

674  
P-35 Министерство высшего и среднего специального образования

Б С С Р

Белорусский технологический институт им. С.М.Кирова

674.047.1

На правах рукописи

ФЕДЯНИН НИКОЛАЙ ПАВЛОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ ПИЛМАТЕРИАЛОВ  
НА ОТКРЫТЫХ СКЛАДАХ

Специальность 05.42.1

машин, оборудование и технология  
лесопильных и деревообрабатывающих производств

Диссертация написана на русском языке

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск

1972

674  
9-35  
Министерство высшего и среднего специального образования

Б С С Р

Белорусский технологический институт им. С.М.Кирова

На правах рукописи

ФЕДУЛИН НИКОЛАЙ НАВЛОВИЧ



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ АТМОСФЕРНОЙ СЛУЖКИ ПОДМАТЕРИАЛОВ  
НА ОТКРЫТЫХ СЛОЖАХ

2992 ар.

· Специальность 05.42.1

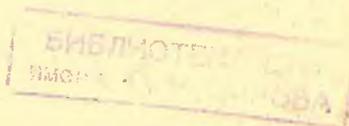
машины, оборудование и технология  
лесопильных и деревообрабатывающих производств

Диссертация написана на русском языке

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск  
1972



Работа выполнена в Архангельском ордена Трудового Крас-  
ного Знамени лесотехническом институте им. В. В. Куйбышева

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ  
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,  
профессор Ф. И. КОЙБЕРИН

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОЦЕНОЧНИКИ:

доктор технических наук, профессор П. С. СЕРГОВСКИЙ,  
кандидат технических наук, доцент К. Ф. ДЬЯКОНОВ

Ведущее предприятие - Архангельский ордена Ленина  
лесопильно-древнообрабатывающий комбинат им. В. И. Ленина

Автореферат разослан 8 декабря 1972 г.

Защита диссертации состоится 10 января 1973 г. 210  
на заседании Ученого Совета Белорусского технологического  
института им. С. М. Кирова (г. Минск, ул. Свердлова, 13<sup>А</sup>, корпус IV,  
аудитория 220)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Ученый секретарь Совета  
кандидат технических наук

  
Е. А. ГРУБЕЦКАЯ

## В В Е Д Е Н И Е

В области лесной и деревообрабатывающей промышленности директивами по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 годы намечается значительное увеличение некоторых новых видов продукции, дальнейшее улучшение качества выпускаемой продукции и более высокое качественное использование лесоматериалов.

В деле повышения качества и эффективности использования лесоматериалов важную роль имеет сушка древесины.

Успешному решению этих задач может способствовать дальнейшее развитие и совершенствование атмосферной сушки пиломатериалов, особенно экспортных.

Учитывая народнохозяйственную значимость решения указанных вопросов, нами были проведены исследования по совершенствованию атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах:

### КРАТКИЙ ОБЗОР РАБОТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Имеющиеся в настоящее время сведения в области атмосферной сушки представлены в трудах советских и зарубежных исследователей. В СССР известны работы В.И.Лебедева, Ф.И.Коперина, А.Н.Песоцкого, Н.И.Стрекаловского, С.И.Горчина, М.П.Зеленина, Б.И.Уголева, М.И.Кротова, В.Г.Кротова и других. Из зарубежных исследователей в этой области работали В.Кениг, А.Вильери, В.Аник, К.Медешка.

По исследованию продолжительности атмосферной сушки наиболее важными являются работы В.И.Лебедева, Ф.И.Коперина, Н.И.Стрекаловского и М.П.Зеленина. В этих работах эксперимен-

тальным путем установлена продолжительность просыхания пиломатериалов при атмосферной сушке для некоторых климатических районов нашей страны. По влагопроводности древесины имеются работы Н.С.Саргвского, М.В.Аришховской, Р.Н.Алиаткиной.

Анализ литературных источников показал, что почти во всех работах по атмосферной сушке древесины рассмотрены следующие основные вопросы:

- а) исследование технологии атмосферной сушки;
- б) выявление причин, вызывающих повреждение пиломатериалов на складах;
- в) исследование различных конструкций штабелей и их размещение на складе;
- г) исследование микроклимата штабелей и склада пиломатериалов;
- д) исследование продолжительности сушки пиломатериалов в рядных штабелях и в штабелях на рейках.

Продолжительность просыхания пиломатериалов в рядных штабелях изучена слабо. Империруется немногочисленные сведения по отдельным районам не позволяют дать анализ продолжительности сушки по климатическим зонам основных лесопромышленных районов СССР.

Во всех перечисленных работах вопросы расчетных методов определения продолжительности атмосферной сушки не рассматривались.

Расчетный метод определения продолжительности сушки имеет ряд преимуществ по сравнению с таблицами, где сроки сушки установлены опытным путем применительно к определенным метеорологическим условиям. Главное преимущество расчетного метода определения продолжительности сушки заключается в том, что он более универсален и позволяет вычислять продолжительность сушки в разных районах с разными климатическими условиями.

Для разработки метода расчета продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов имеются следующие научные предпосылки:

1) в области низкотемпературной камерной сушки разработаны уравнения зависимости продолжительности сушки от температуры и относительной влажности сушильного воздуха;

2) исследована физическая природа процессов, происходящих при атмосферной сушке древесины, выявлены основные факторы, влияющие на продолжительность сушки.

