

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Специальность 35.02.03
Технология деревообработки

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
по МДК01.01 ЛЕСОПИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО,
НАПРАВЛЕНИЕ "СУШКА ДРЕВЕСИНЫ"

Братск 2014

Составила Жилко Э.В., преподаватель кафедры экономико-
деревообрабатывающих дисциплин.

Рассмотрено на заседании кафедры экономико-деревообрабатывающих
дисциплин.

«_____» _____ 2014г.

(подпись зав.кафедрой)

Одобрено и утверждено редакционным советом

Подпись председателя РИС

от «_____» _____ 2014г. Протокол № _____

Содержание

Введение	4
Состав, содержание и оформление курсового проекта	5
2 Указания по выполнению отдельных частей курсового проекта	7
2.1 Пояснения по написанию Введения	7
2.2 Описание сушильной камеры	7
2.3 Технологическая часть	8
2.3.1 Выбор режима сушки	8
2.3.2 Расчет продолжительности сушки и оборота камеры	10
2.3.3 Перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объем условного материала	14
2.3.4 Расчет годовой производительности камеры на условном материале	15
2.3.5 Расчет потребного количества сушильных камер	16
2.4 Тепловой расчет	16
2.4.1 Выбор расчетного материала	16
2.4.2 Определение параметров агента сушки на входе в штабель	17
2.4.3 Расчет количества испаряемой влаги	19
2.4.4 Определение объема циркулирующего агента и его параметров на выходе из штабеля	19
2.4.5 Расчет расхода тепла на сушку	24
2.4.6 Расход пара	30
2.4.7 Выбор конденсатоотводчика	32
2.5 Описание технологического процесса сушки	32
2.5.1 Транспортные и погрузочные операции. Применяемые механизмы	33
2.5.2 Составление рабочего режима сушки пиломатериалов в камерах периодического действия	33
2.5.3 Расчет погрузочно-разгрузочного оборудования для камер непрерывного действия	
2.6 Техника безопасности и противопожарные мероприятия в проектируемом цехе	
2.7 Графическая часть	37
2.8 Пояснения по написанию заключения	38
Заключение	39
Приложение А	40
Приложение Б	68
Приложение В	72
Приложение Г	73
Приложение Д	74
Список использованных источников	75

Введение

Сушка- процесс удаления влаги из того или иного материала испарением. Процессы сушки широко применяются в различных отраслях промышленности и народного хозяйства, в том числе и в деревообрабатывающих производствах.

Сушка - обязательная часть технологического процесса выработки пиломатериалов. Непросушенные пиломатериалы не могут считаться готовой продукцией, подлежащей реализации, а технологический процесс их изготовления - законченным.

Цель курсового проекта - обобщить и систематизировать знания студентов, подготовить к самостоятельной работе в период выполнения дипломного проекта, научить грамотно использовать полученные знания при решении производственных вопросов.

При выполнении данного курсового проекта студенты закрепят полученные знания по параметрам и свойствам агента сушки, свойствам древесины и физическим явлениям, возникающим в процессе сушки, кроме того используя полученные знания разработают технологический процесс сушки.

Основой для выполнения курсового проекта является задание на проектирование сушильного цеха, выдаваемого преподавателем. В задании указывается марка сушильной камеры, спецификация пиломатериалов, готовой объем сушки, место строительства, давление теплоносителя пара на входе в камеру, содержание пояснительной записки и графической части, дата выдачи задания и окончания работы.

В курсовой работе производится расчет необходимого количества сушильных камер и расхода пара, выбор конденсатоотводчиков, разработка плана сушильного цеха и описание технологического процесса сушки пиломатериалов (заготовок). Графическая часть включает план проектируемого сушильного цеха и схему сушильной камеры.

Описательная часть должна быть краткой, конкретной.

Курсовой проект выполняется студентом во время аудиторных занятий в сочетании с самостоятельной работой. Кроме того в процессе работы студент пользуется консультацией руководителя курсового проекта.

Разработанные учащимися курсовые проекты проверяются преподавателем и после оценки «допущен к защите» защищаются учащимися. Оценка защиты курсового проекта по пятибальной системе проставляется в зачетную книжку учащегося, а курсовой проект сдается в учебную часть. При оценке курсового проекта учитываются – качество выполняемого проекта, связанность, грамотность и последовательность изложения материала в расчетно-пояснительной записке, соответствие чертежей ЕСКД, теоретическая подготовка.

1 Состав, содержание и оформление курсового проекта

Курсовой проект состоит из:

- а) Пояснительной записки;
- б) Графической части - планировка сушильного цеха на формате А1, схема сушильной камеры на формате А1 или А2.

В состав пояснительной записки должны входить:

- а) Титульный лист;
- б) Лист задания;
- в) Оглавление;
- г) Введение (не более 1-2 страниц печатного текста);
- д) Описание сушильной камеры;
- е) Технологическая часть;
- ж) Тепловой расчет;
- з) Описание технологического процесса сушки;
- и) Техника безопасности и противопожарные мероприятия в проектируемом цехе;
- к) Заключение (не более 1-2 страниц печатного текста);
- л) Список использованных источников;

Пример содержания курсового проекта приведен в Примечании Б, списка использованных источников - в Примечании В, заключения - в Примечании Г .

Пояснительная записка должна излагаться технически грамотно, литературным языком, не допуская стилистических и грамматических ошибок. Изложения лучше вести краткими предложениями, без излишних подробностей и повторений. Пояснительная записка должна быть отпечатана на компьютере или написана чернилами от руки на стандартных листах писчей бумаги формата А4. Пояснительная записка пишется полными словами, без сокращений. На каждом листе вычерчивается рамка, при этом с левой стороны листа оставляются поля 20мм (для подшивки), с правой, верхней и нижней – по 5мм.

На листе содержания располагается основная надпись (штамп) для текстовых документов высотой 40мм по ГОСТ 2.104-68. В первой (верхней) графе штампа пишутся следующие обозначения – КП.ПЗ.ТЧ (Курсовой проект. Пояснительная записка. Технологическая часть). Во второй графе штампа пишется тема курсового проекта.

При заполнении листа следует соблюдать следующие требования:

- расстояние от рамки до границ текста рекомендуется оставлять в начале строки не менее 5мм, в конце строк – 3мм;
- расстояние от верхней строки текста до рамки листа должно быть не менее 10мм;
- расстояние от нижней строки текста до основной надписи (штампа) должно быть не менее 10мм;

- расстояние между заголовками и последующим текстом – 10мм, такое же расстояние должно быть между заголовками раздела и подраздела.

Каждый раздел пояснительной записки необходимо начинать с нового листа. Опечатки, описки, обнаруженные при выполнении пояснительной записки, можно исправлять аккуратной подчисткой. Повреждение листов записки, помарки, зачеркивания, грязь не допускаются.

Содержание пояснительной записки должно состоять из разделов, подразделов и отдельных пунктов, например 2.1., где 2 - номер раздела (технологический), 1 – номер подраздела (выбор режима сушки).

Наименование разделов и подразделов должны быть краткими, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точка в конце заголовка не ставится.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами, или как это обозначается в соответствующих учебных пособиях.

Значение каждого символа следует давать с новой строки в той же последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

Если в записке более одной формулы, то их нумеруют арабскими цифрами, номер ставится с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы дается в скобках, например в формуле (1).

Расположение текста в пояснительной записке должно быть в той же последовательности, которая рекомендуется в настоящих методических указаниях,

Пояснительная записка начинается с титульного листа. После титульного листа подшивается лист задания на курсовое проектирование, выданное руководителем курсового проекта. Далее помещается оглавление, в котором указывается наименование отдельных разделов и подразделов пояснительной записки, причем проставляют страницы только начала разделов и подразделов. Листы пояснительной записки нумеруются в следующей последовательности с. 1 – титульный лист, с. 2 – задание на курсовое проектирование, с. 3 – оглавление, с. 4 – введение и т. д.

В конце пояснительной записки должен быть перечень используемых источников при выполнении проекта.

Графическая часть проекта должна состоять из двух чертежей, выполненных в карандаше или в программе "Компас" на листе формата А1 (допускается формат А2 для выполнения схемы сушильной камеры) в масштабе 1:100 или 1:50.

2 Указания по выполнению отдельных частей курсового проекта

Каждая часть курсового проекта может состоять из нескольких разделов. Этой последовательности следует придерживаться студенту при выполнении курсового проекта.

2.1 Пояснения по написанию введения

В этом разделе необходимо изложить физическую сущность процесса сушки древесины, цели и значение процесса сушки пиломатериалов для решения задач, поставленных перед деревообрабатывающей промышленностью.

Кроме этого необходимо обозначить цель и задачи курсового проектирования.

2.2 Описание сушильной камеры

Необходимо указать принцип действия, назначение и область применения заданного типа сушильной камеры (с указанием категории качества высушиваемых пиломатериалов), вид агента сушки и применяемые категории режимов сушки в данной камере.

Далее следует описать устройство камеры и её составных частей, привести техническую характеристику, указать достоинства и недостатки сушильной камеры.

Технические характеристики сушильной камеры должны быть сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические характеристики сушильной камеры

Технические характеристики	Показатели
1	2
1. Внутренние размеры камеры, м Длина Ширина Высота	
2. Габаритные размеры загружаемых штабелей, м Длина Ширина Высота	
3. Число штабелей	
4. Вместимость камеры в условном материале, куб.м усл. материала	
5. Калориферы Тип	

Продолжение таблицы 1

1	2
Поверхность нагрева, м ² 6. Вентиляторы Тип Количество 7. Установленная мощность электродвигателя, кВт 8. Годовая производительность камеры в условном материале, куб.м усл.материала	

2.3 Технологическая часть

Технологическая часть курсового проекта является основной. От правильного выбора режима сушки и его параметров зависит получение пиломатериалов требуемого качества, правильность расчета продолжительности сушки и оборота камеры способствует рациональному использованию сушильного пространства камер. Поэтому к выбору режимов сушки, расчету производительности и потребного количества камер следует отнестись весьма внимательно.

2.3.1 Выбор режима сушки

В соответствии с указанным в задании назначением высушиваемых материалов следует установить категорию качества сушки, а затем выбрать категорию режима сушки и его параметры.

При выборе режима сушки руководствуйтесь следующими рекомендациями. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству высушиваемой древесины, пиломатериалы могут высушиваться режимами различных категорий по температурному уровню – низкотемпературными (мягкие (М), нормальные (Н), форсированные (Ф)) и высокотемпературными.

При сушке пиломатериалов до транспортной влажности по нулевой категории качества (0) применяют нормальные режимы, а в случаях когда требуется сохранение естественного цвета древесины (для экспортных пиломатериалов) – мягкие режимы.

При сушке до эксплуатационной влажности по первой категории (1) применяют мягкие и нормальные режимы.

При сушке до эксплуатационной влажности по второй категории качества применяют нормальные режимы сушки.

При сушке до эксплуатационной влажности по третьей категории качества применяют нормальные режимы сушки – в случае когда не допустимо снижение прочностных показателей древесины и форсированные и высокотемпературные – в случае когда допустимо изменение естественного цвета древесины и уменьшение прочностных показателей древесины.

Номер, индекс и параметры режимов низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия для хвойных пород определяются в зависимости от их толщины:

- для сосны, ели, пихты, кедра – по таблице А.1 Приложения А;
- для лиственницы – по таблице А.2 Приложения А.

Номер и индекс режимов сушки низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия для лиственных пород определяются по таблице А.4 Приложения А в зависимости от толщины, породы пиломатериалов и категории режимов. Параметры режимов сушки для лиственных пород определяются по таблице А.3 Приложения А .

Номер режимов высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия определяется в зависимости от их породы и толщины по таблице А.5 Приложения А.

Параметры высокотемпературного процесса сушки определяются по таблице А.6 Приложения А.

Номер, индекс и параметры режимов сушки пиломатериалов в противоточных камерах определяются в зависимости от их конечной влажности, толщины и назначения:

- для сосны, кедра и пихты – по таблице А.7 Приложения А;
- для лиственницы – по таблице А.9 Приложения А;
- для ели – по таблице А.7 Приложения А по ближайшей меньшей группе толщин;
- для мягких лиственных пород (береза, ольха, осина, тополь, липа) - по таблице А.7 Приложения А по ближайшей большей группе толщин.

Выбранные режимы сушки для пиломатериалов, указанных в задании, рекомендуется представить в виде таблицы 2.1 (для камер периодического действия) и таблицы 2.2 (для камер непрерывного действия).

Таблица 2.1 – Режимы сушки

Порода	Толщина п/м, мм.	Номер и индекс режима	Номер ступени	Изменение W древесины на каждой ступени, %	Параметры режима		
					t, °C	Δt, °C	φ
Пример заполнения							
Сосна	32	6-В	1	80...30	57	4	0.81
			2	30...20	61	7	0.7
			3	20...8	77	23	0.32
Береза	40	4-М	1	75...30	55	4	0.81
			2	30...20	58	7	0.69
			3	20...8	75	24	0.3

Таблица 2.2 – Режимы сушки

Порода	Толщина п/м, мм	Влажность п/м, %		Номер и индекс режима	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры			Максимальная психрометрическая разность в загрузочном конце камеры, Δt_2 , °C
		W_n	W_k		t_1 , °C	Δt_1 , °C	φ	
Пример заполнения								
Сосна	25	80	16	2-Н	92	23	0,38	6
Ель	50	45	18	4-Н	87	18	0,46	8

2.3.2 Расчет продолжительности сушки и оборота камеры

Продолжительность сушки зависит от породы древесины, толщины и ширины пиломатериалов, их начальной и конечной влажности, категории качества (назначения пиломатериалов) и конструкции сушильных камер (характера циркуляции сушильного агента сушки).

При расчетах продолжительности сушки в данном курсовом проекте используют табличный метод, основанный на использовании таблиц и требующий лишь перемножения входящих в них величин. Метод дается для трех разновидностей процесса сушки - низкотемпературного процесса в камерах периодического действия, высокотемпературного процесса в этих же камерах и низкотемпературного процесса в противоточных камерах непрерывного действия.

а) Общая продолжительности сушки в камерах периодического действия при низкотемпературном процессе, включая начальный прогрев и влаготеплообработку, определяется по формуле

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{\text{ц}} \cdot A_B \cdot A_K \cdot A_D, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{суш}}$ – общая продолжительность сушки в камерах периодического действия при низкотемпературном процессе сушки, час.;

$\tau_{\text{исх}}$ – исходная продолжительность собственно сушки пиломатериалов заданной породы и размеров нормальным режимом от начальной влажности 60% до конечной 12% в камерах с реверсивной циркуляцией средней интенсивности (расчетная скорость воздуха –1,0 м/с, ширина штабеля 1,5-2,0 м), час, определяется по таблице А.11 Приложения А;

$A_p, A_{\text{ц}}, A_B, A_K, A_D$ – коэффициенты, учитывающие категорию режима сушки A_p , интенсивность циркуляции $A_{\text{ц}}$, начальную и конечную влажность A_B , качество сушки A_K , длину материала A_D .

Коэффициент A_p , учитывающий жесткость применяемого режима сушки принимается равным: для мягких режимов – 1,7, для нормальных – 1,0, для форсированных – 0,8.

Коэффициент $A_{ц}$ определяется по таблице А.8 Приложения А. Для определения $A_{ц}$ необходимо знать скорость циркуляции сушильного агента по материалу. Скорость циркуляции следует принимать для камер различных типов следующей:

- 1) Камеры стационарные (в строительных ограждениях)
 - с циркуляцией повышенной интенсивности (например, СПЛК-1, СПЛК-2, ВК-4, СПМ-2К) – 2,0 м/с;
 - с циркуляцией средней интенсивности (например, эжекционные Гипродревпрома, ЦНИИМОД -23) – 1,0 м/с;
 - с циркуляцией слабой интенсивности (например, ЦНИИМОД-39) – 0,5 м/с;
 - с естественной циркуляцией – 0,2 м/с.

- 2) Камеры сборно-металлические
 - с реверсивной циркуляцией (например, СПВ-62, УЛ-1, УЛ-2, УЛ-2М) – 2,5 м/с;
 - с нереверсивной циркуляцией (например, СКД) – 2,0 м/с.

Для камер не указанных выше - скорость сушильного агента сушки необходимо смотреть по техническим характеристикам камеры.

Коэффициент A_k , учитывающий длительность влаготеплообработки и кондиционирования древесины, имеет следующие значения : первая категория качества – 1,2; вторая категория качества – 1,15; третья категория качества – 1,05; нулевая категория качества - 1,00.

Коэффициент A_v - определяется по таблице А.12 Приложения А.

Коэффициент длины A_d для пиломатериалов принимают равным - 1,0; для заготовок определяется по таблице А.10 Приложения А в зависимости от соотношения длины заготовки к ее толщине.

б) Общая продолжительность сушки в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе сушки определяется по формуле

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} \cdot A_p \cdot A_{ц} \cdot A_v \cdot A_k \cdot A_d, \quad (2)$$

где $\tau_{\text{суш}}$ - продолжительности сушки в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе сушки, час.;

$\tau_{\text{исх}}$ – исходная продолжительность собственно сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров стандартным высокотемпературным режимом от начальной влажности 60% до конечной влажности 12% в камерах с реверсивной циркуляцией при скорости сушильного агента – 2 м/с, час, определяется по таблице А.13 Приложения А;

$A_p, A_{ц}, A_v, A_k, A_d$ – коэффициенты, учитывающие породу древесины A_p , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность A_v , качество сушки A_k , длину

материала A_d .

Коэффициент $A_{\text{п}}$ - определяется по таблице А.14 Приложения А.

Коэффициент $A_{\text{ц}}$ - определяется по таблице А.15 Приложения А в зависимости от скорости сушильного агента по материалу $v_{\text{мат}}$. Скорость сушильного агента по материалу определяется в зависимости от характера циркуляции и конструктивному исполнению сушильных камер по таблице А.25 Приложения А.

Коэффициент $A_{\text{в}}$ - определяется по таблице А.16 Приложения А в зависимости от начальной и конечной влажности пиломатериала.

Коэффициент $A_{\text{к}}$ - определяется по таблице А.18 Приложения А.

Коэффициент длины A_d для пиломатериалов принимают равным - 1,0, для заготовок определяется по таблице А.10 Приложения А в зависимости от соотношения длины заготовки к ее толщине.

в) Общая продолжительность сушки в камерах непрерывного действия.

Камеры непрерывного действия делятся на камеры с позонной поперечной циркуляцией и противоточной циркуляцией сушильного агента сушки. В камерах с позонной циркуляцией продолжительность сушки определяется по рассмотренной ранее формуле для камер периодического действия при низкотемпературном процессе (формула 1).

