

# ThermoWood® Справочник

---

Финская Ассоциация Термообработки Древесины  
Для передачи в адрес «Wood Focus Oy», а.я. 284 (ул. Снеллманинкату, 13), ФИН-00171  
Хельсинки, ФИНЛЯНДИЯ,  
тел. +358 9 6865 4522, факс +358 9 6865 4530  
[www.thermowood.fi](http://www.thermowood.fi)

## Предисловие

Настоящее руководство было разработано членами финской ассоциации термообработки древесины. При поступлении новой продукции и новых методов производства на рынок особенно важно предложить как можно больше информации о продукции и соответствующих технологических процессах с целью повышения уровня знания предмета и его поддержания. Таким образом, мы рассчитываем на то, что данный справочник послужит хорошим источником информации для разработчиков спецификаций, конечных пользователей-промышленников, строительных компаний, компаний, занимающихся оптовыми продажами древесины и др.

Данное руководство призвано предоставить оптимальное соотношение теоретического материала, результатов лабораторных исследований, сведений, полученных при испытаниях в условиях эксплуатации, и, наконец, практических рекомендаций по работе с соответствующей продукцией. Результаты были собраны из разнообразных источников, большинство которых – это исследовательские институты или университеты; кроме того, были включены опыты промышленных компаний-производителей. Представленные в данном руководстве результаты испытаний и опыты могут быть использованы исключительно в качестве справочного материала и могут быть изменены.

Одна из ролей финской ассоциации термообработки древесины предполагает регулярные корректировки данного справочника. По мере появления новых результатов испытаний и опытов выходят новые публикации с указанием откорректированных частей.

Название Thermowood® является зарегистрированной торговой маркой и может быть использовано только членами финской ассоциации термообработки древесины.

Надеемся, читатели сочтут данный справочник информативным и полезным.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 0.	Титульный лист	1 – 0
	Предисловие .....	2 – 0
	Содержание .....	3 – 0
ГЛАВА 1.	Введение	1 - 1
1.1	Исходные данные .....	1 – 1
1.2	Технологический процесс ThermoWood® - краткие сведения	1 – 1
1.3	Изменения структуры древесины и химические реакции .	3 – 1
1.4	Стандартная классификация обработки ThermoWood® ...	4 – 1
1.5	Перечень стандартов	6 – 1
ГЛАВА 2.	Сырье	1 – 2
2.1	Факторы, влияющие на качество подвергнутой термообработке древесины .....	1 – 2
2.1.1	Общие сведения .....	1 – 2
2.1.2	Породы дерева .....	1 – 2
2.2	Качество пиломатериалов .....	1 – 2
2.2.1	Основные сорта северных мягких пород дерева .....	1 – 2
2.2.2	Сучки .....	1 – 2
2.2.3	Минимальные требования к сырью .....	2 – 2
2.2.4	Уровень влажности древесины .....	6 – 2
ГЛАВА 3.	Технологический процесс ThermoWood® .....	1 – 3
3.1	Оборудование .....	1 – 3
3.2	Фазы .....	1 – 3
3.3	Энергия .....	2 – 3
3.4	Природоохранные мероприятия .....	2 – 3
ГЛАВА 4.	Свойства ThermoWood® .....	1 – 4
4.1	Химические изменения .....	1 – 4
4.1.1	Общие сведения .....	1 – 4
4.1.2	Углеводороды .....	2 – 4
4.1.3	Лигнин .....	2 – 4
4.1.4	Экстрактивные вещества .....	3 – 4
4.1.5	Токсичность .....	3 – 4
4.2	Физические изменения .....	4 – 4
4.2.1	Плотность .....	4 – 4
4.2.2	Прочность .....	5 – 4
4.2.3	Твердость .....	9 – 4
4.2.4	Равновесная влажность .....	10 – 4
4.2.5	Разбухание и сжатие из-за влаги .....	11 – 4
4.2.6	Проницаемость .....	12 – 4
4.2.7	Теплопроводность .....	13 – 4
4.2.8	Меры пожарной безопасности .....	13 – 4
4.2.9	Долговечность .....	17 – 4
4.2.10	Сопrotивляемость насекомым .....	19 – 4
4.2.11	Стойкость против атмосферных воздействий .....	20 – 4

4.2.12	Цвет .....	24 – 4
4.2.13	Выделение .....	25 – 4
ГЛАВА 5.	Применение ThermoWood® в промышленном производстве	1 – 5
5.1	Общие сведения .....	1 – 5
5.2	Распиловка .....	1 – 5
5.3	Строгание .....	1 – 5
5.4	Дробление .....	3 – 5
5.5	Обработка наждачной шкуркой .....	3 – 5
5.6	Склеивание и соединение в промышленных условиях.....	3 – 5
5.7	Обработка поверхностей в промышленных условиях .....	6 – 5
5.8	Противопожарная защита .....	7 – 5
5.9	Практический опыт финской деревоотделочной компании .....	7 – 5
5.10	Охрана здоровья и безопасность труда .....	8 – 5
ГЛАВА 6.	Применение ThermoWood® .....	1 – 6
6.1	Работа .....	1 – 6
6.2	Деревоотделка .....	1 – 6
6.3	Склеивание в цеховых условиях .....	2 – 6
6.4	Обработка поверхности .....	3 – 6
6.5	Применение ThermoWood® для саун .....	4 – 6
6.6	Техническое обслуживание .....	4 – 6
6.7	Охрана здоровья и безопасность труда .....	4 – 6
ГЛАВА 7.	Обработка и хранение ThermoWood® .....	1 – 7
7.1	Общие сведения .....	1 – 7
7.2	Остатки и брак .....	1 – 7
ГЛАВА 8.	Наиболее часто задаваемые вопросы и ответы .....	1 – 8
БИБЛИОГРАФИЯ		

## 1. Введение

### 1.1. Исходные данные

О том, что воздействие на поверхность древесины открытым огнем делает древесину более долговечной в применении, люди знают на протяжении нескольких веков. Еще викинги применяли этот метод для наружных построек, например, оград.

Термообработку древесины на научной основе исследовали Штамм и Хансен в 1930-х в Германии и Вайт в 1940-х в Соединенных Штатах. В 1950-х немцы Бафендам, Рункель и Буро продолжили исследование. Коллман и Шнайдер опубликовали полученные ими данные в 1960-х, а Руше и Бурместер – в 1970-х. Новейшие исследования проводились в Финляндии, Франции и Нидерландах в 1990-е гг. Наиболее интенсивные и разносторонние исследования были проведены Государственным Исследовательским Центром VTT в Финляндии. Значительный вклад был внесен Институтом Природоохранных Технологий.

На основании методики, разработанной VTT, была создана технология термообработки обработки древесины (Thermowood®). Древесина нагревается до температуры не менее 180 градусов Цельсия и при этом защищается паром. Обеспечивая защиту, пар также влияет на химические изменения древесины. В результате появляется высокоэкологичная древесина, прошедшая термообработку. Ее цвет темнее, в отличие от обычной древесины она более стабильно реагирует на изменения уровня влажности, а ее теплоизоляционные характеристики при этом существенно улучшены. Будучи проведенной при достаточно высоких температурах, обработка также повышает сопротивляемость дерева гниению. С другой стороны при этом снижается прочность при изгибе.

### 1.2. Технологический процесс термообработки древесины – краткие сведения

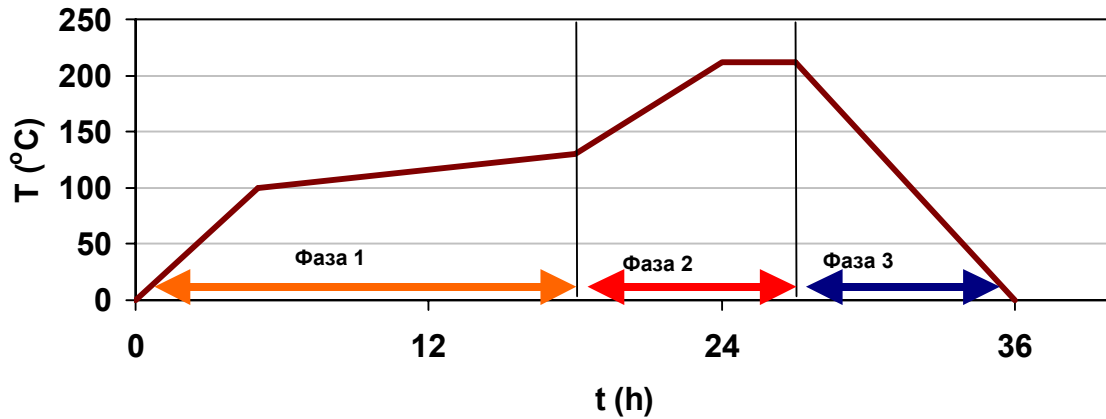
Технология термообработки древесины в масштабе промышленного производства была разработана VTT совместно с финскими деревопромышленниками. Технологический процесс термообработки древесины имеет лицензию соответствующей финской ассоциации.

Технологию термообработки древесины можно разделить на три основные фазы :

- **Фаза 1.** Повышение температуры и сушка при высокой температуре. Посредством тепла и пара температура в печи стремительно поднимается приблизительно до 100°C. После чего температура неуклонно повышается до 130°C, при этом происходит сушка при высокой температуре, содержание влаги снижается почти до нуля.
- **Фаза 2.** Термообработка.  
После высокотемпературной сушки температура внутри печи повышается до 185°C – 215°C. По достижении необходимого уровня температура остается неизменной на 2 – 3 часа в зависимости от конечного назначения изделия.
- **Фаза 3.** Охлаждение и регулировка влажностного режима.  
На окончательном этапе температура снижается при помощи системы водяного орошения; когда температура доходит до 80 – 90°C, древесина снова увлажняется с тем, чтобы содержание влаги дошло до приемлемого уровня 4 – 7%.

## Технологический процесс ThermoWood®

Рис. 1-1. Схема производственного процесса



При увеличении или снижении температуры применяется специальная система регулирования – для предотвращения растрескивания поверхности и внутренних слоев древесины. Значения корректируются и регулируются в зависимости от сорта древесины и размеров.

В качестве сырья может быть использована как свежесрубленная, так и высушенная в печи древесина. Если начать со свежесрубленной древесины, ее можно высушить при помощи технологии скоростной высокотемпературной сушки. Эта методика подходит и для мягких, и для твердых пород дерева. Однако для каждой древесной породы технология оптимизируется отдельно.

Дальнейшие подробности технологии термообработки см. в главе 3.

### 1.3. Изменение структуры древесины и химические реакции

В результате термообработки структура древесины меняется. На приведенных ниже рисунках показаны различия между структурой обычной необработанной сосны и сосны, подвергнутой термообработке.

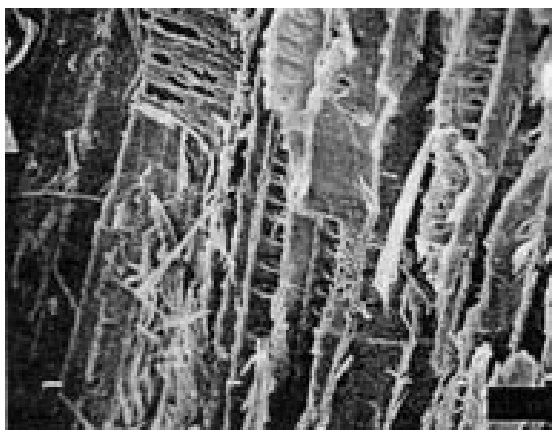


Рис. 2-1. Необработанная сосна

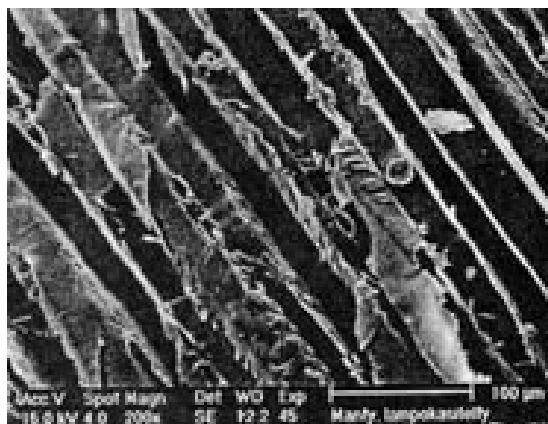


Рис. 3-1. Сосна, прошедшая термообработку

Нагрев древесины меняет ряд ее химических и физических свойств. Изменение свойств, главным образом, вызывает термодеструкция гемицеллюлозы. Желаемые изменения начинают появляться уже при температуре 150°C и не прекращаются по мере постепенного увеличения температуры. В результате происходит снижения уровней разбухания и уменьшения, долговечность улучшается, цвет темнеет, некоторые экстрактивные вещества выходят, древесина становится светлее, снижается уровень равновесной влажности, снижается уровень кислотности «рН», а термоизоляционные свойства улучшаются. Однако прочность и твердость древесины также меняются.

## 1.4. Стандартная классификация термообработки древесины

Поскольку их свойства четко различны, мягкие и твердые породы дерева имеют отдельную классификацию. Существует два класса термообработки. Иметь более двух классов нецелесообразно, поскольку свойства древесины поначалу, по мере увеличения температуры, меняются медленно. Как только температура термообработки превышает 200°C, свойства начинают меняться очень быстро. Применение более, чем двух классов может создать риск смешивания свойств различных классов. Температура 215°C достаточна, поскольку максимальное значение не настолько высоко, чтобы воздействие термообработки на структурные свойства древесины было существенным.

При стандартном классе термообработки древесины разбухание и сжатие древесины из-за влаги, изменение цвета, а также долговечность подчеркиваются как ключевые свойства.

Поскольку соответствующий материал для поставки промышленным клиентам проходит термообработку в соответствии с договоренностью между покупателем и изготовителем, уровень обработки можно тщательно оптимизировать в зависимости от конечной области применения. В этом случае материал будет подвергнут термообработке, не будучи распределенным по категориям в соответствии со стандартной схемой классификации обработки.

### Стандартные классы термообработки древесины

Термообработка древесины предусматривает два стандартных класса обработки, «Thermo S» и «Thermo D».

#### «Thermo S»

«S» в данном термине означает «стабильность». Наряду с внешним видом стабильность является ключевым свойством для конечных областей применения соответствующей продукции, прошедшей данный тип обработки. Среднее значение разбухания и сжатия в касательном расслоении из-за влаги для древесины, прошедшей обработку класса «Thermo S», составляет 6 – 8%. Данный класс термообработки древесины рассматривается как относительно надежный по стандарту «EN 113»; т.е. собственная устойчивость древесины разрушению или гниению соответствует классу 3 требований.

Рекомендуемые области конечного применения для древесины, прошедшей термообработку класса «Thermo S» :

«Thermo S» – мягкие породы	«Thermo S» – твердые породы
- строительные комплектующие	- отделка
- отделка в сухих условиях	- крепежные принадлежности
- крепежные принадлежности в сухих условиях	- мебель
- мебель	- напольные покрытия
- садовая мебель	- принадлежности для сауны
- мебель для сауны	- садовая мебель
- комплектующие для дверей и окон	

#### «Thermo D»

«D» в данном термине означает «долговечность». Наряду с внешним видом долговечность является ключевым свойством для конечных областей применения соответствующей продукции, прошедшей данный тип обработки. Среднее значение разбухания и сжатия в касательном расслоении из-за влаги для древесины, прошедшей обработку класса «



Thermo D », составляет 5 – 6%. Данный класс термообработки древесины рассматривается как долговечный по стандарту «EN 113»; т.е. собственная устойчивость древесины разрушению или гниению соответствует классу 2 требований.