Анализ проведенных нами производственных наблюдений подтверждает практическую целесообразность и необходимость специальных исследований процесса продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах. Эти исследования должны внести ясность в характер влияния постоянно изменяющегося сушительного потенциала атмосферного воздуха и некоторых характеристик пиломатериалов на продолжительность сушки пиломатериалов. Поэтому основными задачами нашей работы были следующие:

1. Исследование влияния различных факторов на продолжительность атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах: а) постоянно изменяющихся температуры и относительной влажности атмосферного воздуха на складе; б) начальной влажности пиломатериалов; в) соотношения заболонной и ядровой древесины в пиломатериалах.

2. Разработка метода расчета продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах.

Краткое содержание работы дается ниже.

#### НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В работе приведены теоретические исследования по определению продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов расчетным методом.

На основании анализа работ по расчету продолжительности конвективной сушки пиломатериалов за основу расчета принято уравнение влагопроводности древесины, предложенное проф. П. С. Сергеевским. Для расчета продолжительности конвективной сушки пиломатериалов в сушильных камерах служит уравнение в общем виде:

$$t' = \frac{S}{\pi^2 a} \left(1 + \frac{\pi^2}{2HS}\right) \rho_n \frac{W_n - W_d}{W_n - W_d} \quad (1)$$

где  $S$  — толщина бесконечно широкой пластины, см;  
 $a$  — коэффициент влагопроводности древесины, см<sup>2</sup>/сек;  
 $W_n$  — начальная влажность древесины, %;  
 $W_d$  — конечная средняя влажность древесины, %;

- $W_p$  - равновесная влажность древесины, соответствующая температуре  $t$  и относительной влажности  $\varphi$  сушильного агента, %;
- $HS$  - критерий (аналог критерия БИО):

$$HS = \frac{d}{a} \cdot S \quad (2)$$

- где  $d$  - коэффициент влагоотдачи, см/сек;
- $a$  - коэффициент теплопроводности, см<sup>2</sup>/сек.

Для практических расчетов продолжительности конвективной сушки пиломатериалов при низкотемпературном процессе в сушильных камерах уравнение (1) преобразуется в формулу:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{a \cdot 10^4} \cdot \lg \frac{W_H - W_p}{W_K - W_p} \quad (3)$$

- где  $\tau$  - продолжительность сушки от  $W_H$  до  $W_K$ , час;
- $a$  - коэффициент теплопроводности древесины, среднее его значение по направлению поперек волокон, см<sup>2</sup>/сек;
- $S$  - расчетная толщина пиломатериала, определяемая в зависимости от толщины сортимента  $S_1$  и ширины  $S_2$  по уравнению:

$$S = \frac{S_1 \cdot S_2}{S_1 + S_2} \quad (4)$$

Проведенные теоретические исследования показали, что продолжительность атмосферной сушки пиломатериалов единичных сортиментов в условиях открытого склада определяется по формуле:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{D \cdot 10^4} \cdot K_M \cdot A_0 \cdot \lg \frac{W_H - W_p}{W_K - W_p} \quad (5)$$

- где  $S$  - расчетная толщина пиломатериала, определяемая по уравнению (4);
- $D$  - средний коэффициент теплопроводности древесины поперек волокон. Определяется он в зависимости от породы и соотношения заболонной и ядровой древесины пиломатериалов определенной размерной группы по диаграмме (рис. 1) или по уравнению:

$$D = \frac{a_{200} \cdot D_{200} + a_{100} \cdot D_{100}}{100} \quad (6)$$

- где  $\alpha_{305}$  - коэффициент влагопроводности для заболонной древесины (по П.С.Сергеевскому);  
 $\alpha_{ядр}$  - коэффициент влагопроводности для ядровой древесины той же породы (по П.С.Сергеевскому);  
 $\rho_{305}$  - относительное объемное количество заболонной древесины в пиломатериалах, %;  
 $\rho_{ядр}$  - относительное объемное количество ядровой древесины в пиломатериалах, %.

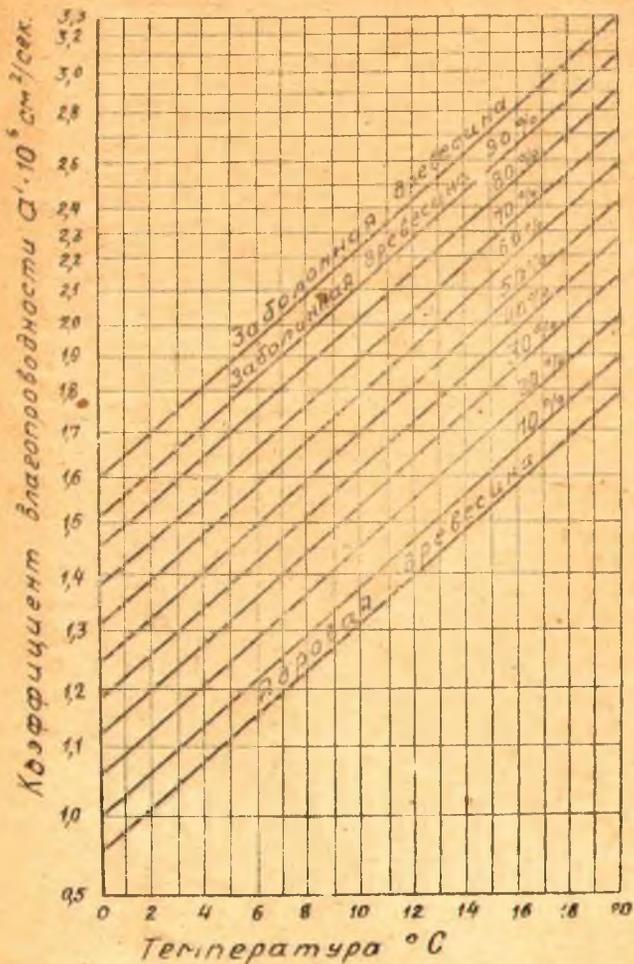


Рис. 1. Зависимость средних расчетных коэффициентов влагопроводности древесины в сосновых пиломатериалах с учетом соотношения в них заболонной и ядровой древесины от температуры.