В противоточных камерах непрерывного действия (например, ЦНИИМОД-49, ЦНИИМОД-56, ЦНИИМОД-32, СП-5КМ) продолжительность сушки, включая начальный прогрев, определяется по формуле

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{исх}} \cdot A_{\text{п}} \cdot A_{\text{ц}} \cdot A_{\text{в}} \cdot A_{\text{к}}, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{суш}}$ – продолжительность сушки в противоточных камерах непрерывного действия, час;

$\tau_{\text{исх}}$ – исходная продолжительность собственно сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров от начальной влажности 60% до конечной влажности 12% в камерах с поперечной штабелевкой, час, определяется по таблице А.17 Приложения А;

$A_{\text{п}}$, $A_{\text{ц}}$, $A_{\text{в}}$, $A_{\text{к}}$ – коэффициенты, учитывающие породу древесины $A_{\text{п}}$, интенсивность циркуляции $A_{\text{ц}}$, начальную и конечную влажность $A_{\text{в}}$, качество сушки $A_{\text{к}}$.

Коэффициент $A_{\text{к}}$, учитывающий длительность влаготеплообработки и конденционирования древесины, имеет следующие значения : первая категория качества – 1,2; вторая категория качества – 1,15; третья категория качества – 1,05; нулевая категория качества - 1,00.

Коэффициент $A_{\text{п}}$ - определяют по таблице А.19 Приложения А.

Коэффициент $A_{\text{ц}}$ для обрезного пиломатериала - определяют по таблице А.21 Приложения А в зависимости от толщины материала, характера

циркуляции сушильного агента, категории режимов сушки и расчетной скорости циркуляции $v_{\text{габ.расч.}}$.

Расчетная скорость циркуляции в габаритном сечении штабеля $\omega_{\text{габ.расч.}}$ определяется по таблице А.26 Приложения А в зависимости от типа камер и категории режима.

Коэффициент $A_{\text{ц}}$ для обрезных пиломатериалов определяется по таблице А.21 Приложения А; для необрезных материалов – определяется умножением табличного значения поправочного коэффициента (определяется по таблице А.20 Приложения А) на величину $A_{\text{ц}}$ для обрезных.

Коэффициент $A_{\text{в}}$ - определяется по таблице А.22 Приложения А с учетом толщины пиломатериала и категории режима сушки, начальной и конечной влажности древесины.

Продолжительность оборота камеры при сушке в камерах периодического действия определяется по формуле

$$\tau_{\text{об}} = \tau_{\text{суш}} + \tau_{\text{з.р.}} \quad (4)$$

- где $\tau_{\text{об}}$ - продолжительность оборота камеры при сушке в камерах периодического действия, сут.;
- $\tau_{\text{суш}}$ - продолжительность сушки, сут.;
- $\tau_{\text{з.р.}}$ - продолжительность загрузки и разгрузки камеры, принимается равной 0,1 суток при механизированных способах загрузки камер.

В камерах непрерывного действия, загрузка и разгрузка которых осуществляется без остановки сушильного процесса продолжительность оборота камеры определяется по формуле

$$\tau_{\text{об}} = \tau_{\text{суш}}, \quad (5)$$

В данном разделе также необходимо произвести расчеты продолжительности сушки и оборота камеры для условного материала.

Под условным материалом понимают сосновые обрезные доски толщиной 40мм, шириной 150мм, высушиваемые по второй категории качества от начальной влажности 60% до конечной 12% при скорости сушильного агента 2,0 м/с.

Результаты расчетов продолжительности сушки и оборота камеры сносят в таблицу 3.

Таблица 3– Продолжительность сушки и оборота камеры

Характеристика п/м					Категория качества	Категория режима	$\tau_{исх},$ ч	Коэффициент					$\tau_{сушки}$		$\tau_{об}$ сут
Порода	Толщина	Ширина	W, %					A _p	A _ц	A _к	A _в	A _g	ч	сут	
			W _н	W _к											
Пример заполнения															
Береза	32	120	80	8	I	M	91	1.7	0.92	1.2	1.43	1	244	10	11
Сосна	40	Разн.	75	8	I	M	88	1.7	0.92	1.2	1.39	1	229	9.56	10.5
Сосна усл.	40	150	60	12	II	H	88	1,0	0,78	1,15	1,0	1,0	79,4	3,3	3,4

2.3.3 Перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объем условного материала

Объем подлежащих сушке фактических пиломатериалов переводится в объем условного материала по формуле

$$Y_i = \Phi_i \cdot K_\tau \cdot K_E, \quad (6)$$

где Y_i - объем подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объеме условного материала, м³;

Φ_i – объем подлежащих сушке фактических пиломатериалов, м³;

K_τ – коэффициент продолжительности оборота;

K_E – коэффициент вместимости камеры.

Коэффициент продолжительности оборота камеры определяется по формуле

$$K_\tau = \frac{t_{об.}}{t_{об.усл.}}, \quad (7)$$

где K_τ - коэффициент продолжительности оборота камеры;

$\tau_{об}$ - продолжительность оборота камеры при сушке фактического материала, суток ;

$\tau_{об.усл.}$ - продолжительность оборота камеры при сушке условного материала, суток .

Коэффициент вместимости камеры определяем по формуле

$$K_E = \frac{b_{\text{усл.}}}{b_{\text{факт.}}}, \quad (8)$$

- где K_E - коэффициент вместимости камеры;
 $\beta_{\text{усл}}$ - объемный коэффициент заполнения штабеля условным материалом;
 $\beta_{\text{фак}}$ - объемный коэффициент заполнения штабеля фактическим материалом.

Нормативные значения объемного коэффициента определяется по таблице А.24 Приложения А в зависимости от толщины материала, способа укладки и вида материала (обрезной или необрезной), толщины прокладок.

Перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объем условного материала целесообразно представить в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Перевод объем фактических пиломатериалов, подлежащих сушке в объем условного материала

Характеристика материала			Продолж. оборота камеры, сут.		Коэффициенты				Объем п/м, м ³	
Порода	Толщина	Ширина	$\tau_{\text{об.ф}}$	$\tau_{\text{об.усл}}$	K_{τ}	$\beta_{\text{Ф}}$	$\beta_{\text{усл}}$	K_E	Заданный Ф	в усл. материале, У
Береза	32	120	11	3.4	2.96	0.399	0.438	1.09	1500	4839,6
Сосна	40	разн.	10,5	3.4	2.83	0.292	0.438	1.5	1000	4245

$$\sum \Phi = 2500 \text{ м}^3$$

$$\sum \Upsilon = 9084,6 \text{ м}^3$$

2.3.4 Расчет годовой производительности камеры на условном материале

Нормативная годовая производительность камеры на условном материале рассчитывается по формуле

$$P_y = \frac{335}{t_{об.усл.}} \cdot \beta_{усл} \cdot \Gamma, \quad (9)$$

где P_y - нормативная годовая производительность камеры на условном материале, м³ усл./год;
 Γ – габаритный объем всех штабелей в камере, м³;
 335 – плановая продолжительность работы камер в течение календарного года с учетом необходимости их периодического ремонта, суток.

Габаритный объем всех штабелей в камере определяем по формуле

$$\Gamma = L \cdot B \cdot H \cdot m, \quad (10)$$

где Γ - габаритный объем всех штабелей в камере, м³;
 L, B, H – габаритные размеры штабеля (длина, ширина, высота), м;
 m – число штабелей в камере, шт.

Габаритные размеры штабеля и число штабелей смотреть в таблице 1.

2.3.5 Расчет потребного количества сушильных камер

Потребное количество камер рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\sum Y}{P_y}, \quad (11)$$

где $\sum Y$ - общий объем условного материала, подсчитанный в таблице 4;
 P_y - годовая (плановая) производительность одной камеры в условном материале (см. формулу 9).

Принятое количество камер определяется округлением до ближайшего целого числа.

2.4 Тепловой расчет

2.4.1 Выбор расчетного материала

За расчетный материал принимается самый быстросохнувший материал из заданной спецификации (таблица 3), т.е. тот у которого продолжительность оборота камеры $\tau_{об.}$ имеет наименьшее значение.

2.4.2 Определение параметров агента сушки на входе в штабель

а) Агент сушки – влажный воздух.

По выбранному для расчетного материала режиму (таблица 2.1 или 2.2) назначаются расчетные параметры агента сушки (температура, степень насыщенности) на входе в штабель. Для камер периодического действия эти параметры берутся по второй ступени режима сушки, для противоточных камер непрерывного действия они соответствуют параметрам в разгрузочном конце камеры. Другие параметры, характеризующие состояние сушильного агента на входе в штабель – влагосодержание d , теплосодержание J , парциальное давление пара P_n , плотность ρ и удельный объем V определяются по Jd - или tr - диаграмме или расчетным путем по следующим формулам.

Парциальное давление пара в воздухе находится по формуле

$$P_{n1} = P_{n1} \cdot \varphi, \quad (12)$$

где P_{n1} - парциальное давление пара в воздухе, Па;

P_{n1} – давление насыщенного пара при температуре t_1 , Па;

φ - степень насыщенности сушильного агента.

Значение P_{n1} определяется по таблице А.40 Приложения А.

Влагосодержание воздуха d_1 , г/кг определяется по формуле

$$d_1 = 622 \cdot \frac{P_{n1}}{100000 - P_{n1}}, \quad (13)$$

где d_1 - влагосодержание воздуха , г/кг.

Теплосодержание воздуха определяется по формуле

$$J_1 = t_1 + 0,001 \cdot d_1 \cdot (1,93 \cdot t_1 + 2490), \quad (14)$$

где J_1 - теплосодержание воздуха , кДж/кг.

Плотность воздуха определяется по формуле

$$\rho_1 = \frac{349 - \frac{132 \cdot d_1}{622 + d_1}}{273 + t_1}, \quad (15)$$

где ρ_1 - плотность воздуха , кг/м³.

Удельный объем воздуха определяется по формуле

$$V_1 = 4,62 \cdot 10^{-6} \cdot (273 + t_1) \cdot (622 + d_1), \quad (16)$$

где V_1 - удельный объем воздуха , м³/кг.

Температура смоченного термометра определяется по формуле

$$t_m = t_1 - \Delta t_1, \quad (17)$$

где t_m - температура смоченного термометра, °С.

Удельная теплоемкость перегретого пара для низкотемпературного процесса сушки не определяется.

Значение параметров агента сушки на входе в штабель записываются в таблицу 5.

Таблица 5 – Параметры агента сушки на входе в штабель

Наименование	Обозначение	Ед.измерения	Значение
1.Температура	t_1	°С	
2.Относительная влажность	ϕ_1		
3.Влагосодержание	d_1	г/кг	
4.Теплосодержание	J_1	кДж/кг	
5.Парциальное давление пара	$P_{п1}$	Па	
6. Плотность	ρ_1	кг/м ³	
7. Удельный объем	V_1	м ³ /кг	
8.Температура смоченного термометра	t_m	°С	
9. Удельная теплоемкость перегретого пара	$C_{п1}$	кДж/(кг град)	

б) Агент сушки – перегретый пар.

При использовании высокотемпературных режимов ($t_m = 100$ °С) в камерах периодического действия расчетные параметры (t_1 и ϕ_1) агента сушки на входе в штабель назначаются по первой ступени (см. таблицу 2.1). Теплосодержание J_1 , плотность ρ_1 , удельный объем V_1 и удельную теплоемкость перегретого пара $C_{п1}$ определяют по таблице А.27 Приложения А в зависимости от температуры сушильного агента. Значения параметров записываются в таблицу 5, при этом влагосодержание и парциальное давление пара не указываются.

2.4.3 Расчет количества испаряемой влаги

Количество влаги, испаряемой на 1м³ древесины определяют по формуле

$$M_{1м}^3 = \frac{W_n - W_k}{100} \cdot \rho_6, \quad (18)$$

где $M_{1м}^3$ - количество влаги, испаряемой на $1м^3$ древесины, $кг/м^3$;
 ρ_6 – базисная плотность древесины, $кг/м^3$, определяется по таблице А.28 Приложения А;
 W_H, W_K - начальная и конечная влажность расчетного материала, %.

Расчет количества влаги, испаряемой из древесины в секунду, определяем по формуле

$$M_p = \frac{M_{1м^3} \cdot \Gamma \cdot \beta_\phi \cdot A_k \cdot x}{3600 \cdot \tau_{суш.}}, \quad (19)$$

где M_p - количества влаги, испаряемой из древесины в секунду, $кг/с$;
 Γ – габаритный объем всех штабелей, $м^3$ (определяется по формуле 10);
 β_ϕ – объемный коэффициент заполнения штабеля фактическим (расчетным материалом), см. таблицу 4;
 A_k – коэффициент, учитывающий качество сушки (см. таблицу 3);
 x - коэффициент неравномерности скорости сушки, определяется для камер периодического действия по рисунку 1 Приложения Б зависимости от конечной влажности древесины и процесса сушки (низко- или высокотемпературный). Для камер непрерывного действия $x = 1$;
 $\tau_{суш}$ – общая продолжительность сушки расчетного материала, час (см. таблицу 3).

2.4.4 Определение объема циркулирующего агента сушки и его параметров на выходе из штабеля

а) Камеры периодического действия. Низкотемпературный процесс сушки.

Объем циркулирующего по материалу агента сушки определяется по формуле

$$V_{шт} = n \cdot V_{мат} \cdot S_{ж.с.шт}, \quad (20)$$

где $V_{шт}$ - объем циркулирующего по материалу агента сушки, $м^3/с$;
 $S_{ж.с.шт}$ – площадь живого сечения штабеля (свободная для прохода агента сушки), $м^2$, определяется по формулу 21;
 n – количество штабелей в плоскости, перпендикулярной направлению потока воздуха, шт. (необходимо знать расположение штабелей в камере и схему циркуляции сушильного агента, для определения данной величины рекомендуется воспользоваться эскизом камеры, например, в камере ВК-4 $n = 2$, в камере СПЛК -2 $n = 1$);
 $V_{мат}$ – скорость циркуляции по материалу, $м/с$ (смотреть

раздел 2.3.2).

Площадь живого сечения штабеля для лесосушильных камер большинства систем определяется по формуле

$$S_{\text{ж.с.шт}} = L \cdot H \cdot (1 - \beta_d \cdot \beta_B), \quad (21)$$

где $S_{\text{ж.с.шт}}$ - площадь живого сечения штабеля, м^2 ;

β_d – коэффициент заполнения штабеля по длине (определяется по формуле 22);

β_B – коэффициент заполнения штабеля по высоте (определяется по формуле 23);

L , H – длина и высота штабеля, м (смотреть таблицу 1).

Коэффициент заполнения штабеля по длине показывает отношение средней длины уложенных в штабель пиломатериалов к его длине и определяется по формуле

$$\beta_d = \frac{L_{\text{ср}}}{L}, \quad (22)$$

где β_d - коэффициент заполнения штабеля по длине;

$L_{\text{ср}}$ – средняя длина пиломатериалов, уложенных в штабель, м (длина пиломатериалов, указанных в спецификации);

L – длина штабеля, м .

Для штабеля пиломатериалов различной длины β_d принимается в среднем равным 0,85 (при длине штабеля 6,5м). Если длина всех досок или заготовок в штабеле одинакова $\beta_d = 1$.

Коэффициент заполнения штабеля по ширине характеризует отношение суммарной толщины пиломатериалов в вертикальном ряду штабеля к его высоте. Он определяется по формуле

$$\beta_B = \frac{S}{S + S_{\text{пр}}}, \quad (23)$$

где β_B – коэффициент заполнения штабеля по ширине;

S – толщина расчетного пиломатериала, мм ;

$S_{\text{пр}}$ – толщина прокладок, обычно равна 25мм; в отдельных случаях принимаются прокладки толщиной 22 и 32мм.

Влагосодержание агента сушки на выходе из штабеля находят по формуле

$$d_2 = d_1 + \left(\frac{1000 \cdot M_p \cdot V_1}{V_{шт.}} \right), \quad (24)$$

где d_2 - влагосодержание агента сушки на выходе из штабеля, г/кг;
 d_1 – влагосодержание агента сушки на входе в штабель, г/кг
(смотреть таблицу 5);

M_p - количество влаги, испаряемой из древесины в секунду, кг/с
(смотреть формулу 19);

V_1 – удельный объем агента сушки, м³/кг (смотреть таблицу 5);

$V_{шт}$ - объем циркулирующего агента сушки, м³/сек. (смотреть формулу 20).

Значение параметров - парциальное давление пара P_{n2} , плотность ρ_2 и удельный объем V_2 , степень насыщенности ϕ_2 можно определить аналитическим путем, используя формулы.

Значение температуры сушильного агента на выходе из штабеля более точно можно определить по формуле

$$t_2 = t_1 - \frac{(d_2 - d_1)}{0,4 + 0,00037 \times (d_2 + d_1)}, \quad (25)$$

где t_2 - значение температуры сушильного агента на выходе из штабеля, °С.

Парциальное давление пара определяется по формуле

$$P_{n2} = 100000 \times \frac{d_2}{622 + d_2}, \quad (26)$$

где P_{n2} - парциальное давление пара на выходе из штабеля, Па.

Плотность воздуха определяется по формуле

$$\rho_2 = \frac{349 - \frac{132 \cdot d_2}{622 + d_2}}{273 + t_2}, \quad (27)$$

где ρ_2 – плотность воздуха на выходе из штабеля, кг/м³.

Удельный объем воздуха определяется по формуле

$$V_2 = 4,62 \cdot 10^{-6} \cdot (273 + t_2) \cdot (622 + d_2), \quad (28)$$

где V_2 - удельный объем воздуха на выходе из штабеля, м³/кг.

Степень насыщенности определяется по формуле

$$\varphi_2 = \frac{P_{n2}}{P_{n2}}, \quad (29)$$

где φ_2 – степень насыщенности агента сушки на выходе из штабеля.

Значение P_{n2} определяется по таблице А.40 Приложения А в зависимости от температуры t_2 .

Полученные значения параметров агента сушки на выходе из штабеля заносят в таблицу 6 (удельная теплоемкость перегретого пара при низкотемпературном процессе сушки не определяется).

Таблица 6 – Параметры агента сушки на выходе из штабеля

Наименование	Обозначение	Ед.измерения	Значение
1.Температура	t_2	$^{\circ}\text{C}$	
2.Относительная влажность	φ_2		
3.Влагосодержание	d_2	г/кг	
4.Теплосодержание	J_2	кДж/кг	
5.Парциальное давление пара	P_{n2}	Па	
6.Плотность	ρ_2	кг/м ³	
7.Удельный объем	V_2	м ³ /кг	
8.Температура смоч. термометра	t_M	$^{\circ}\text{C}$	
9.Удельная теплоемкость перегретого пара	$C_{п2}$	кДж/(кг град)	

б) Камеры периодического действия. Высокотемпературный процесс.

Объем циркулирующего по материалу агента сушки $V_{шт.}$ определяется так же, как и при низкотемпературном процессе сушки (формула 20).

Масса испаряемой влаги, приходящаяся на 1 кг циркулирующего перегретого пара определяется по формуле

$$M_{шт.} = \frac{M_p \cdot V_1}{V_{шт.}}, \quad (30)$$

где $M_{шт.}$ – масса испаряемой влаги, приходящейся на 1 кг циркулирующего перегретого пара, кг/кг;

M_p – расчетное количество испаряемой влаги в секунду, кг/с

(смотреть формулу 19);
 V_1 – удельный объем перегретого пара, м³/кг (смотреть таблицу 5).