Рекомендуемые области конечного применения для древесины, прошедшей термообработку класса « Thermo D » :

« Thermo D » – мягкие породы	« Thermo D » – твердые породы
<ul style="list-style-type: none"> <li>- облицовка</li> <li>- наружные двери</li> <li>- жалюзи</li> <li>- природоохранные конструкции</li> <li>- отделка для саун и бань</li> <li>- напольные покрытия</li> <li>- садовая мебель</li> </ul>	<p>Области конечного применения - как для « Thermo S ».</p> <p>Если потребуется более темный цвет, применяется « Thermo D ».</p>

### Краткое изложение результатов воздействия технологического процесса ThermoWood® на свойства древесины, по классам обработки

#### Мягкие породы дерева (сосна и ель)

	«Thermo S»	«Thermo D»
Температура обработки	190°C	212°C
Стойкость против атмосферных воздействий	+	++
Стабильность размеров	+	++
Прочность при изгибе	без изменений	-
Цвет	+	++

#### Твердые породы дерева (береза и осина)

	« Thermo S »	« Thermo D »
Температура обработки	185°C	200°C
Стойкость против атмосферных воздействий	без изменений	+
Стабильность размеров	+	+
Прочность при изгибе	без изменений	-
Цвет	+	++

## 1.5. Перечень стандартов

- EN 20 – 1 Консервирующие вещества для древесины. Степень защитной эффективности определяется относительно «Lyctus Brunneus» (Стивенсу). Часть 1 : Применение по обработке поверхности (лабораторный метод).
- EN 21 Консервирующие вещества для древесины. Значения токсичности определяются относительно «Anobium punctatum» (Де Гир) по личиночному перемещению (лабораторный метод)
- EN 46 Консервирующие вещества для древесины. Превентивное воздействие определяется по недавно выведенным личинкам «Hylotrupes bajulus» (Линней) (Лабораторный метод)
- EN 47 Консервирующие вещества для древесины. Determination of the toxic values against Hylotrupes bajulus (Linnaeus) larvae (Laboratory method)
- EN 84 Консервирующие вещества для древесины. Accelerated ageing of treated wood prior to biological testing. Leaching procedure
- EN 113 Консервирующие вещества для древесины. Метод испытания для определения защитных свойств по разрушающему древесину базидогрибку. Определение значений токсичности.
- EN 117 Консервирующие вещества для древесины. Определение значений токсичности по «Reticulitermes santonensis de Feytaud» (Лабораторный метод)
- EN 252 Метод испытаний в полевых условиях для определения относительной защитной эффективности консервирующих веществ для древесины при контакте с землей
- EN 302-2 Клеящие составы для несущих деревянных конструкций; методы испытаний; часть 2 : определение сопротивления расслоению [слоистого материала] (лабораторный метод)
- EN 335 – 1 Долговечность древесины и изделий на основе древесины – установление опасных классов биологического воздействия – Часть 1 : Общие сведения
- EN 335 – 2 Долговечность древесины и изделий на основе древесины – установление опасных классов биологического воздействия – Часть 2 : Применительно к твердой древесине
- EN 350 – 1 Долговечность древесины и изделий на основе древесины. Естественная долговечность твердой древесины. Часть 1 : Основные принципы проведения испытаний и классификации естественной долговечности древесины
- EN 350 – 2 Долговечность древесины и изделий на основе древесины. Естественная долговечность твердой древесины. Часть 2 : Естественная долговечность и обрабатываемость отдельных, особо важных в Европе, пород древесины
- EN 392 Слоистая клееная древесина – испытания на сдвиг
- EN 408 Деревянные конструкции. Строительный лесоматериал и клееная слоистая древесина. Определение некоторых физических и механических свойств
- EN 460 Долговечность древесины и изделий на основе древесины – Естественная долговечность твердой древесины – Справочник по требованиям к долговечности древесины, применительно к классам опасности
- ENV 807 Консервирующие вещества для древесины. Определение эффективности по мягким микрогрибкам и прочим обитающим в почве микроорганизмам

- EN 927 – 1 Лакокрасочная продукция. Материалы и системы покрытия для наружных деревянных конструкций. Часть 1 : Классификация и отбор
- EN 927 – 3 Лакокрасочная продукция. Материалы и системы покрытия для наружных деревянных конструкций. Часть 3 : Проверка естественного выветривания
- EN 927 – 4 Лакокрасочная продукция. Материалы и системы покрытия для наружных деревянных конструкций. Часть 4 : Оценка паропроницаемости (водяные пары)
- EN 927 – 5 Лакокрасочная продукция. Материалы и системы покрытия для наружных деревянных конструкций. Часть 5: Оценка водопроницаемости
- EN 12037 Консервирующие вещества для древесины – методики испытаний в условиях эксплуатации для определения относительной защитной эффективности консервирующего вещества при контакте с землей – метод горизонтального соединения внахлест
- ISO 5660 – 1 Испытания на огнестойкость; реакция на огонь; часть 1 скорость теплоотдачи от строительных лесоматериалов (конический калориметрический метод)
- ISO 6341 Качество воды – Определение уровня торможения подвижности «Daphnia magna Straus» («Cladocera», «Crustacea») – Проверка кратковременного токсического эффекта
- ASTM D 3273 Методика испытаний сопротивления росту плесенного грибка на поверхности внутреннего покрытия в камере искусственного климата

## **2. Сырье**

### **2.1. Факторы, влияющие на качество подвергнутой термообработке древесины**

#### **2.1.1. Общие сведения**

Качество сырья играет существенную роль для качества конечного продукта, прошедшего термообработку. В принципе термообработке можно подвергать любые породы древесины. Однако, используемые в технологии параметры следует корректировать и оптимизировать каждый раз в зависимости от породы древесины.

#### **2.1.2. Породы дерева**

В Финляндии термообработке подвергаются такие сорта древесины, как сосна (*Pinus sylvestris*), ель (*Picea abies*), береза (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*). Кроме того, уже имеется опыт термообработки сосны «Radiata» (*Pinus radiata*), ясеня (*Fraxinus excelsior*), лиственницы (*Larix sibirica*), ольхи (*Alnus glutinosa*), бука (*Fagus silvatica*) и эвкалипта.

Породы дерева отличаются друг от друга по годичному приросту, клеточному составу, пористости, количеству химических компонентов и т.д. Более того, различные породы дерева имеют, например, различные свойства длины волокна : у мягких пород большой разброс значений длины волокна по сравнению с твердыми породами, у которых и собственно длина волокна, и разброс соответствующих значений меньше.

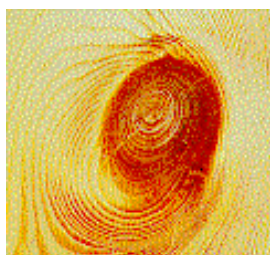
## **2.2. Качество пиломатериалов**

### **2.2.1. Основные сорта северных мягких пород дерева**

Качество пиломатериалов как сырья проверяется в рамках общей системы контроля качества. Уровни или стандарты качества разделены на три группы по числу, качеству, расположению и размеру сучков, а также по другим признакам. Это сорта «А», «В» и «С», при этом «А» подразделяется на подгруппы «А1», «А2», «А3» и «А4». Кроме того, применяются особые принципы стандартизации клиентов.

#### **2.2.2. Сучки**

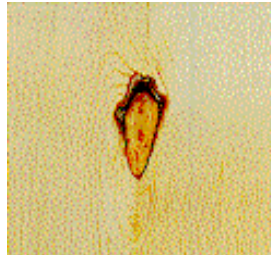
На приведенных ниже рисунках показаны различные типы сучков, которые учитываются при выборе сырья. Для термообработки выбираются главным образом сорта древесины только с твердыми сучками.



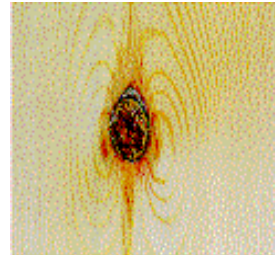
Твердый сучок



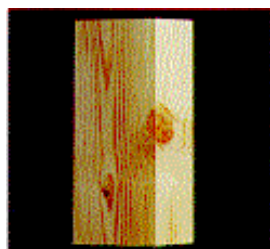
Сухой сучок



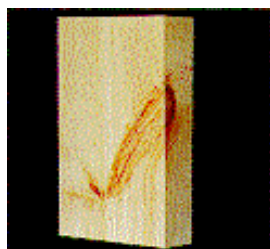
Сучок, обрамленный  
корой дерева



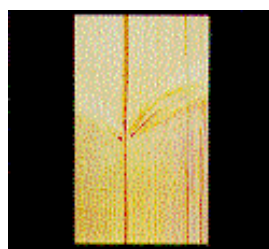
Мягкий сучок



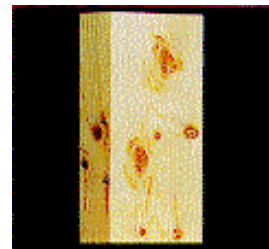
Сучок на ребре



Роговидный сучок



Колосовидный сучок



Скопление сучков

### 2.2.3. Минимальные требования к сырью

Финская ассоциация термообработки древесины установила пороговые уровни качества для сосны, ели и твердых пород дерева, применяемых в качестве сырья для термообработки. Эти минимальные требования представлены в приведенных ниже таблицах 1 и 3.

Таблица 1-2. Требования к качеству сосны, применяемой для термообработки

КАЧЕСТВО		А+В – мебель	
СУЧКИ <sup>(1)</sup> на самом худшем участке длиной 2 метра		шт.	
Твердый/сухой	На лицевой поверхности	8/2	
	На кромке	4/1	
Сучки с корой Сучковое отверстие или твердый выпадающий сучок		Недопустимо	
		Недопустимо	
Максимальный размер твердого сучка на лицевой поверхности		Размер сучка, мм	
Размеры	16, 19, 22, 25 * 75, 100, 115	35	
	125, 150	55	
	175, 200, 225	55	
	32, 38, * 75, 100, 115	55	
	125, 150	55	
	175, 200, 225	60	
	44, 50, *75, 100, 115	60	
	125, 150	60	
	175, 200, 225	70	
	63, 75, * 75, 100, 115	60	
	125, 150	60	
	175, 200, 225	65	
Максимальный размер сучка на кромке		Размер сучка, мм	
Толщина древесины, мм	16, 19	= толщина	
	22, 25	22	
	32, 38	30	
	44, 50	40	
	63, 75	50	
Прочие сучки Плотные сучки – сорта «А» и «В»		Максимальный размер в % от размера твердого сучка	
Скопление сучков, на сучок <sup>(2)</sup>		70	
Сухой сучок <sup>(3)</sup>		20	
Сучок, обрамленный корой <sup>(4)</sup>		Недопустимо	
Мягкий сучок		Недопустимо	
Прочие дефекты			
Верхняя трещина		Макс. 20% от ширины	
Открытая сердцевина		Допускается	
1	Если размер сучка меньше значения, приведенного в данной таблице, допускается большее количество сучков. Однако сумма размеров сучков в мм (= количество сучков * диаметр) не может быть превышена для соответствующего типа сучков.		
2	Скопление сучков предусматривает минимум 4 сучка диаметром свыше 12 мм, все располагаются в пределах 150 мм лицевой поверхности и кромок. Если сучки не разделены ненарушенными волокнами, они классифицируются как один сучок и оцениваются соответственно.		
3	Если сучок сросся с более, чем $\frac{3}{4}$ прилегающей древесины, он считается твердым сучком.		
4	Если менее $\frac{1}{4}$ сучка обрамлено корой, он классифицируется как сухой сучок.		

Таблица 2-2. Требования к качеству ели, применяемой для термообработки

КАЧЕСТВО		ST 1-5
<b>СУЧКИ</b> <sup>(1)</sup> на самом худшем участке длиной 2 метра		шт.
Твердый/сухой	На лицевой поверхности	8/2
	На кромке	4/1
Сучки с корой		Недопустимо
Сучковое отверстие или твердый выпадающий сучок		Недопустимо
Максимальный размер твердого сучка на лицевой поверхности		Размер сучка, мм
Размеры	16, 19, 22, 25 * 75, 100, 115	35
	125, 150	40
	175, 200, 225	45
	32, 38, * 75, 100, 115	40
	125, 150	45
	175, 200, 225	50
	44, 50, *75, 100, 115	45
	125, 150	50
	175, 200, 225	55
	63, 75, * 75, 100, 115	50
	125, 150	55
	175, 200, 225	60
Максимальный размер сучка на кромке		Размер сучка, мм
Толщина древесины, мм	16, 19	= толщина
	22, 25	22
	32, 38	30
	44, 50	40
	63, 75	50
Прочие сучки		Максимальный размер в % от размера сучка
Плотные сучки – сорта «А» и «В»		
Скопление сучков, на сучок <sup>(2)</sup>		Не более суммы сучков
		20
Сухой сучок <sup>(3)</sup>		Недопустимо
Сучок, обрамленный корой <sup>(4)</sup>		Недопустимо
Мягкий сучок		
Прочие дефекты		
Верхняя трещина		Макс. 20% от ширины
Открытая сердцевина		Допускается
1	Если размер сучка меньше значения, приведенного в данной таблице, допускается большее количество сучков. Однако сумма размеров сучков в мм (= количество сучков * диаметр) не может быть превышена для соответствующего типа сучков.	
2	Скопление сучков предусматривает минимум 4 сучка диаметром свыше 12 мм, все располагаются в пределах 150 мм лицевой поверхности и кромок. Если сучки не разделены ненарушенными волокнами, они классифицируются как один сучок и оцениваются соответственно.	
3	Если сучок сросся с более, чем $\frac{3}{4}$ прилегающей древесины, он считается твердым сучком.	
4	Если менее $\frac{1}{4}$ сучка обрамлено корой, он классифицируется как сухой сучок.	

Таблица 3-2. Требования к качеству твердым породам дерева, применяемым для термообработки

<b>ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ</b> (применительно ко всем твердым породам дерева, применяемым для термообработки)			
	<b>СОРТ «Е»</b> Определение : 4-сторонний, абсолютно безупречный боковой срез без сучков	<b>СОРТ «А»</b> Определение : 3-сторонний боковой срез без сучков	
Минимальные размеры при имеющемся при поставке содержании влаги (около 18%)			
Ширина	Номинальный размер + 6%, допускается еще несколько миллиметров		
Толщина	Номинальный размер + 3%, допускается еще несколько миллиметров		
Трещины / изломы	Недопустимо		
Обзол	Недопустимо		
Пружинистость	= 8 мм / 3 м		
Изгиб	= 15 мм / 3 м		
Скручивание	= 10 мм / 3 м		
Содержание влаги	< 20%, равномерно по всей партии		
Синева	Недопустимо		
Длина при поставке	> 2 100 мм, можно короче – по договоренности		
Упаковка	В соответствии с длинами, через каждые 100 мм		
Ядровая древесина	Темная или светлая	Недопустимо	Недопустимо
Обесцвечивание, вызванное старением		Недопустимо	
Обесцвечивание, вызванное временем распила или хранением		Недопустимо	
Равномерное обесцвечивание		По договоренности	
<b>Указания по качеству в зависимости от породы дерева</b>		<b>Береза</b> Допускаются минеральные включения.	<b>Береза</b> Худший вариант поверхности допускает два сучка, макс. размер 10 мм, или один сухой сучок, макс. размер 10 мм, на метр древесины. Серая ядровая древесина допускается на единичных кусках древесины макс. шириной 20 мм на отрезке 0.5 м.
		<b>Осина</b> Влажная древесина или разрушение волокон недопустимы.	<b>Осина</b> Худший вариант поверхности допускает несколько поверхностных сучков и обесцвеченных участков на единичных кусках древесины.