Для практических приближенных расчетов продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов при определении численного значения коэффициента влагопроводности  $D$  нами составлена номограмма (рис. 1).

Продолжительность атмосферной сушки пиломатериалов в штабеле определяют по уравнению:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \cdot K_M \cdot A_B \cdot C \lg \frac{W_H - W_B}{W_K - W_B} \quad (7)$$

- где  $C$  - коэффициент, учитывающий замедление сушки в штабелях по отношению к сушке единичных сортиментов. При сушке единичных сортиментов  $C = 1$ ;
- $K_M$  - коэффициент, учитывающий влияние изменения температур, относительной влажности и других параметров воздуха на продолжительность сушки;
- $A_B$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра;
- $W_H$  - начальная средняя влажность пиломатериалов при сушке на расчетном этапе, %;
- $W_K$  - конечная средняя влажность пиломатериалов на расчетном этапе сушки, %;
- $W_B$  - равновесная влажность пиломатериалов, соответствующая средним показателям температуры и относительной влажности воздуха за расчетный период этапа, определяется по таблице или по диаграмме равновесной влажности воздуха древесины, %.

Полученное нами решение - общее, но позволяет переходить к частным решениям. Чтобы уравнение (7) было приемлемо для практических расчетов, надо было экспериментально проверить и определить численную величину ряда показателей, входящих в расчетное уравнение. Такими показателями являются:

- коэффициент, учитывающий влияние изменения температуры и относительной влажности атмосферного воздуха,  $K_M$ , на продолжительность сушки;
- средний коэффициент влагопроводности древесины поперек волокон  $D$ , с учетом соотношения заболонной и ядровой древесины в пиломатериалах;

- начальная влажность древесины пиломатериалов,  $W_n$  ;
- коэффициент, учитывающий скорость ветра в условиях склада,  $A_B$  ;

- коэффициент, учитывающий замедление сушки пиломатериалов в штабелях по отношению к сушке единичных сортиментов,  $C$  ;

Проверке этих показателей, а также определению их численной величины и посвящены экспериментальные исследования.

Данные исследования позволили уравнение влагопроводности древесины сделать приемлемым для определения продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов расчетным методом.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 1. СООТНОШЕНИЕ ЗАБОЛОННОЙ И ЯДРОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СОСНОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛАХ

Исследования проводили на лесопильно- деревообрабатывающих предприятиях объединения "Северолесэкспорт", вырабатывающих экспортные пиломатериалы. Для исследования выбрали сосну, так как применительно к сушке за условный пиломатериал принимают древесину сосны.

Для установления объемного соотношения заболонной и ядровой древесины в сосновых пиломатериалах исследовали экспортную продукцию, вырабатываемую по техническим условиям ТУ 13-02-04-67. "Пиломатериалы экспортные хвойных пород".

Пилоочное сырье характеризовалось следующими данными:

- средний диаметр бревен - 21,0 см;
- средний объем бревен - 0,236 м<sup>3</sup>;
- средняя длина бревен - 5,6 м.

Эти показатели являются характерными для Архангельских лесозаводов, вырабатывающих основные экспортные пиломатериалы.

Экспортные пиломатериалы по толщине подразделялись на три группы: тонкие - от 12 до 23 мм, средние - от 25 до 45 мм и толстые - от 50 до 100 мм. По ширине доски подразделяются на две группы: узкие - от 90 до 140 мм, широкие - от 150 до 280 мм. Такое подразделение соответствует ТУ 13-02-04-67. Размеры пиломатериалов, принятых при исследовании, приведены в табл. I.

В процессе опытов была исследована 961 доска. Результаты опытов обработаны методом математической вариационной статистики. Результаты исследований соотношения заболонной и ядровой

Таблица 1

Подразделение пиломатериалов на размерные группы при проведении исследований

№ размерной группы	Характеристика пиломатериалов	Размеры поперечного сечения, мм	
		толщина	ширина
1	Багеты	12-23	50-76
2	Тонкие узкие	12-23	90-140
3	Тонкие широкие	12-23	150-280
4	Средние узкие	25-46	90-140
5	Средние широкие	25-46	150-280
6	Толстые узкие	50-76	90-140
7	Толстые широкие	50-76	150-280

древесины в пиломатериалах по размерным группам приведены в табл. 2.

Анализируя результаты исследований по данному вопросу, можно сделать следующие выводы:

1. Пиломатериалы разных размеров по толщине и ширине имеют разное среднее объемное соотношение заболонной и ядровой древесины.

2. В тонких пиломатериалах заболонной древесины содержится больше, чем в толстых.

3. При одной и той же толщине в узких пиломатериалах содержится большее относительное количество заболонной древесины, чем в широких.

4. Результаты исследований могут служить данными для определения среднего коэффициента влагопроницаемости древесины.