Энтальпия (теплосодержание) перегретого пара на выходе из штабеля определяется по формуле

$$J_2 = \frac{J_1 + 100 \times C_v \times M_{um.}}{1 + M_{um.}}, \quad (31)$$

где J_2 – теплосодержание перегретого пара на выходе из штабеля, кДж/кг;

J_1 – теплосодержание перегретого пара на выходе из штабеля, кДж/кг (смотреть таблицу 5);

C_v – удельная теплоемкость воды, $C_v = 4,19$ кДж/(кг град).

Остальные параметры перегретого пара на выходе из штабеля, определяются по найденному значению теплосодержания по таблице А.27 Приложения А. Значения параметров заносят в таблицу 6.

в) Противоточные камеры непрерывного действия.

Параметры агента сушки на выходе из штабеля определяют по J_d – диаграмме при помощи построения линии процесса сушки. Точку 1, характеризующую состояние агента сушки на входе в штабель, находят по указанным в таблице 5 параметрам. Точку 2 получают на пересечении линии $J = \text{const}$ ($J_1 = J_2$), исходящей из точки 1, с линией $t_2 = t_m + \Delta t_2$. Значения $t_m = t_1 - \Delta t_1$ и Δt_2 определяются по режиму сушки расчетного материала (смотреть таблицу 2.2). Для точки 2, характеризующей состояние агента сушки на выходе из штабеля, определяются все параметры и заносят в таблицу 6.

Значение параметров – влагосодержание d_2 , парциальное давление пара P_{n2} , плотность ρ_2 и удельный объем V_2 , степень насыщенности ϕ_2 можно определить и аналитическим путем, используя формулы (24), (26), (27), (28), (29) при известных значениях J_2 и t_2 .

Объем циркулирующего по материалу агента сушки определяется по видоизмененной формуле

$$V = \frac{1000 \times M_p \times n_1}{d_2 - d_1}, \quad (32)$$

где V – объем циркулирующего по материалу агента сушки, м³/с.

2.4.5 Расчет расхода тепла на сушку

Расход тепла на сушку складывается из затрат тепла на прогрев материала, испарение из него влаги и на теплопотери через ограждения камеры.

Расчеты ведутся для зимних условий с целью определения максимальной

нагрузки на котельную и для среднегодовых условий с целью определения общих расходов пара на годовую программу.

а) Расход тепла на прогрев 1 м^3 древесины для зимних условий определяем по формуле

$$Q_{\text{пр}1\text{м}3\text{зим}} = Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{зим}} \cdot \rho_{\text{вн}}, \quad (33)$$

где $Q_{\text{пр}1\text{м}3\text{зим}}$ – расход тепла на прогрев 1 м^3 древесины для зимних условий, $\text{кДж}/\text{м}^3$;

$Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{зим}}$ – затраты тепла на прогрев 1 кг влажной древесины в зимних условиях, $\text{кДж}/\text{кг}$;

$\rho_{\text{вн}}$ – плотность древесины расчетного материала при заданной начальной влажности, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Значение $Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{зим}}$ определяется по диаграмме рисунка 2 Приложения Б, как сумма абсолютных теплосодержаний древесины заданной начальной влажности при нагреве от температуры $t_{\text{расч.зим.}}$ до $t_{\text{пр.}}$ (теплосодержание 1 кг влажной древесины для расчетной зимней температуры + теплосодержание 1 кг влажной древесины для температуры прогрева) . Левая часть диаграммы характеризует расход тепла на прогрев мерзлой древесины. Если температура древесины положительная, то расход тепла определяют по правой части диаграммы. Температура $t_{\text{расч.зим.}}$ определяется по таблице А.29 Приложения А в зависимости от региона строительства, как расчетная температура для отопления.

Температура $t_{\text{пр.}}$ определяется :

- для камер периодического действия в соответствии с указаниями, представленными в разделе 2.5.2;

- для камер непрерывного действия $t_{\text{пр}} = t_{\text{м}}$.

Значение плотности $\rho_{\text{вн}}$ определяется по диаграмме рисунка 3 Приложения Б в зависимости от породы и начальной влажности расчетного материала.

б) Расход тепла на прогрев древесины для среднегодовых условий определяем по формуле

$$Q_{\text{пр}1\text{м}3\text{ср}} = Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{ср}} \cdot \rho_{\text{вн}}, \quad (34)$$

где $Q_{\text{пр}1\text{м}3\text{ср}}$ – расход тепла на прогрев древесины для среднегодовых условий, $\text{кДж}/\text{м}^3$;

$Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{ср}}$ – затраты тепла на прогрев 1 кг влажной древесины для среднегодовых условий, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Значение $Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{ср}}$ определяется аналогично $Q_{\text{пр}1\text{кг}3\text{зим}}$ при нагреве древесины от температуры $t_{\text{ср.}}$ (смотреть таблицу А.29 Приложения А) до температуры прогрева.

в) Расход тепла на прогрев древесины в камере в секунду для зимних условий находится по формуле

$$Q_{\text{пр.зим.}} = \frac{q_{\text{пр.1м}^3 \text{ зим.}} \cdot \Gamma_{\text{пр.}} \cdot \beta_{\text{фак.}}}{3600 \times \tau_{\text{пр.}}}, \quad (35)$$

где $Q_{\text{пр.зим.}}$ - расход тепла на прогрев древесины в камере в секунду для зимних условий, кВт

$\Gamma_{\text{пр.}}$ – габаритный объем прогреваемых штабелей, м³. В камерах периодического действия $\Gamma_{\text{пр.}}$ определяется как габаритный объем всех штабелей, находящихся в камере (смотреть формулу 10), для камер непрерывного действия $\Gamma_{\text{пр.}}$ определяется как габаритный объем одного штабеля;

$\beta_{\text{ф}}$ – объемный коэффициент заполнения штабеля фактическим (расчетным) материалом (смотреть таблицу 4);

$\tau_{\text{пр.}}$ – продолжительность начального прогрева древесины, ч.

Ориентировочно $\tau_{\text{пр.}}$ принимается из расчета 1 час на каждый сантиметр толщины материала. Например, если толщина материала - 32мм, то продолжительность прогрева составит 3,2 часа.

г) Расход тепла на прогрев древесины в камере в секунду для среднегодовых условий определяется аналогичной по формуле

$$Q_{\text{пр.ср.год.}} = \frac{q_{\text{пр.1м}^3 \text{ ср.}} \cdot \Gamma_{\text{пр.}} \cdot \beta_{\text{фак.}}}{3600 \times \tau_{\text{пр.}}}, \quad (36)$$

где $Q_{\text{пр.ср.}}$ - расход тепла на прогрев древесины в камере в секунду для среднегодовых условий, кВт.

д) Удельный расход тепла на начальный прогрев древесины (на 1 кг подлежащий испарению влаги) в зимних условиях определяется по формуле

$$q_{\text{пр зим.}} = \frac{q_{\text{пр1м}^3 \text{ зим.}}}{M_{1\text{м}^3}}, \quad (37)$$

где $q_{\text{пр зим.}}$ - удельный расход тепла на начальный прогрев древесины в зимних условиях, кДж/кг.

е) Удельный расход тепла на начальный прогрев древесины в среднегодовых условиях определяется по формуле

$$q_{\text{пр ср.}} = \frac{q_{\text{пр.1м}^3 \text{ ср.}}}{M_{\text{1м}^3}}, \quad (38)$$

где $q_{\text{пр ср.}}$ - удельный расход тепла на начальный прогрев древесины в среднегодовых условиях, кДж/кг.

ж) Удельный расход тепла на испарение 1кг влаги определяется для зимних и среднегодовых условий при низкотемпературном процессе сушки определяется по формуле

$$q_{\text{исп}} = 1000 \cdot \frac{I_2 - I_0}{d_2 - d_0} - C_v \cdot t_{\text{пр.}}, \quad (39)$$

где $q_{\text{исп}}$ - удельный расход тепла на испарение 1кг влаги определяется для зимних и среднегодовых условий при низкотемпературном процессе сушки, кДж/кг;

J_2, d_2 – тепло- и влагосодержание отработавшего воздуха, выбрасываемого из камеры (смотреть таблицу б);

J_0, d_0 – тепло- и влагосодержание свежего воздуха, поступающего в камеру;

C_v – удельная теплоемкость воды, $C_v = 4,19$ кДж/ (кг град).

При поступлении свежего воздуха из помещения цеха (камера находится в помещении сушильного цеха) допустимо принять $J_0 = 46$ кДж/кг, $d_0 = 10$ г/кг.

При поступлении в камеру свежего наружного воздуха (сушильная камера находится на открытом воздухе) его параметры определяются климатическими условиями, ориентировочно можно принять:

- для зимних условий $J_{0 \text{ зим.}} = t_{\text{расч.зим}}$, $d_{0 \text{ зим.}} = 0$;

- для среднегодовых условий при положительной температуре:

$d_{0 \text{ ср.}} = 5$ г/кг ,

$$J_{0 \text{ ср.}} = t_{\text{ср}} + 0,001 \cdot d_{0 \text{ ср.}} \cdot (1,93 \cdot t_{\text{ср}} + 2490), \text{ кДж/кг}; \quad (40)$$

- для среднегодовых условий при отрицательных температурах:

$$d_{0 \text{ ср.}} = 0, \quad J_{0 \text{ ср.}} = t_{\text{ср}}, \text{ кДж/кг}; \quad (41)$$

з) Удельный расход тепла на испарение 1кг влаги для зимних и среднегодовых условий при высокотемпературном процессе сушки определяется по формуле

$$q_{\text{исп}} = J_2 - 100 \cdot C_v, \quad (42)$$

где $q_{\text{исп}}$ - удельный расход тепла на испарение 1кг влаги для зимних и

- среднегодовых условий при высокотемпературном процессе сушки, кДж/кг;
- J_2 – теплосодержание удаляемого пара, кДж/кг (смотреть таблицу б);
- C_v – удельная теплоемкость воды, $C_v = 4,19$ кДж/ (кг град).

и) Расход тепла в камере на испарение влаги в секунду для зимних и среднегодовых условий определяется по формуле

$$Q_{\text{исп.}} = q_{\text{исп.}} \cdot M_p, \quad (43)$$

где $Q_{\text{исп.}}$ - расход тепла в камере на испарение влаги в секунду для зимних и среднегодовых условий, кВт.

к) Расчет потерь тепла через ограждения камеры (крайней в блоке) в секунду выполняется для каждого ограждения для зимних и среднегодовых условий определяется по формуле

$$Q_{\text{огр.зим.}} = S \cdot K \cdot (t_{\text{кам.}} - t_{\text{расч.}}) \cdot C \cdot 10^{-3}, \quad (44)$$

где $Q_{\text{огр.зим.}}$ - расчет потерь тепла через ограждения камеры (крайней в блоке) в секунду для каждого ограждения для зимних и среднегодовых условий, кВт;

S- площадь поверхности ограждения, м^2 ;

K- коэффициент теплопередачи данного ограждения Вт/(м^2 град). Значение коэффициента теплопередач K кирпичных стен, ограждений сборных камер – каркасных с листовой обшивкой, дверей, потолка принимаются по таблице А.30 Приложения А в зависимости от конструкции камер (стационарные или сборно-металлические). Коэффициент теплопередач K пола принимается равным половине значения коэффициента теплопередачи наружной стены;

$t_{\text{кам.}}$ – температура агента сушки в камере, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{расч.}}$ – расчетная температура вне камер для зимних и среднегодовых условий, $^{\circ}\text{C}$. Если ограждения располагаются внутри здания сушильного цеха, то $t_{\text{расч.}}$ принимается равной $15 - 20$ $^{\circ}\text{C}$. Если ограждения соприкасаются с наружным воздухом, то $t_{\text{расч. зим.}}$ и $t_{\text{расч. ср.}}$ определяются по климатическим таблицам (таблица А.29 Приложения А);

C – коэффициент увеличения теплотерь, равный 1,5 – при мягких режимах сушки и 2 – при нормальных, форсированных и высокотемпературных режимах сушки.

Температура агента сушки определяется как среднее значение температур на входе и выходе из штабеля

$$t_{\text{кам}} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (45)$$

Расчеты теплотерь через ограждения камеры сводят в таблицу 7.

При заполнении таблицы 7 следует учитывать:

- Габаритные размеры камер, м (L – длина, Н – высота, В – ширина) и габаритные размеры дверей, м (b – ширина, h – высота) смотреть в таблице 1.

- В камерах непрерывного действия следует определять площади обоих торцевых стен камер без дверей и площадь двух дверей.

- Потери тепла через смежные (междукамерные) стены в расчет не принимаются.

Таблица 7 – Потери тепла через ограждения камеры

Наименование ограждений	S		K, Вт/(м ² ·град)	t _{кам} , °C	t _{расч} , °C		t _{к-т_р} , °C		C	Q _{огр.} кВт	
	Формула	Значение, м ²			зим.	ср.	зим.	ср.		зим.	ср.
Наружная боковая стена	L·H										
Торцевая задняя стена	B·H										
Торцевая передняя стена (без двери)	B·H-b·h										
Потолок	B·L										
Пол	1,5·(L+2·B)										
Дверь	b·h										

$$\sum Q_{\text{огр. зим}} =$$

$$\sum Q_{\text{огр. ср}} =$$

л) Удельный расход тепла на потери через ограждения (на 1 кг испаряемой влаги) для зимних условий определяется по формуле

$$q_{\text{огр. зим}} = \frac{\dot{a} Q_{\text{огр. зим.}}}{M_p}, \quad (46)$$

где $q_{\text{огр. зим}}$ - удельный расход тепла на потери через ограждения (на 1 кг испаряемой влаги) для зимних условий, кДж/кг.

м) Удельный расход тепла на потери через ограждения для среднегодовых условий определяется по формуле

$$q_{огр\ ср} = \frac{\dot{a} Q_{огр.ср.}}{M_p}, \quad (47)$$

где $q_{огр\ ср}$ - удельный расход тепла на потери через ограждения для среднегодовых условий, кДж/кг.

н) Суммарный удельный расход тепла на сушку для зимних условий определяется по формуле

$$q_{зим} = q_{пр\ зим} + q_{исп\ зим} + q_{огр\ зим}, \quad (48)$$

где $q_{зим}$ - суммарный удельный расход тепла на сушку для зимних условий, кДж/кг.

п) Суммарный удельный расход тепла на сушку для среднегодовых условий определяется по формуле

$$q_{ср.} = q_{пр\ ср.} + q_{исп\ ср.} + q_{огр\ ср.}, \quad (49)$$

где $q_{ср}$ - суммарный удельный расход тепла на сушку для среднегодовых условий, кДж/кг.

2.4.6 Расход пара

а) Максимальный расход пара в секунду

- для камер периодического действия в период прогрева определяется по формуле

$$D_{пр\ зим} = \frac{Q_{пр.зим.} + SQ_{огр.зим.}}{r}, \quad (50)$$

где $D_{пр\ зим}$ - максимальный расход пара в секунду для камер периодического действия в период прогрева, кг/с;
 r – теплота парообразования (конденсации) пара, кДж/кг, определяется по таблице А23 Приложения А.

- для камер периодического действия в период сушки $D_{суш. зим}$, кг/с определяется по формуле

$$D_{суш. зим} = \frac{Q_{исп.зим.} + SQ_{огр.зим.}}{r}, \quad (51)$$

где $D_{суш. зим}$ - расход пара в период сушки, кг/с.

- для камер непрерывного действия, в которой прогрев и сушка происходят одновременно определяется по формуле

$$D_{\text{суш. зим}} = \frac{Q_{\text{пр.зим.}} + Q_{\text{исп.зим.}} + SQ_{\text{огр.зим.}}}{r}, \quad (52)$$

где $D_{\text{суш. зим}}$ - расход пара в период сушки, кг/с.

б) Максимальный расход пара сушильным цехом в единицу времени – на блок камер периодического действия определяется по формуле

$$D_{\text{цеха зим}} = D_{\text{пр зим}} \cdot n_{\text{пр}} + D_{\text{суш зим}} \cdot n_{\text{суш.}}, \quad (53)$$

где $D_{\text{цеха зим}}$ - максимальный расход пара сушильным цехом в единицу времени на блок камер периодического действия, кг/с;

$n_{\text{пр}}$ – число камер, в которых одновременно производится прогрев древесины, принимается равным $1/3 - 1/6$ от общего числа камер $n_{\text{к}}$, но не менее одной;

$n_{\text{суш}}$ – число камер, в которых производится сушка.

Число камер, в которых производится сушка определяется по формуле

$$n_{\text{суш.}} = n_{\text{к}} - n_{\text{пр}} \quad (54)$$

где $n_{\text{суш.}}$ - число камер, в которых производится сушка, шт.;

$n_{\text{к}}$ – принятое число сушильных камер, определенное в технологическом расчете.

- на блок камер непрерывного действия $D_{\text{цеха зим}}$, кг/с определяется по формуле

$$D_{\text{цеха зим}} = D_{\text{суш зим}} \cdot n_{\text{к}}, \quad (55)$$

где $D_{\text{цеха зим}}$ - максимальный расход пара сушильным цехом в единицу времени на блок камер периодического действия, кг/с.

в) Расход пара на годовую программу определяется по формуле

$$D_{\text{год}} = \frac{q_{\text{ср.}} \cdot M_{\text{л.м}^3}}{1000 \cdot r} \cdot \sum \Phi \cdot C_{\text{олит.}}, \quad (56)$$

где $D_{\text{год}}$ - расход пара на годовую программу $D_{\text{год}}$, т/год;

$q_{\text{ср}}$ – суммарный удельный расход тепла на сушку для

- $\Sigma\Phi$ - среднегодовых условий, кДж/кг;
 $\Sigma\Phi$ - общий объем подлежащих сушке фактических пиломатериалов, м³;
 $C_{\text{длит}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода пара при сушки пиломатериалов, сохнувших медленнее расчетного материала.

Значение $C_{\text{длит}}$ определяется по таблице А.31 Приложения А в зависимости от отношения средневзвешенной продолжительности сушки фактических пиломатериалов $\tau_{\text{суш.ср.}}$ к продолжительности сушки расчетного материала $\tau_{\text{суш.}}$.

Средневзвешенная продолжительность сушки фактических пиломатериалов определяется по формуле

$$\tau_{\text{суш.ср}} = \frac{t_1 \times \Phi_1 + t_2 \times \Phi_2 + \dots + t_n \times \Phi_n}{\Sigma\Phi}, \quad (57)$$

где $\tau_{\text{суш.ср}}$ - средневзвешенную продолжительность сушки фактических пиломатериалов $\tau_{\text{суш.ср}}$, час.;

t_1, t_2, \dots, t_n - продолжительность сушки фактических пиломатериалов (смотреть таблицу 3), час.;

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ – годовой объем этих же материалов (смотреть таблицу 4), м³.