#### **2.2.4. Уровень влажности древесины**

В отношении конечного результата термообработки начальный уровень содержания влаги не имеет особого значения. Обработке можно подвергнуть как свежесрубленную, так и высушенную древесину. В любом случае в первой фазе обработки древесина высушивается до абсолютно сухого состояния. Сушка является самым длительным этапом технологии термообработки.

Свежесрубленная древесина содержит воду в двух формах : несвязанная вода в просветах клеток и связанная вода в стенках клеток. При сушке часть воды в просветах клеток переходит по капиллярам в направлении волокон из-за разницы поверхностного натяжения и давления пара. Если поры между просветами клеток допускают свободное перемещение воды, вода может проделать путь в несколько метров. В противном случае высыхание на капиллярном уровне достигает только нескольких клеток с торцов. Большинство воды выводится посредством диффузии через стенки клеток в форме пара. Это происходит через просветы клеток, расположенные перпендикулярно волокнам.

## **3. Технология термообработки древесины**

### **3.1. Оборудование**

Технология термообработки предусматривает применение воды, пара и высоких температур. Условия процесса коррозионно-активны благодаря составляющим компонентам, испаряющимся из древесины.

Оборудование для термообработки изготавливается из нержавеющей стали. Кроме того, высокотемпературный режим предполагает применение нестандартных турбокомпрессоров и радиаторов, а также предохранительных механизмов.

Для создания необходимого уровня тепла в технологии термообработки древесины можно использовать системы масляного отопления с применением биотоплива, мазута или газа. Также применяются другие решения, например, прямой электронагрев. Кроме того, применяемое в технологическом процессе оборудование должно предусматривать парогенератор.

Газы, испаряющиеся из древесины в процессе обработки, перерабатываются, например, сжигаются. Изначальной целью обработки является предотвращение неприятного запаха от компонентов, испаряющихся из древесины.

### **3.2. Фазы**

#### **Сушка**

Сушка является наиболее продолжительным этапом термообработки. Эта фаза также называется высокотемпературной сушкой. Во время этой фазы содержание влаги в древесине снижается почти до нуля перед началом фазы термообработки. Продолжительность фазы сушки зависит от изначального содержания влаги в древесине, породы дерева, а также толщины. В качестве сырья используется как свежесрубленная, так и высушенная древесина.

Успех сушки имеет важное значение во избежание внутренних проверок. Поскольку под воздействием высоких температур дерево становится эластичным, его сопротивление деформации лучше, чем при сушке в традиционной печи.

#### **Термообработка**

Термообработка древесины осуществляется в закрытой камере, температура внутри которой поднимается до 185 – 215°C в зависимости от уровня обработки. Фаза термообработки начинается непосредственно после фазы высокотемпературной сушки. Пар применяется при сушке и термообработке в качестве защитной среды. Защитная среда не допускает горения древесины, а также влияет на химические изменения, происходящие в древесине. Фаза термообработки занимает 2 – 3 часа.

#### **Закаливание**

Производится после термообработки. Древесина охлаждается после термообработки, при этом процесс тщательно контролируется. На данном этапе надлежит уделять разности температур древесины и окружающего воздуха, которая может вызвать растрескивание. Кроме того, древесину необходимо снова смочить,

чтобы довести уровень содержания влаги до необходимого для конечной области применения значения. Окончательный уровень содержания влаги древесины играет существенную роль для ее эксплуатационных характеристик – со слишком сухим деревом работать тяжело. После закаливания окончательный уровень влагосодержания древесины должен составлять 5 – 7%. В зависимости от температуры термообработки и сорта древесины закаливание занимает 5 – 15 часов.

### **3.3. Энергия**

Требуется главным образом для сушки дерева и отнимает 80% используемой тепловой энергии. Общая потребность в энергии всего на 25% выше, чем при обычной сушке. Потребность в электропитании такая же, как при обычной сушке древесины.

### **3.4. Природоохранные мероприятия**

Поскольку не требуется никаких химикатов, а только вода и тепло, технологический процесс термообработки древесины ThermoWood® относится к экологически чистым. По мере того, как из древесины выделяются экстрактивные вещества, их надлежит перерабатывать – например, сжигать – во избежание неприятного запаха.

Технологический процесс не предусматривает сколько-нибудь значительных объемов сточных вод. Твердые компоненты получаемой в результате воды отделяются в специальном отстойнике, остальные перерабатываются на предприятиях по сбору и очистке сточных вод.

## 4. Свойства термообработанной древесины

Все описанные в данной главе свойства основаны на результатах ряда испытаний, проведенных на протяжении нескольких лет в отношении термообработки древесины. Эти данные должны использоваться только в качестве справочного материала и могут быть изменены в силу различий между породами дерева. Информация основывается на имеющихся в настоящее время знаниях. Дальнейшие испытания продолжаются в целях подтверждения предыдущих результатов испытаний, а также пополнения статистической базы данных в части наиболее ценных свойств технологии термообработки древесины ThermoWood®

Большая часть испытания проводилась с мягкими породами дерева (сосна, ель), однако некоторые коснулись и твердых пород (береза, осина). Различия между сосной и елью незначительны, однако, такие естественные отличия, как то плотность или тип сучков, определенно присутствуют.

### 4.1. Химические изменения

#### 4.1.1. Общие сведения

VTT Хельсинкский Университет Технологий и Хельсинкский Университет в период с 1998 по 2001 г. опубликовали ряд научных трудов по химическим изменениям подвергнутой термообработке древесины в рамках совместного проекта, озаглавленного «Механизмы реакций модифицированной древесины». Кроме того, Ристо Котилайнен, Университет г. Ювяскюля, написал диссертацию на тему «Химические изменения древесины при нагреве 150 – 260°C».

Понимание характера изменений, происходящих в физической и химической структуре древесины при нагреве, требует серьезного знания основ химического состава, структуры и физических свойств.

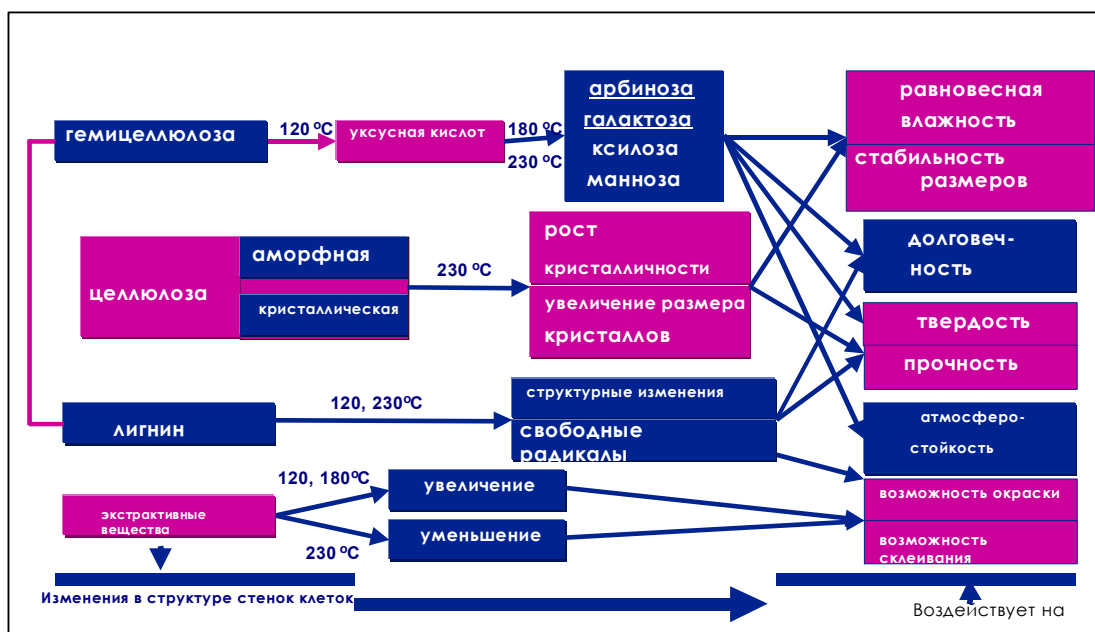


Рис. 1-4. Механизмы реакции подвергнутой термообработке древесины (источник : VTT)).

Основные компоненты древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин) под воздействием тепла разрушаются по-разному. Целлюлоза и лигнин разрушаются более медленно и при

более высокой температуре, чем гемицеллюлоза. Экстрактивные вещества разрушаются легче, а эти компоненты испаряются из древесины во время термообработки.

#### 4.1.2. Углеводороды

Целлюлоза и гемицеллюлоза относятся к углеводородам, являющимся структурными компонентами древесины. Целлюлоза составляет 40–50%, а гемицеллюлоза – 25–35% древесины. Целлюлоза представляет собой длинную цепочку (DP 5000–10000) из элементов глюкозы, а гемицеллюлоза предусматривает более короткие цепочки (DP 150–200) из различных моносахаридов. Состав и содержание гемицеллюлозы варьируется в зависимости от породы дерева. При термообработке обе группы претерпевают изменения, однако большинство изменений происходит в гемицеллюлозе с высоким содержанием кислорода.

Компоненты целлюлозы,  $\beta$ -D-гликопротеинозы, объединены (1→4)-глюкоцидовыми связями. Цепочки целлюлозы объединены связями с гидроксильными группами. При температурах ниже 300°C степень полимеризации в разложении целлюлозы снижается; вода удаляется; создаются свободные радикалы, карбонил, карбоксил и гидропероксидные группы, а также угарный газ, углекислый газ и реактивный древесный уголь.

Компоненты гемицеллюлозы включают D-глюкозу, D-маннозу, D-галактозу, D-ксилозу, L-арабинозу и незначительное количество L-рамнозы, 4-O-метил-D-глюкуроновой кислоты, а также D-галактуроновой кислоты. Они объединены (1→4)- или (1→6)-связями.

По мере нагрева древесины из ацелированной гемицеллюлозы путем гидролиза образуется уксусная кислота. Выделенная кислота служит катализатором в процессе гидролиза гемицеллюлозы до растворимых сахаров. Кроме того, образовавшаяся уксусная кислота деполимеризует микрофибриллы целлюлозы в аморфной среде. Кислота гидролизует связи, соединяющие элементы глюкозы, разбивая глюкозы на более короткие цепочки.

После термообработки древесина содержит значительно меньше гемицеллюлозы. В результате существенно снижается объем материала, чувствительного к грибку, обеспечивая еще одну предпосылку для улучшения устойчивости подвергнутой термообработке древесины к разрушению под воздействием грибка по сравнению с мягкими породами дерева, высушенными в обычной печи. С разложением гемицеллюлозы концентрация водопоглощающих гидроксильных групп снижается, а формоустойчивость обработанной древесины улучшается по сравнению с мягкими породами дерева, высушенными в обычной печи.

Температура разложения гемицеллюлозы составляет около 200–260°C, а соответствующая температура для целлюлозы – около 240–350°C. Поскольку в твердых породах дерева гемицеллюлозы больше, чем в мягких породах, разложение в твердых породах идет легче, чем в мягких. Однако, в отличие от разрыва цепочек целлюлозы разрыв цепочки гемицеллюлозы не снижает прочность древесины. Напротив, разрыв цепочки гемицеллюлозы улучшает устойчивость древесины к сжатию древесины и снижает уровень образования нагрузок и упругой деформации древесины.

#### 4.1.3. Лигнин

Лигнин удерживает клетки древесины вместе. Темное вещество средних пластинок клеток древесины и есть главным образом лигнин. Он также имеется в стенках первичных и вторичных клеток. Содержание лигнина в мягких и твердых породах дерева составляет соответственно 25–30% и 20–25%. Точная химическая структура лигнина пока не установлена, но ее составляющие известны давно. Лигнин включает элементы фенилпропана, которые обычно соединяются эфир- и углерод-углеродными связями (DP

10–50). Мягкие породы дерева содержат в основном гваяциловые элементы фенилпропана, а твердые породы содержат почти такое же количество гваяциловых и синрингиловых элементов фенилпропана. И те, и другие содержат незначительное количество р-гидроксильного фенилпропана.

На протяжении термообработки связи между элементами фенилпропана частично разрушаются. Арил-эфирные связи между элементами синрингила разрушаются легче, чем связи между гваяцильными элементами. Термохимические реакции более характерны для цепочек аллиловой части, чем для арил-алкил-эфирных связей. Чем дольше время самогидролиза, тем больше появляется реакций конденсации. Продукты конденсации включают β-кетонные группы и сопряженные группы карбоновой кислоты.

Из всех составляющих древесины лигнин лучше всех остальных способен выдерживать тепло. Масса лигнина начинает снижаться только тогда, когда температура превышает 200°C, когда начинают разрушаться β-арил-эфирные связи. При высоких температурах содержание метоксила лигнина снижается, и некоторые из неконденсированных элементов преобразуются в элементы дифенилметанового типа. Соответственно, конденсация дифенилметанового типа является наиболее типичной реакцией при температурах в диапазоне от 120 до 220°C. Эта реакция существенно влияет на свойства лигнина при термообработке, такие, как цвет, реактивность и растворимость.

#### **4.1.4. Экстрактивные вещества**

Древесина содержит незначительное количество маломолекулярных компонентов. На экстрактивные вещества приходится менее 5% древесины. Эта группа включает, например, терпены, жиры, воск и фенолы. Экстрактивные вещества разнородны в различных породах дерева, и количество составных структур очень велико. Экстрактивные вещества не являются структурными компонентами древесины, большинство составных структур легко испаряются при термообработке.

#### **4.1.5. Токсичность**

Экотоксичность сточных вод от термообработки ели была проверена на «СТБА» (проект Евросоюза – улучшение недолговечных пород дерева путем соответствующей пиролизической термообработки, 1998 г.). Испытания проводились на сточных водах, полученных после испытания «EN 84». Данные испытания призваны оценить связывание клеток древесины. Небольшие образцы подверглись воздействию воды, а вода была испытана в соответствии с «NF-EN ISO 506341» на «*Daphnia magna*» (небольшие пресноводные рачки), а испытания микротоксичности были проведены на светящихся бактериях. Испытания показали, что сточные воды не содержат токсичных веществ, вредных для «*Daphnia magna*», и безвредны для бактерий.

Подвергнутая термообработке древесина была испытана в качестве костного суррогата (VTT и Хирургическая клиника при госпитале университета г. Турку). Предварительные испытания показали хорошие результаты: подвергнутая термообработке береза имеет свойства, аналогичные свойствам кости. Подвергнутая термообработке древесина чиста, никаких токсичных веществ в ней не обнаружено.

