг ]**

qсуш.ср.год. = ( 606+ 236 + 137) · 1,2 = 1175 [ ккал/кг ]

**II.8. Выбор конструкции и определение нагрева поверхности калорифера.**

В камере типа УЛ-2 установлены пластинчатые калориферы. Для камер периодического действия часовой расход тепла, который должен быть покрыт калорифером, рассчитываем по формуле:

 **Q = ( Qисп. - Qогр.зим. ) · С2**

Qисп.**-** определяем по формуле:

 **Qисп. = qисп. · Мрасч. [ ккал/кг ]**

С2 = 1,3

 Qисп. = 606· 102,7 = 62236 [ ккал/кг ]

 Q= (62236 +26693)· 1,3 = 115608[ ккал/кг ]

 Площадь нагрева калориферов рассчитываем по формуле:

**Q · C3**

 **F =**

**k · (tкам. - tп.)**

k - коэффициент теплопередачи калорифера

tп. - температура пара, при давлении пара 0,45М*Па,*  t = 147ºC

C3 - коэффициент запаса принимаем равным 1,3

**Для определения коэффициента k проводим предварительный расчет:**

 А) Укрупнено рассчитываем площадь нагрева калорифера

 F= 6 · E

Где Е - емкость камеры F= 6 · 24,28 = 145,68

 Б) Выбираем марку калорифера и его площадь нагрева по справочным данным (Справочник по сушке древесины Е.С.Богданов)

 **КФ - 12 ; F1кал. = 88,8м2**

 ƒжив.сеч.кал. = 0,810 м2

 В) Рассчитываем количество калориферов:

 **F**  145,68

 = 1,6калорифера

 **F1кал.**88,8

 nк. = =

Укрупнено берем **6** калориферов.

 Г) Определяем суммарную площадь живого сечения калориферов

 **Σƒжив.сеч. = ƒжив.сеч. · nк. = м2**

 Σƒжив.сеч. = 0,810· 6 =4,86м2

 Д) Определяем действительную скорость воздуха при прохождении его через калориферы:

**м/с**

 **Σƒжив.сеч · 3600**

**Vц.**

 **ωдейст. =**

167400

 ωдейст. = = 9,5 м/с

4,86 · 3600

 Е) Определяем весовую скорость воздуха циркулирующего внутри камеры:

 **ω1 = ωдейст. · ρ1**= 9,5 · 0,87 = 8м/с

 Ж) Определяем k по справочнику k = 21,2

 З) Определяем площадь нагрева калорифера:

**Q · С3**

  **Fфакт. =**

**k · (tп.- tкам. )**

 Fфакт.**= = ≈** 106

150290

84719 · 1,3

21,2· (147- 80)

1420

Окончательно в цех устанавливаем пластинчатые калориферы марки КФБ - 12 в количестве 6 штук.

 **II.9. Расчет расхода пара на сушку 1м3 древесины, на камеру в час и на сушильный цех.**

 **Расход пара на 1м3 расчетного материала для среднегодовых условий рассчитываем по формуле:**

**qсуш.ср.год** · **М 1м3**

 **Дсуш. 1 м3 = [кг/м3]**

**500**

1175 · 187,2

 Дсуш. 1 м3 = = 440 [кг/м3]

500

 **Расход пара в процессе сушки на камеру в час рассчитываем в 2-х вариантах:**

 А) Зимой

**(Qисп.час + Qогр.зим. )** · **С2**

 **Дкам.суш. = [кг/ч]**

**500**

(115606 + 26693) · 1,2

 Дкам.суш**. = =** 342 [кг/ч]

500

Б) Среднегодовые условия

**(Qисп.час + Qогр.ср.год)** · **С2**

 **Дкам.суш. = [кг/ч]**

**500**

(115606 + 18656) · 1,2

 Дкам.суш**. = =** 315 [кг/ч]

500

 **Расход пара на камеру в час в период нагрева определяем для зимних условий:**

τнагрева

**(Qнагр. 1м3 · Е)**

 **Qнагр.ч =**  **[ккал/ч]**

τнагрева - это продолжительность нагрева расчетного материала, принимаем из расчета 2ч на 1см толщины

 τнагрева Кедра 32 · 2 = 6,4часа

47707 · 24,28

 Qнагр.ч = = 180988 [ккал/ч]

6,4

 **Максимальный часовой расход пара, потребляемого цехом определяется для зимних условий по формуле:**

 **Дцеха = mкам. прогрева · Дпрогрева + mкам. суш. · Дкам. суш.**

mкам. прогрева - количество камер в которых одновременно осуществляется прогрев

Количество камер определяем 1/6 от общего нагрева камер.