2.4.7 Выбор конденсатоотводчиков

Для предохранения отвода не отработавшего пара и удаления из калориферов скапливающегося (по мере отдачи паром тепла агента сушки) конденсата применяются различные конденсатоотводчики: гидростатические, термостатические и термодинамические. В настоящее время наилучшими признаны термодинамические конденсатоотводчики, характеризующиеся компактностью и надежностью в работе. Наибольшее применение получили термодинамические конденсатоотводчики типа 45 ч 15 нх.

В данном разделе необходимо определить диаметр условного прохода конденсатоотводчиков типа 45 ч 15 нх и выписать техническую характеристику конденсатоотводчика данного типа в зависимости от диаметра условного прохода.

Диаметр условного прохода термодинамического конденсатоотводчика типа 45 ч 15нх выбираем по диаграмме рисунка 4 Приложения Б в зависимости от производительности $\Pi = D_{\text{суш.зим}}$ и давления пара в калориферах. Давление пара в калориферах смотреть в листе задания на курсовое проектирование.

Основные параметры выбранного термодинамического конденсатоотводчика определяются по таблице А.33 Приложения А.

Технические характеристики, выбранного коденсатоотводчика следует свести в таблицу 8.

Таблица 8 – Техническая характеристика термодинамического конденсатоотводчика типа 45 ч 15 нх

Условный проход d_y , мм	Коэффициент пропускной способности K_v , кг/час.	Габаритные размеры, мм		Резьба трубная, дюйм	Масса, кг
		длина L	высота H		

2.5 Описание технологического процесса сушки

2.5.1 Транспортные и погрузочно-разгрузочные операции.

Применяемые механизмы

Описание технологического процесса сушки должно вестись конкретно, с указанием названия оборудования, их марок, а также транспортных устройств с помощью которых перемещаются в сушильном цехе сырые и сухие пиломатериалы.

Необходимо описать, предлагаемые в проекте механизмы для осуществления следующих транспортных операций:

- подвоз на формировочную площадку в сушильный цех плотных пакетов с сырым пиломатериалом;
- формирование сушильных штабелей (указать марку и принцип работы механизма);
- перемещение сформированных сушильных штабелей или пакетов на промежуточный склад (склад сырых пиломатериалов);
- перемещение штабелей на промежуточном складе;
- перемещение штабелей вдоль фронта камер, загрузка штабелей в сушильные камеры, выгрузка из камер (указать марку механизма);
- подача штабелей в остывочное отделение;
- перемещение штабелей после выдержки на расформировочную площадку;
- расформирование штабелей с сухим пиломатериалом;
- отправка плотных сухих пакетов потребителю.

Описание используемых средств механизации должно соответствовать чертежу плана цеха.

Выбор транспортного оборудования и механизмов для формирования и расформирования сушильных штабелей определяется объемами производства и организацией процесса сушки.

2.5.2 Составление рабочего режима сушки пиломатериалов в камерах периодического действия

Необходимо описать последовательность технологических операции, осуществляемых в процессе сушки с указанием параметров среды и ориентировочной продолжительности технологических операций процесса

сушки для расчетного материала. При этом следует учитывать следующие рекомендации:

1) Начальный прогрев древесины необходим для интенсивного начального прогрева древесины перед сушкой. В камере создается высокая степень насыщенности среды при повышенной температуре.

Температуру среды при прогреве пиломатериалов мягких хвойных пород (сосны, ели, кедра, пихты) определяют по таблице А.35 Приложения А в зависимости от их толщины и режима сушки.

При прогреве материалов других пород устанавливают температуру среды для лиственницы и древесины твердых лиственных пород (дуба, бука, клена, ильма, ореха, ясеня, граба) – на 5°C выше температуры первой ступени сушки (но не выше 100°C), для древесины мягких лиственных пород (березы, ольхи, осины, тополя, липы) – выше на 8°C (но не выше 100°C).

После достижения заданной температуры психрометрическую разность поддерживают на уровне $\Delta t_{\text{пр}} = 0,5 - 1,5^{\circ}\text{C}$. Древесину прогревают до тех пор, пока разность между температурами среды $t_{\text{пр}}$ и в центре доски $t_{\text{ц}}$ или заготовки не достигнет 3°C , после чего переходят на первую ступень режима сушки.

Ориентировочно длительность начального прогрева определяется из расчета 1 час на каждый сантиметр толщины пиломатериала.

Во время прогрева в камеру подают пар через увлажнительные трубы при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах. На прогрев древесины расходуется много пара, поэтому проводить начальный прогрев одновременно во многих камерах сушильного блока не рекомендуется.

Определите параметры начального прогрева в соответствии с данными рекомендациями.

2) После прогрева древесины осуществляется её сушка. В соответствии с выбранным режимом сушки укажите параметры сушильного агента сушки (Δt и t) первой ступени сушки режима низкотемпературного процесса или высокотемпературного режима сушки (смотреть таблицу 2.1).

Сушка до переходной влажности 30% (35%) при низкотемпературном режиме и до 20% при высокотемпературном режиме.

3) Сушка до переходной влажности 20% (25% при сушке нормальными и форсированными режимами пиломатериалов хвойных пород).

В соответствии с выбранным режимом сушки укажите параметры сушильного агента сушки (Δt и t) второй ступени сушки режима низкотемпературного процесса сушки (смотреть таблицу 2.1).

4) Промежуточная влаготеплообработка проводится для снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений, возникающих в процессе сушки. Рекомендуется подвергать промежуточной влаготеплообработке пиломатериалы, толщина которых превышает:

- для сосны, ели, пихты, кедра, осины, липы, тополя – 60мм;
- для березы, ольхи -50мм;
- для лиственницы -40мм;

- для твердых лиственных пород (бук, дуб, граб, клен, ясень, орех) – влаготеплообработка обязательна.

Промежуточную влаготеплообработку назначают в камерах периодического действия при переходе со второй на третью ступень при низкотемпературных режимах сушки и при переходе с первой на вторую при высокотемпературном режиме сушки.

Во время обработки температуру среды в камерах периодического действия поддерживают на 8°C выше температуры предшествующей ступени режима (вторая ступень – при низкотемпературном режиме сушки, первая ступень – при высокотемпературном режиме сушки), но не более 100°C . Психрометрическая разность устанавливается равной $1,5 - 2^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность промежуточной влаготеплообработки принимается равной $1/3$ от общего времени продолжительности влаготеплообработок (сумма конечной и промежуточной).

Ориентировочно общая продолжительность влаготеплообработок определяется по таблице А.34 Приложения А в зависимости от породы и толщины пиломатериалов.

Если расчетный пиломатериал должен подвергаться промежуточной влаготеплообработке, то необходимо определить её параметры и ориентировочную продолжительность.

5) Сушка древесины до конечной влажности производится при параметрах последней ступени режима сушки. Необходимо указать параметры (Δt и t) последней ступени сушки, в соответствии с выбранным режимом сушки (смотреть таблицу 2.1).

б) Конечная влаготеплообработка проводится с целью снятия или уменьшения внутренних напряжений. Конечной влаготеплообработке подвергаются пиломатериалы, высушиваемые до эксплуатационной влажности по первой и второй категориям качества сушки. Независимо от категории качества влаготеплообработку проводят при сушке пиломатериалов твердых лиственных пород и лиственницы.

Во время обработки температуру среды в камерах периодического действия поддерживают на 8°C выше температуры предшествующей ступени режима (третья ступень сушки – при низкотемпературном режиме сушки, вторая ступень – при высокотемпературном режиме сушки), но не более 100°C . Психрометрическая разность устанавливается равной $0,5 - 1,0^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность конечной влаготеплообработки принимается равной $2/3$ от общего времени продолжительности влаготеплообработок (сумма конечной и промежуточной).

Ориентировочно общая продолжительность влаготеплообработок определяется по таблице 34 Приложения А в зависимости от породы и толщины пиломатериалов.

Если расчетный материал не подвергается промежуточной влаготеплообработке, то данные таблицы А.34 Приложения А характеризуют продолжительность конечной влаготеплообработки.

При необходимости проведения конечной влаготеплообработки определите параметры и продолжительность конечной влаготеплообработки.

7) Подсушка после конечной влаготеплообработки. Пиломатериал выдерживают в камере при психрометрической разности последней ступени режима сушки в течение 2 -3 часов.

8) Кондиционирующая обработка. Проводят в обязательном порядке для пиломатериалов первой категории качества и второй категории качества, толщина которых 60мм и более. При сушке пиломатериалов третьей категории качества кондиционирующую обработку проводят, если требуемая равномерность влажности досок по объему штабеля в соответствии с результатами по предшествующим сушкам аналогичного материала не была достигнута.

Назначают кондиционирующую обработку для выравнивания влажности по объему штабеля и по толщине пиломатериалов. При этом в камере поддерживают такое состояние среды, при котором недосушенные сортаменты подсыхают, а пересушенные увлажняются.

Во время обработки температуру среды в камерах периодического действия поддерживают на уровне последней ступени режима (третья ступень сушки), но не более 100°C , а степень насыщенности должна соответствовать (по диаграмме равновесной влажности – смотреть рисунок 5 Приложения Б) средней заданной конечной влажности, увеличенной на 1%.

Продолжительность кондиционирующей обработки зависит от многих факторов и назначается в соответствии с категорией качества сушки, а также особенностями камеры и материала. Продолжительность кондиционирующей обработки для пиломатериалов ориентировочно в 2 раза меньше продолжительности конечной влаготеплообработки.

Если для расчетного материала необходима кондиционирующая обработка определите её параметры и продолжительность.

9) Охлаждение материала в камере. Пиломатериал охлаждают в камере до снижения его температуры до $30-40^{\circ}\text{C}$ при открытых приточно-вытяжных каналах и неработающих вентиляторах, подачу пара в калориферы прекращают, двери полуоткрывают.

Ориентировочная продолжительность охлаждения составляет 1 час на каждый сантиметр толщины пиломатериала. Выкатка в цех неохлажденных пиломатериалов не допускается.

Укажите продолжительность охлаждения расчетного материала.

Рабочий режим процесса сушки представьте в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Рабочий режим процесса сушки в камерах периодического действия

Наименование технологического этапа сушки	W в начале и конце этапа, %	Параметры среды		Ориентировочная продолжительность τ, ч
		t, °C	Δt, °C	
Пример заполнения				
Начальный прогрев	45	83	0,5– 1,5	3,2
Сушка по 1-ой ступени режима	45 - 30	75	3	--
Сушка по 2-ой ступени режима	30 - 20	80	4	--
Промежуточная влаготеплообработка	--	--	--	--
Сушка по 3-ой ступени режима	20 - 10	100	26	--
Конечная ВТО	10	100	0,5-1,0	2,0
Подсушка после конечной ВТО	10	100	26	2...3
Кондиционирующая обработка	10	100	26	1,0
Охлаждение материала в камере	10	30- 40	--	3,2

2.5.3 Расчет погрузочно-разгрузочного оборудования (выполняется при условии сушки в камерах непрерывного действия)

Требуемое количество погрузочно-разгрузочного оборудования определяется отношением необходимого объема работы к производительности устанавливаемого оборудования по формуле

$$N = \frac{\Phi \times K_n}{P_{год}}, \quad (58)$$

где N - количество оборудования, шт.;

Φ - годовой объем, подлежащих сушке фактических пиломатериалов;

K_n - коэффициент, учитывающий неравномерное поступление древесины, принимается равным K_n = 1 ÷ 1,5;

П_{год} - годовая производительность оборудования, м³.

Годовая производительность электро-, автопогрузчиков, кранов, кран-балки определяется по формуле

$$P_{год} = \frac{T_{год} \times q \times K_d}{t_u}, \quad (59)$$

где $P_{\text{год}}$ - годовая производительность электро-, автопогрузчиков, кранов, кран-балки, $\text{м}^3/\text{год}$;

$T_{\text{год}}$ - количество часов работы механизма в год, час.;

q - объем пакета, м^3 ;

$K_{\text{д}}$ - коэффициент использования рабочего времени (обычно $0,7 \div 0,9$);

$t_{\text{ц}}$ - продолжительность одного цикла, ч.

Продолжительность одного цикла оборудования зависит от вида механизма, объема пакета, расстояния его перемещения, но ориентировочно может быть принята равной $t_{\text{ц}} = 6-8$ мин.

Количество часов работы механизмов в году

$$T_{\text{год}} = t \cdot i \cdot n, \quad (60)$$

где t - количество часов в смене, ч;

i - число смен в сутки;

n - число рабочих дней в году.

Обычно при двухсменной работе оборудования число рабочих дней в году принимают равным $n = 260$.

Объем штабеля (пакета) определяется по формуле

$$q = L \cdot B \cdot H \cdot \beta_{\text{д}} \cdot \beta_{\text{ш}} \cdot \beta_{\text{в}}, \quad (61)$$

где q - объем штабеля (пакета), м^3 ;

L, B, H - габаритные размеры штабеля, м;

$\beta_{\text{д}} \cdot \beta_{\text{ш}} \cdot \beta_{\text{в}}$ - коэффициенты заполнения штабеля по длине, ширине и высоте.

Коэффициент заполнения штабеля по длине определяется по формуле

$$\beta_{\text{д}} = \frac{L_{\text{ср}}}{L}, \quad (62)$$

где $L_{\text{ср}}$ - средняя длина партии пиломатериалов, м;

L - длина расчетного пиломатериала, м.

Если длина всех досок или заготовок в штабеле одинакова $\beta_{\text{д}} = 1$.

Коэффициент заполнения по ширине $\beta_{\text{ш}}$ определяется отношением суммарной ширины пиломатериалов в горизонтальном ряду штабеля к его габаритной ширине. Для расчетов средние значения $\beta_{\text{ш}}$ указаны в таблице А.40 Приложения А.

Коэффициент заполнения штабеля по высоте определяется по формуле (23).

Годовая производительность пакетформирующих машин, штабелеукладчиков и лифтов при укладке и разборке пакетов или штабелей пиломатериалов определяется по формуле

$$P_{\text{год}} = P_{\text{см}} \cdot i \cdot n, \quad (63)$$

где $P_{\text{год}}$ - годовая производительность пакетоформирующих машин, штабелеукладчиков и лифтов, м³/год;

$P_{\text{см}}$ - сменная производительность оборудования, м³/смену; определяется по таблице А.37 Приложения А.

Процент загрузки оборудования определяется по формуле

$$f = \frac{N}{N_1}, \quad (64)$$

где f - процент загрузки оборудования, %;

N - требуемое количество оборудования, шт;

N_1 - принятое количество оборудования, шт.

Для увеличения загрузки оборудования следует для некоторых участков, там где есть такая возможность, планировать работу не в две смены, а в одну. В сушильных цехах небольшой мощности некоторые виды оборудования используются не в полной мере, но их установка является рациональной с точки зрения организации технологического процесса и облегчения труда.

2.6 Техника безопасности и противопожарные мероприятия в проектируемом цехе

При разработке мероприятий по технике безопасности необходимо рассмотреть следующие технические и организационные мероприятия.

1 Организационные мероприятия

1.1 Проведение в установленные сроки предварительного, повторного и текущего инструктажа рабочих и периодическая проверка их знаний по технике безопасности.

1.2 Допуск работающих к обслуживанию сушильных камер.

1.3 Обеспечение работающих инструкциями по технике безопасности.

1.4 Категорическое запрещение работы на неисправном оборудовании или неисправным инструментом.

1.5 Обеспечение работающих индивидуальными средствами защиты.

1.6 Условия, обеспечивающие заход обслуживающего персонала в сушильную камеру.

2 Технические мероприятия

2.1 Применение приспособлений, обеспечивающих необходимый влажностно-температурный режим в сушильном цехе.

2.2 Мероприятия по ремонту, обслуживанию и осмотру оборудования сушильных цехов.

2.3 Установка приборов, обеспечивающих безопасный контроль за процессом сушки.

- 2.4 Использование электроприборов в сушильных цехах.
- 2.5 Механизация и автоматизация тяжелых, трудоемких и опасных работ.
- 2.6 Ограждение движущихся механизмов.
- 2.7 Изоляция паропроводов, воздухопроводов и кожухов вентиляторов.
- 2.8 Состояние проходов, проездов, лестниц.
- 2.9 Мероприятия обеспечивающие безопасные условия труда при работе на рельсовом транспорте.

Все предприятия в зависимости от пожарной опасности делятся на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д, Е. Наиболее пожароопасными являются предприятия категории А. Предприятия деревообрабатывающих производств относятся к категории В.

На предприятиях деревообрабатывающей промышленности значительное место занимают производства, в которых сушка древесины является самым пожароопасным технологическим процессом.

При нагревании древесины из неё выделяются легковоспламеняющиеся горючие газы, а также значительное количество кислорода, что обуславливает сравнительно низкую температуру воспламенения древесины, составляющую 250 – 300 °С. Температура самовоспламенения также зависит от степени измельчения древесины. Так, температура самовоспламенения древесной стружки и опилок значительно ниже, чем температура воспламенения древесных брусков, досок, круглых лесоматериалов.

При нагревании древесины до 130 – 150 °С начинается её самовозгорание, которое при необходимых для накопления теплоты условиях может произойти процесс самовозгорания.

Самовозгорание древесины в штабелях не происходит, так как там нет условий для скапливания тепла. Обычно самовозгорание происходит в скопившихся древесных отходах, которые долго нагревались (отходы, древесная пыль на калориферах). Также к возгоранию могут привести авария силового и осветительного оборудования, перегрев движущихся частей и элементов оборудования, применение открытого огня.

В данном подразделе необходимо указать: характеристику здания, этажность, количество запасных пожарных выходов, количество установленных гидрантов и отразить следующие организационно-технические мероприятия, обеспечивающие противопожарную безопасность сушильных цехов:

- а) Состояние проходов, проездов;
- б) Мероприятия по обслуживанию оборудования, предотвращающие нагревание отдельных деталей, элементов;
- в) Организация курения;
- г) Проведение сварочных работ, применение электроприборов и открытого огня;
- д) Мероприятия по ликвидации мусора и пыли в сушильных цехах;
- е) Разработка противопожарных инструкций;

- ж) Наличие в цехе и характеристика первичных средств пожаротушения.
- з) Автоматические огнегасительные устройства

2.7 Графическая часть

Графическая часть выполняется на формате А1. Для выполнения схемы сушильных камер возможно использование формата А2.

Сушильный цех включает в себя ряд технологических и транспортных механизмов и устройств, расположенных в смежных помещениях различного назначения. В сушильном цехе должны быть предусмотрены следующие помещения:

1) Основные производственные помещения: сушильные камеры, коридор управления, траверсные коридоры, помещения для формирования и расформирования сушильных штабелей, склад сырых штабелей (промежуточный склад), остывочное помещение.

2) Вспомогательные помещения, включающие в себя следующие помещения: лаборатория цеха, контора, комната начальника, механические мастерские (при больших сушильных цехах).

3) Бытовые помещения: комната отдыха, гардероб, душ, сауна.