## **4.2. Физические изменения**

### **4.2.1. Плотность**

Плотность определяется при измерении веса и размеров образца. Подвергнутая термообработке древесина имеет меньшую плотность, чем необработанная древесина. Это происходит главным образом из-за изменений массы образца при обработке по мере того, как древесина теряет вес. На приведенном ниже рисунке видно, как снижается

плотность по мере повышения температуры. Однако, отклонение существенно, а коэффициент смешанной корреляции низок – из-за естественного изменения плотности древесины.

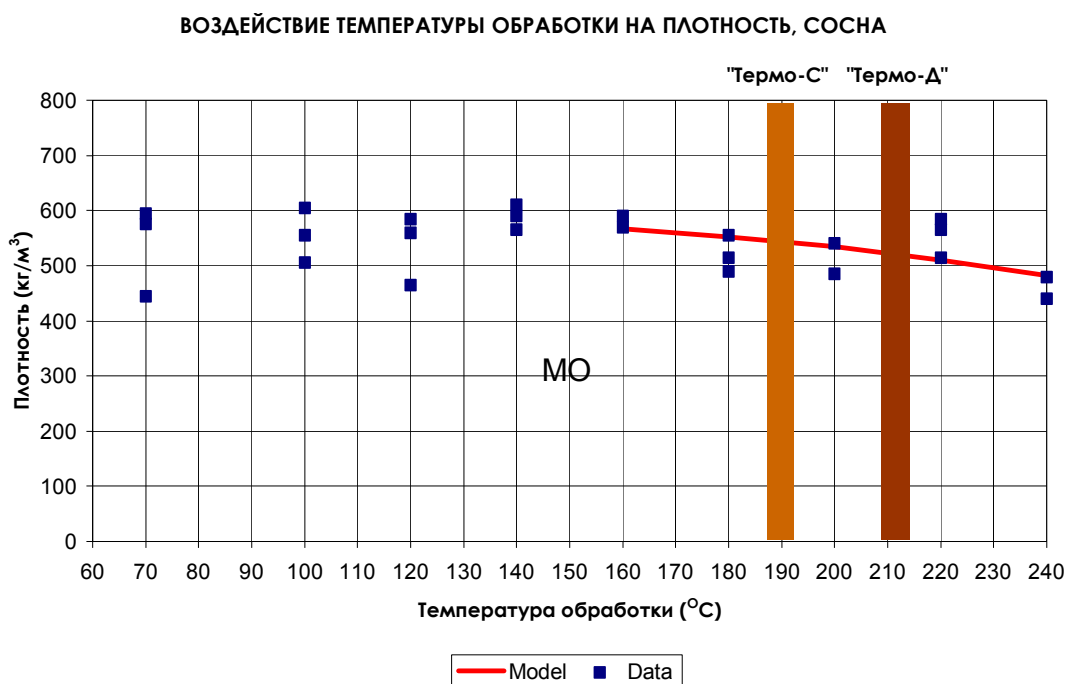


Рис. 2-4. Воздействие температуры обработки на плотность сосны при обработке в течение 3 часов при температуре 160–240°C. Средняя плотность в диапазоне температур  $T < 160^{\circ}\text{C}$  составляет  $560 \text{ кг/м}^3$ . испытательный материал закалялся при относительно влажности 65% (источник : VTT).

## 4.2.2. Прочность

Прочность древесины в целом тесно связана с плотностью, и подвергнутая термообработке древесина имеет несколько меньшую плотность после обработки. Таким образом, очевидно, что обработанная древесина в некоторых случаях менее прочна. Однако, соотношение между весом и прочностью может оставаться практически неизменным. Прочность древесины также в значительной степени зависит от содержания влаги и его относительного уровня ниже точки насыщения волокна. Преимущество в данном случае может заключаться в более низкой равновесной влажности обработанной древесины.

### Предел прочности при изгибе

Применялись два метода испытания предела прочности при изгибе, в первом случае использовался бездефектный материал на небольшом отрезке, в другом – материал с естественными дефектами и на большем отрезке. Результаты (Рис. 3-4) показали, что существенная потеря прочности сосны начинается при температурах свыше 220°C.

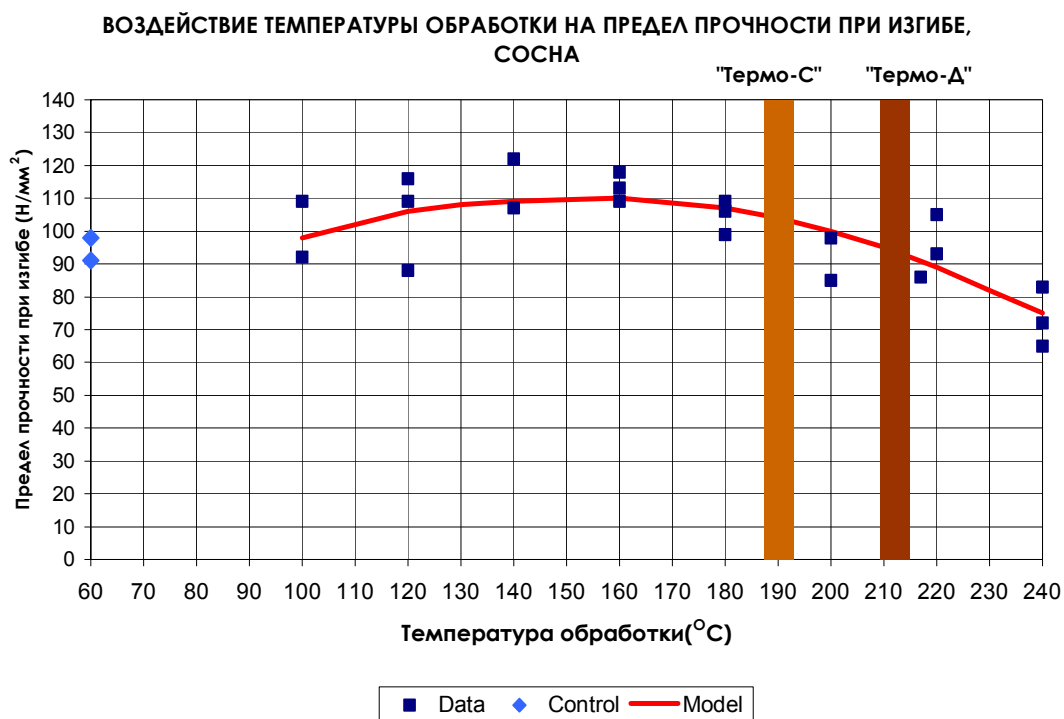


Рис. 3-4. Воздействие температуры термообработки на предел прочности при изгибе – сосна, средняя плотность 560 кг/м<sup>3</sup> (источник : VTT)



Результаты показали, что термообработка не влияет существенно на модуль эластичности древесины (Рис. 4-4).

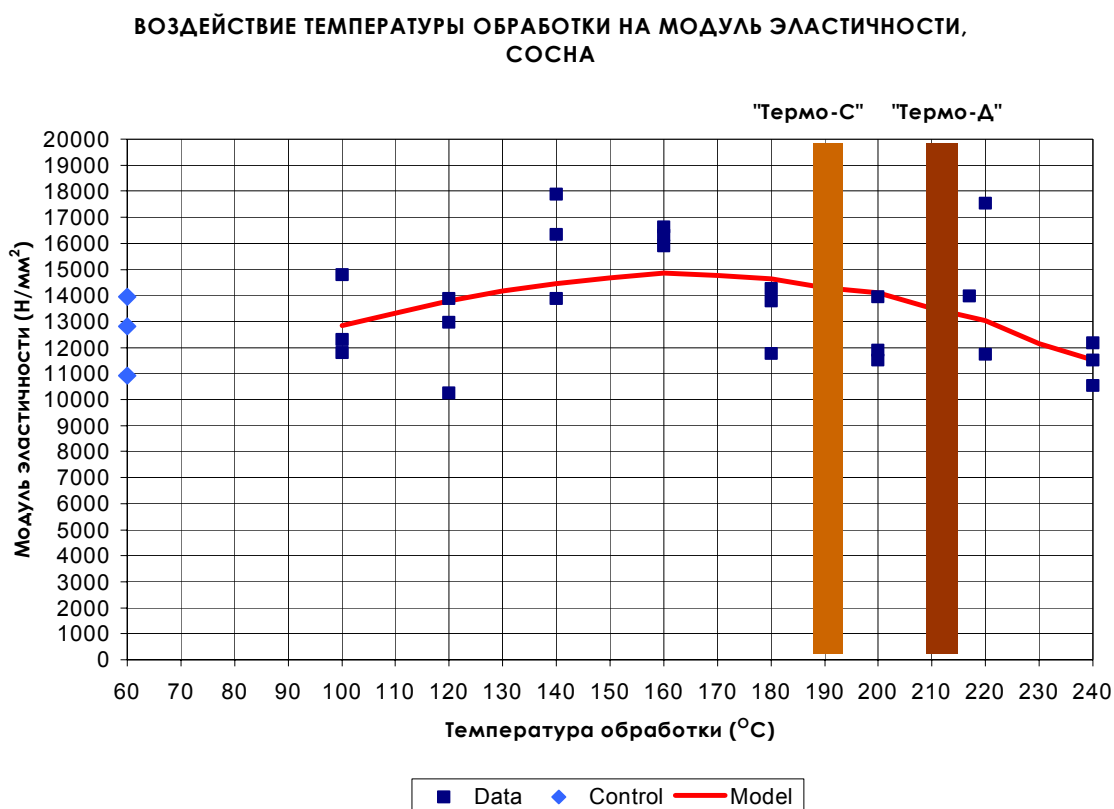


Рис. 4-4. Воздействие температуры термообработки на модуль эластичности сосны, средняя плотность 560 кг/м<sup>3</sup> (источник : VTT)

Прочность подвергнутой термообработке ели (230°C, 5 часов) была изучена на более крупных испытательных образцах в соответствии с «EN 408». Перед испытанием испытательные образцы были выдержаны при относительной влажности 45% и 65%. Результаты показаны в таблице 1-4. У образцов с сучками значения прочности для подвергнутой термообработке древесины ниже, чем у необработанной древесины. Это оттого, что, наряду с другими факторами, из древесины были извлечены смолы.

Таблица 1-4. Предел прочности при изгибе и модуль эластичности подвергнутой термообработке ели.

Серия	Ширина (мм)	Высота (мм)	Длина (мм)	Относительная влажность (%)	Плотность	Предел прочности при изгибе 1) Н/мм <sup>2</sup>	Модуль эластичности 1) Н/мм <sup>2</sup>	Кажущийся модуль эластичности 1) Н/мм <sup>2</sup>
1	38	100	1800	45	425±45	23.0 ± 11.2	11015 ± 3142	9495 ± 2823
2	38	100	1800	65	392±40	22.5 ± 9.2	12326 ± 1681	11494 ± 1280
3	100	38	1800	45	392±25	19.0 ± 5.4	10486 ± 1649	9537 ± 1705
4	100	38	1800	65	397±17	27.9 ± 5.9	11913 ± 1422	11230 ± 1224

1) Среднее значение и среднее отклонение

Опорные значения для необработанной ели при влагосодержании 12%: предел прочности при изгибе 40–50 Н/мм<sup>2</sup> и модуль эластичности 9,700–12,000 Н/мм<sup>2</sup>.

При испытаниях, проведенных на древесине низкого качества с дефектами на отрезке 1,800 мм, обработанной при 230°C на протяжении 4 часов (Таблица 1-4), предел прочности при изгибе снизился почти на 40% по сравнению с обычной необработанной древесиной. Это произошло из-за ослабления участков вокруг дефектов. Однако, у древесины, обработанной при более низких температурах, порядка 190°C, на протяжении 4 часов, разность значений предела прочности при изгибе значительно меньше.

Большинство испытаний проводилось пока на небольших бездефектных образцах. Необходимы дальнейшие испытания на полноразмерных испытательных образцах, с различным количеством сучков и с различными типами сучков. В отсутствие достаточной информации рекомендуем пока **НЕ** применять технологию термообработки древесины ThermoWood® для несущих конструкций.

#### Шуруподерживающая способность

Результаты исследований термообработки древесины, проведенных Институтом природоохранных технологий в 1999 году, показали, что причиной большей части изменений шуруподерживающей способности древесины были скорее общие изменения плотности древесины, чем сама термообработка. Исследования выявили, что у материалов с меньшей плотностью результаты были лучше, когда использовались предварительно просверленные отверстия меньшего размера.

#### Предел прочности при сжатии параллельно направлению волокна

По данным испытаний, проведенных VTT на древесине, обработанной при 195°C на протяжении 3 часов, предел прочности при сжатии параллельно направлению волокна обработанной древесины был приблизительно на 30% выше, чем у обычной необработанной древесины. Испытательные образцы в данном исследовании перед испытанием были погружены в воду.

Предел прочности при сжатии главным образом зависит от фактической плотности древесины. Испытания показали, что процесс термообработки не оказывает отрицательного воздействия на значения предела прочности при сжатии. Собственно говоря, результаты испытаний указывают на то, что значения предела прочности при сжатии были лучше, чем у необработанной древесины, даже когда при обработке применялись более высокие температуры (Рис. 5-4).

### ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ, ЕЛЬ

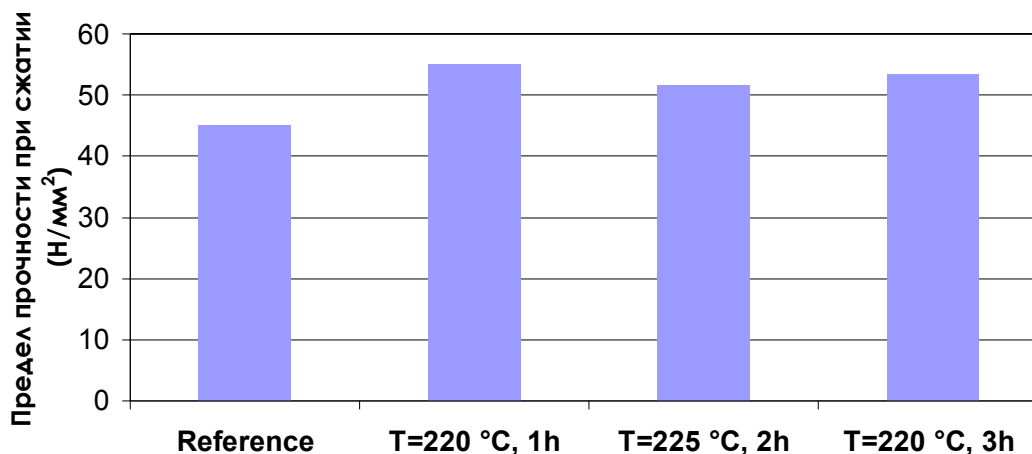


Рис. 5-4. Предел прочности при сжатии (Н/мм<sup>2</sup>) – ель. Средняя плотность 420 кг/м<sup>3</sup> (источник : VTT).

Испытан  
ия

показывают, что по достижении максимальной сжимающей нагрузки образцы ломались на мелкие части, но не изгибались, как обычная древесина, высушенная в печи. Это четко выявило, что подвергнутая термообработке древесина не так эластична, как обычная, высушенная в печи.