5. С учетом объемного соотношения заболонной и ядровой древесины в пиломатериалах разных размерных групп.

6. Результаты исследований по определению содержания заболонной древесины в сосновых пиломатериалах могут служить необходимыми данными для некоторых технологических расчетов.

Для вычисления средней влажности партий пиломатериалов, когда известно численное значение влажности отдельно заболонной и ядровой древесины, можно пользоваться данными соотношения заболонной и ядровой древесины.

Таблица 2

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ЗАБОЛОННОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СОСНОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛАХ

(% к общему объему пиломатериалов)

№ размерной группы	Размеры досок, мм		Количество отдельных досок, л	Статистические показатели			показатель точности $\rho$ , %
	толщина	ширина		Среднее значение относительного объема заболонной древесины, %	Среднее значение относительного объема ядровой древесины, %	Среднее значение относительного объема заболонной древесины, %	
1	13-23	50-76	121	69,8	18,7	1,9	26,8
2	13-23	90-140	140	56,0	21,1	2,0	43,0
3	13-23	150-280	140	32,0	19,7	1,6	58,4
4	25-46	90-140	140	36,5	21,2	1,8	51,4
5	25-46	150-280	140	21,0	10,8	0,8	51,4
6	50-76	90-140	140	27,0	16,3	1,5	58,4
7	50-76	150-280	140	13,2	6,6	0,5	50,0

Эти значения могут быть применены для расчета количества антисептика, вводимого в древесину при ее пропитке, а также в некоторых других практических целях.

## 2. ВЛАЖНОСТЬ ЗАБОЛОННОЙ И ЯДРОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНОВЫХ ПИЛМАТЕРИАЛОВ В ПЕРИОД ИХ ВЫРАБОТКИ

Каждый месяц брали 120 проб ( по 60 заболонной и ядровой древесины). Всего для определения влажности древесины было взято 1440 проб. Пробы брали из партии бревен, которые в период спитов распиливались в лесопильном цехе. Отбирали их по схеме, показанной на рис.2, на расстоянии 0,5 м от комлевого и верхнего торцов.

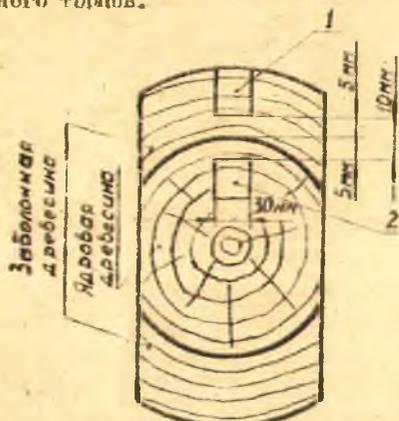


Рис.2. Схема отбора проб на влажность: 1 - из заболонной древесины; 2 - из ядровой древесины

В результате исследования влажности заболонной и ядровой древесины сосны в период выработки пиломатериалов установлено, что влажность как заболонной, так и ядровой древесины приблизительно одинакова во все месяцы распиловки. Наблюдается незначительное увеличение влажности заболонной древесины в бревнах, распиливаемых в осенние месяцы ( сентябрь и октябрь ).

Средние полученные результаты и проанализирован полученные данные по влажности сплавной древесины с изложенной в литературе, переходим к следующим основным выводам:

1. Средняя влажность заболонной древесины сосновых бревен, доставленных из предприятия сплавами, выше, чем в свежесрубленных на 10-50%. Влажность ядровой древесины в них примерно одинакова.

2. Изменение средней влажности древесины при сплаве и хранении на промежуточных складах происходит в основном за счет изменения влажности заболонной древесины. Это подтверждается и исследованиями Ф.И.Коперина.

3. Влажность древесины сплавных пиловочных бревен, распиливаемых в различные месяцы, примерно одинакова. У сосновых пиловочных бревен средняя годовая влажность составила: заболонной древесины — 161%, ядровой — 34,2%. Это согласуется с данными исследования В.И.Лебедева.

4. Проведенные исследования влажности заболонной и ядровой древесины могут служить исходными данными для расчета средних значений влажности как самих пиловочных бревен, так и начальной влажности вырабатываемых из них пиломатериалов при условии, что известно объемное соотношение заболонной и ядровой древесины.

5. Ввиду малой разницы в значениях влажности по месяцам и отсутствия зависимости от времени распиловки, для расчета можно принять среднюю годовую влажность.

6. Как показали статистические вычисления данных наблюдений, варьирование величины влажности отдельных образцов заболонной и ядровой древесины подчиняется закону нормального распределения. Результаты исследований влажности древесины в период выработки пиломатериалов приведены в табл. 3.

#### СРЕДНЯЯ НАЧАЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В стволах растущих деревьев хвойных пород влага по поперечному сечению распределяется неравномерно. Влажность заболонной древесины в три-четыре раза выше влажности ядровой (или спелой) древесины.

В пиломатериалах обычной распиловки (экспортных и внутреннего потребления) имеется и ядровая (спелая), и заболонная древесина. В период выработки пиломатериалов влажность заболонной и ядровой древесины равна влажности соответствующей древесине пиловочных бревен.