На основании площади всех камер определяют площадь основных производственных помещений, вспомогательных и бытовых. Процентное соотношение участков различных площадей сушильного цеха смотреть в таблице А.32 Приложения А.

Габаритные размеры траверсных тележек, лифтов смотреть по техническим характеристикам данного оборудования, представленного в таблицах А.39, А.36 Приложения А.

При разработке планировки руководствуются стандартной сеткой колонн, шаг которых составляет 6м или 9м. Габаритная длина должна быть кратна 6 или 9м. Габаритная ширина сушильного цеха перекрывается стандартными балками пролетом 6, 9, 12, 18, или 24м или их сочетанием.

На схеме сушильной камеры должно быть обозначено основное и вспомогательное оборудование, перекрытия, экраны, транспортные устройства.

Чертежи выполняются в масштабе – 1:50, 1:100 или 1:200.

Пример планировки сушильного цеха на базе сушильных камер периодического действия представлен на рисунке 5 Приложения Б.

Пример схемы сушильной камеры представлен на рисунке 6 Приложения Б.

2.8 Пояснения по написанию Заключения

В заключении необходимо перечислить основные расчеты и пояснения, полученные при выполнении данного курсового проекта по следующим разделам.

В разделе "Описание сушильной камеры" - конструктивные и аэродинамические характеристики камеры; достоинства и недостатки работы сушильной камеры.

В технологической части - выбор номера и индекса режима, параметров режима сушки; продолжительность сушки, производительности и оборота камеры, потребное количество сушильных камер, необходимых для выполнения заданной программы;

Необходимо указать цифровые значения для следующих показателей:

- продолжительность сушки для расчетного материала ;
- производительность камеры в фактическом материале и в условном материале.

В тепловом расчете - выбор расчетного материала; объем циркулирующего агента сушки с параметрами на входе и выходе из штабеля; расчет тепла на сушку с учетом затрат на прогрев материала и потерь тепла через ограждения камеры; марка и потребное количество конденсатоотводчиков.

Необходимо указать следующие цифровые показатели:

- потребное количество пара на годовую программу ;
- потребное количество конденсатоотводчиков типа 45 ч 15 нх.

В Разделе " Описание технологического процесса сушки" - последовательность технологических операций, их обоснование; применяемые механизмы; составление рабочего режима сушки; расчет погрузочно-разгрузочного оборудования.

В разделе "Техника безопасности и противопожарные мероприятия проектируемом цеху" - мероприятия, обеспечивающие безопасные условия работы в сушильных цехах и защиту окружающей среды.

Пример написания Заключения представлен в Приложении Д.

Заключение

В данном пособии были разработаны методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Гидротермическая обработка и консервирование древесины», раздел «Сушка древесины».

Курсовой проект выполняется студентами во время аудиторных занятий в сочетании с самостоятельной работой. Основой для выполнения курсового проекта является задание на курсовое проектирование, выданное преподавателем. В процессе выполнения курсового проекта студенты пользуются консультацией руководителя курсового проекта.

В результате выполнения курсового проекта студенты закрепляют теоретические сведения по данной дисциплине; приобретают практические навыки по выбору номера и индекса режима сушки, определению параметров режима сушки; расчету продолжительности сушки пиломатериалов, производительности сушильных камер, потребного количества сушильных камер в зависимости от фактического объема сушки.

Кроме того студенты приобретают навыки теплового расчета, учатся выбирать расчетный материал, определять параметры сушильного агента на входе и на выходе из штабеля; производить расчеты количества испаряемой влаги, расхода пара и тепла на сушку; выбирать тип и потребное количество конденсатоотводчиков.

Также при выполнении курсового проекта студенты приобретают навыки выбора основного и вспомогательного оборудования сушильных цехов; учатся составлять карту рабочего режима сушки пиломатериалов в камерах периодического действия и рассчитывать погрузочно-разгрузочное оборудование в камерах непрерывного действия.

Студенты разрабатывают мероприятия, обеспечивающие безопасные условия работы в сушильных цехах и защиту окружающей среды.

При выполнении графической части курсового проекта студенты приобретают практические навыки расчета площади сушильных цехов, расстановки оборудования в соответствии с технологическим процессом сушки; систематизируют и обобщают знания, полученные при изучении дисциплины «Инженерная графика».

Приложение А

Таблица А.1 - Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, пихты, кедра в камерах периодического действия

Средняя влажность древесины, %	Параметры режима (t, Δt, φ, °C, φ)	Номер							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Толщина пиломатериалов, мм							
		до 22	свыше 22 до 25	свыше 25 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60	свыше 60 до 75	свыше 75 до 100
Мягкие режимы (М)									
W _н ... 35	t	57	57	55	55	55	55	52	52
	Δt	6	5	4	4	4	4	3	2
	φ	0,73	0,77	0,81	0,81	0,81	0,81	0,84	0,90
35 ... 25	t	61	61	61	58	58	58	55	55
	Δt	10	9	8	7	7	7	6	5
	φ	0,59	0,62	0,66	0,69	0,69	0,69	0,72	0,76
25... W _к	t	77	77	77	75	75	75	70	70
	Δt	26	25	24	24	24	24	21	20
	φ	0,27	0,29	0,31	0,30	0,30	0,30	0,33	0,35
Нормальные режимы (Н)									
W _н ... 35	t	83	79	79	75	73	71	64	55
	Δt	9	7	6	5	5	4	3	2
	φ	0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	0,83	0,86	0,90
35 ... 25	t	88	84	84	80	77	75	68	58
	Δt	14	12	11	10	9	8	7	5
	φ	0,55	0,59	0,62	0,64	0,66	0,70	0,71	0,77
25... W _к	t	110	105	105	100	96	94	85	75
	Δt	36	33	32	30	28	27	24	22
	φ	0,24	0,26	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34
Форсированные режимы (Ф)									
W _н ... 35	t	94	92	92	90	87	83	73	-
	Δt	11	10	8	7	6	5	4	-
	φ	0,65	0,67	0,73	0,75	0,78	0,80	0,84	-
35 ... 25	t	99	97	97	95	92	88	78	-
	Δt	16	15	13	12	11	10	9	-
	φ	0,54	0,55	0,60	0,62	0,64	0,66	0,66	-
25... W _к	t	125	123	123	120	115	110	98	-
	Δt	42	41	39	37	36	32	29	-
	φ	0,21	0,22	0,24	0,25	0,25	0,29	0,30	-

Таблица А.2 - Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов из древесины лиственницы в камерах периодического действия

Средняя влажность древесины, %	Параметры режима (t, Δt, °С) φ	Номер						
		Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7
		Толщина пиломатериалов, мм						
		до 22	свыше 22 до 25	свыше 25 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60	свыше 60 до 75
Нормальные режимы (Н)								
W _н ... 35	t	70	70	70	65	60	60	60
	Δt	90	8	6	5	4	3	2
	φ	0,64	0,68	0,76	0,78	0,81	0,86	0,90
35 ... 25	t	75	75	75	70	65	65	65
	Δt	15	15	15	10	9	7	5
	φ	0,49	0,49	0,49	0,61	0,63	0,71	0,78
25...W _к	t	80	80	80	75	70	70	70
	Δt	26	25	25	20	19	18	15
	φ	0,28	0,29	0,30	0,38	0,37	0,39	0,47
Форсированные режимы (Ф)								
W _н ... 35	t	90	90	82	75	75	72	70
	Δt	9	7	4	4	3	2	2
	φ	0,69	0,75	0,84	0,84	0,87	0,92	0,91
35 ... 25	t	98	96	87	80	80	78	76
	Δt	12	11	8	8	6	5	4
	φ	0,63	0,65	0,72	0,70	0,77	0,80	0,84
25...W _к	t	112	110	108	100	100	95	90
	Δt	32	30	29	28	26	20	18
	φ	0,30	0,32	0,32	0,32	0,35	0,44	0,47

Таблица А.3 – Режимы низкотемпературного процесса пиломатериалов
лиственных пород в камерах периодического действия

Индекс режима	Средняя влажность древесины, %	Номер режима и параметры сушильного агента								
		2			3			4		
		t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ
А	$W_{H...} 30$	82	3	0,88	75	3	0,87	69	3	0,87
	30...20	87	6	0,78	80	6	0,77	73	6	0,76
	20... W_K	108	27	0,35	10	26	0,35	91	24	0,36
Б	$W_{H...} 30$	82	4	0,84	75	4	0,84	69	4	0,83
	30...20	87	8	0,72	80	8	0,70	73	7	0,72
	20... W_K	108	29	0,32	10	28	0,32	91	25	0,34
В	$W_{H...} 30$	82	6	0,77	75	5	0,80	69	5	0,79
	30...20	87	10	0,66	80	9	0,66	73	8	0,69
	20... W_K	108	31	0,30	10	29	0,31	91	26	0,33
Г	$W_{H...} 30$	82	8	0,71	75	7	0,73	69	6	0,76
	30...20	87	12	0,60	80	11	0,61	73	10	0,63
	20... W_K	108	33	0,27	10	31	0,28	91	28	0,30
Д	$W_{H...} 30$	82	10	0,65	75	9	0,66	69	8	0,68
	30...20	87	14	0,55	80	13	0,55	73	12	0,56
	20... W_K	108	35	0,24	10	33	0,25	91	30	0,26

Продолжение таблицы А.3

Индекс режима	Средняя влажность древесины, %	Номер режима и параметры сушильного агента								
		5			6			7		
		t	Δt	φ	t	Δt	φ	t	Δt	φ
А	$W_{H...} 30$	63	2	0,91	57	2	0,9	52	2	0,90
	30...20	67	5	0,78	61	5	0,78	55	4	0,81
	20... W_K	83	22	0,36	77	21	0,36	70	20	0,35
Б	$W_{H...} 30$	63	3	0,86	57	3	0,85	52	3	0,84
	30...20	67	6	0,75	61	6	0,74	55	5	0,76
	20... W_K	83	23	0,34	77	22	0,34	70	21	0,33
В	$W_{H...} 30$	63	4	0,82	57	4	0,81	52	4	0,80
	30...20	67	7	0,71	61	7	0,70	55	7	0,68
	20... W_K	83	24	0,32	77	23	0,32	70	12	0,31
Г	$W_{H...} 30$	63	5	0,78	57	5	0,77	52	5	0,75
	30...20	67	9	0,64	61	9	0,62	55	8	0,64
	20... W_K	83	26	0,29	77	25	0,29	70	23	0,29
Д	$W_{H...} 30$	63	7	0,70	57	6	0,73	52	6	0,71
	30...20	67	11	0,58	61	10	0,59	55	9	0,60
	20... W_K	83	27	0,28	77	26	0,27	70	24	0,27

Продолжение таблицы А.3

Индекс режима	Средняя влажность древесины, %	Номер режима и параметры сушильного агента								
		8			9			10		
		t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ
А	W _{н...30} 30...20 20...W _к									
Б	W _{н...30}	47	2	0,90	42	2	0,89	38	2	0,88
	30...20	50	5	0,75	45	4	0,79	41	4	0,77
	20...W _к	62	18	0,36	57	17	0,36	52	16	0,36
В	W _{н...30}	47	3	0,84	42	3	0,83	38	38	0,82
	30...20	50	6	0,70	45	5	0,74	41	41	0,72
	20...W _к	62	19	0,33	57	18	0,34	52	52	0,33
Г	W _{н...30}	47	4	0,79	42	4	0,74	38	38	0,76
	30...20	50	7	0,66	45	6	0,69	41	41	0,67
	20...W _к	62	21	0,29	57	20	0,29	52	52	0,30
Д	W _{н...30} 30...20 20...W _к									

Таблица А.4 - Рекомендуемые режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов лиственных пород в камерах периодического действия

Порода	Категория режима	Толщина пиломатериалов, мм						
		до 22	свыше 22 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60	свыше 60 до 70	свыше 70 до 75
Береза	М	6-Д	6-Г	6-В	6-В	7-В	7-В	-
	Н	3-Д	4-Г	4-В	5-В	6-Б	7-Б	8-Б
	Ф	2-Д	3-Г	3-В	4-В	-	-	-
Осина, липа, тополь *	Н	3-Г	3-Б	4-Б	5-В	6-В	7-В	9-В
	Ф	2-Г	2-Б	3-Б	4-В	-	-	-
Бук, клен	Н	3-В	4-В	5-Б	5-Б	6-Б	7-А	8-Б
	Ф	2-Г	3-В	4-В	-	-	-	-
Дуб, ильм	Н	5-Г	6-В	6-Б	7-Б	8-Б	9-В	10-Б
	Ф	3-Г	4-В	5-В	-	-	-	-
Орех	Н	5-В	5-Б	6-Г	6-Б	7-В	8-В	9-В
Граб, ясень	Н	6-В	6-А	7-Б	8-Б	8-Б	9-В	10-В

Примечание. При толщине пиломатериалов свыше 75 до 100 мм рекомендуется режим сушки 9-Б категории Н только для древесины березы и ольхи. Для остальных пород при этой толщине режимы отсутствуют.

Таблица А.5 – Выбор высокотемпературного режима сушки пиломатериалов в камерах периодического действия

Порода	Толщина пиломатериала, мм				
	до 22	свыше 22 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 50	Свыше 50 до 60
Сосна, ель, пихта, кедр	I	II	III	V	VI
Береза, осина	II	III	IV	VI	-
Лиственница	IV	V	VI	VII	-

Таблица А.6 – Режимы высокотемпературного процесса сушки

Номер Режима	Первая ступень ($W_H - 20\%$)			Вторая ступень ($20\% - W_K$)		
	Параметры сушильного агента					
	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	φ	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	φ
I	130	30	0.35	130	30	0.35
II	120	20	0.50	130	30	0.35
III	115	15	0.58	125	25	0.42
IV	112	12	0.65	120	20	0.50
V	110	10	0.69	118	18	0.53
VI	103	8	0.75	115	15	0.58
VII	106	6	0.81	112	12	0.65

Таблица А.7 - Режимы сушки пиломатериалов из древесины сосны, пихты, кедр ($W_{\text{ср.к}}$ – средняя конечная влажность древесины, %) в противоточных камерах непрерывного действия

Номер и индекс режима	Толщина пиломатериалов, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры			Максимальная психометрическая разность Δt_2 в разгрузочном конце при $W_H, \%$	
		$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	φ	более 50	до 50
1	2	3	4	5	6	7
Мягкие режимы при $W_{\text{ср.к}} = 18...22\%$						
1-М	До 22	55	15	0,40	4	6
2-М	Свыше 22 до 25	55	14	0,44	4	5
3-М	» 25 » 32	55	12	0,50	3	5
4-М	» 32 » 40	55	11	0,53	3	4
5-М	» 40 » 50	55	10	0,57	3	4
6-М	» 50 » 60	55	9	0,60	2	3
7-М	» 60 » 75	55	8	0,64	2	3

Продолжение таблицы А.7

1	2	3	4	5	6	7
Мягкие режимы при $W_{\text{ср.к}} = 10...12\%$						
8-М	До 22	58	19	0,31	4	6
9-М	Свыше 22 до 25	58	17	0,36	4	5
10-М	» 25 » 32	58	15	0,42	3	5
11-М	» 32 » 40	58	13	0,48	3	4
12-М	» 40 » 50	58	12	0,51	3	4
13-М	» 50 » 60	58	11	0,54	2	3
14-М	» 60 » 75	58	10	0,58	2	2
Нормальные режимы при $W_{\text{ср.к}} = 18...22\%$						
1-Н	До 22	94	25	0,35	7	9
2-Н	Свыше 22 до 25	92	23	0,38	6	9
3-Н	» 25 » 32	89	20	0,43	5	8
4-Н	» 32 » 40	87	18	0,46	5	8
5-Н	» 40 » 50	85	16	0,50	5	8
6-Н	» 50 » 60	83	14	0,54	4	7
7-Н	» 60 » 75	80	11	0,61	4	6
То же при $W_{\text{ср.к}} = 10...12\%$						
8-Н	До 22	102	33	0,25	7	9
9-Н	Свыше 22 до 25	100	31	0,28	6	9
10-Н	» 25 » 32	97	28	0,31	5	8
11-Н	» 32 » 40	94	25	0,35	5	8
12-Н	» 40 » 50	91	22	0,39	5	8
13-Н	» 50 » 60	87	18	0,46	4	7
14-Н	» 60 » 75	84	15	0,51	4	6
Форсированные режимы при $W_{\text{ср.к}} = 10...12\%$						
1-Ф	До 22	112	35	0,26	7	10
2-Ф	Свыше 22 до 25	110	33	0,28	6	10
3-Ф	» 25 » 32	107	30	0,31	5	9
4-Ф	» 32 » 40	104	27	0,34	5	8
5-Ф	» 40 » 50	101	24	0,38	5	8
6-Ф	» 50 » 60	98	21	0,43	4	7
7-Ф	» 60 » 75	95	18	0,48	4	7

Таблица А.8 - Значение коэффициента $A_{ц}$ для камер с реверсивной циркуляцией

$\tau_{исх} A_p$, ч	Скорость циркуляции $\omega_{мат}$, м/с							
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
20	3,14	1,80	1,00	0,78	0,63	0,54	0,49	0,46
40	2,40	1,65	1,00	0,81	0,67	0,59	0,54	0,52
60	2,03	1,58	1,00	0,84	0,71	0,64	0,60	0,58
80	1,76	1,42	1,00	0,85	0,76	0,72	0,68	0,67
100	1,56	1,32	1,00	0,88	0,81	0,79	0,78	0,77
140	1,31	1,15	1,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
180	1,15	1,10	1,00	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
220 и более	1,08	1,05	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Примечание. При нереверсивной циркуляции табличный коэффициент $A_{ц}$ умножается на 1,1.