Дпрогрева - часовой расход пара на 1камеру в период прогрева, рассчитываем по формуле:

**180988 + 26693**

**Qнагр.ч. + Qогр.зим.**

 **Дпрогрева = =**

**500**

**500**

 Дцеха = 1 · 415 + 5 · 342 = 415 + 1710 = 2125 [кг/ч]

 Годовой расход пара на сушку всего заданного количества высушиваемых пиломатериалов рассчитывается по формуле:

**Дсуш. 1 м3 · Ф · С**

 **Дгод =**

**1000**

Ф - объем фактически высушиваемого материала

С - коэффициент длительности выбирается в зависимости от средней продолжительности сушки материала τср. факт.

**τср. факт. -**рассчитываем по формуле:

**τ1 · Ф1 + τ1 · Ф2 + τ1 · Ф3 + τ3 · Ф4 + τ5 · Ф5 + τ6 · Ф6**

**τср. факт. =**

ΣФ

48610

3,5 · 1500 + 5,5 · 1700 + 2,9 ·1200 + 17 · 1000 + 12,3 · 1100

**τср. факт. = = =**

6500

6500

= 7,5

Если τср. факт. = 7,5 , то С по справочнику Е.С.Богданова в зависимости от отношения

 τср. факт. 7,5

 τфакт.расчет.=  2,9 = 2,6

С= 1,3

440 · 6500 · 1,3

 Дгод  = = 3718 [тонн/год]

1000

**III. Аэродинамический расчет**

 2 1 13

 3 12

 4

 5 11

 6 7 9 10

 8

 **0,2 1,8**

 Т Т

**III.1. Расчет площади участков**

1. Сопротивление вентилятора

П·Двен·м2

 ƒуч.(1) =

4

Двен. = 1

3,14 · 1

 ƒуч.(1) = = 0,8 м2

4

1. Прямой участок

 ƒуч.(2) = 14,4 · 1,5 = 21,6 м2

1. Поворот под углом 135º

 ƒуч.(3;12) = 0,5 · 14,4 = 7,2м2

1. Сопротивление калорифера

 ƒуч.(4) = ƒжив.сеч.калориф. · nкалориф. = 4,9 · 6 = 29,4м2

* 1. Прямой участок

 ƒуч.(5;11) = 0,25 · 14,4 = 3,6 м2

* 1. Поворот под углом 90º

15,5

Fжив.сеч.шт.

 ƒуч.(6;10) = = = 34м2

1 - 0,54

1 - βвыс.

* 1. Внезапное сужение

 ƒуч.(7) = Fжив.сеч.шт. = 15,5м2

* 1. Сопротивление штабеля

 ƒуч.(8) = Fжив.сеч.шт. = 15,5м2

* 1. Внезапное расширение

 ƒуч.(9) = Fжив.сеч.шт. = 15,5м2

 **Рассчитываем скорость сушильного агента на каждом участке по формуле**:

**Vц**

 **W = м/с**

**3600 · ƒуч**

Vц. - объем циркулирующего воздуха внутри камеры.

ƒуч - площадь участка

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

W1 = 167400 / 3600 · 0.8 = 58.2 / 6вен. = 9,7 м/с

W2;13 = 167400 / 3600 · 21,6 = 2,15 м/с

W3;12 = 167400 / 3600 · 7,2 = 6,46 м/с

W4 = 167400 / 3600 · 29,4 = 1,6 м/с

W5;11 = 167400 / 3600 · 3,6 = 13 м/с

W6;10 = 167400 / 3600 · 34 = 1,4 м/с

W7;8;9 = 167400 / 3600 · 15,5 = 3 м/с

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ участка** | **1** | **2;13** | **3;12** | **4** | **5;11** | **6;10** | **7** | **8** | **9** |
| **ƒучастка** | 0,8 | 21,6 | 7,2 | 29,4 | 3,6 | 34 | 15,5 | 15,5 | 15,5 |
| **W м/с** | 9,7 | 2,15 | 6,46 | 1,6 | 13 | 1,4 | 3 | 3 | 3 |

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Сопротивление воздуха на участках камеры:**

**Участок 1**

Сопротивление при входе и выходе из кожуха вентилятора для камер с осевыми вентиляторами коэффициент трения воздуха принимаем ζ = 0,8

 Сопротивление на этом участке определяем по формуле:

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **ζ [кг/м2]**

**2q**

**ρ** - плотность воздуха = 0,87 кг/м3

**w -** скорость воздуха

**2q** - сила тяжести

 h1 = 0,87 **·** 9,72 / 2 **·** 9,8 · 0,8 = 3,34 кг/м2

**Участок 2 ; 13**

 Сопротивление на прямом участке определяем по формуле:

**ρ · w2**

**ζтр · l · U**

 **h 2 ;13 =** · · **2** **[кг/м2]**

**4 · ƒ**

**2q**

 **ζтр -** для металлических каналов принимается = 0,016.

 **l -** длина канала = 14,4м

  **U -** периметр канала (14,4 + 1,8) · 2 = 32,4м2

 **ƒ -** площадь участка = 21,6м2

 h 2 ;13 = ((0,87 · 2,152) / 19,6) · ((0,016 · 14,4 · 32,4) / 86,4) · 2 = 0,18 [кг/м2]

**Участок 3 ; 12**

 Сопротивление на повороте под углом 135º , определяем по формуле:

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **2ζ [кг/м2]**

**2q**

 **ζ135º -** для поворота на 135º = 0,25

 h 3;12 = ((0,87 · 6,462) / 19,6) · 2 · 0,25 = 0,9 [кг/м2]

**Участок 4**

 Сопротивление калорифера принимается по справочным данным, в зависимости от весовой скорости:

 **w · ρ [кг/м2]**

 1,6 · 0,87 = 1,4 [кг/м2]

**Участок 5 ; 11**

 Сопротивление на прямом участке определяем по формуле:

**ρ · w2**

**ζтр · l · U**

 **h 5;11 =** · · **2** **[кг/м2]**

**4 · ƒ**

**2q**

 h 5;11 = ((0,87 · 132) / 19,6) · 2 · (0,016 ·14,4 ·(0,5 + 14,4) · 2) / (4 · 14,4) = 7[кг/м2]

**Участок 6 ; 10**

 Сопротивление на повороте под углом 90º , определяем по формуле:

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **2·ζ [кг/м2]**

**2q**

 Значение коэффициента ζтр для поворота определяем по справочным данным - ζтр для 90º = 1,1

 h 6;10 = ((0,87 · 1,4 2) / 19,6) · 2 · 1,1 = 0,2 [кг/м2]

**Участок 7**

 Сопротивление при внезапном сужении определяется по формуле:

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **ζтр. [кг/м2]**

**2q**

 Коэффициент трения при внезапном сужении определяется в зависимости от отношения **ƒ / F** по справочным данным

 **ƒ** = 6,5 · 2,6 · 2 = 34м2

 **F =** 14,4 · 2,9 = 42м2

 ζтр. = 34/42 = 0,04

 h 7 = ((0,87 · 3 2) / 19,6) · 0,04 = 0,02 [кг/м2]

**Участок 8**

 Сопротивление штабеля

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **ζтр. [кг/м2]**

**2q**

ζтр - сопротивление штабеля определяется по графику в зависимости от скорости воздуха по штабелю

 wштаб. = w · (1 - βвыс.) = 3 · 0,46 = 1,38

 **ζтр. = 20**

 h 7 = ((0,87 · 3 2) / 19,6) · 20 = 8 [кг/м2]

**Участок 9**

 Сопротивление при внезапном расширении определяется по формуле:

**ρ · w2 2**

 **h1 =** · **ζтр. [кг/м2]**

**2q**

Коэффициент трения при внезапном сужении определяется в зависимости от отношения **ƒ / F** по справочным данным

 **ƒ** = 6,5 · 2,6 · 2 = 34м2

 **F =** 14,4 · 2,9 = 42м2

 ζтр. = 34/42 = 0,04

 h 7 = ((0,87 · 3 2) / 19,6) · 0,04 = 0,02 [кг/м2]

 **Суммарное сопротивление по кольцу циркуляции воздуха в камере**

 **hрасч. = h1 + h2;13 + h3;12 + h4 + h5;11 + h6;10 + h7 + h8 + h9**

 hрасч. = 3,3 + 0,18 + 0,9 + 1,4 + 7 + 0,2 + 0,02 + 8 + 0,02 = 21,02 [кг/м2]

**III.2. Выбор вентилятора**

 Для выбора вентилятора имеются данные давления воздуха по характеристике.

**1,2**

**ρ**

 **hхар. = hрасч. =** 21,02 · (1,2/0,87) = 29 [кг/м2]

 **Vц. 1вен. = =** 167400/6 = 27900 м3/ч

**Vц.**

**nвен.**

**Vц. 1вен.**

 **V1вен. = =** 27900/3600 = 7,75 м3/с

**3600**