### Прочность на ударный изгиб (динамический изгиб)

По результатам испытаний («СТБА») можно заключить, что значение прочности на ударный изгиб для подвергнутой термообработке древесины менее, чем у обычной древесины, высушенной в обычной печи. При испытании ели, подвергнутой термообработке на протяжении 3 часов при температуре 220°C, было обнаружено, что прочность на ударный изгиб была снижена почти на 25 процентов.

### Предел прочности при сдвиге

Испытания проводились (силами VTT) путем измерения как в радиальном направлении, так и по касательной. Было обнаружено, что при обработке при более высоких температурах (при 230°C на протяжении 4 часов) прочностные характеристики были снижены при радиальных испытаниях с 1 до 25%, а при испытаниях в касательном расщеплении – от 1 до 40%. Однако, обработка при более низких температурах (при 190°C) оказала совсем незначительное воздействие на сосну, хотя ель показала 1–20% снижение при обоих испытаниях.

### Сопротивление раскалыванию

Испытания сопротивления раскалыванию были проведены в Институте природоохранных технологий на ели, сосне и березе при помощи большого диапазона испытательных температур. По результатам испытаний можно заключить, что сопротивление раскалыванию снизилось на 30-40%, и при обработке при более высоких температурах эта цифра была еще больше.

### **4.2.3. Твердость**

Твердость по Бриннелю испытывалась согласно «prEN 1534». Результаты показали, что твердость возрастает по мере увеличения температуры обработки (Рис. 6-4). Однако, относительные изменения незначительны и не оказывают практически никакого действия на практике. Как и для всех пород дерева, твердость по Бриннелю в значительной мере зависит от плотности.

#### ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБАБОТКИ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИННЕЛЮ

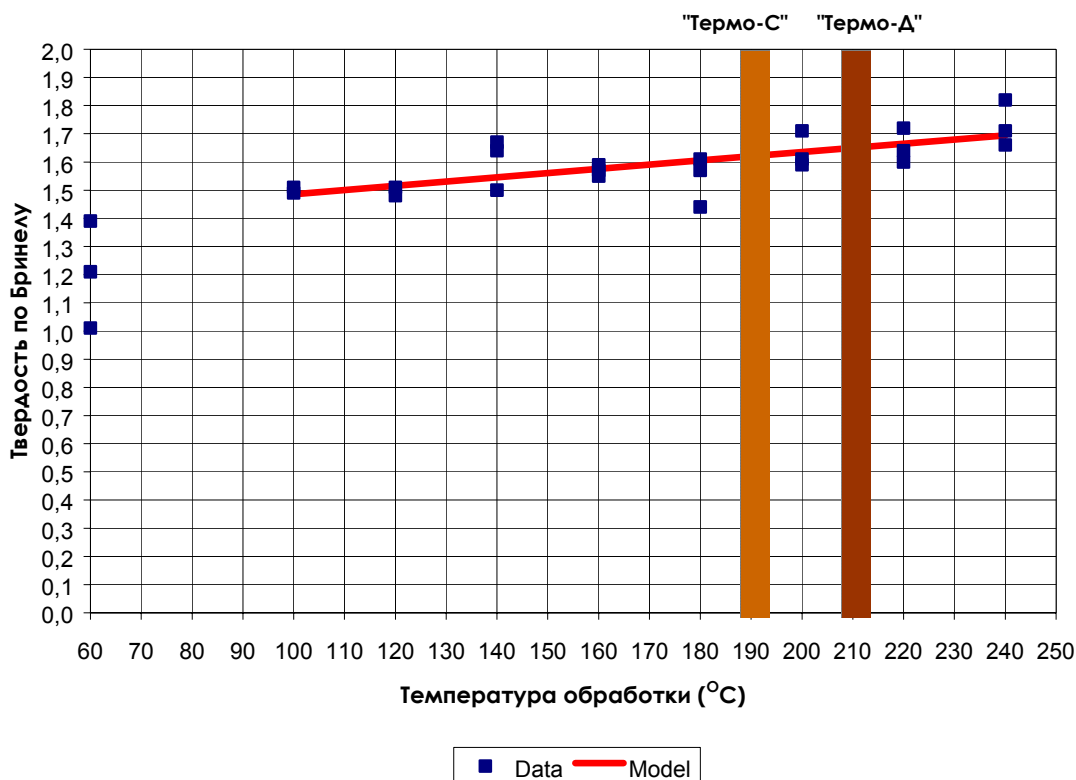


Рис. 6-4. Воздействие температуры термообработки на твердость сосны по Бриннелю. Время обработки – 3 часа (Источник: VTT).

#### 4.2.4

##### Равновесная влажность

Термообработка древесины снижает равновесную влажность. Сравнивалась подвергнутая термообработке и обычная необработанная древесина при различных уровнях относительной влажности.

Термообработка очевидно снижает равновесную влажность древесины, и при высоких температурах (220°C) равновесная влажность составляет около половины от соответствующего значения необработанной древесины. Разность значений влажности древесины выше, когда выше относительная влажность. На приведенном ниже рисунке показан эффект на материал, обработанный при температуре 220–225°C на протяжении 1–3 часов и при различных уровнях относительной влажности.

## РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ, ЕЛЬ

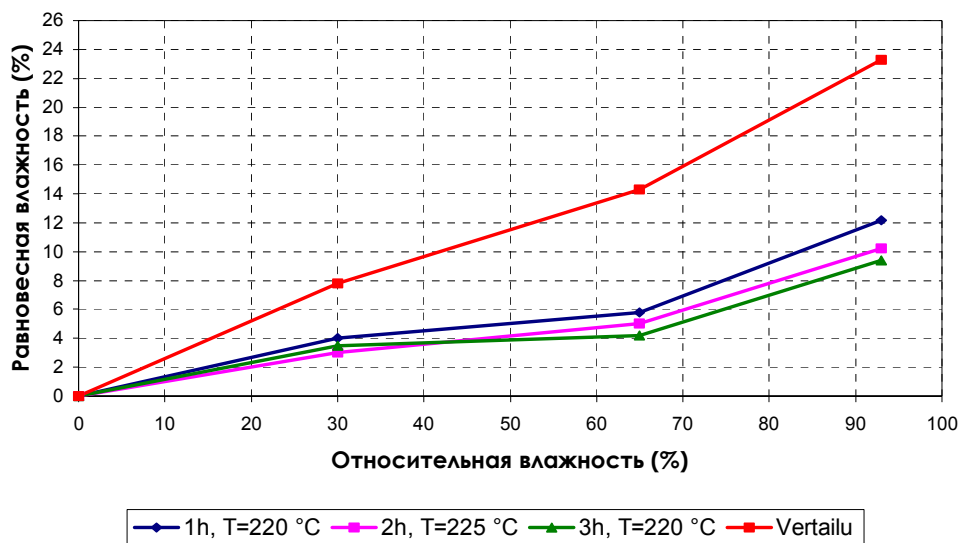


Рис. 7-4. Воздействие относительной влажности на уровень влагосодержания подвергнутой термообработке ели (источник : VTT).

### 4.2.5. Разбух

#### ание и сжатие из-за влаги

Термообработка существенно снижает радиальное разбухание и разбухание в касательном расслоении (Рис. 8-4 и 9-4).

### РАДИАЛЬНОЕ РАЗБУХАНИЕ, ЕЛЬ

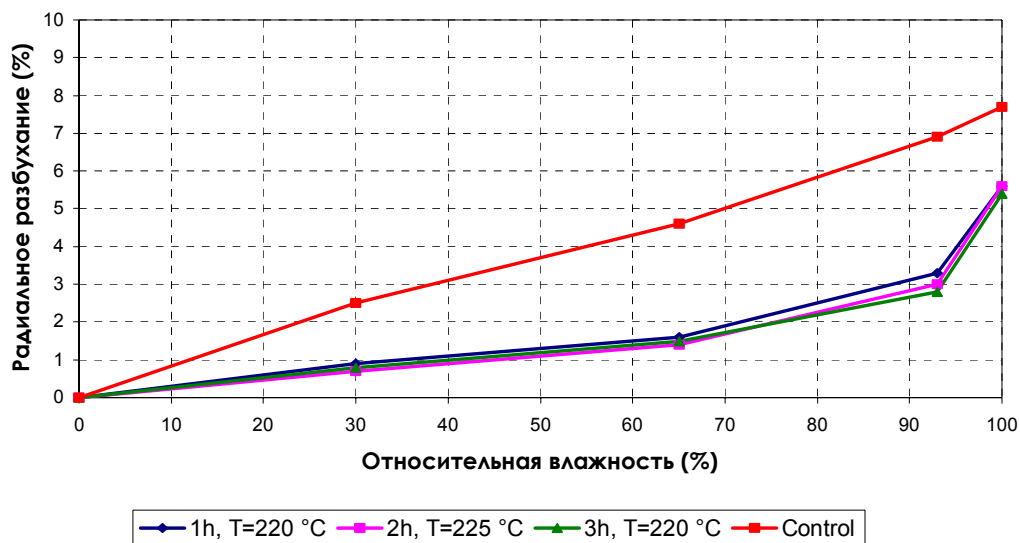


Рис. 8-4. Радиальное разбухание ели как функция относительной влажности (источник VTT).

### РАЗБУХАНИЕ В КАСАТЕЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ, ЕЛЬ

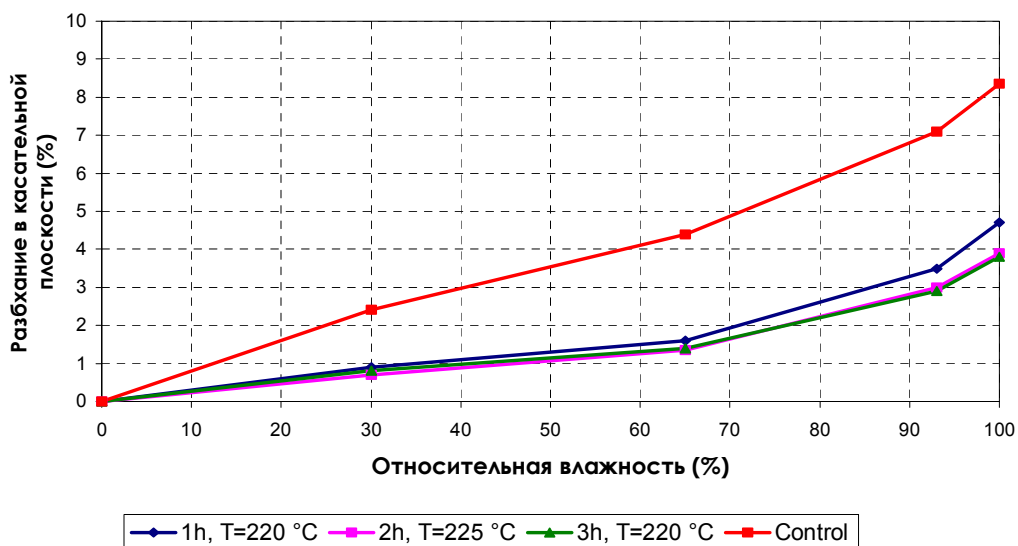


Рис. 9-4. Разбухание древесины ели в касательной плоскости как функция относительной влажности (источник : VTT).

Эффект термообработки с точки зрения снижения уровня разбухания и сжатия древесины отчетливо показан в отношении вытяжки конечного продукта. По испытаниям VTT обработанная древесина с покрытием и без покрытия сохраняла форму, а на подвергнутую обработке «ССА» и необработанную древесину оказала воздействие вытяжка.

В отличие древесины в целом, подвергнутая термообработке древесина не испытывает нагрузки при высыхании. Это является очевидным преимуществом, заметным, например, при расщеплении материала и изготовлении столярной продукции. Кроме того, уровень разбухания и сжатия древесины очень низок.

#### 4.2.6. Проницаемость

Водопроницаемость подвергнутой термообработке древесины была проверена «СТВА». Это свойство важно, например, для окон. Образцы были погружены в обессоленную воду и оставлены в помещении при относительной влажности 65% и температуре 20°C. В течение 9 дней образцы периодически взвешивались. Заключение было следующее : за короткий срок водопроницаемость подвергнутой термообработке ели была на 20–30 процентов ниже, чем у ели, высушенной в обычной печи.

Силами VTT были проведены испытания на паропроницаемость подвергнутой термообработке древесины согласно «EN 927-4». Результаты показаны на приведенном ниже рисунке (Рис. 10-4).

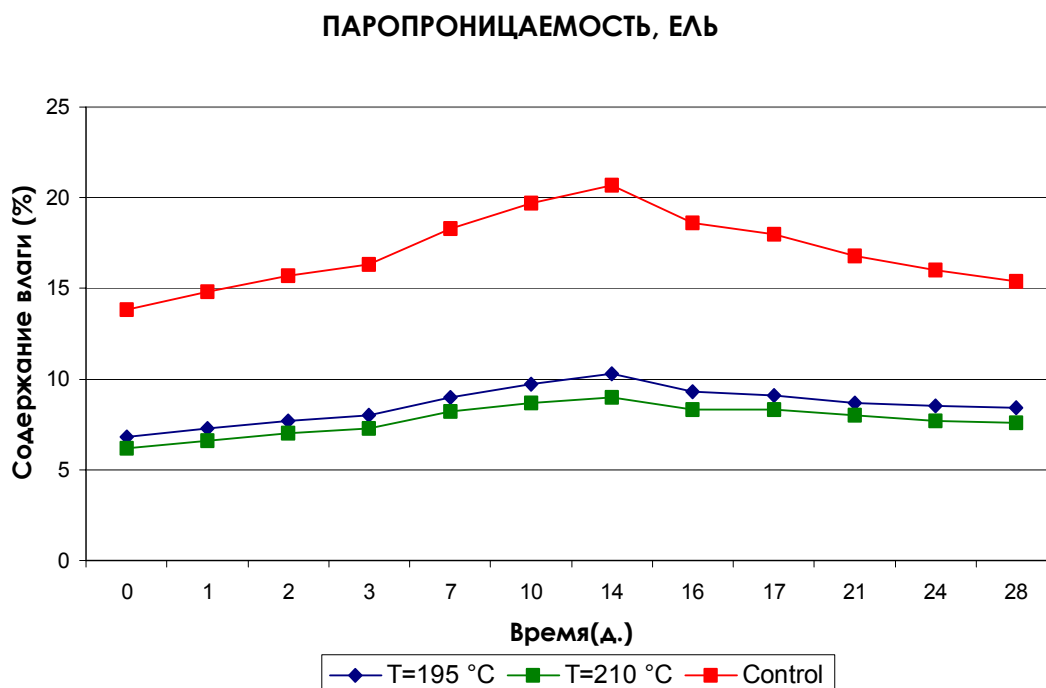


Рис. 10-4. Воздействие термообработки на паропроницаемость (источник : VTT).

Водопроницаемость также проверялась VTT согласно «EN 927-5». Проницаемость была определена после того, как испытательные образцы в течение 72 часов вымачивались в воде, при этом торцевые поверхности были заизолированы. Необработанная ель дала содержание влаги 22%, в то время, как содержание влаги древесины, обработанной при 195°C и при 210°C, составило около 12% и 10% соответственно.

#### 4.2.7. Теплопроводность

Испытания показали, что теплопроводность подвергнутой термообработке древесины снизилась на 20–25% по сравнению с мягкими породами дерева, высушенными в обычной печи (Таблица 2-4). Таким образом, технология термообработки древесины может пригодиться для наружных дверей, облицовки, окон и саун.