Таблица А.9 - Режимы сушки пиломатериалов из древесины лиственницы при её средней конечной влажности, равной 18... 22%, и максимальной психометрической разности Δt_2 в разгрузочном конце камеры, равной 1, в противоточных камерах непрерывного действия

Номер и индекс режима	Толщина пиломатериалов, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры	
		Δt_1	φ
1	2	3	4
Мягкие режимы при $t_1 = 55^\circ\text{C}$			
Л 1-М	До 22	15	0,40
Л 2-М	Свыше 22 до 25	14	0,44
Л 3-М	» 25 » 32	12	0,50
Л 4-М	» 32 » 40	11	0,53
Л 5-М	» 40 » 50	10	0,57
Л 6-М	» 50 » 60	9	0,60
Л 7-М	» 60 » 70	8	0,64
Нормальные режимы при $t_1 = 85^\circ\text{C}$			
Л 1-Н	До 22	23	0,35
Л 2-Н	Свыше 22 до 25	20	0,41
Л 3-Н	» 25 » 32	17	0,47
Л 4-Н	» 32 » 40	15	0,52
Л 5-Н	» 40 » 50	13	0,57
Л 6-Н	» 50 » 60	11	0,63
Л 7-Н	» 60 » 75	9	0,69

Продолжение таблицы А.9

1	2	3	4
Форсированные режимы при $t_1 = 105\text{ }^\circ\text{C}$			
Л 1-Ф	До 22	20	0,46
Л 2-Ф	Свыше 22 до 25	18	0,50
Л 3-Ф	» 25 » 32	16	0,55
Л 4-Ф	» 32 » 40	14	0,60
Л 5-Ф	» 40 » 50	12	0,64
Л 6-Ф	» 50 » 60	11	0,67
Л 7-Ф	» 60 » 75	10	0,69

Таблица А.10 – Значение коэффициента A_d

Отношение длины заготовки L к её толщине S	40	35	30	25	20	15	10	7	5
	A_d	1,0	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,80	0,70

Таблица А.11 – Исходная продолжительность сушки $\tau_{исх.}$
пиломатериалов, час., в камерах периодического
действия при низкотемпературном процессе

Толщина п/м S_1 , мм	Ширина пиломатериалов S_2 , мм					
	40...50	60...70	80...100	110...130	140...180	более 180 и для необрезных
1	2	3	4	5	6	7
Сосна, ель, пихта, кедр						
До 16	23	25	26	27	27	27
19	29	31	32	33	33	33
22	34	37	39	39	39	39
25	45	50	53	54	55	55
32	59	63	68	72	73	73
40	71	79	84	86	88	88
50	---	93	99	100	104	105
60	---	103	114	122	125	130
70	---	---	147	161	178	194
75	---	---	156	177	197	218
100	---	---	340	354	379	432

Продолжение таблицы А.11

1	2	3	4	5	6	7
Осина, липа, тополь						
До 16	29	31	33	34	34	34
19	36	38	39	40	40	40
22	43	45	47	53	54	54
25	59	62	64	66	67	68
32	73	80	84	88	89	91
40	81	87	93	96	99	102
50	---	98	109	116	119	123
60	---	112	128	140	152	164
75	---	---	253	282	311	344
Бук, клен, берест, ясень, ильм						
До 16	58	59	61	63	63	63
19	65	68	71	73	73	74
22	73	77	80	81	82	83
25	91	94	96	99	101	102
32	102	109	115	118	120	122
40	114	126	140	152	159	167
50	---	170	199	225	239	255
60	---	250	296	339	367	396
75	---	---	591	657	728	805
Лиственница						
До 16	58	63	64	67	68	68
19	68	72	74	77	77	77
22	75	80	83	86	87	87
25	83	88	91	92	93	94
32	94	99	104	108	110	113
40	113	129	144	157	166	175
50	---	182	224	256	279	304
60	---	235	304	361	400	443
70	---	---	431	521	585	635
75	---	---	466	574	650	737
Береза, ольха						
До 16	36	37	37	38	39	39
19	44	45	47	47	48	48
22	50	51	53	54	55	55
25	67	73	78	81	83	84
32	81	85	88	91	92	94
40	93	96	100	101	105	107
50	---	115	130	141	149	158
60	---	155	187	213	231	249
75	---	---	377	420	463	514

Продолжение таблицы А.11

1	2	3	4	5	6	7
Дуб, орех, граб						
До 16	84	85	85	87	87	88
19	88	91	94	96	96	97
22	97	101	104	105	106	107
25	117	125	132	136	138	140
32	146	173	193	206	214	221
40	183	234	269	293	307	321
50	---	365	431	488	520	551
60	---	562	679	777	841	905
75	---	---	1086	1209	1340	1483

Таблица А.12 - Значение коэффициента A_B

Началь- ная влаж- ность $W_H, \%$	Конечная влажность $W_K, \%$											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	1,07	1,12	1,18	1,25	1,33	1,43	1,49	1,55	1,61	1,68	1,76	1,86
110	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,71	1,81
100	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,75
90	0,87	0,93	1,00	1,07	1,16	1,25	1,30	1,36	1,43	1,51	1,58	1,68
80	0,80	0,86	0,93	1,00	1,09	1,18	1,23	1,29	1,35	1,43	1,51	1,61
70	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10	1,15	1,21	1,27	1,35	1,43	1,52
65	0,67	0,74	0,80	0,87	0,96	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,38	1,48
60	0,62	0,68	0,75	0,82	0,91	1,00	1,05	1,11	1,18	1,25	1,33	1,43
55	0,57	0,63	0,69	0,77	0,85	0,94	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,38
45	0,51	0,57	0,63	0,71	0,79	0,89	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,32
40	0,44	0,50	0,57	0,64	0,73	0,82	0,87	0,93	1,00	1,07	1,15	1,25
35	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75	0,80	0,86	0,93	1,00	1,08	1,18
30	0,29	0,35	0,43	0,49	0,57	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10
30	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,62	0,68	0,75	0,82	0,9	1,00
28	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,96
26	0,10	0,16	0,23	0,31	0,38	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	0,91
24	0,06	0,11	0,18	0,27	0,33	0,43	0,49	0,54	0,61	0,68	0,77	0,86
22	-	0,06	0,13	0,22	0,28	0,38	0,43	0,49	0,56	0,63	0,71	0,81
20	-	-	0,07	0,14	0,22	0,32	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75

Таблица А.13 – Значение исходной продолжительности сушки $\tau_{исх.}$ (час) пиломатериалов в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе сушки

Толщина пиломатериалов, Мм	Ширина пиломатериалов, мм					
	40-50	60-70	80 -100	110-130	140-180	более 180 и необрез,
19	4,09	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
22	5,5	5,7	6,0	6,2	6,4	6,8
25	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,8
32	9,5	11,0	11,6	12,5	13,5	14,3
40	14,7	16,2	17,7	19,4	20,4	21,5
50	-	25,5	28,7	32,5	34,5	37,0
60	-	40,0	45,0	52,0	57,3	61,6

Таблица А.14 – Значение коэффициента $A_{п}$

Порода	Значение $A_{п}$
Ель, сосна, пихта, кедр	1,0
Осина	1,1
Береза	1,4
Лиственница	4,0

Таблица А.15 – Значение коэффициента $A_{ц}$ при реверсивной циркуляции

Скорость циркуляции $v_{мат.}$, м/с	Значение $A_{ц}$
1,0	1,40
1,5	1,18
2,0	1,00
2,5	0,85
3,0	0,76
3,5	0,7

Примечание. При нереверсивной циркуляции табличные значения $A_{ц}$ умножаются на 1,1

Таблица А.16 – Значение коэффициента $A_{в}$

Начальная влажность $W_{н.}$, %	Конечная влажность $W_{к.}$, %											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
120	1,98	2,01	2,05	2,09	2,14	2,20	2,24	2,29	2,34	2,40	2,47	2,57
110	1,78	1,81	1,85	1,89	1,94	2,00	2,04	2,09	2,14	2,20	2,27	2,37

Продолжение таблицы А.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100	1,58	1,61	1,65	1,69	1,74	1,80	1,84	1,89	1,94	2,00	2,07	2,17
90	1,38	1,41	1,45	1,49	1,54	1,60	1,64	1,69	1,74	1,80	1,87	1,97
80	1,18	1,21	1,25	1,29	1,34	1,40	1,44	1,49	1,54	1,60	1,67	1,77
70	0,93	1,01	1,05	1,09	1,14	1,20	1,24	1,29	1,34	1,40	1,47	1,57
65	0,88	0,91	0,95	0,99	1,04	1,10	1,14	1,19	1,24	1,30	1,37	1,47
60	0,78	0,81	0,85	0,89	0,94	1,00	1,04	1,09	1,14	1,20	1,27	1,37
55	0,68	0,71	0,75	0,79	0,84	0,90	0,94	0,99	1,04	1,10	1,17	1,27
50	0,58	0,61	0,65	0,69	0,74	0,80	0,84	0,89	0,94	1,00	1,07	1,17
45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,64	0,70	0,74	0,79	0,84	0,90	0,97	1,07
40	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,60	0,64	0,69	0,74	0,80	0,87	0,97
35	0,58	0,31	0,35	0,39	0,44	0,50	0,54	0,59	0,64	0,70	0,77	0,87
30	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,40	0,44	0,49	0,54	0,60	0,67	0,77
28	0,14	0,17	0,21	0,25	0,30	0,36	0,40	0,45	0,50	0,56	0,63	0,73
26	0,10	0,13	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,41	0,46	0,52	0,59	0,69
24	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,65
22	-	0,05	0,09	0,13	0,18	0,24	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51	0,61
20	-	-	0,04	0,08	0,13	0,19	0,23	0,28	0,33	0,39	0,46	0,56

Таблица А.17 - Исходная продолжительность сушки, ч, пиломатериалов из древесины сосны в противоточных камерах непрерывного действия

Толщина пиломатериалов, мм	$\tau_{исх}$ при ширине пиломатериалов, мм					
	40...50	60...70	80...100	110...130	140...180	более 180 и для необрезных
1	2	3	4	5	6	7
Мягкие режимы (М)						
до 16	27	29	31	32	32	33
19	35	39	42	43	45	46
22	42	48	52	53	55	57
25	48	56	62	64	66	68
32	61	72	80	86	90	93
40	72	90	112	121	126	132
50	-	112	133	148	160	169
60	-	130	168	190	201	216
70	-	-	203	237	256	286
75	-	-	220	265	290	319

Продолжение таблицы А.17

1	2	3	4	5	6	7
Нормальные режимы (Н)						
до 16	16	17	18	18	18	18
19	21	22	24	24	25	26
22	25	28	30	31	32	32
25	29	32	35	37	38	39
32	36	42	46	48	50	52
40	41	51	59	63	65	68
50	-	63	74	81	87	92
60	-	75	90	102	110	118
70	-	-	107	125	136	148
75	-	-	116	138	149	163
Форсированный режим (Ф)						
до 16	11	12	12	13	13	13
19	14	15	16	16	17	17
22	17	19	20	21	21	22
25	20	22	24	24	25	27
32	26	30	33	35	36	37
40	32	38	45	48	50	52
50	-	49	57	62	66	70
60	-	59	72	82	86	93
70	-	-	87	100	108	118
75	-	-	94	111	121	132

Таблица А.18 – Значение коэффициента A_k

Произведение $\tau_{исх.} A_{п} A_{в} A_{ц} A_{д}$, час	Толщина, мм		Произведение $\tau_{исх.} A_{п} A_{в} A_{ц} A_{д}$, час	Толщина, мм	
	19-40	50-60		19-40	50-60
1,0	10,0	13,0	9,0	2,0	2,30
1,5	7,0	9,0	10,0	1,90	2,20
2,0	5,5	7,0	12,0	1,75	2,00
2,5	4,6	5,8	14,0	1,65	1,85
3,0	4,0	5,0	16,0	1,55	1,75
3,5	3,6	4,5	18,0	1,50	1,65
4,0	3,2	4,0	20,0	1,45	1,60
5,0	2,8	3,4	30,0	1,30	1,40
6,0	2,5	3,0	40,0	1,20	1,30
7,0	2,3	2,7	60,0	1,15	1,20
8,0	2,1	2,5	100 и более	1,10	1,12

Примечание. В таблице указаны значения A_k для материала III категории качества. При I и II категориях качества эти значения умножаются на 1,05.

Таблица А.19 – Значение коэффициента $A_{ц}$

Порода	Значение $A_{ц}$
Ель, пихта	0,90
Сосна, кедр	1,00
Осина	1,10
Береза	1,45
Лиственница	2,30

Таблица А.20 – Значение поправочного коэффициента к величине $A_{ц}$ для необрезных материалов

Скорость $v_{\text{габ.р.}}$ м/с	Толщина пиломатериалов, мм, при режимах					
	Мягких			нормальных и форсированных		
	до 25	32...40	50 и >	до 25	32...40	50 и >
0,4	0,61	0,74	0,86	0,57	0,57	0,64
0,6	0,68	0,80	0,90	0,63	0,64	0,76
0,8	0,73	0,86	0,93	0,65	0,82	0,82
1,0	0,80	0,91	0,95	0,67	0,76	0,88
1,2	0,84	0,94	0,97	0,72	0,82	0,92
1,4	0,88	0,96	0,98	0,75	0,88	0,95
1,6	0,90	0,97	0,99	0,80	0,91	0,97
2,0	0,95	0,99	1,00	0,85	0,96	1,00
2,8	1,00	1,00	1,00	0,90	0,98	1,00

Таблица А.21 - Значение коэффициента $A_{ц}$ для обрезных пиломатериалов при их сушке в камерах различной конструкции

с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией				с зигзагообразной циркуляцией				с продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией	
скорость $\omega_{\text{габ.р.}}$ м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость $\omega_{\text{габ.р.}}$ м/с	$A_{ц}$ при режимах			скорость $\omega_{\text{габ.р.}}$ м/с	$A_{ц}$ при нормальных
	мягких	нормальных	форсированных		мягких	нормальных	форсированных		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина пиломатериалов – 16 мм									
0,6	1,94	2,24	2,80	0,3	2,30	2,60	-	0,9	1,89
0,8	1,50	1,71	2,40	0,4	1,62	1,88	-	1,0	1,64
1,0	1,18	1,37	1,97	0,5	1,36	1,44	2,60	1,2	1,32
1,2	0,97	1,12	1,68	0,6	1,15	1,22	1,99	1,4	1,10

Продолжение таблицы А.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина пиломатериалов – 16 мм									
1,4	0,85	0,95	1,44	0,7	1,00	1,14	1,65	1,6	0,97
1,6	0,77	0,84	1,26	0,8	0,90	0,91	1,43	2,0	0,79
2,0	0,71	0,66	0,97	0,9	0,83	0,80	1,27	2,4	0,64
2,8	0,68	0,49	0,72	1,0	0,78	0,72	1,15	2,8	0,53
Толщина пиломатериалов – 22 мм									
0,6	1,77	1,94	2,47	0,2	3,0	-	-	0,9	1,61
0,8	1,32	1,45	2,03	0,3	1,85	2,20	-	1,0	1,43
1,0	1,03	1,16	1,68	0,4	1,39	1,60	2,90	1,2	1,17
1,2	0,88	0,95	1,41	0,5	1,12	1,20	1,86	1,4	1,01
1,4	0,80	0,81	1,18	0,6	0,97	1,03	1,87	1,6	0,90
1,6	0,77	0,71	1,01	0,7	0,86	0,90	1,27	2,0	0,73
2,0	0,72	0,56	0,8	0,8	0,79	0,78	1,13	2,4	0,60
2,8	0,70	0,48	0,67	0,9	0,75	0,70	1,03	2,8	0,52
Толщина пиломатериалов - 32 мм									
0,6	1,46	1,68	2,20	0,2	2,40	-	-	0,9	1,36
0,8	1,07	1,27	1,75	0,3	1,48	1,94	2,80	1,0	1,21
1,0	0,93	1,00	1,40	0,4	1,11	1,32	1,80	1,2	1,04
1,2	0,88	0,84	1,16	0,5	0,95	1,05	1,39	1,4	0,94
1,4	0,86	0,75	0,98	0,6	0,86	0,92	1,15	1,6	0,88
1,6	0,84	0,72	0,90	0,7	0,82	0,84	1,03	2,0	0,80
2,0	0,80	0,68	0,80	0,8	0,80	0,80	0,94	2,4	0,74
2,8	0,77	0,66	0,76	0,9	0,80	0,76	0,88	2,8	0,69
Толщина пиломатериалов - 40 мм									
0,6	1,25	1,58	2,01	0,2	2,00	-	-	0,9	1,27
0,8	0,99	1,18	1,57	0,3	1,26	1,77	2,40	1,0	1,15
1,0	0,90	0,96	1,24	0,4	1,01	1,22	1,59	1,2	1,06
1,2	0,87	0,85	1,04	0,5	0,93	0,97	1,22	1,4	0,93
1,4	0,85	0,80	0,94	0,6	0,88	0,89	1,06	1,6	0,89
1,6	0,83	0,76	0,88	0,7	0,85	0,83	0,98	2,0	0,84
2,0	0,82	0,73	0,82	0,8	0,84	0,81	0,92	2,4	0,80
-	-	-	-	0,9	0,83	0,80	0,88	2,8	0,76
Толщина пиломатериалов - 50 мм									
0,4	1,53	2,29	2,73	-	-	-	-	-	-
0,6	1,04	1,50	1,82	0,2	1,65	-	-	0,9	1,17
0,8	0,92	1,10	1,40	0,3	1,08	1,60	2,0	1,0	1,06
1,0	0,88	0,93	1,08	0,4	0,94	1,10	1,36	1,2	0,96
1,2	0,86	0,86	0,96	0,5	0,90	0,91	1,11	1,4	0,92
1,4	0,85	0,83	0,90	0,6	0,88	0,86	0,99	1,6	0,90

Продолжение таблицы А.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина пиломатериалов - 50 мм									
1,6	0,84	0,80	0,86	0,7	0,88	0,84	0,93	2,0	0,86
2,0	0,83	0,76	0,83	0,8	0,87	0,83	0,88	2,4	0,84
-	-	-	-	0,9	0,87	0,82	0,87	2,8	0,81
Толщина пиломатериалов - 60 мм									
0,4	1,22	2,13	2,49	-	-	-	-	-	-
0,6	0,94	1,40	1,65	0,2	1,35	2,60	2,80	0,9	1,12
0,8	0,89	1,04	1,27	0,3	0,99	1,45	1,76	1,0	1,03
1,0	0,86	0,92	1,00	0,4	0,91	1,04	1,26	1,2	0,95
1,2	0,85	0,89	0,92	0,5	0,89	0,92	1,06	1,4	0,91
1,4	0,84	0,85	0,89	0,6	0,88	0,88	0,96	1,6	0,90
1,6	0,84	0,82	0,85	0,7	0,87	0,86	0,91	2,0	0,87
2,0	0,83	0,78	0,83	0,8	0,87	0,86	0,90	2,4	0,85
-	-	-	-	0,9	0,87	0,85	0,89	2,8	0,82
Толщина пиломатериалов - 70 мм									
0,2	1,93	3,48	4,48	-	-	-	-	-	-
0,4	0,99	1,95	2,28	-	-	-	-	-	-
0,6	0,88	1,27	1,45	0,2	1,06	2,07	2,50	0,9	1,04
0,8	0,85	0,98	1,11	0,3	0,92	1,23	1,55	1,0	0,98
1,0	0,85	0,92	0,96	0,4	0,88	1,01	1,12	1,2	0,93
1,2	0,84	0,90	0,91	0,5	0,88	0,94	0,99	1,4	0,91
1,4	0,84	0,86	0,88	0,6	0,87	0,91	0,93	1,6	0,90
1,6	0,84	0,84	0,85	0,7	0,87	0,90	0,90	2,0	0,88
2,0	0,83	0,80	0,84	0,8	0,87	0,89	0,90	2,4	0,86
-	-	-	-	0,9	0,87	0,89	0,90	2,8	0,84