Среднюю начальную влажность пиломатериалов (влажность в период их выработки) определяют путем вычисления средней влажности по формуле:

$$W_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{заб}} \cdot P_{\text{заб}} + 1 \cdot J_{\text{р}} \cdot P_{\text{ядр}}}{100} \quad ; \quad (8)$$

НАЧАЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ОСНОВНЫХ  
ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПЕРИОД ИХ ВЫРАБОТКИ ПО МЕСЯЦАМ

Период набле- дений	Коли- чест- во лет- них образ- цов n, шт.	Статистические показатели				
		среднее арифме- тическое число M, %	среднее квadra- тическое отклоне- ние σ, %	средняя ошибка m	вариаци- онный коэффи- циент V,	показа- тель точ- ности ρ, %
Рабочая древесина						
Январь	60	154,4	21,1	3,1	14,6	1,9
Февраль	60	156,4	19,4	2,4	12,4	1,5
Март	60	162,4	23,8	2,9	14,2	2,0
Апрель	60	156,8	25,3	3,3	19,4	2,9
М а и	60	163,8	21,6	3,0	13,6	1,6
Июнь	60	163,0	26,9	2,5	16,1	1,9
Июль	60	166,7	23,6	3,7	16,1	1,9
Август	60	156,1	26,2	3,6	16,8	2,3
Сентябрь	60	170,7	25,1	3,1	14,7	1,8
Октябрь	60	164,2	23,2	3,0	14,1	1,8
Ноябрь	60	154,7	22,5	3,0	14,5	1,9
Декабрь	60	163,4	25,3	3,6	15,5	2,4
Средние за год	720	161,0			14,9	0,6
Ядровая древесина						
Январь	60	34,7	18,4	1,1	20,6	2,1
Февраль	60	36,1	17,5	0,8	17,5	2,2
Март	60	37,6	17,8	0,9	17,8	2,4
Апрель	60	36,7	17,7	1,5	21,7	2,6
М а и	60	31,2	12,2	0,5	12,3	1,5
Июнь	60	30,1	14,9	0,4	17,0	2,1
Июль	60	32,9	13,6	0,7	14,0	1,7
Август	60	33,4	13,8	0,6	13,8	1,8
Сентябрь	60	33,7	13,6	0,5	13,6	1,5
Октябрь	60	32,7	16,5	0,7	16,5	2,0
Ноябрь	60	35,3	14,8	0,6	14,8	1,8
Декабрь	60	36,5	17,6	1,2	20,6	2,9
Средние за год	720	34,2			16,0	0,6

где  $W_{зоб}$  - влажность заболонной древесины, % ;

$W_{др}$  - влажность ядровой древесины, % ;

$P_{зоб}$ ,  $P_{др}$  - объемное количество заболонной и ядровой древесины в пиломатериалах исследуемого размера, % к их общему объему (табл.2).

Для определения влажности было взято 720 проб заболонной и 720 проб ядровой древесины.

Результаты исследований средней начальной влажности пиломатериалов представлены в табл.4. По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Установлена средняя начальная влажность сосновых пиломатериалов, выпиленных из сплавных бревен.

2. Определена зависимость начальной влажности от толщины и ширины пиломатериалов. Тонкие пиломатериалы имеют более высокую влажность по сравнению с пиломатериалами толстыми. При одной и той же толщине узкие пиломатериалы имеют влажность выше, чем широкие. Зависимость влажности пиломатериалов от их толщины отмечали в своих работах Ф.И.Коперин, В.И.Лебедев и П.И.Стрелковский. Характер этой зависимости подтверждается и нашими исследованиями.

Т а б л и ц а 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ СОСНОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
В СРЕДНЕВЕЧЕВЕНСКОМ СОСТОЯНИИ ПО РАЗМЕРНЫМ ГРУППАМ

№ группы	Размеры досок, мм		Соотношение заболонной и ядровой древесины, %		Средняя влажность пиломатериалов, %
	толщина	ширина	заболонной	ядровой	
1	13-23	50-76	69,8	30,2	III,4
2	13-23	90-140	56,0	44,0	IOБ,0
3	13-23	150-280	32,0	68,0	74,0
4	25-45	90-140	35,5	64,5	75,7
5	25-46	150-280	21,0	79,0	61,0
6	50-76	90-140	27,0	78,0	68,3
7	50-76	150-280	13,2	86,8	50,8

3. Результаты исследований начальной влажности могут быть использованы в качестве исходных данных для расчета продолжительности атмосферной, комбинированной атмосферно-камерной и камерной сушки древесины. Они могут быть использованы также при технологических расчетах и при расчетах теплового оборудования сушильных камер.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ ПИЛМАТЕРИАЛОВ НА ОТКРЫТЫХ СКЛАДАХ

Зависимость продолжительности атмосферной сушки от основных метеорологических факторов атмосферного воздуха исследовали на единичных сортаментах в экспериментальной установке и на пилматериалах, уложенных для сушки в пакотине штабеля.

Для исследования динамики просыхания единичных сортаментов была создана экспериментальная установка, принципиальное устройство которой показано на рис.3. Верхняя ее часть имела стенки жалюзийного типа. Крыша двускатная, с углом наклона  $45^{\circ}$ . Опилочные доски укладывали горизонтально с наклоном пласти в  $45^{\circ}$ . Расстояние от основания установки до низа опилочных досок 150 см.