Согласно проведенным VTT испытаниям теплопроводность  $\lambda_{10}$  класса Thermo D » составляет 0.099 W/(мК). Соответствующее значение необработанной древесины в соответствии с условиями и положениями раздела «С» финского строительного кодекса составляет 0.12 W/(мК).

Таблица 2-4. Теплопроводность

Размеры (мм)	Время обработки при 230 °С (час.)	Усадка (%)	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	Содержание влаги (%)	Теплопроводность $\lambda_{10}$ В/мК
<b>Сосна</b>					
25 x 125	3	8,7	525	4,5	0,107
25 x 125	5	12,1	474	3,6	0,101
	0		505		0,130
<b>Ель</b>					
22 x 100	3	5,8	445	5,5	0,097
22 x 100	5	9,3	405	4,4	0,082
	0		432		0,110

#### 4.2.8. Меры пожарной безопасности

##### Испытания на примере единичного горящего предмета («EN 13823»)

Огнестойкость строительных пиломатериалов согласно новым Евроклассам оценивалась путем испытания на примере единичного горящего предмета. При этом испытании образец, предусматривающий два вертикальных крыла, образующих Т-образный блок, был подвергнут воздействию огня от газовой горелки. Высота крыльев образца была 1,5 м, ширина – 0,5 и 1,0 м. Газовая горелка помещалась внизу стойки для единичного горящего предмета, при этом тепловой воздействие на испытываемый образец составило около 40 кВт/м<sup>2</sup>.

Воздействие термообработки на скорость теплоотдачи показано на Рис. 11-4. Уровень скорости теплоотдачи подвергнутой термообработке сосны был почти на 10 кВт выше, чем у необработанной сосны. Прежнее увеличение скорости теплоотдачи под конец испытания для образца, не подвергнутого термообработке, произошло из-за меньшей толщины. При теплоотдаче наблюдалось увеличение на приблизительно 15% из-за термообработки. Количество дыма ориентировочно удвоилось. Кроме того, время воспламенения (на основании 5 кВт-ного увеличения



скорости теплоотдачи) уменьшилось на 30%. И, наконец, термообработка по-видимому понижает огнестойкость древесины. Это возможно связано с выходом летучих смесей во время термообработки. Хотя температура при обработке не приближается к температуре воспламенения древесины, составные части древесины по-прежнему могут постепенно распадаться. Следовательно, свойства материала меняются, что приводит к несколько пониженной огнестойкости.

Количество испытаний, проведенных в связи с термообработкой древесины, недостаточно для того, чтобы установить точные показатели. Однако, можно утверждать, что подвергнутая термообработке древесина не отличается существенно от обычной древесины, когда речь заходит о пожарной безопасности. Класс огнестойкости – D.



Рис. 11-4. Скорость теплоотдачи образцов сосны, подвергнутой термообработке (2/1), и необработанной (3/1). Толщина образца была 21 и 25 мм для необработанного и обработанного образца соответственно.

Таблица 3-4. «Brandsäkra Trähus – Fas 2»! : результаты испытания на примере единичного горящего предмета для изделий на древесной основе

Продукт	Толщина (мм)	FIGRA (В/с)	THR <sub>600s</sub> (МДж)	SMOGRA (м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> )	TSP <sub>600s</sub> (м <sup>2</sup> )
Ель	18	419	18.0	4	36.3
Сосна (обработанная)	25	581	32.8	6	62.5
Сосна	21	321	23.2	3	15.0
Сосна (с дуплом 22 мм)	21	329	22.3	4	35.5
Сосна	15	361	26.6	4	17.5
Сосна	45	587	23.9	12	54.4
Ель (шпунт и паз), вертикаль.	15	452	17.0	3	34.0
Сргисе (шпунт и паз), горизонталь.	15	494	18.4	4	50.0
Клееная фанера (ель)	12	596	15.8	3	45.0
Клееная фанера (поверхность сосны)	12	437	16.6	1	21.0

## Испытания «ISO 5660»

Силами VTT были проведены испытания огнестойких характеристик в соответствии с требованиями «ISO 5660». Термообработка снижает время воспламенения образцов как сосны, так и ели (Таблицы 4-4 и 5-4) наполовину по сравнению с необработанной древесиной. У образцов сосны скорость теплоотдачи снизилась на 32%. Подвергнутые термообработке образцы ели показали отсутствие каких-либо различий. Количество дыма было незначительным у образцов и сосны, и ели по сравнению с необработанными образцами.

Таблица 4-4. Калориметрические испытания на примере шишек по «ISO 5660», уровень излучения 50 кВт/м<sup>2</sup>, сосна.

Размеры (мм)	Время обработки при 230°C (час)	Потеря веса (%)	Время воспламенения (с)	Скорость теплоотдачи (60 с) (кВт/м <sup>2</sup> )	Дым (м <sup>2</sup> /кг)
50 x 150	5	7.2	12	137	180
50 x 150	8	11.8	13	136	47
50 x 150	10	14.4	16	160	120
50 x 150	0		19–25	150–200	25–100 (200)

Таблица 5-4. Калориметрические испытания на примере шишек по «ISO 5660», уровень излучения 25 кВт/м<sup>2</sup>, ель.

Размеры (мм)	Время обработки при 230°C (час)	Время воспламенения (с)	Скорость теплоотдачи (60 с) (кВт/м <sup>2</sup> )	Дым (м <sup>2</sup> /кг)
50 x 150	8	97	112	21
50 x 150	0	193	113	72

## Испытания в соответствии со стандартом «NF B 52501»

Испытания проводились «СТВА» в соответствии со стандартом «NF B 52501». Все изученные образцы можно отнести к классу «М<sub>3</sub>». Испытания указывают на то, что огнестойкость подвергнутой термообработке древесины считается такой же, что и у необработанной древесины на примере соответствующих образцов.

## Испытания по Британскому стандарту, поверхностное распространение пламени, «BS 476» Часть 7

Весьма ограниченное количество образцов сосны и ели, прошедших термообработку при температуре 210°C, были испытаны в Великобритании в соответствии со стандартом «BS 476», Часть 7, для Класса 1 поверхностного распространения пламени. Результаты показали, что по обоим обработанным образцам были получены значения, отвечающие классу 4. стандартные значения для прошедшей обычную обработку древесины относились к классу 3. подвергнутая термообработке древесина уже в течение первой минуты испытаний выходила за пределы класса 3.

Из-за небольшого количества использованных испытательных образцов заключили, что на эти результаты пока полагаться нельзя, и что необходимы дальнейшие испытания с применением материала, прошедшего термообработку при различных температурах и различных уровнях влажности. Испытания по Британскому стандарту и их результаты были сосредоточены только на скорости распространения пламени, а это только одна из частей процедуры испытаний, изложенной в новых стандартах «EN». Подвергнутая термообработке древесина очевидно имела более короткое время воспламенения, но превосходила древесину, высушенную обычным способом, в части теплоотдачи и выделения дыма.

## Эксплуатационные характеристики в отношении финского строительного кодекса

Требования пожарной безопасности для конструкций и применяемых в них частей определены в разделе «Е1», «Структурная пожарная безопасность в зданиях», 1997 г., Национального Строительного Кодекса Финляндии. Строительное проектирование осуществляется в соответствии с условиями и положениями раздела «В1», «структурная безопасность и нагрузки», 1998 г., а также раздела «В10», «Деревянные конструкции», 1983 г., с поправками от 1990 г., Национального Строительного Кодекса Финляндии.

Методики испытания и критерии приемки, использованные для определения пожарореактивных характеристик строительных материалов, структурных элементов и устройств, содержатся в «Ympäristöopas 35 1998», «Rakennustuotteiden palotekninen hyväksyntä» (Справочник природоохранных мер 35, 1998 г.; Приемка пожарной техники для строительной продукции), публикация Министерства Охран окружающей среды.

Технология признана отвечающей требованиям Класса огнеопасности 2, изложенным в означенной публикации.

#### 4.2.9. Долговечность

Силами VTT были проведены три испытания с целью установления долговечности подвергнутой термообработке древесины. Испытания проводились в соответствии со стандартом «EN 113», при этом время разрушения составило 16 дней. Кроме того, была применена модификация означенного испытания по «EN 113»; время испытания было ускорено за счет использования испытательных образцов меньшего размера и более короткого времени разрушения (6 недель). Третье испытание было проведено при контакте в грунте согласно «ENV 807», при этом время испытания составило 8, 16, 24, и 32 недели. Для испытания использовались грибки «*Coniophora puteana*» и «*Poria placenta*», поскольку они считаются наиболее распространенными и проблематичными грибами.

Результаты выявили поразительную способность подвергнутой термообработке древесины сопротивляться разрушению. На примере указанных двух грибков подвергнутая термообработке древесина показала различные результаты. Подвергнутая термообработке древесина требует более высокой температуры обработки для того, чтобы добиться максимальной устойчивости к воздействию грибка «*Poria placenta*» по сравнению с устойчивостью к воздействию грибка «*Coniophora puteana*» (Рис. 12-4).

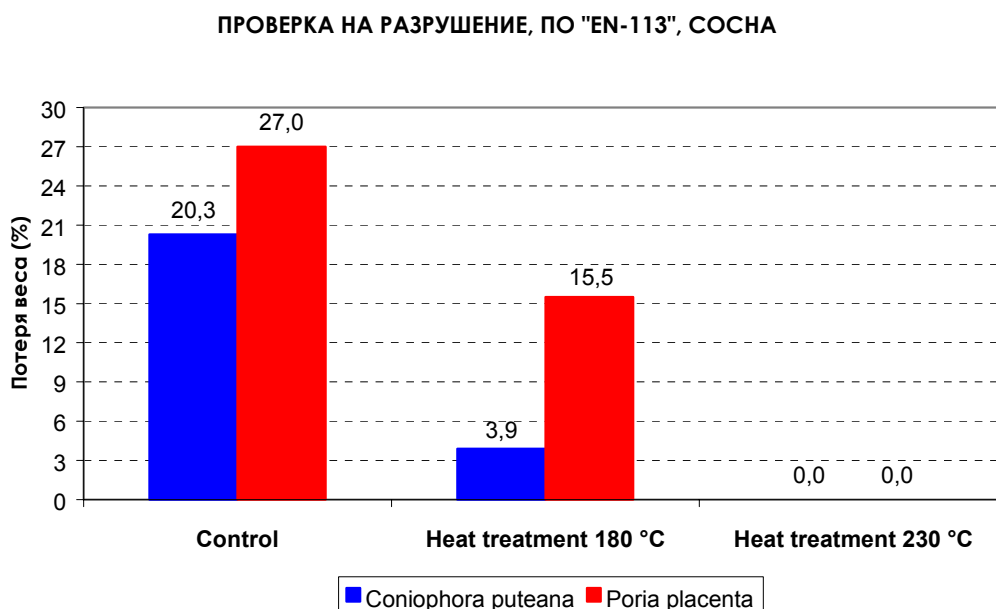


Рис. 12-4. воздействие термообработки на процесс разрушения по трухе в модифицированном испытании «EN 113». Обработанная сосна, время термообработки 4 часа (источник : VTT).

Испытания на биологическую устойчивость в соответствии с «EN 113» выявили хорошие характеристики долговечности в зависимости от температуры и времени обработки. Для обработки древесины на соответствие требованиям класса 1 (высокая степень долговечности) требуются температуры свыше 220°C на протяжении 3 часов, а для класса 2 (нормальная степень долговечности) желаемый результат достигается при температуре порядка 210°C (Рис. 13-4).

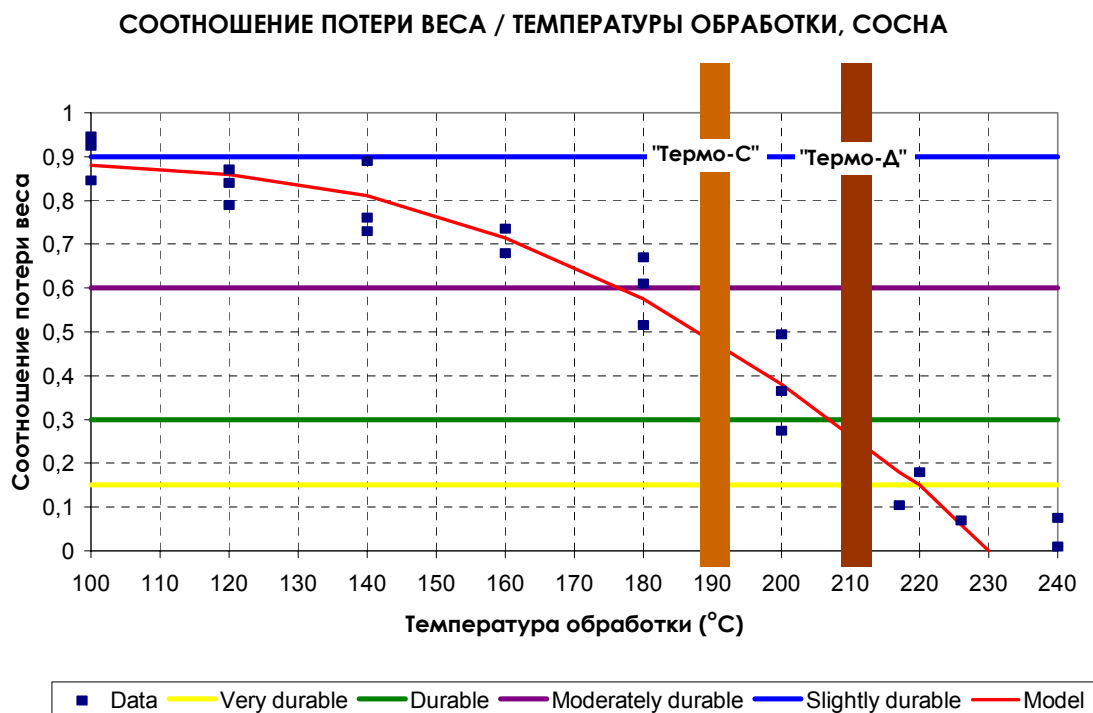


Рис. 13-4. Влияние температуры на коэффициент потери веса. Сосна, время обработки 3 часа. Стандарт «EN 350-1». Долговечность (источник : VTT).

На основании результатов испытаний в эксплуатационных условиях («EN 252»), **рекомендуем не применять технологию термообработки древесины ThermoWood® для конструкций, предполагающих глубокий контакт с почвой и обуславливающих эксплуатационные характеристики сооружения в целом.** Предполагается, что соответствующая потеря прочности происходит из-за влаги, а не вызвана микроорганизмами. Чтобы установить причину этого явления, необходимые дальнейшие исследования. Однако, практический опыт показывает, что использование «Thermo D» в конструкциях, предусматривающих глубокий контакт с почвой, но не играющих существенной роли для эксплуатационных характеристик сооружения в целом, вкпе с периодическим просушиванием поверхностей не вызывает сколько-нибудь существенной порчи материала. Это особенно очевидно, когда обеспечен эффективный дренаж почвы, а сам грунт включает песок и галечник.

#### 4.2.10. Сопrotивляемость насекомым

Испытания проводились «СТВА» во Франции. Жуки «Longhorn» встречаются в оболони мягких пород дерева. Обычный мебельный жук (*Anobium punctatum*) «любит» в частности твердые породы дерева. *Lyctus Bruneus* встречается в некоторых твердых породах дерева. Испытания показали, что подвергнутая термообработке древесина оказалась устойчивой ко всем трем.

