



Ю.И. Тракало  
О.В. Кузнецова

**КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ ИУ-5 В УНЦ.  
КОНТРОЛЬ ТЕКУЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ И  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
ИЛИ ЗАГОТОВОК ПРИ ИХ КАМЕРНОЙ СУШКЕ**

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 1, № 2, № 3

Екатеринбург  
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки

Ю.И. Тракало  
О.В. Кузнецова

**КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ ИУ–5 В УНЦ.  
КОНТРОЛЬ ТЕКУЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ И  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ  
ИЛИ ЗАГОТОВОК ПРИ ИХ КАМЕРНОЙ СУШКЕ**

Лабораторные работы № 1, № 2, № 3

Учебно-методическое пособие  
по лабораторным занятиям  
для студентов очной и заочной форм обучения.  
Направление «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производств»

Екатеринбург  
2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.  
Протокол № 2 от 09 октября 2014 г.

Рецензент – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой МОД Чернышев О.Н.

Редактор Л.Д. Черных  
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

---

Подписано в печать 15.05.2015			Поз. 16
Плоская печать	Формат 60x84	1/16	Тираж 10 экз.
Заказ	Печ. л. 0,93		Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## *Лабораторная работа № 1*

### **КОНВЕКТИВНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ ИУ-5 В УНПЦ**

**Цель работы:** практическое изучение оборудования и организации сушки пиломатериалов в условиях УНПЦ. Практическое изучение нормативных технологических операций конвективной камерной трехступенчатой сушки пиломатериалов, которые являются обязательными этапами процесса.

**Содержание работы:**

1. Изучение технологического процесса сушки пиломатериалов в условиях УНПЦ.
2. Изучение оборудования и работы сушильной камеры ИУ-5.
3. Практическое изучение приборов для контроля и автоматического регулирования параметров агентов обработки в процессах ее тепловой обработки и сушки древесины.
4. По результатам работы составить отчет в виде схем и описания технологического процесса сушки пиломатериалов, работы сушильной камеры.

**Оборудование и материалы:**

- лесосушильная камера ИУ-5;
- пиломатериалы сосны или березы длиной не менее 2,5 м, толщиной 32 и 40 мм с начальной влажностью не менее 30 %.

**Порядок проведения работы:**

1. Ознакомиться с технологией камерной сушки пиломатериалов, включающей подачу плотных пакетов пиломатериалов к месту формирования штабелей, формирование штабелей, загрузку камер, проведение процесса сушки, выгрузку штабелей, укладку сухих пиломатериалов в плотные пакеты, выдержку и подачу их потребителям.

Составить характеристику технологического и транспортного оборудования лесосушильного цеха.

2. Ознакомиться с устройством камеры, определить ее тип и принцип действия. Вычертить схему лесосушильной камеры с указанием основных размеров, теплового и циркуляционного оборудования, приточно-вытяжных каналов и труб.

3. Изучение устройств автоматического регулирования параметров агентов обработки. Изучение датчиков и приборов для контроля температуры и степени насыщенности агентов сушки.

## *Лабораторная работа № 2*

### **КОНТРОЛЬ ТЕКУЩЕЙ ВЛАЖНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ КАМЕРНОЙ СУШКЕ**

**Цель работы:** освоение методики и приобретение практических навыков определения текущей влажности пиломатериалов при их камерной сушке весовым способом по контрольным образцам.

**Содержание работы:**

1. Определение начальной влажности пиломатериалов по массе контрольных образцов.
2. Определение текущей влажности контрольных образцов.
3. Выводы по результатам работы.

**Оборудование и материалы:**

- электронные весы;
- сушильный лабораторный шкаф (СНОЛ) (рис. 2.1), обеспечивающий высушивание древесины при температуре  $(103\pm 2)^\circ\text{C}$ ;
- настольный круглопильный станок;
- стамеска;
- измерительные инструменты (рулетка, штангенциркуль, линейка);
- образцы досок сосны или березы длиной не менее 2,5 м, толщиной 32...40 мм с начальной влажностью не менее 30 %, без гнили, коры, засмолков, сучков и трещин.