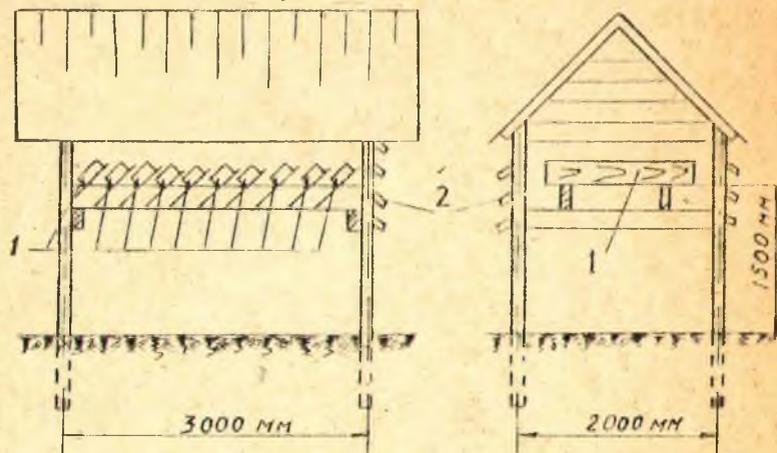


Рис.3. Схема экспериментальной установки для атмосферной сушки опилочных образцов: 1 - опилочные образцы; 2 - стенки жалюзийного типа.

Установку поместили на складе атмосферной суши в группе штабелей на одном из средних подштабельных мест.

Опытный штабель формировали из 24 реечных пакетов. Газмерный поперечного сечения пакетов: высота — 110 см, ширина — 100 см. Опытные доски укладывали в середине пакета по схеме рис. 4. Штабель имел высоту 5,4 м. Располагался он на складе в той же группе штабелей, в которой находилась опытная установка для сушки единичных сортиментов. Опытные образцы в экспериментальную установку и в опытный штабель укладывали одновременно.

2992 а

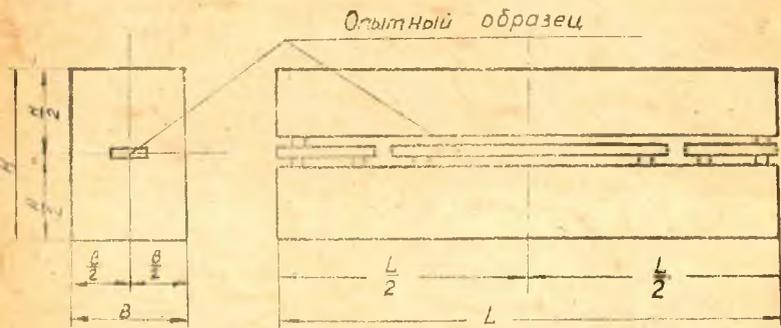


Рис. 4. Схема расположения опытного образца в пакете.

Определение влажности контрольных досок проводили через одни сутки. Зависимость хода просыхания досок в экспериментальной установке от продолжительности выдержки показана на рис. 5, а. Для сравнения здесь же графически показана зависимость хода просыхания, вычисленная по формуле (5). При вычислении коэффициент  $K_M$  условно принят равным 1. Вычисления произведены для досок того же размера, с которыми проводили опыты. За численную величину температуры и относительной влажности воздуха при вычислении приняты средние значения за отдельные промежуточные времена в период проведения опытов.

Анализируя результаты расчета продолжительности сушки, полученные по уравнению (5), без учета изменяющихся в течение суток температуры и относительной влажности атмосферного воздуха, приходим к выводу, что расчетные данные отличаются от экспериментальных. Из сравнения расчетных и экспериментальных результатов продолжительности сушки гидро материалов единичных сортиментов находим численное значение коэффициента, учитывая

Библиотека ВНИИ  
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

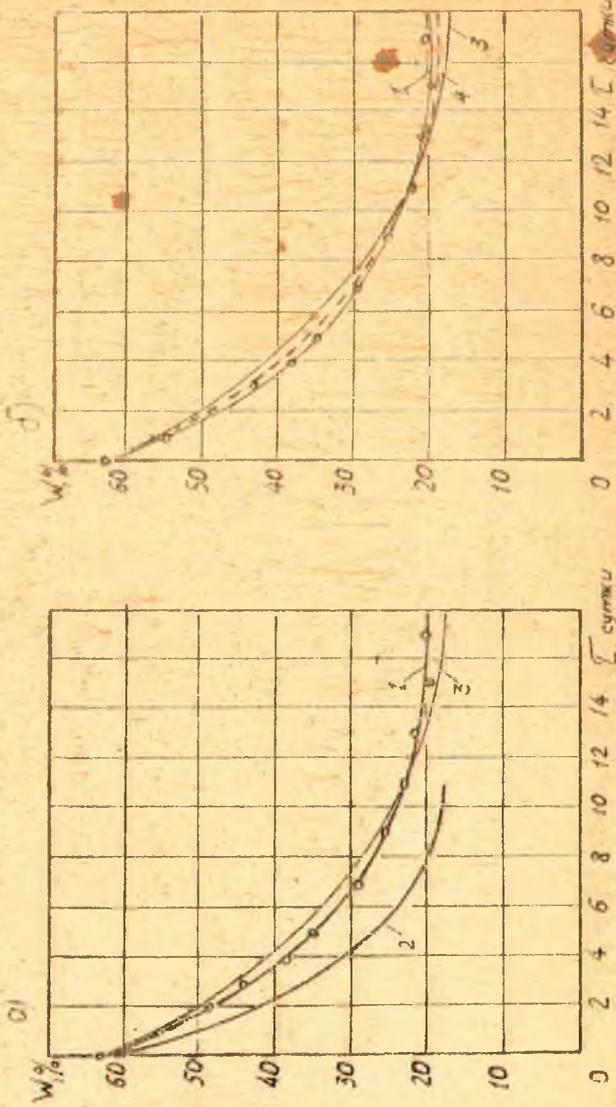


Рис. 5. Зависимость доли просиженных отдельных сортиментов от времени выдержки пилосматериала при сушке: 1 - экспериментальная в ольшаной лесозаводке; 2 - расчетная по формуле (5) и при  $K_{01} = 1$ ; 3 - расчетная по формуле (5), при  $K_{01} = 1,77$ ; 4 - расчетная по формуле (5) при  $K_{01} = 1,77$  и при  $W_0$

щего постоянно изменяющиеся параметры атмосферного воздуха, по сравнению с той продолжительностью, когда расчет проводили по средним, но стабильным показателям температуры и относительной влажности воздуха за расчетный период.