Испытания, проведенные в Университете г. Куопио, также подтвердили хорошую сопротивляемость подвергнутой термообработке древесины насекомым и жукам. Отчет об испытаниях заключает, что жуки распознают сосну по ее терпеновым выделениям, которую считают подходящим местом для кладки яиц. Поскольку по сравнению с обычной древесиной терпеновые выделения подвергнутой термообработке древесины резко сокращаются (см. Раздел 4.2.13), можно ожидать, что жуки по мере возможности выберут обычную древесину. Согласно отчету то же может быть применимо и к термитам. Однако эта область еще требует дополнительных испытаний.



Рис. 14-4. Жук «Longhorn» и личинка в испытываемом образце подвергнутой термообработке древесины (фото : Йармо Холопайнен, Университет г. Куопио).

Что касается термитов, проблема эта более актуальна для Южного полушария, но термиты уже распространились по Франции, и имеются свидетельства их появления и далее на север Европы. Термиты атакуют здания из-под земли, избегая по возможности прямых солнечных лучей. В поисках пропитания они не обходят стороной ни древесину, ни материалы фундамента на основе бетона. Для того, чтобы совладать с ситуацией, были разработаны различные меры; меры включают полиэтиленовые диафрагмы, устанавливаемые в фундаментах зданий. Кроме того, для герметизации возможных путей попадания внутрь здания имеются различные лакокрасочные материалы на битумной основе. Пока результаты испытаний указывают на то, что сопротивляться нападениям термитов технология термообработки древесины ThermoWood® не в состоянии. Однако, рекомендуются локальные испытания, поскольку типы термитов сильно варьируются в зависимости от региона обитания. Кроме того, требуются дополнительные исследования в области повадок термитов.

#### 4.2.11. Стойкость против атмосферных воздействий

##### Стойкость против атмосферных воздействий без обработки поверхности

###### Дождь

Для установления эксплуатационных характеристик подвергнутой термообработке древесины в естественных погодных условиях были проведены различные испытания в условиях эксплуатации. Материал, обработанный при температуре 225°C в течение 6 часов, имел содержание влаги вдвое меньше, чем необработанная древесина; эта разница сохранилась и через пять лет воздействия естественных условий. Приведенная ниже диаграмма показывает эволюции уровней содержания влаги в естественных погодных условиях для необработанной древесины, древесины подвергнутой термообработке по технологии ThermoWood®, а также древесины, обработанной при помощи «ССА».

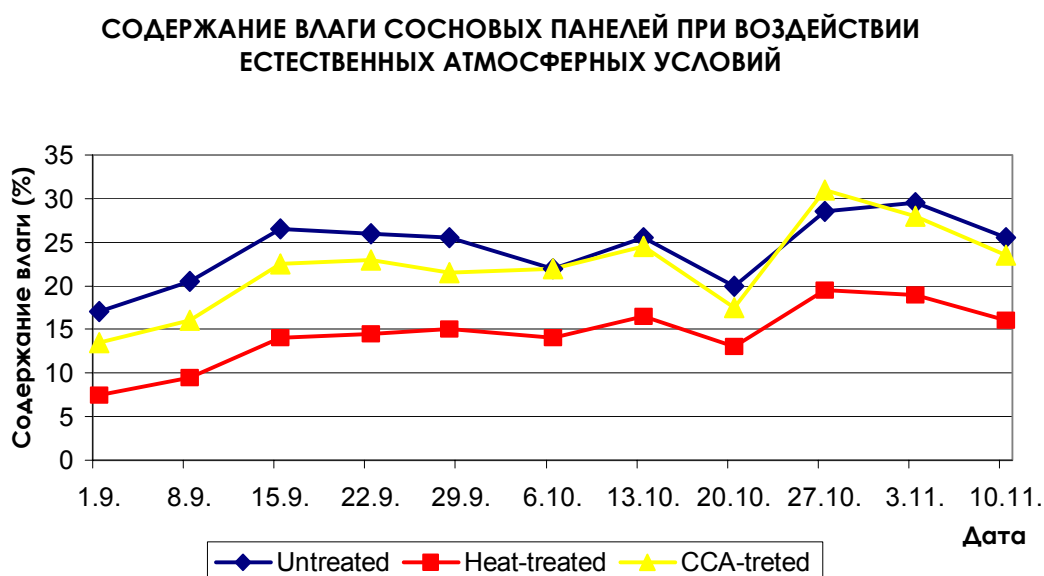


Рис. 15-4. Содержание влаги строганных сосновых панелей под воздействием естественных атмосферных условий, 1994 г. (источник : VTT).

Как и со всеми материалами, подвергнутыми воздействию естественных атмосферных условий, на поверхности подвергнутой термообработке древесины может наблюдаться рост плесенного грибка. Из-за бактерий в воздухе или в грязи, переносимых дождем, грибок может появиться на необработанной поверхности. Однако, это наблюдается только на поверхности, и его можно удалить – стереть или соскрести.

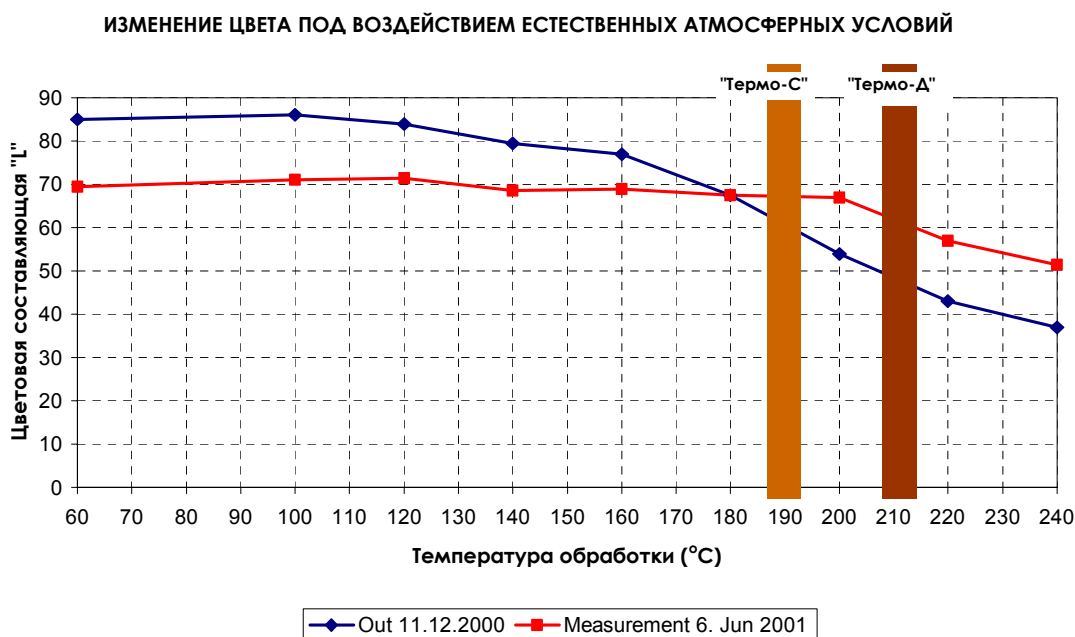


Рис. 16-4. Влияние температуры термообработки на изменение цвета из-за воздействия естественных атмосферных условий. Сосна, время обработки 3 (источник : VTT).

Испытания в условиях эксплуатации проводились для измерения устойчивости подвергнутой термообработке древесины к воздействию солнечного света (ультрафиолетового излучения). Как и большинство натуральных материалов, такая древесина не в состоянии сопротивляться ультрафиолетовому излучению. В результате цвет через некоторое время меняется от изначального коричневого до серого при воздействии прямых солнечных лучей. Приведенная выше диаграмма показывает изменение цветовой составляющей «L» за шесть месяцев. Оригинальный цвет можно сохранить при помощи консервантов, содержащих пигмент, или консервантов с UV-фильтром.

Хотя у древесины, подвергнутой термообработке по технологии ThermoWood®, содержание влаги, а также разбухание и сжатие значительно снижены, ультрафиолетовое излучение вызывает появление небольших трещин на поверхности неокрашенных панелей под воздействием солнечного света уровень поверхностных трещин не обнаружил никаких признаков улучшения на неокрашенном контрольном материале, когда использовались более высокие температуры (Рис. 17-4).

Влияние процесса термообработки на рост поверхностного грибка показан на приведенной ниже диаграмме. Трещины классифицировались следующим образом:

- размер (0–5):
- 0 без трещин
- 1 трещины различимые при помощи лупы с 10-кратным увеличением
- 2 трещины, видимые невооруженным глазом
- 3 отчетливо различимые трещины
- 4 трещины шириной менее 1 мм
- 5 большие трещины шириной более 1 мм



- плотность (0–5):
  - 1 одна трещина
  - 5 вся поверхность покрыта трещинами

#### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ НА РАСТРЕСКИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И РОСТ ПЛЕСЕННОГО ГРИБКА

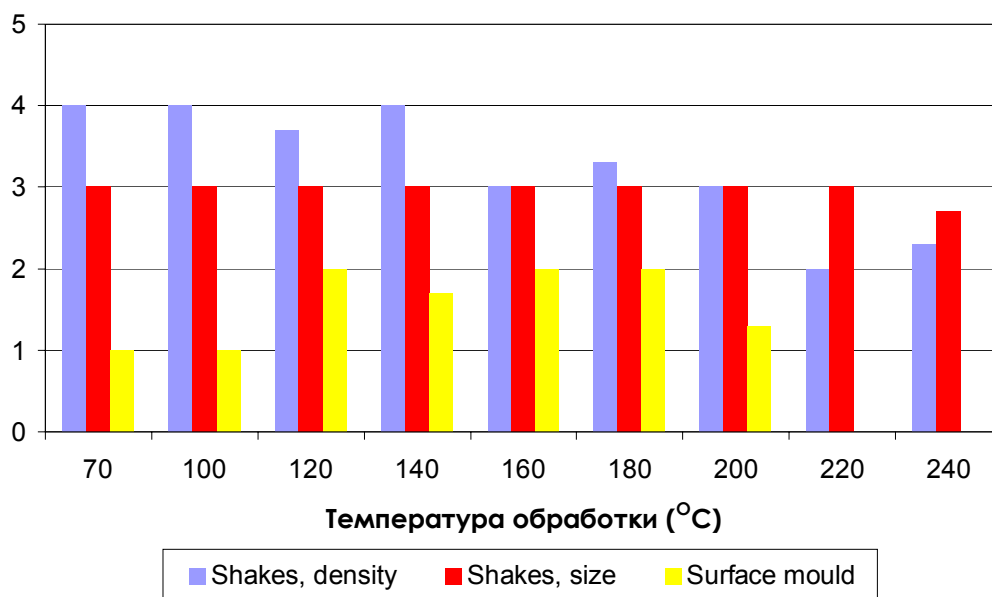


Рис. 17-4. Влияние температуры термообработки на растрескивание поверхности и рост грибка на сосновых панелях. Время термообработки 3 часа. Время воздействия естественных атмосферных условий 6 месяцев (источник : VTT).

По влиянию солнечного света (ультрафиолетового излучения) можно заключить, что с применением пигментосодержащих защитных покрытий для поверхности подвергнутой термообработке древесина обеспечивает хороший уровень в части поверхностных трещин. Таким образом настоятельно рекомендуем обрабатывать поверхность.

#### Стойкость против атмосферных воздействий – поверхности, обработанные по технологии ThermoWood®

Испытания в условиях эксплуатации, при этом период естественного атмосферного воздействия составлял пять лет, были проведены силами VTT с целью исследования эксплуатационных характеристики покрытий, используемых для поверхностей подвергнутой термообработке древесины, и сравнения их с характеристиками необработанной древесины. Панели были классифицированы визуально во время закаливания в соответствии с «ISO 4628».

Было обнаружено, что содержание влаги, подвергнутой термообработке по технологии ThermoWood® древесины, было вдвое меньше, чем у необработанной древесины. Непигментированные участки или масло не защищают ни обработанную, ни необработанную древесину. Эти покрытия стирались или снашивались, и годовые кольца

начинали ослабевать – так же, как и у панелей без защитного покрытия. Панели с защитным непигментированным покрытием обнаружили сильную тенденцию к растрескиванию.

Влияние обработанной по технологии ThermoWood® подложки на эксплуатационные характеристики защитного лакокрасочного покрытия наблюдалось через пять лет естественного атмосферного воздействия. Эксплуатационные характеристики акриловых красок кислотного отверждения и на водной основе на обработанных панелях были лучше, чем на необработанных. Панели, окрашенные такими красками, не выказывали шелушения по обработанной по технологии ThermoWood® подложке (Рис. 18-4).

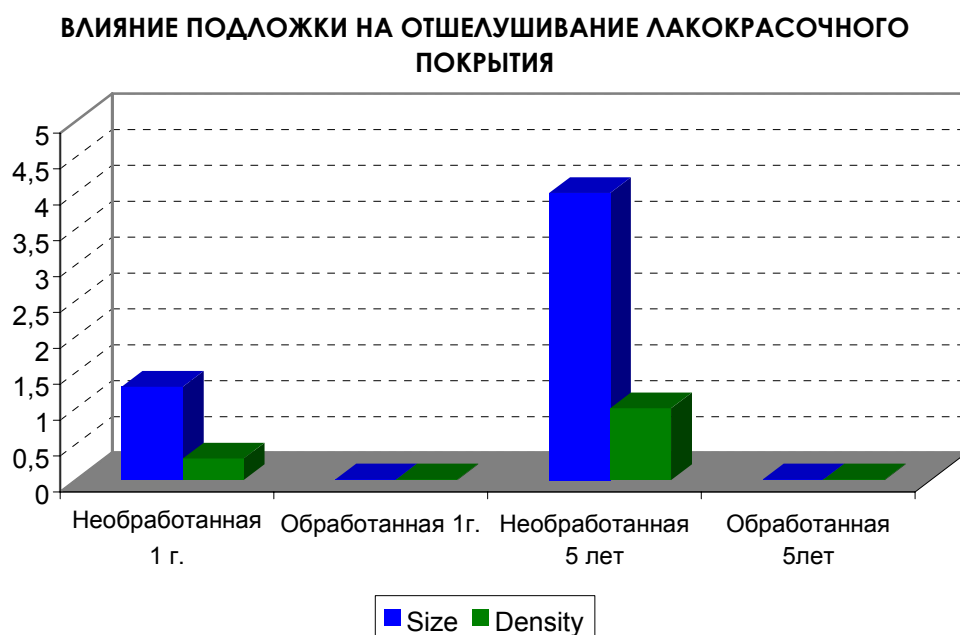


Рис. 18-4. Влияние подложки на отшелушивание нанесенного на сосну лакокрасочного покрытия на водной основе (источник: VTT)

Краски для наружных стен хорошо «работали» и на обработанной, и на необработанной подложке, никаких признаков сколько-нибудь существенного влияния обнаружено не было. Результаты показали, что наиболее оптимальные системы защитных покрытий для подвергнутой термообработке древесины включали масляный грунт и верхний алкидный слой на растворимой основе или акриловый слой на водной основе.