Рис. 2.1. Сушильный лабораторный шкаф СНОЛ

**Определение текущей и начальной влажности пиломатериалов по контрольным образцам.** Метод контрольных образцов широко распространен в технологии сушки пиломатериалов и заготовок в камерах периодического действия. Этим методом определяется текущая влажность сушимой древесины. Знание этой влажности пиломатериалов необходимо при важнейшей технологической операции перехода с одного этапа режима сушки на другой, оно дает возможность судить о достижении заданной конечной влажности.

Начальную влажность древесины определяют по секциям, а текущую – по контрольным образцам, выпиленным из досок.

### Порядок проведения работы

1. Из партии пиломатериалов, подлежащих сушке, выбирается доска, из которой выпиливаются на настольном круглопильном станке или ножовкой контрольный образец и малые образцы для определения начальной влажности пиломатериала. По схеме раскроя (рис. 2.2) на расстоянии 0,3 - 0,5 м от торцов перпендикулярно длине вырезают два поперечных среза (секции влажности) размером вдоль волокон древесины 10 - 12 мм.

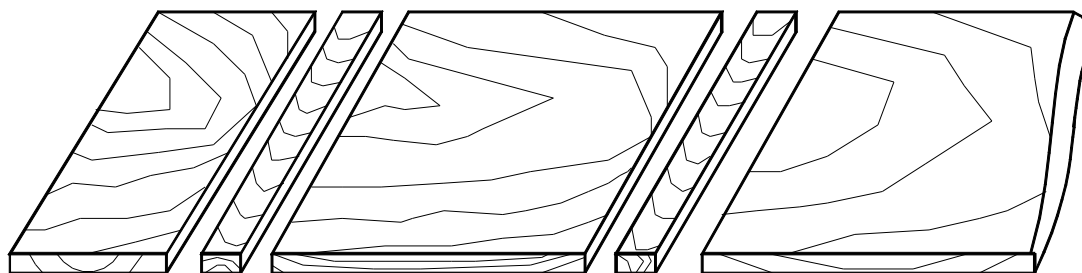


Рис. 2.2. Схема раскроя доски для отбора образцов

2. Секцию быстро очищают от заусенцев (наждачной бумагой или ножом), маркируют (нумерацию контрольных образцов принять следующей: первая цифра означает номер группы, вторая – бригады, буква «к» – контрольный образец, для секций из силового образца принять такую же нумерацию с добавкой буквы «с») и взвешивают на электронных весах с точностью до 0,01 г и записывают начальные массы ( $g_{нач1}$  и  $g_{нач2}$ ) малых образцов и ( $P_{нач}$ ) контрольного образца.

3. После взвешивания малые образцы помещаются в сушильный шкаф, где при температуре  $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$  образцы высушиваются до постоянной массы ( $g_{сух1}$  и  $g_{сух2}$ ), соответствующей полному удалению из нее влаги (два повторных взвешивания с интервалом 30 мин должны давать разницу показаний не более 0,02 г). Время выдержки в сушильном шкафу зависит от породы, толщины секции, начальной влажности и может изменяться от двух до 10 часов.

4. Зная значения  $g_{сух1}$  и  $g_{сух2}$ , определяют влажность каждого образца по выражению:

$$W_{нач} = \frac{g_{нач} - g_{сух}}{g_{сух}} 100\% , \quad (1)$$

где  $W_{нач}$  – начальная влажность секции, %.

5. Тогда начальная влажность доски как среднее значение влажности, вычисленное по двум секциям:

$$W_{нач. \text{ доски}} = \sum_{i=1}^{i=n} W_{нач i} / n , \quad (2)$$

где  $W_{нач i}$  – начальная влажность отдельных секций, %;

$n$  – число секций.

6. По найденной начальной влажности доски, а следовательно, и контрольного образца, необходимо рассчитать абсолютно сухую массу самого контрольного образца ( $P_{сух}$ ) по его первоначальной массе ( $P_{нач}$ ), пользуясь выражением:

$$P_{сух} = \frac{100P_{нач}}{100 + W_{нач.доски}} \quad (3)$$

7. После проделанных расчетов контрольный образец закладывается в штабель пиломатериалов, который направляется в сушильную камеру. Образцы укладывают заподлицо с торцом штабеля или несколько глубже, так чтобы их легко можно было вынуть. Они должны лежать на прокладках, не соприкасаясь с пластью досок.