Таким образом, из сравнения экспериментальных и расчетных данных установлена численная величина поправочного коэффициента  $K_M$ , учитывающего изменяющиеся параметры атмосферного воздуха. Коэффициент  $K_M = 1,77$ .

Экспериментальная зависимость снижения влажности пиломатериалов, полученная на основании средних данных сушки образцов в экспериментальной установке, и расчетная зависимость по уравнению (5) с учетом определенного выше коэффициента  $K_M = 1,77$  для пиломатериалов тех же размеров показаны на рис. 5, 6. При сравнении экспериментальной и расчетной зависимости обнаружилось их расхождение, когда влажность досок при сушке подходит близко к состоянию устойчивой влажности.

По нашему мнению, это объясняется тем, что у сортиментов промышленного размера при сушке устойчивая влажность выше равновесной. После анализа зависимостей и их сравнения приходим к выводу, что для условий атмосферной сушки устойчивая влажность выше равновесной примерно на 1%, то есть

$$W_y' = W_p + 1 \quad (9)$$

В окончательном виде формула для расчета продолжительности атмосферной сушки единичных сортиментов такова:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \cdot \rho \cdot \frac{W_n - W_y'}{W_n - W_y} \cdot K_M \cdot A_6, \quad (10)$$

где  $W_y'$  - устойчивая влажность древесины крупных сортиментов (условно)  $W_y' = W_p + 1$

Зависимость хода просыхания досок от времени выдержки при сушке (4), вычисленная по формуле (10) показана на рис. 6.

Одновременно с опытами в экспериментальной установке был уложен и опытный штабель. Ход просыхания досок в опытном штабеле показан графически на рис. 6.

Из анализа и сравнения экспериментальных результатов продолжительности сушки досок в пакетном штабеле и в экспериментальной установке найдено численное значение коэффициента замедления сушки в пакетном штабеле ( $C$ ) исследуемой конструк-

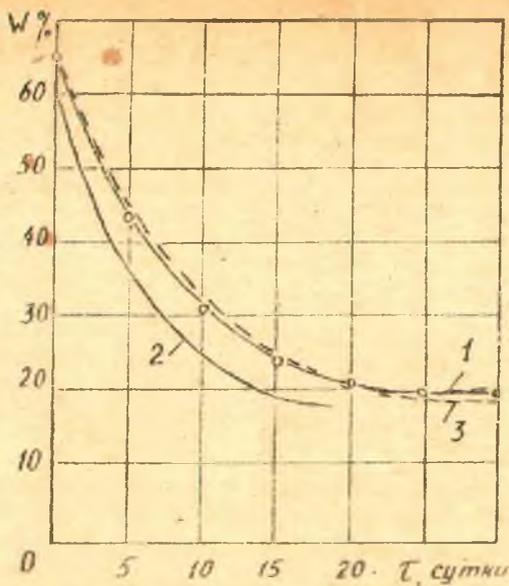


Рис. 6. Зависимость хода просыхания ошпанных досок в штабеле от времени выдержки при сушке: 1 - экспериментальная в ошпанном штабеле; 2 - экспериментальная в ошпанной установке; 3 - расчетная по уравнению (II).

опы. Коэффициент замедления сушки в штабеле  $C$  равен 1,2.

Формула для расчета продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов в штабеле имеет вид:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{D \cdot 10^6 \cdot K_n \cdot A_v \cdot C \cdot g} \frac{W_n - W_d}{W_k - W_d}, \quad (II)$$

где  $C$  - коэффициент замедления сушки в штабеле, он равен 1,2.

Коэффициент  $A_v$ , учитывающий влияние скорости ветра на продолжительность сушки, нами специально не исследовался. Опыт проводился при средней скорости ветра на складе 3 м/сек. Величина средней скорости 3 м/сек является средней для района Архангельска, и коэффициент, учитывающий влияние скорости ветра, нами принят равным 1.

В данной работе установлена зависимость продолжительности атмосферной сушки от метеорологических факторов атмосферного

воздуха и найдено численное значение составляющих уравнения для расчета продолжительности атмосферной сушки. После установления этих коэффициентов формула стала пригодной для практического расчета.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Исследованиями установлена принципиальная возможность определения расчетным путем продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах в условиях положительных температур.

2. В основу уравнения продолжительности атмосферной сушки рекомендуется формула, предложенная П.С. Сергеевским, для расчета продолжительности камерной сушки единичных сортиментов:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{\alpha \cdot 10^6} \cdot \rho_g \frac{W_n - W_p}{W_n - W_p} \quad (12)$$

3. Для применения уравнения П.С. Сергеевского в расчетах продолжительности атмосферной сушки проведены исследования по изучению влияния факторов, отличающих ее особенности. В результате исследований найдены коэффициенты, учитывающие изменения колебания температуры, относительной влажности и скорости ветра в течение сушек. Для пиломатериалов, имеющих заболонную и ядровую (зеленую) древесину, предложены средние расчетные коэффициенты влагопроводности с учетом объемного соотношения заболонной и ядровой древесины в сосновых пиломатериалах. В расчетное уравнение введена также поправка к равновесной влажности древесины.