Таблица А.22 – Значение коэффициента A_B

Толщина пилонате- риалов, мм	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы		
	конечная влажность W_K , %					конечная влажность W_K , %		
	8	10	12	18	20...22	10...12	18	20...22
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная влажность $W_H = 120$ %								
16	2,30	2,33	2,20	2,20	2,20	1,84	1,72	1,65
19	2,22	2,14	2,09	2,06	2,06	1,70	1,54	1,46
22	2,14	2,06	2,00	1,96	1,94	1,60	1,41	1,32
25	2,08	1,99	1,92	1,86	1,83	1,54	1,33	1,23
32	1,98	1,87	1,78	1,66	1,64	1,46	1,22	1,13
40	1,91	1,77	1,68	1,52	1,49	1,43	1,18	1,08
То же $W_H = 110$ %								
16	2,09	1,01	1,99	1,99	1,99	1,70	1,53	1,51
19	2,03	1,95	1,91	1,87	1,87	1,59	1,43	1,35
22	1,98	1,89	1,84	1,79	1,71	1,52	1,32	1,23
25	1,93	1,85	1,77	1,71	1,69	1,46	1,26	1,15
32	1,86	1,76	1,66	1,55	1,50	1,41	1,17	1,07
40	1,80	1,38	1,57	1,43	1,39	1,38	1,11	1,08
То же $W_H = 100$ %								
16	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,56	1,44	1,37
19	1,84	1,77	1,72	1,69	1,69	1,48	1,32	1,24
22	1,80	1,72	1,66	1,61	1,60	1,41	1,22	1,13
25	1,78	1,69	1,62	1,55	1,53	1,37	1,16	1,06
32	1,74	1,63	1,54	1,42	1,40	1,33	1,09	1,00
40	1,70	1,57	1,47	1,32	1,28	1,31	1,06	0,96
50	1,65	1,52	1,41	1,23	1,16	1,31	1,06	0,96
То же $W_H = 90$ %								
16	1,69	1,63	1,59	1,59	1,59	1,42	1,30	1,22
19	1,66	1,59	1,54	1,50	1,50	1,35	1,19	1,11
22	1,64	1,56	1,50	1,44	1,44	1,31	1,12	1,03
25	1,63	1,55	1,47	1,41	1,39	1,29	1,08	1,03
32	1,62	1,51	1,42	1,30	1,27	1,26	1,01	0,94
40	1,59	1,46	1,36	1,22	1,18	1,25	1,00	0,89
50	1,55	1,42	1,31	1,14	1,07	1,25	1,00	0,89
≥ 60	1,54	1,38	1,28	1,05	0,97	1,25	1,00	0,89

Продолжение таблицы А.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная влажность $W_H = 80\%$								
16	1,50	1,43	1,40	1,40	1,40	1,28	1,16	1,09
19	1,49	1,42	1,37	1,34	1,34	1,23	1,07	0,99
22	1,48	1,40	1,34	1,29	1,28	1,21	1,02	0,93
25	1,48	1,39	1,32	1,25	1,23	1,20	0,99	0,89
32	1,48	1,37	1,28	1,18	1,14	1,18	0,94	0,85
40	1,47	1,35	1,25	1,11	1,06	1,18	0,93	0,83
50	1,45	1,32	1,21	1,03	0,96	1,18	0,93	0,83
≥ 60	1,44	1,29	1,18	0,95	0,87	1,18	0,93	0,83
То же $W_H = 70\%$								
16	1,31	1,23	1,21	1,20	1,19	1,14	1,02	0,95
19	1,31	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	0,96	0,88
22	1,32	1,23	1,17	1,12	1,11	1,01	0,92	0,82
25	1,32	1,24	1,16	1,10	1,07	1,11	0,90	0,80
32	1,33	1,22	1,13	1,03	1,00	1,10	0,86	0,77
40	1,34	1,23	1,12	0,99	0,94	1,10	0,85	0,74
50	1,35	1,22	1,11	0,93	0,86	1,10	0,85	0,74
≥ 60	1,37	1,22	1,11	0,89	0,80	1,10	0,85	0,74
Начальная влажность $W_H = 60\%$								
16	1,10	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,81
19	1,12	1,05	1,00	0,98	0,97	1,00	0,84	0,76
22	1,14	1,06	1,00	0,95	0,94	1,00	0,81	0,72
25	1,16	1,07	1,00	0,93	0,91	1,00	0,79	0,69
32	1,20	1,09	1,00	0,88	0,86	1,00	0,76	0,67
40	1,23	1,11	1,00	0,85	0,81	1,00	0,75	0,65
50	1,24	1,11	1,00	0,82	0,75	1,00	0,75	0,65
≥ 60	1,26	1,11	1,00	0,82	0,75	1,00	0,75	0,65
Начальная влажность $W_H = 50\%$								
16	0,89	0,83	0,79	0,79	0,79	0,86	0,74	0,68
19	0,91	0,85	0,81	0,78	0,78	0,87	0,71	0,64
22	0,98	0,89	0,84	0,77	0,77	0,89	0,71	0,60
25	1,00	0,91	0,84	0,77	0,74	0,89	0,69	0,58
32	1,05	0,95	0,85	0,74	0,71	0,89	0,65	0,55
40	1,11	0,99	0,88	0,72	0,68	0,88	0,64	0,54
50	1,13	0,90	0,89	0,71	0,64	0,88	0,64	0,54
≥ 60	1,15	1,00	0,89	0,66	0,57	0,88	0,64	0,54

Продолжение таблицы А.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная влажность $W_H = 40\%$								
16	0,69	0,64	0,59	0,59	0,59	0,71	0,59	0,52
19	0,75	0,67	0,63	0,59	0,59	0,73	0,58	0,50
22	0,79	0,71	0,65	0,60	0,57	0,75	0,57	0,47
25	0,83	0,73	0,67	0,60	0,57	0,75	0,54	0,43
32	0,89	0,80	0,69	0,59	0,56	0,75	0,51	0,42
40	0,96	0,83	0,73	0,58	0,53	0,74	0,50	0,39
50	0,99	0,85	0,75	0,57	0,51	0,74	0,50	0,39
≥ 60	1,11	0,86	0,75	0,53	0,43	0,74	0,50	0,39
Начальная влажность $W_H = 30\%$								
16	0,50	0,43	0,40	0,40	0,40	0,54	0,42	0,35
19	0,55	0,48	0,43	0,40	0,40	0,56	0,40	0,32
22	0,59	0,51	0,45	0,40	0,39	0,57	0,38	0,29
25	0,63	0,54	0,47	0,40	0,38	0,57	0,36	0,26
32	0,72	0,61	0,52	0,40	0,37	0,57	0,33	0,24
40	0,78	0,65	0,55	0,40	0,36	0,57	0,32	0,22
50	0,81	0,68	0,57	0,39	0,32	0,57	0,32	0,22
≥ 60	0,83	0,68	0,57	0,33	0,26	0,57	0,32	0,22
Начальная влажность $W_H = 25\%$								
16	0,39	0,32	0,29	0,29	-	0,40	0,28	-
19	0,43	0,36	0,31	0,29	-	0,42	0,26	-
22	0,48	0,40	0,34	0,29	-	0,44	0,25	-
25	0,52	0,43	0,36	0,29	-	0,46	0,23	-
32	0,60	0,49	0,40	0,28	-	0,47	0,23	-
40	0,66	0,54	0,43	0,28	-	0,47	0,22	-
50	0,68	0,55	0,44	0,26	-	0,47	0,22	-
≥ 60	0,71	0,56	0,45	0,23	-	0,47	0,22	-
Начальная влажность $W_H = 20\%$								
16	0,30	0,23	0,20	0,20	-	0,27	0,15	-
19	0,34	0,27	0,22	0,20	-	0,30	0,14	-
22	0,38	0,30	0,24	0,19	-	0,31	0,12	-
25	0,42	0,33	0,26	0,19	-	0,32	0,11	-
32	0,49	0,38	0,29	0,17	-	0,32	0,08	-
40	0,53	0,41	0,30	0,15	-	0,32	0,07	-
50	0,56	0,43	0,32	0,14	-	0,32	0,07	-
≥ 60	0,58	0,43	0,32	0,10	-	0,32	0,07	-

Таблица А. 23 – Основные параметры сухого насыщенного водяного пара
(теплоносителя внутри калорифера)

Давление Р, Мпа	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6
Теплота парообразо- вания, г, кДж/кг	2202	2182	2164	2148	2134	2121	2108	2086

Таблица А.24 - Нормативные значения объемного коэффициента
заполнения штабеля

Номиналь- ная толщина пило- материалов, мм	Способ укладки								
	со шпациями				без шпаций				
	обрезные		Необрезные		обрезные			необрезные	
	Толщина прокладок $S_{пр}$, мм								
	22	25	22	25	22	25	32	22	25
13	0,191	0,176	0,126	0,116	0,264	0,244	0,206	0,176	0,162
16	0,216	0,201	0,143	0,133	0,300	0,278	0,237	0,200	0,185
19	0,238	0,222	0,158	0,147	0,330	0,307	0,265	0,220	0,205
22	0,257	0,241	0,170	0,159	0,356	0,333	0,290	0,237	0,222
25	0,273	0,257	0,181	0,170	0,378	0,356	0,312	0,252	0,237
32	0,304	0,288	0,201	0,191	0,422	0,399	0,356	0,281	0,266
40	0,331	0,316	0,219	0,209	0,459	0,438	0,395	0,306	0,292
45	0,345	0,330	0,228	0,219	0,478	0,458	0,416	0,319	0,305
50	0,357	0,342	0,236	0,227	0,494	0,474	0,434	0,329	0,316
60	0,378	0,362	0,249	0,243	0,521	0,502	0,464	0,347	0,335
70	0,391	0,379	0,259	0,250	0,541	0,525	0,488	0,361	0,350
75	0,397	0,385	0,263	0,255	0,550	0,533	0,499	0,367	0,356
90	0,413	0,402	0,273	0,266	0,572	0,557	0,525	0,381	0,371
100	0,421	0,411	0,279	0,272	0,583	0,569	0,539	0,389	0,379

Таблица А.25– Скорость циркуляции по материалу в камерах периодического действия

Тип камеры, характер циркуляции	Значение
1. Камеры в строительных ограждения (стационарные)	
С естественной циркуляцией	0,2
С циркуляцией слабой интенсивности (например- ЦНИИМОД-39, УкрНИИМЕД)	0,5
С циркуляцией средней интенсивности (например- ЦНИИМОД-23, эжекционная Гипродревпром)	1,0
С циркуляцией повышенной интенсивности (например- ВК-4, СПЛК-2, Латгипропром)	2,0
2. Сборно-металлические камеры	
С нереверсивной циркуляцией (например - СКД)	2,0
С реверсивной циркуляцией (например – СПМ-2К, СПВ-62, УЛ-2)	1,5 2,0 2,5 3,0

Таблица А.26 – Расчетная скорость $\omega_{\text{габ.расч}}$ в камерах непрерывного действия

Тип камеры	Расчетная скорость $\omega_{\text{габ.расч}}$ при режимах		
	мягких	нормальных	форсированных
Противоточные с поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией	0,78	0,95	1,26
Противоточные с продольной штабелевкой и зигзагообразной циркуляцией	0,41	0,48	0,67
Противоточные с продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией		1,25	

Таблица А.27 - Параметры перегретого пара при атмосферном давлении
(P=0,1Мпа)

Температура t, °С	Плотность ρ , кг/м ³	Удельный объем м ³ /кг	Степень насыщен- ности,φ	Энтальпия(теплосо- держание) J, кДж/кг	Удельная теплоем – кость С _п , кДж/кг град
99,6	0,590	1,695	1,000	2675	2,040
100	0,589	1,697	0,4992	2676	2,038
102	0,585	1,709	0,916	2679	2,031
105	0,581	0,722	0,814	2683	2,024
110	0,573	1,746	0,677	2691	2,015
115	0,565	1,770	0,566	2698	2,075
120	0,557	1,794	0,477	2706	2,002
125	0,55	1,818	0,405	2713	1,996
130	0,543	1,842	0,345	2721	1,992
135	0,536	1,866	0,298	2727	1,988
140	0,529	1,890	0,258	2734	1,984
145	0,522	1,914	0,224	2740	1,981
150	0,515	1,938	0,196	2746	1,979

Таблица А.28 - Среднее значение базисной плотности древесины

Порода древесины	ρ_0 , кг/м ³	Порода древесины	ρ_0 , кг/м ³
Береза	500	Лиственница	520
Бук	530	Ольха	420
Граб	630	Орех	520
Дуб	560	Осина	400
Ель	360	Пихта	300
Кедр	350	Сосна	400
Клен	550	Тополь	360
Липа	400	Ясень	540

Таблица А.29 – Сокращенная климатическая таблица

Наименование города	Расчетная температура, °С	
	среднегодовая t_{cp}	для отопления $t_{расч.зим}$
Алма-Ата	8,7	-25
Архангельск	0,8	-31
Баку	14,4	-4
Брянск	4,9	-26
Витебск	5,1	-26
Владивосток	4,0	-24
Волгоград	7,6	-25
Воронеж	5,4	-26
Горький	3,1	-30
Ереван	11,6	-19
Иркутск	-1,1	-37
Казань	2,8	-32
Калинин	3,3	-29
Киев	7,2	-22
Киров	1,5	-33
Кострома	2,7	-31
Красноярск	0,5	-40
Санкт-Петербург	4,3	-26
Магнитогорск	1,2	-34
Минск	5,4	-25
Москва	3,8	-26
Новороссийск	12,7	-13
Новосибирск	-0,1	-39
Одесса	9,8	-18
Омск	0,0	-37
Пермь	1,5	-35
Псков	4,6	-26
Рига	6,2	-20
Ростов-на-Дону	8,7	-22
Саратов	5,3	-27
Свердловск	1,2	-35
Ташкент	13,3	-15
Тбилиси	12,7	-8
Томск	-0,6	-40
Тюмень	1,3	-37
Уфа	2,5	-35
Хабаровск	1,4	-31
Харьков	6,9	-23
Чита	-3,1	-38
Якутск	-10,3	-55

Таблица А.30 – Значение коэффициента теплопередачи ограждений сушильных камер

Наименование ограждений	Коэффициент теплопередачи К, Вт/(м град.)
Стена кирпичная с односторонней штукатуркой толщиной	
250 мм	2,04
380 мм	1,53
510 мм	1,23
640 мм	1,03
770 мм	0,88
Потолок, плиты железобетонные толщиной 100мм с настилом из двух слоев рубероида и утеплителем	
засыпка – шлак, толщиной 350мм	0,7
засыпка – смесь опилок с глиной, толщиной 300мм	0,8
Дверь каркасная с обшивкой листами нержавеющей металла и теплоизоляцией, толщиной 100мм	0,6
Ограждение сборных камер – каркасные с обшивкой листовым металлом (с внутренней стороны – нержавеющей) и теплоизоляцией, толщиной 120-150мм	0,6

Таблица А.31 – Значение коэффициента $C_{\text{длит.}}$

$\tau_{\text{суш. ср.}} / \tau_{\text{суш.}}$	1	2	3	4	5	6	7	8
При низкотемпературном процессе сушки	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
При высокотемпературном процессе сушки	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7

Таблица А.32 – Ориентировочный состав и соотношение площадей участков сушильного цеха

Наименование участков и помещений	Площадь участка, м ²	Процент от общей площади цеха
1. Производственные площади		
Сушильные камеры		25
Траверсные коридоры		23
Помещение для формирования сырых штабелей		6
Склад сырых штабелей (промежуточный склад)		10
Помещение для расформирования сухих штабелей		8
Склад сухих штабелей (остывочное помещение)		17
Коридор управления		4
Итого:		93
2. Вспомогательные помещения		
Лаборатория цеха		
Механические мастерские	15-25	
Контора, комната начальника цеха	10-20	
Итого:	10-16	3
3. Бытовые помещения		
Комната отдыха, курительная, гардероб, душ, санузел		
Итого:		4
Всего:		100

Таблица А.33 – Техническая характеристика термодинамических конденсатоотводчиков типа 45 ч 15 нх

Условный проход d _y , мм	Коэффициент пропускной способности K _v , кг/час	Габаритные размеры, мм		Резьба трубная, дюйм	Масса, кг
		длина L	высота Н		
15	800	90	192	½	2,45
20	1000	100	213	¾	4,05
25	1250	120	250	1	6,55
32	1600	140	300	1 ¼	8,50
40	2000	170	310	1 ½	13,50
50	2500	200	335	2	17,30

Таблица А.34 – Ориентировочная продолжительность
влаготеплообработок пиломатериалов

Толщина	Продолжительность влаготеплообработок, час.				
пиломатериалов, мм	сосна, ель, пихта, осина, тополь, кедр, липа	береза, ольха	листвен-ница	бук, клен	дуб, ильм, орех, граб, ясень
До 22	1,5	2	3	3,5	4
Св.22 до 32	2	3	4	5	6
Св.32 до 40	3	6	8	10	12
Св.40 до 50	6	12	14	16	20
Св.50 до 60	9	18	21	24	30
Св.60 до 70	14	30	35	40	50
Св.75	24	60	65	70	80

Таблица А.35 – Рекомендуемая температура при прогреве
пиломатериалов мягких хвойных пород

Категория режима	Температура, °С при толщине пиломатериалов, мм						
	до 22	свыше 22 до 32	свыше 32 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60	свыше 60 до 75	св.75 до 100
М	67	67	64	64	63	60	60
Н	98	94	90	85	80	72	63
Ф	100	100	100	100	98	88	-

Таблица А.36 – Характеристика лифта Л-6,5-15

Наименование показателей	Значения
Грузоподъемность, т	15
Габариты подъемной платформы, мм:	
длина	6900
ширина	2200
Ход платформы, мм	2600
Скорость перемещения платформы, м/с	0,0104
Установленная мощность электродвигателя, кВт	10,0
Габариты приямка, мм:	
длина	7000
ширина	3000
высота	3115
Масса, кг	2930
Цена, руб.	2100

Таблица А.37 – Производительность труда при различных способах укладки и разборки штабелей и пакетов для камерной сушки

Способы укладки и разборки штабелей, пакетов	Число человек в бригаде	Производительность, м ³ /смену
Ручная укладка в сушильные штабеля (без шпаций)	2	(25 – 30) / (35 – 40)
Ручная разборка сушильных штабелей	2	(50 – 60) / (70 – 80)
Ручная укладка в штабеля с эстакады (без шпаций)	2	(30 – 35) / (40 – 45)
Укладка в пакеты с помощью пакетоформирующей машины	3	159 / 275
Укладка в штабеля (без шпаций) с помощью лифтов и вертикальных подъемников	2	(35 – 40) / (50 – 55)
Разборка штабелей с помощью лифтов и вертикальных подъемников	2	(70 – 80) / (150 – 160)
Укладка штабелеукладчиками	3	(100 -125) / (150 – 175)
Ручная укладка пакетов (без шпаций)	2	(33 – 40) / (46 – 52)
Ручная разборка пакетов	2	(66 – 80) / (92 – 104)

Примечание: 1. При укладке штабелей на пакетоформирующих машинах средняя длина пиломатериалов принята равной 5м.

2. В числителе приводится производительность труда при укладке и разборке досок сечением 25x140x5500мм, в знаменателе – сечением 50x140x5500мм.