*Примечание.* Загрузку контрольного образца можно сделать сразу же после определения и записи начальной массы ( $P_{нач}$ ), т.е. до расчетов.

8. Через определенные промежутки времени контрольный образец изымается из штабеля и взвешивается с погрешностью до 5 г с целью определения его текущей массы ( $P_{\tau}$ ) на момент изъятия.

После взвешивания и записи показаний весов контрольный образец вновь помещается в штабель до следующего взвешивания.

9. Текущая влажность контрольного образца определяется по формуле

$$W_{\tau} = \frac{P_{\tau} - P_{сух}}{P_{сух}} 100 \% \quad (4)$$

По этой влажности судят о влажности пиломатериалов всего штабеля или о его готовности. Если текущая влажность больше заданной конечной ( $W_{\tau} > W_{кон}$ ), то сушку пиломатериалов продолжают до ее достижения.

При сушке тонких пиломатериалов хвойных пород контроль влажности проводят в начальной стадии процесса через 8 ч, а в конечной стадии – через 12 ч. Для пиломатериалов повышенной толщины или лиственных пород промежутки времени между взвешиваниями увеличивают в 1,5–2 раза.

Количество промежуточных взвешиваний контрольных образцов в лабораторной работе должно быть не менее 4-5 через промежутки времени, оговоренные с руководителем лабораторных занятий.

Данные наблюдения записать в таблицы (табл. 2.1, 2.2).

Таблица 1.1

Исходные данные для определения начальной влажности пиломатериала

Образец 1			Образец 2			Начальная влажность
$g_{нач1}$ , кг	$g_{сух1}$ , кг	$W_{нач1}$ , %	$g_{нач1}$ , кг	$g_{сух2}$ , кг	$W_{нач2}$ , %	$W_{нач}$ , %

Таблица 2.2

Определение текущей влажности контрольных образцов

Время и № взвешивания	Контрольный образец № 1		
	Текущая масса $P_{т}$ , кг	Абсолютно сухая масса $P_{сух}$ , кг	Текущая влажность $W_{т}$ , %
До начала сушки			
1-е взвешивание			
2-е взвешивание			
3-е взвешивание			
....			

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Сергеев В.В., Васькин Д.Г. Древесина, её строение и способы эффективной сушки: учеб. пособие. г. Кудымкар. 2007. 286 с.
2. Рассев И.А. Сушка древесины. М.: Лань. 2010. 416 с.

*Лабораторная работа № 3*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КАМЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЛИ ЗАГОТОВОК**

**Цель работы:** приобретение практических навыков и освоение методики определения показателей качества камерной сушки пиломатериалов или заготовок, знакомство с нормами требований к качеству, умение определять категорию качества сушки.

**Содержание работы:**

1. Определение средней влажности высушенной партии пиломатериалов или заготовок.
2. Определение отклонения конечной влажности пиломатериалов от средней влажности партии.
3. Определение перепада влажности по толщине материала.
4. Определение полных и остаточных внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке.
5. Выводы по результатам работы.



**Оборудование и материалы:**

- электронные весы;
- сушильный лабораторный шкаф (СНОЛ) (рис. 2.1), обеспечивающий высушивание древесины при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;
- настольный круглопильный станок;
- стамеска;
- измерительные инструменты (рулетка, штангенциркуль, линейка);
- образцы досок сосны или березы длиной не менее 2,5 м, толщиной 32...40 мм с начальной влажностью не менее 30 %, без гнили, коры, засмолков, сучков и трещин.

**Выполнение работы**

1. *Определение средней влажности пиломатериалов*

1.1. Из средней части высушенного образца вырезать 9 секций толщиной 10...12 мм для определения средней конечной влажности, одну секцию толщиной 20 мм для определения послойной влажности, две секции толщиной 10 мм для определения полных и остаточных внутренних напряжений.

1.2. Каждую из 9 секций влажности зачистить от заусенцев, пронумеровать и взвесить на электронных весах с точностью до 0,1 г. Значение массы каждой секции записать на самой секции и занести в таблицу отчёта.

1.3. Секции положить в сушильный шкаф, обеспечивающий высушивание древесины при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ , для высушивания. Высушить секции до абсолютного сухого состояния.