4. Для расчета продолжительности атмосферной сушки единичных сортиментов на основании исследований предложено расчетное уравнение:

$$\tau = \frac{65 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \cdot K_n \cdot A_v \cdot \rho_g \frac{W_n - W_p}{W_n - W_p} \quad (13)$$

где  $D$  — средний расчетный коэффициент влагопроводности древесины;

$K_n$  — коэффициент, учитывающий влияние изменения метеорологических факторов в условиях открытого склада;

$W'_0$  - условная устойчивая влажность пиломатериалов в условиях открытого склада атмосферной сушки;

$A_n$  - коэффициент, учитывающий влияние скорости ветра на продолжительность сушки.

После некоторых преобразований уравнение имеет вид:

$$\tau = \frac{115 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \cdot A_n \cdot C \cdot \lg \frac{W_n - (W_p + 1)}{W_k - (W_p + 1)} \quad (14)$$

5. Для расчета продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов в штабелях в уравнение введен установленный коэффициент замедления сушки в штабелях, после чего уравнение приняло вид:

$$\tau = \frac{115 \cdot S^2}{D \cdot 10^6} \cdot A_n \cdot C \cdot \lg \frac{W_n - (W_p + 1)}{W_k - (W_p + 1)} \quad (15)$$

где  $C$  - коэффициент замедления сушки в штабеле.

6. В нашей работе численные значения коэффициентов, входящих в расчетное уравнение, установлены только для основных пиломатериалов, но приведенными выше уравнениями можно пользоваться и для расчета продолжительности просыхания пиломатериалов других пород, определяя для них соответствующие коэффициенты.

7. В результате проведенной работы установлены численные значения объемного соотношения заболонной и ядровой древесины в основных пиломатериалах в зависимости от их толщины и ширины. Это позволяет применять средние коэффициенты влагопроводности, установленные проф. И.С.Серговым, для практических расчетов продолжительности сушки пиломатериалов с учетом в них соотношения заболонной и ядровой древесины.

8. Средние расчетные коэффициенты влагопроводности древесины применяются в зависимости от породы и от соотношения заболонной и ядровой древесины, способствуют большей точности расчетов продолжительности сушки камерной, комбинированной атмосферно-камерной, атмосферной.

9. Установленная численная величина начальной влажности пиломатериалов может быть использована при расчете продолжительности атмосферной сушки, камерной сушки и при некоторых технологических расчетах.

10. На основании установленной зависимости продолжительности атмосферной сушки и предложенного уравнения имеется возможность рассчитывать продолжительность атмосферной сушки пиломатериалов практически для любого района, для которого имеется

данные в отношении температуры и относительной влажности. Это позволит значительно сократить трудоемкость экспериментов по установлению продолжительности атмосферной сушки пиломатериалов на открытых складах в различных климатических условиях.

II. Разработанная методика исследования динамики сушки единичных сортиментов позволяет проводить сравнительные исследования сушительной способности складов в различных климатических условиях и с различной планировкой складов, исследовать замедление сушки пиломатериалов в штабелях различных конструкций.

12. Результаты исследований имеют важное значение для практики атмосферной сушки на предприятиях и для проектных организаций при расчете потребных площадей складов для атмосферной сушки.

13. Применение результатов исследований в практике лесопильно-деревообрабатывающих предприятий будет способствовать увеличению оборачиваемости складов, отправке потребителям пиломатериалов с кондиционной влажностью и улучшению экономических показателей работы предприятий в целом.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ  
ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. О сроках просушки пиломатериалов при атмосферной сушке по климатическим зонам. ИВУЗ, "Лесной журнал" № 4, 1963, стр. 116-117.

2. Естественная сушка пиломатериалов в пакетах. Журн. "Лесная промышленность" № 7, 1957.

3. Новый стандарт на атмосферную сушку пиломатериалов хвойных пород. Журн. "Деревообрабатывающая промышленность" № 12, 1963.

4. Атмосферная сушка и хранение пиломатериалов. Раздел в книге "Подготовка пиломатериалов на экспорт", авторы Кошарин Ф.И. и Федюшин Н.П., Северо-Западное изд-во, 1965.

5. Количество заболонной древесины в ~~сосновых~~ <sup>сосновых</sup> пиломатериалах. Труды АЛТИ, ХХУ, 1970, стр. 169-170.

6. Влажность древесины сплавных пиловочных бревен. Научные труды ШПИМОД, выпуск 26, 1971, стр. 138-141.

Кроме того, основные вопросы диссертации были доложены и обсуждены на научно-технической конференции в Архангельском лесотехническом институте имени В.В.Куйбышева.

Отзывы на автореферат просим прислать  
в двух экземплярах по адресу:  
г. Минск, ул. Свердлова, 13-а, корпус IV,  
аудитория 220, Ученый Совет

Корректор ГЕРСЕВА Л.И.

---

Сл. 00676	Подписано к печати 4/XI-72г.	Объем 1,5 п.ф.л.
Заказ № 164	Тираж 150 экз.	1,8 уч.-изд.л.
		Бесплатно

---

Готап rint АЛТИ, Архангельск-7, Набережная им.В.И.Ленина, 17.