Таблица А.38 - Значение коэффициента $\beta_{ш}$

Виды пиломатериалов	Способ укладки	
	Без шпаций	Со шпациями
Обрезные	0,90	0,65
Необрезные	0,60	0,43

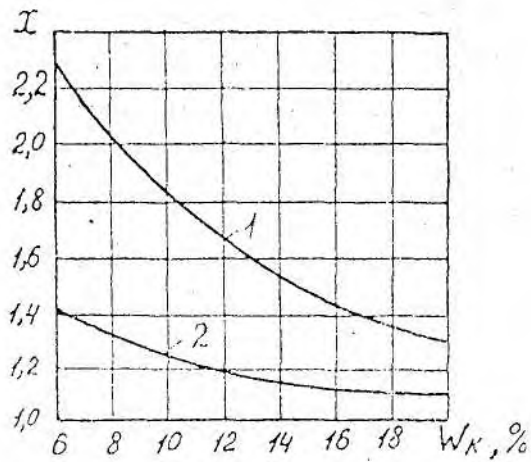
Таблица А.39 – Характеристика траверсных тележек

Наименование показателей	Марка	
	ЭТ - 4,5	ЭТ2 – 6,5М
Грузоподъемность, т	8,0	15,0
Габаритные размеры, мм:		
длина	3970	3900
ширина	4500	6490
высота общая от головки рельса	1775	1660
высота между головками рельсов	415	215
Скорость передвижения тележки, м/с	0,33	0,36
Скорость передвижения троса лебедки, м/с	0,19	0,132
Максимальное тяговое усилие на тросе лебедки, кН	7,8	7,8
Ширина колеи траверсного пути, мм	3000	
Предельные габаритные размеры штабеля, м :		
длина	4,5	6,5
ширина	1,8	1,8
высота	2,6	3,0
Общая установленная мощность, кВт	6,6	9,0
в том числе: передвижения тележки	2,6	5,0
лебедки	4,0	4,0
Масса, кг	3433	3000

Таблица А.40 – Давление насыщенного водяного пара в зависимости от температуры

t, °С	Давление, Па	t, °С	Давление, Па	t, °С	Давление, Па
0	327,84	32	4754,26	64	23904,60
2	705,27	34	5319,55	66	26144,40
4	813,26	36	5940,83	68	28557,60
6	934,59	38	6619,44	70	31157,40
8	1073,24	40	7375,37	72	33943,80
10	1227,89	42	8199,30	74	36956,90
12	1402,55	44	9104,50	76	40183,30
14	1598,53	46	10085,80	78	43636,30
16	1817,18	48	11160,38	80	47342,60
18	2063,82	50	12333,60	82	51315,60
20	2338,47	52	13612,20	84	55568,60
22	2643,77	54	14998,70	86	60114,90
24	2983,75	56	16505,30	88	64941,10
26	3361,05	58	18145,10	90	70100,70
28	3779,68	60	19918,30	92	75593,60
30	4242,31	62	21838,10	94	81446,40

Приложение Б



1 – низкотемпературный процесс; 2 – высокотемпературный процесс

Рисунок 1 – График коэффициентов неравномерности скорости сушки

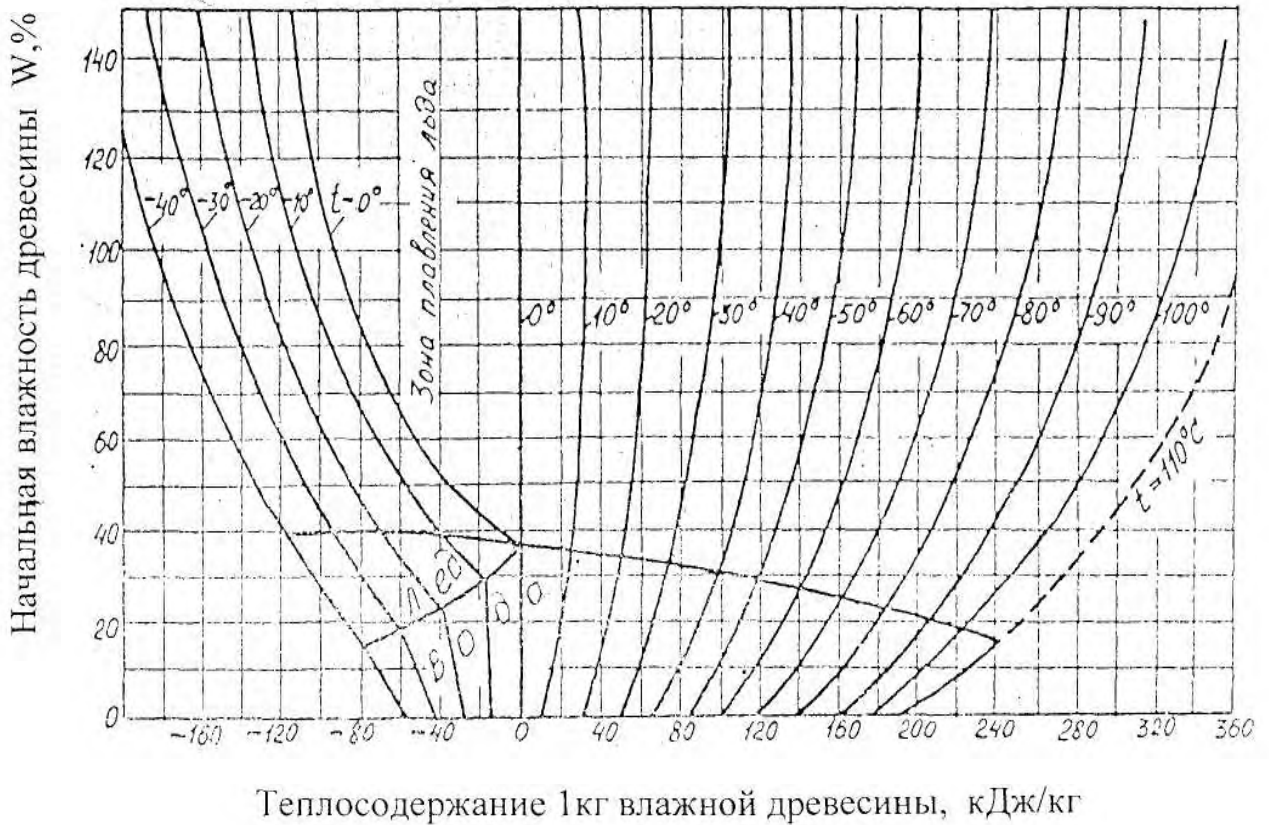


Рисунок 2 – Диаграмма для определения расхода тепла на прогрев 1кг влажной древесины

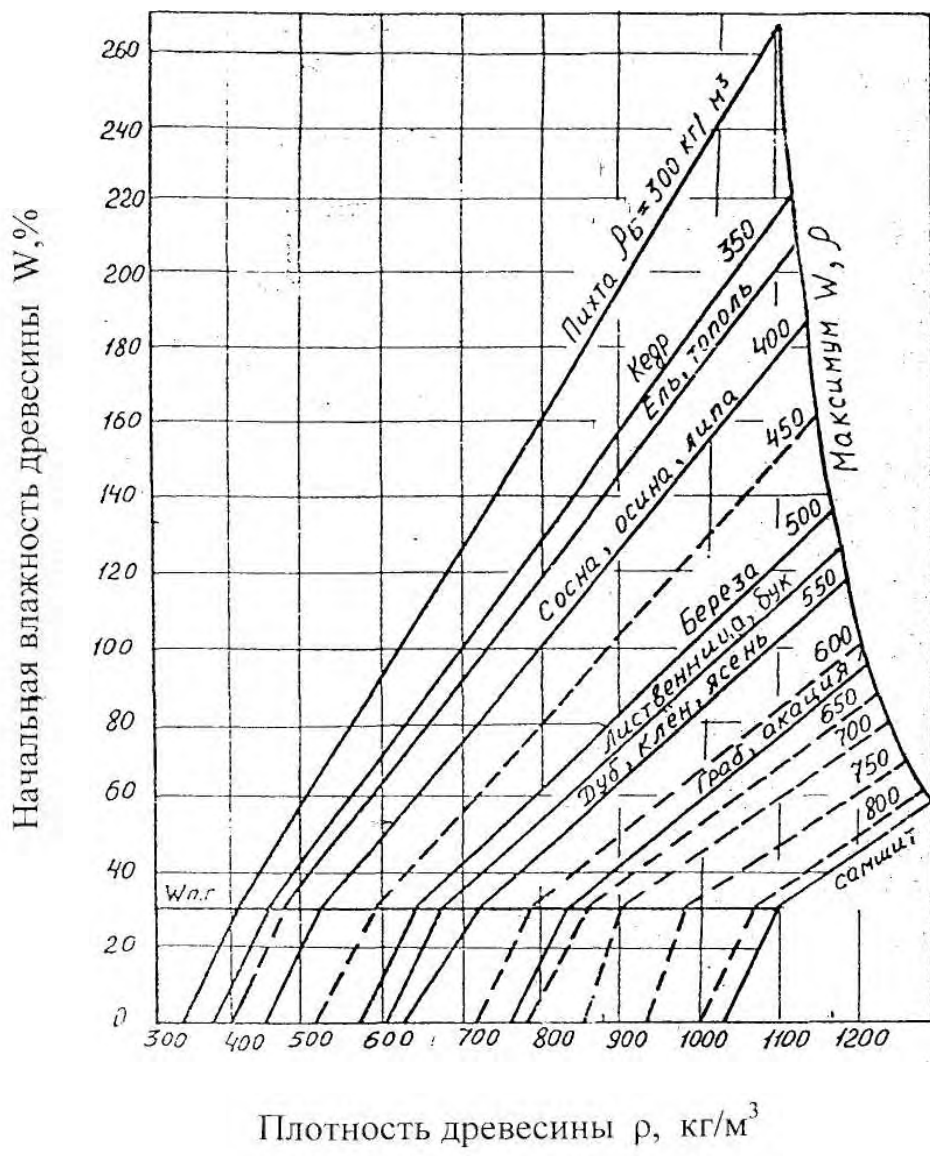
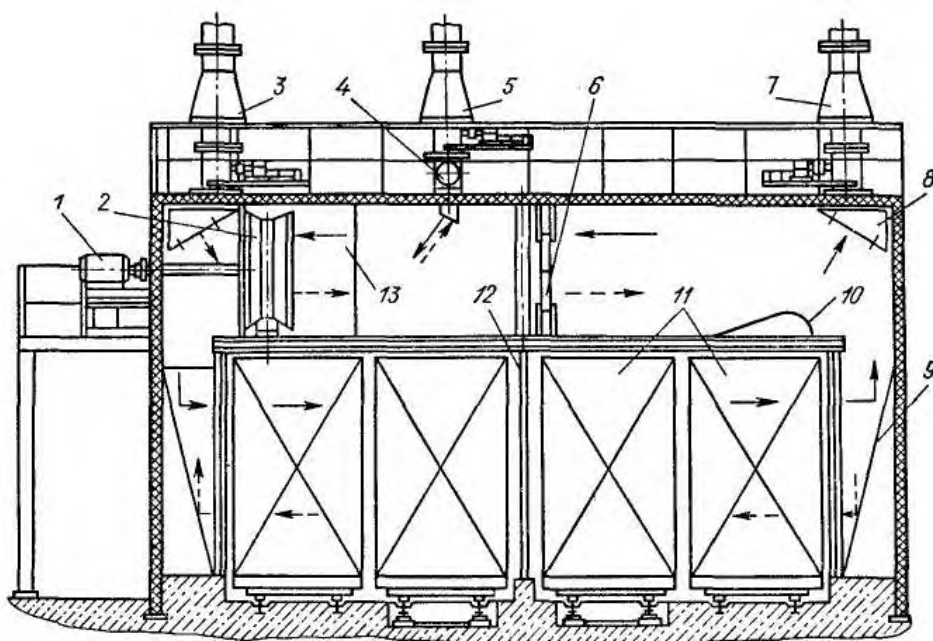


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости плотности древесины от её влажности



Рисунок 4 – Диаграмма для выбора диаметра условного прохода термодинамического конденсатоотводчика



1 – электродвигатель; 2 – вентилятор; 3, 5, 7 – приточно-вытяжные трубы; 4 – коллектор; 6, 12 – основной и промежуточный калориферы; 8 – распределительный канал; 9 – наклонный экран; 10 – обтекатель; 11 – штабеля пиломатериалов; 13 - перегородка

Рисунок 6 – Схема сушильной камеры СП-2КП

Приложение Д

Пример оформления содержания

Содержание

Введение	4
1 Описание сушильной камеры	5
2 Технологическая часть	7
2.1 Выбор режима сушки	7
2.2 Расчет продолжительности сушки и оборота камеры	8
2.3 Перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объем условного материала	9
2.4 Расчет годовой производительности камеры на условном материале	10
2.5 Расчет потребного количества сушильных камер	11
3 Тепловой расчет	12
3.1 Выбор расчетного материала	13
3.2 Определение параметров агента сушки на входе в штабель	14
3.3 Расчет количества испаряемой влаги	15
3.4 Определение объема циркулирующего агента и его параметров на выходе из штабеля	16
3.5 Расчет расхода тепла на сушку	18
3.6 Расход пара	20
3.7 Выбор конденсатоотводчика	23
4 Описание технологического процесса сушки	24
4.1 Транспортные и погрузочно-разгрузочные операции. Применяемые механизмы	26
4.2 Составление рабочего режима сушки пиломатериалов в камерах периодического действия	28
4.3 Расчет погрузочно-разгрузочного оборудования для камер непрерывного действия	30
Заключение	32
Список использованных источников	33

					<i>КП-250401-ТД-012-15 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Иванов С.В</i>			Проект сушильного цеха на базе сушильной камеры СПЛК-2 мощностью 25 тыс, м ³ в год 75	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Петров М.О.</i>					4	80
<i>Реценз.</i>						ГОУ ВПО БрГУ БЦБК ТД-121		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Сидоров К.Н</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Панов А.С.</i>						

Приложение Г

Пример оформления списка использованных источников

Список использованных источников

- 1 Богданов Е.С. Справочник по сушке / Богданов Е.С.–М.:«Лесная промышленность», 1990.-304с.
- 2 Дьяченко К.Ф. Пособие по сушке пиломатериалов. / Дьяченко К.Ф., Гукалов А.М. – М. «Лесная промышленность»,1987г. - 192с.
- 3 Миляевская Р.Е. Сушка и защита древесины. Методические указания по выполнению курсовой работы / Миляевская Р.Е. – Щелково: Российский политехнический колледж, 1992г. – 62с.
- 4 Серговский П.С. Режимы и проведение камерной сушки пиломатериалов / Серговский П.С. – М.: «Лесная промышленность», 1976. - 136с.
- 5 Соколов П.В. Лесосушильные камеры / Соколов П.В., Харитонов Г.Н., Добрынин С.В.. – М.: Лесная промышленность, 1987. - 184с.
- 6 Богданов Е.С. Сушка пиломатериалов / Богданов Е.С. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 248с.
- 7 Пейч Н.Н., «Сушка древесины» Учебник для профессионально-технических училищ / Пейч Н.Н., Царев Б.С. - М. «Высшая школа», 1975.- 224с.
- 8 Жилко Э.В. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Гидротермическая обработка и консервирование древесины» / Жилко Э.В. – БЦБК БрГУ, 2015. – 75с.
- 9 ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей. Технические требований и таблиц на графических документах. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.316-68; дата введ. 01.07.2009. – М.: Стандартиформ, 2009. – 12с.
- 10 Исследовано в России [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-техн. ин-т. – Электрон. Журн.. – Долгопрудный : МФТИ, 1998. – Режим доступа: [http:// zhurnal.mipt.rssi.ru](http://zhurnal.mipt.rssi.ru). – Загл. с экрана.

Приложение Д Пример оформления заключения

Заключение

В данном курсовом проекте были выполнены следующие расчеты и пояснения.

Было дано описание сушильной камеры ВК-4, выявлены конструктивные и аэродинамические характеристики камеры, указаны ее достоинства и недостатки.

Согласно заданной спецификации выбран номер и индекс режима, параметры режима сушки.

Произведен технологический расчет, в котором определена продолжительность сушки и оборота камеры, потребное количество сушильных камер для выполнения заданной программы и дано описание технологического процесса сушки.

Продолжительность сушки для расчетного материала - 37,8 часа. Производительность камеры в фактическом материале - 17000 куб.м в год, в условном материале - 16477,5 куб.м в год.

Далее произведен тепловой расчет, в котором с учетом расчетного материала определен объем циркулирующего агента сушки с параметрами на входе и выходе из штабеля, а также расчет тепла на сушку с учетом затрат на прогрев материала и потерь тепла через ограждения камеры. Определена марка и потребное количество конденсатоотводчиков.

Потребное количество пара на годовую программу составляет 2898,3 тонны в год. Потребное количество конденсатоотводчиков типа 45 ч 15 нх - 4 штуки

Согласно технологического процесса сушки, количества потребного оборудования разработан и выполнен план сушильного цеха на базе сушильной камеры ВК-4.

Список использованных источников

- 1 Богданов Е.С. Справочник по сушке / Богданов Е.С.–М.:«Лесная промышленность», 1990.-304с.
- 2 Серговский П.С. «Гидротермическая обработка и консервирование древесины» / Серговский П.С., Расев А.И. - М.: «Лесная промышленность»,1975.- 360с.
- 3 Дьяченко К.Ф. Пособие по сушке пиломатериалов. / Дьяченко К.Ф., Гукалов А.М. – М. «Лесная промышленность»,1987г. - 192с.
- 4 Кречетов И.В. «Сушка и защита древесины» / Кречетов И.В. .М.: «Лесная промышленность», 1987г. - 328с.
- 5 Миляевская Р.Е. Сушка и защита древесины. Методические указания по выполнению курсовой работы / Миляевская Р.Е. – Щелково: Российский политехнический колледж, 1992г. – 62с.
- 6 Серговский П.С. Режимы и проведение камерной сушки пиломатериалов / Серговский П.С. – М.: «Лесная промышленность», 1976. - 136с.
- 7 Соколов П.В. Лесосушильные камеры / Соколов П.В., Харитонов Г.Н., Добрынин С.В.. – М.: Лесная промышленность, 1987. - 184с.
- 8 Богданов Е.С. Сушка пиломатериалов / Богданов Е.С. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 248с.
- 9 Пейч Н.Н., «Сушка древесины» Учебник для профессионально-технических училищ / Пейч Н.Н., Царев Б.С. - М. «Высшая школа», 1975.- 224с.
- 10 Соколов П.В. Сушка древесины / Соколов П.В. –М.: Лесная промышленность, 1968. – 364с.
- 11 Серговский П.С.«Гидротермическая обработка и консервирование древесины» Учебник для вузов / Серговский П.С., Расев А.И. – М. Лесная промышленность, 1987.- 360с.
- 12 Кречетов И.В. «Сушка древесины» / Кречетов И.В. - М. Лесная промышленность, 1972. – 440с.