1.4. Значение массы каждой секции записать на самой секции. Подсчитать влажность каждой секции. Результаты занести в таблицу отчета.

1.5. Среднюю влажность  $W_{cp}$  (в %) вычислить по формуле

$$W_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} W_{i_{кон}}}{n}, \quad (5)$$

где  $W_{кон i}$  – конечная влажность отдельных секций, %;

$n$  – число секций.

2. *Определение отклонения конечной влажности пиломатериалов (образцов) в партии от средней влажности*

2.1. Величину допустимых отклонений принять равной  $W_{cp} \pm 2\sigma$ , где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

2.2. Вычислить  $\sigma$  по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (W_{\text{кон}i} - W_{\text{ср}})^2}{n-1}}, \quad (6)$$

где  $W_{\text{кон}i}$  – влажность отдельных секций, %;

$W_{\text{ср}}$  – средняя влажность партии, %;

$n$  – число секций.

### 3. *Определение перепада влажности по толщине материала*

Перепад фактической конечной влажности высушенной партии пиломатериалов обусловлен неравномерным просыханием материала. Чем тоньше материал, выше его начальная и конечная влажность, более изменчивы плотность древесины и характер распиловки (радиальный – с более замедленной сушкой и тангентальный), тем неравномернее просыхает материал. Таково влияние свойств самого материала.

В различных зонах штабеля или недостаточной продолжительности процесса сушки, отсутствие влаготеплообработки, а также наличие большого перепада влажности по толщине досок (заготовок) приводит к тому, что часть древесины продолжает усыхать в процессе изготовления деталей. Изменение же формы и размеров деталей затрудняет их обработку, сборку и отделку собранных из них изделий. Предварительная атмосферная подсушка способствует более равномерной последующей камерной сушке пиломатериалов.

Пиломатериалы, прошедшие камерную сушку, должны иметь влажность, соответствующую заданной техническими условиями на изготавливаемую продукцию. Эта влажность должна быть выдержана для всей партии пиломатериала, в том числе и по толщине, для каждой ее единицы.

3.1. Для определения перепада влажности по толщине (разность во влажности внутреннего и поверхностных слоев) пиломатериалов (заготовок) рядом с секциями влажности вырезают секции (рис. 3.1) для определения послойной влажности. Секции выпиливают из пиломатериалов, отобранных из зоны штабеля с замедленным просыханием.

Количество пиломатериалов, из которых вырезают секции, должно быть не менее 5 для I категории качества, не менее 3 для II и III. При сушке по III категории качества перепад влажности контролируют в том случае, когда пиломатериалы поступают на раскрой по толщине.

3.2. Определить начальную массу полосок 1 и 3 или 1 и 5 (взвешиваемых вместе) и массу полосок 2 или 3 (в зависимости от схемы раскроя) на электронных весах, высушить полоски до абсолютно сухого состояния в сушильном лабораторном шкафу (СНОЛ), обеспечивающим высушивание древесины при температуре  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

В таком же порядке определить их массу в абсолютно сухом состоянии и определить влажность. Результаты занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Полоска	$g_{нач}$ , Г	$g_{сух}$ , Г	$W_{нач}$ , %	$W_{кон}$ , %
1				
2				
3				
5				

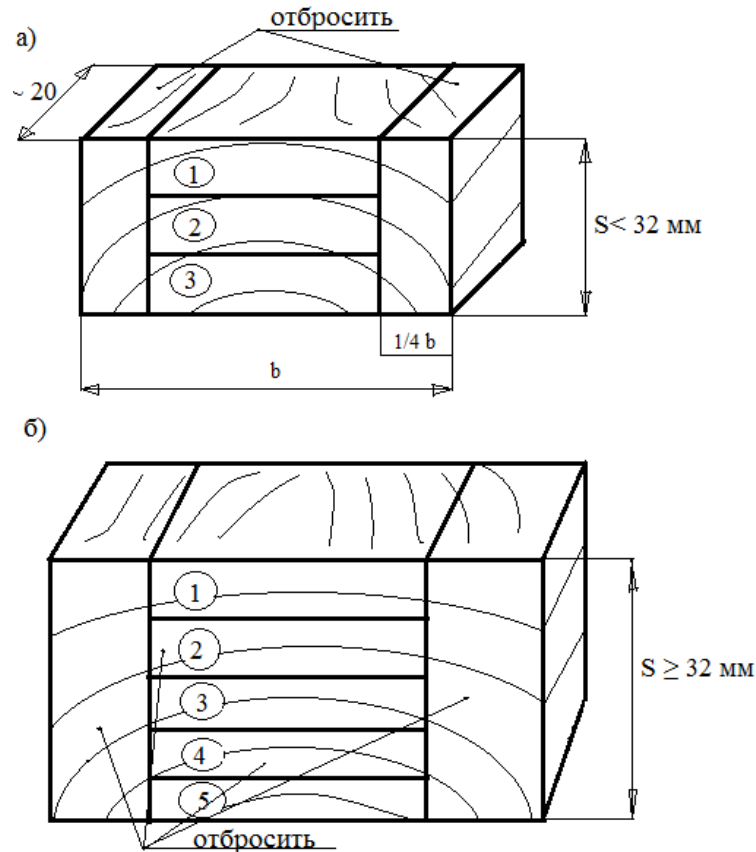


Рис. 3.1. Секции послойной влажности для досок толщиной:  
а – до 32 мм; б – свыше 32 мм

3.3. Перепад влажности по толщине подсчитать по выражениям:

для схемы рис. 3, а 
$$\Delta W = W_2 - W_{1,3}, \quad (7)$$

для схемы рис. 3, б 
$$\Delta W = W_3 - W_{1,5}. \quad (8)$$

3.4. Среднее значение перепада влажности по толщине пиломатериалов вычисляется по формуле:

$$\Delta W_{cp} = \frac{\sum (W_{вн} - W_{нов})}{n}, \quad (9)$$

где  $W_{вн\ 2(3)}$  – влажность внутреннего слоя древесины секции, %;

$W_{нов\ 1,3(1,5)}$  – влажность поверхностных слоев (средняя) древесины секции, %;

$n$  – количество секции влажности.

3.5. По перепаду влажности сделать вывод о соответствии высушиваемого материала требованиям к качеству сушки (приложение).

4. *Определение полных и остаточных внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке*

4.1. После выпилки двух секций толщиной 10 мм одну секцию сразу же подвергнуть раскрою по схеме рис. 3.2, а: в секции сделать два пропила на ленточнопильном станке, затем выколоть стамеской среднюю часть по схеме 2,б.

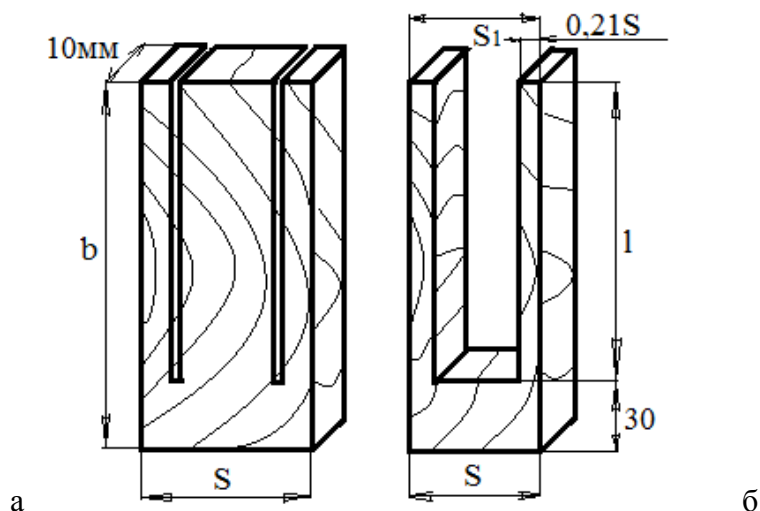


Рис. 3.2. Силовые секции: раскрой секции на двузубую гребенку

Полученную силовую секцию использовать для определения условного показателя полных внутренних напряжений по формуле

$$f = \frac{S - S_1}{2 \cdot l} 100\% , \quad (10)$$

где  $S$  и  $S_1$  измеряются микрометром,

$l$  – измерительной линейкой с точностью  $\pm 0,5$  мм.

4.2. Обвести секцию хорошо заточенным карандашом в отчете по лабораторной работе.

По положению зубцов секции определить характер полных внутренних напряжений (рис. 3.3.).

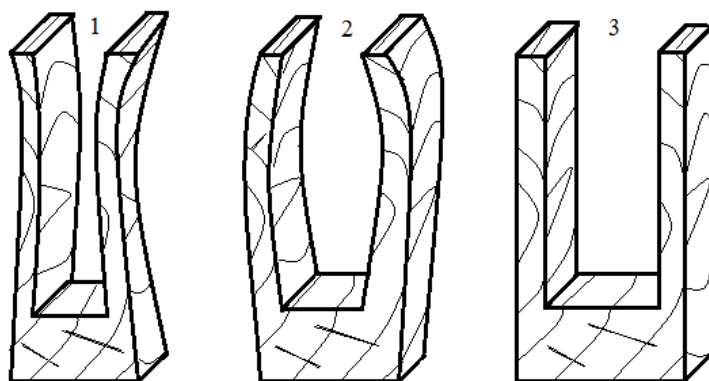


Рис. 3.3. – Возможные деформации. В момент раскроя: 1 – деформации растяжения в наружном слое, сжатия – внутри; 2 – деформации растяжения внутри, сжатия – в наружном слое; 3 – отсутствие деформаций

После выдержки: 1 – остаточные деформации укорочения на поверхности, удлинения – внутри; 2 – остаточные деформации удлинения на поверхности, укорочения – внутри; 3 – остаточных деформаций нет.

4.3. Вторую секцию без раскроя положить в сушильный лабораторный шкаф при температуре  $(103 \pm 2)$  °С на 2...3 часа. После охлаждения секции раскрыть ее как на рис. 3.2. Определить условный показатель остаточных внутренних напряжений по формуле

$$f = \frac{S - S_1}{2l} 100\% , \quad (11)$$

где  $S$  – толщина секции, мм;

$S_1$  – расстояние между крайними точками зубцов силовой секции, мм;

$l$  – средняя длина зубцов силовой секции, мм.

4.4. Зарисовать секцию с полученной деформацией

Для пиломатериалов I и II категорий качества условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции) не должен превышать 1,5...2,0 % ( $f_y \leq 1,5...2,0$  %). По положению зубцов силовой секции сделать вывод о характере остаточных внутренних напряжений (рис. 3.3).

5. *Выводы по результатам работы*

На основе полученных данных по четырем основным разделам (1, 2, 3, 4) сделать общие выводы и заключение.

Определить категорию качества сушки образцов в соответствии с нормативными показателями качества сушки пиломатериалов и заготовок (приложение).

Нормативные показатели качества сушки пиломатериалов и заготовок

Показатели качества сушки	Категория качества			
	I	II	III	0
Средняя конечная влажность пиломатериалов или заготовок в штабеле, %, при толщине, мм:				
32 и менее				16
38 ... 50	7;10**	7;10;15**	10;15**	18
свыше 50				20
Отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля*, %, не более, при толщине, мм				
32 и менее	±2	±3	±4	±6
38 – 50	±2	±3	±4	±4
свыше 50	±2	±3	±4	±2,5
Среднее квадратическое отклонение влажности пиломатериалов, %				
32 и менее	±1	±1,5	±2	±3
38 ... 50	±1	±1,5	±2	±2
свыше 50	±1	±1,5	±2	±2,5
Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок), %, при толщине, мм:	Не более	Не более	Не бо- лее	Не кон- тро- ли- рует- ся
13 ... 22	1,5	2,0	2,5	
25 ... 40	2,0	3,0	3,5	
45 ... 60	2,5	3,5	4,0	
70 ... 90	3,0	4,0	5,0	
Условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции), %	Не более 1,5	Не более 2,0	Не контро- лирует- ся	
Примечание:				
*- Допустимые отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля пиломатериалов принимается равным ±2S.				
**- При сушке до эксплуатационной влажности средняя конечная влажность пиломатериалов в штабеле должна назначаться в зависимости от средних температур и относительной влажности воздуха в условиях эксплуатации изделий.				

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. Архангельск: ЦНИИМОД, 1985.
2. Богданов Е.С. Справочник по сушке древесины. М.: Лесн. пром-ть, 1990 г.