#### 4.2.12. Цвет

На цвет обработанной по технологии ThermoWood® древесины влияют температуры и время обработки. Чем выше температура, тем темнее получается древесина. Как и у мягких пород дерева, на цвет влияют обычные изменения из-за плотности, а также возраст древесины. В принципе, цвет в процессе обработки можно воспроизвести, он замеряется при помощи составляющей «L». Возможности включения измерения значения составляющей «L» в критерии контроля качества технологического процесса в настоящее время изучается.

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ НА ЦВЕТОВУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ "L"

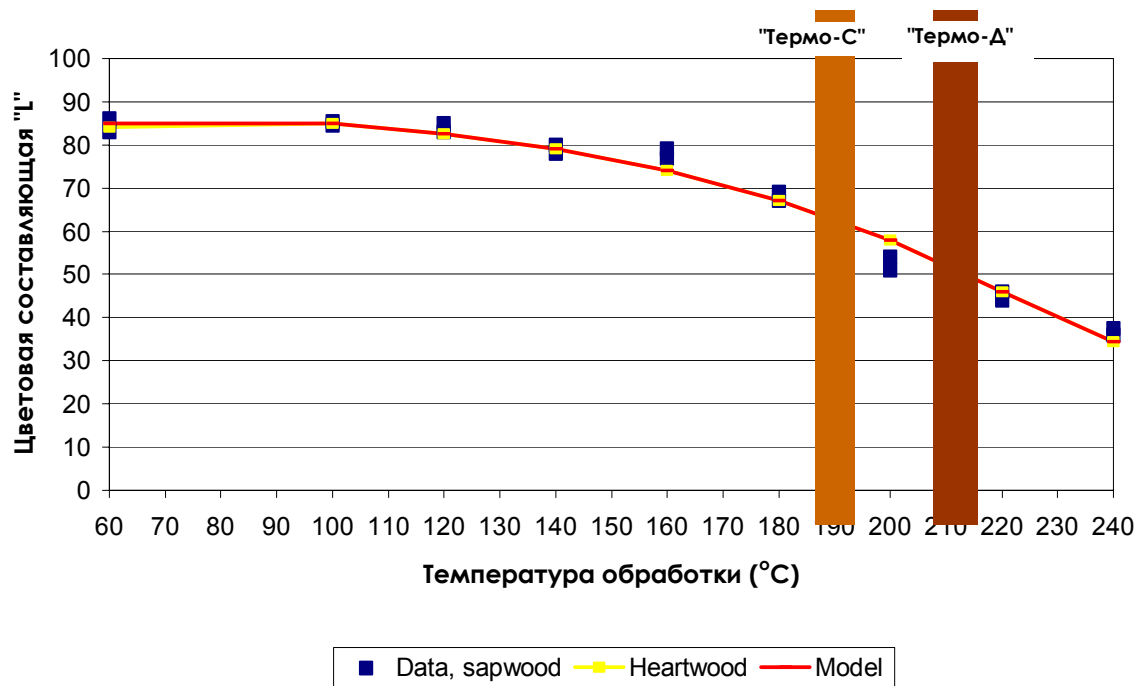


Рис. 19-4. Влияние температуры термообработки на цветовую составляющую «L». Сосновые доски, время обработки 3 часа (источник: VTT)

Приведенный ниже рисунок показывает цвета сосновых досок, обработанных при различных температурах.

120 °C

140 °C

160 °C

180 °C

200 °C

220 °C

## ЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ ИЗ ОБРАЗЦОВ СОСНЫ

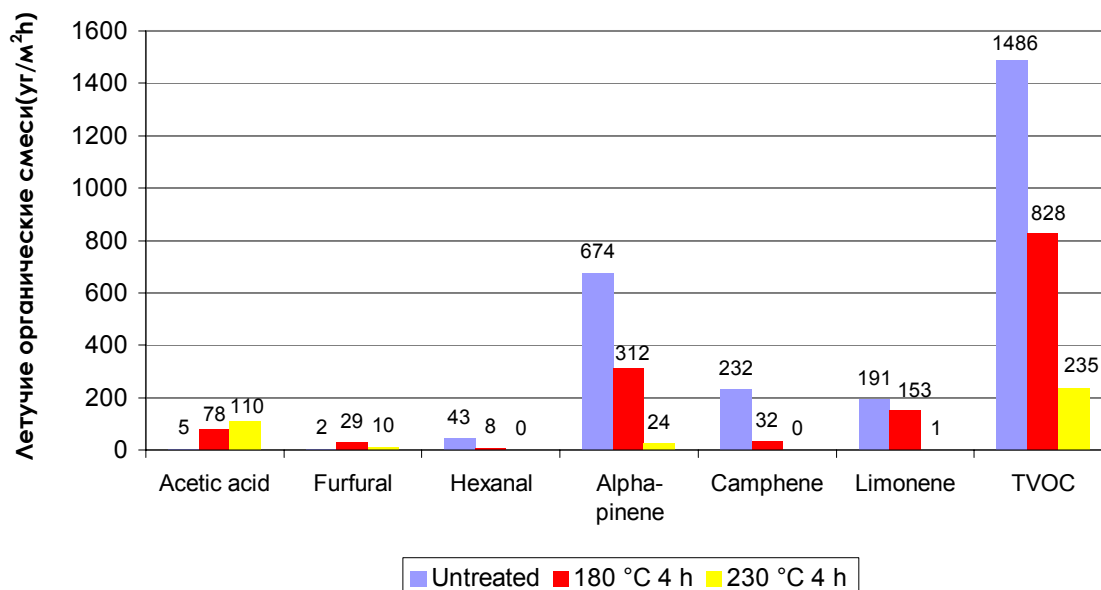


Рис. 21-4. Летучие органические смеси из образца сосны, возраст 2 месяца (источник: VTT).

### 4.2.13. Выделения

Выделения замерялись на примере подвергнутых термообработке сосновых досок. Образцы обрабатывались при температуре 180°C и 230°C на протяжении 4 часов. Испытания проводились через 7 недель (180°C) или 8 недель (230°C) после обработки.

Замеры выделений производились на участке химических технологий VTT в соответствии с методикой испытаний «KET 3300495». Необработанная сосна обнаружила самое большое количество летучих органических смесей, 1486  $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{ч}$ . Большинство из них состояли из терпенов, а также были обнаружены значительные объемы альфа-пинена, камфена и димонена. Необработанная сосна также содержала гексанал и небольшое количество фурфураловой и уксусной кислот.

Общий объем выделений для сосны, обработанной по технологии ThermoWood® при температуре 180°C составил 828  $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{ч}$ . Образец содержал терпены, фурфуралы, гексанал и уксусную кислоту. Общий объем выделений для сосны, обработанной по технологии ThermoWood® при температуре 230°C, оказался самым низким и составил 235  $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{ч}$ . Состав предусматривал в основном уксусную кислоту (110  $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{ч}$ ). Этот образец содержал совсем незначительное количество терпенов. Выделения показаны на Рис. 21-4.

Похожий на дым запах от подвергнутой термообработке древесины исходит главным образом от фурфурала. результаты испытаний в части запаха пока не опубликованы. Было обнаружено, что через некоторое время запах исчезал, а также пропадал при защитной обработке поверхности.

## **5. Работа с ThermoWood® на промышленных предприятиях**

### **5.1. Общие сведения**

В принципе, при обращении с подвергнутой термообработке древесиной требуется немного более осторожности по сравнению с мягкими породами дерева, высушенными в печи, при дальнейшей обработке такая древесина более восприимчива к механическому повреждению. Рекомендуются методики, аналогичные применяемым при работе с твердыми породами. Настоятельно рекомендуется использовать только очень хорошо заточенный инструмент. Как и во всех остальных случаях, предварительная выдержка содержания влаги по отношению к относительной влажности соответствующей местности способствует получению лучших результатов.

### **5.2. Распиловка**

Внутреннее давление древесины снимается при соответствующем технологическом процессе термообработки, и таким образом после разделения кусков древесины, никакой деформации не происходит.

Поскольку обработанная по данной технологии древесина не содержит смол, требования к мощности режущего оборудования снижены, а срок его службы, таким образом, существенно возрастает.

Распиловка обработанной по данной технологии древесины не отличается от распиловки необработанной древесины. В местах расположения сучков особо выраженных трещин или задиров не отмечается по сравнению с мягкими породами дерева, высушенными в обычной печи. Единственная проблема – это пыль. Поскольку прошедшая термообработку древесина очень сухая, пыль получается тонкодисперсная и легко распространяется повсюду.

По изложенным выше причинам особое внимание надлежит уделять работе соответствующей вытяжной системы. Система должна быть хорошо герметизированной и достаточно эффективной.

Поскольку лезвия с редкими зубцами могут вызвать образование сколов кромок обработанной по технологии ThermoWood® древесины, рекомендуется применять лезвия с частыми зубцами. Твердосплавные или аналогичные им лезвия увеличивают интервалы для технического обслуживания и восстановительного ремонта резцов.

### **5.3. Строгание**

В результате термообработки древесины по технологии ThermoWood® может наблюдаться вытяжка, хотя, как уже упоминалось в разделе, посвященном вытягиванию и сжатию древесины под воздействием влаги, изменения после обработки весьма ограничены. Поэтому при строгании древесины, которая перед строганием не разрезалась, рекомендуется врезной ролик заменить на другой, с двумя узкими колесиками, чтобы древесина соприкасалась с роликом по внешним кромкам выпуклой поверхности – см. приведенный ниже рисунок. Или же можно использовать одно узкое колесико так, чтобы древесина была повернута выпуклой поверхностью вниз. Оба метода способствуют образованию плоской поверхности по мере того, как древесина проходит через продольно-строгальный станок, снижая таким образом риск растрескивания и способствуя более высокому давлению врезных роликов.

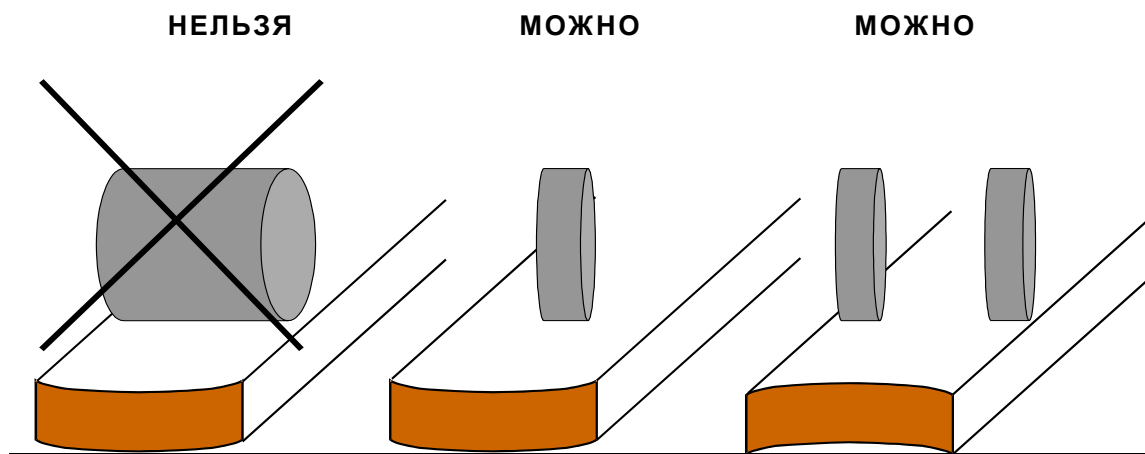


Рис. 1-5. Рекомендуемые врезные ролики – во избежание растрескивания досок.

Во избежание растрескивания досок рекомендуется обеспечить плоскую поверхность основы при помощи продольно-строгального или ленточно-отрезного станка перед началом профилирования. Seinäjoki Polytechnic провела испытания в части строгания обработанной по технологии ThermoWood® древесины. Испытывались различные углы расположения резцов. При этих испытаниях все варианты углов расположения резцов работали хорошо, и качество поверхности также было хорошим. Наилучшие результаты дали твердосплавные резцы, которые применяются при работе с твердыми породами дерева.

По имеющимся данным, прошедшая термообработку древесина вызывает меньше трения при врезании и способствует более плавному процессу строгания. Это происходит из-за недостаточного количества смол в древесине. С другой стороны, поскольку прочность материала ниже, врезные ролики должны быть отрегулированы на меньшее давление во избежание растрескивания досок. Хорошие результаты были получены при перемещении роликов, как показано на приведенном выше рисунке. Некоторые строгальные линии также предусматривают возможность снижения скорости, например, в одном случае – с 80 м/мин до 60 м/мин, и в другом случае – со 100 м/мин до 80 м/мин. При снижении скорости врезания скорость вращения резцов должна быть снижена соответственно. Слишком высокое соотношение между значениями скорости врезания и скорости вращения резцов может вызвать воспламенение поверхности древесины.

Давление роликов, а также скорость и прочие параметры в значительной мере зависят от соответствующей строгальной линии и механизмов, и оборудования. Поэтому какие-либо общие показатели установить невозможно. При строгании подвергнутой термообработке древесины параметры задаются для каждого станка отдельно.

По имеющимся данным станки (режущие и прочие поверхности) остаются чистыми после работы с прошедшей термообработку древесиной, благодаря предельно низкому содержанию смол. При помощи подвергнутой термообработке древесины можно даже очистить станок от содержащей смолу пыли, оставшейся от предыдущей партии древесины.

Чтобы получить наиболее успешные результаты и свести до минимума ослабление годовых колец древесины рекомендуется по возможности использовать материал, который был разрезан параллельно направлению волокна. Кроме того, для улучшения результатов строгания следует учитывать наиболее оптимальные варианты лицевой поверхности. Существует тесная взаимосвязь между типами врезных роликов и давлением, направлением волокна, вытяжкой, остротой резцов и производительностью. При

тщательном совмещении этих переменных можно получить наиболее оптимальный результат.

#### **5.4. Фрезерование**

Соответствующие испытания проводились VTT с применением станка с двойным управлением (ручным и ЧПУ). Для получения хорошего качества поверхности – особенно при фрезеровании – резцы должны быть хорошо заточенными; в противном случае образуются задиры. Более высокая степень образования задиров наблюдалась при обработке древесины в направлении, поперечном направлению волокна. Наибольшие проблемы были связаны с началом работы и под конец, когда резцы появлялись из древесины. Фрезерование подвергнутой термообработке древесины аналогично работе с жесткими и ломкими твердыми породами дерева.

Было установлено, что порядок работы влияет на рабочие характеристики древесины. Наилучшие результаты были получены, когда за резцом оставалось достаточно цельного материала. Из этого следует, что порядок работы должен быть тщательно распланирован заранее.

По сравнению с обычной древесиной резцы изнашиваются медленнее.



## 5.5. Обработка наждачной шкуркой

В целом работа такая же, как и с необработанной древесиной; никаких осложнений не выявлено. Во многих случаях необходимости в обработке наждачной шкуркой нет, поскольку подвергнутая термообработке древесина имеет достаточно хорошее качество поверхности после строгания или фрезерования.

Получающаяся при этом пыль имеет очень мелкие частицы, что необходимо учитывать при разработке соответствующих вытяжных систем. С другой стороны, пыль светлая и сухая и не предусматривает никаких особых требований в отношении вытяжных систем. Как и при работе с любым другим типом древесины, существует риск взрыва пыли при определенных условиях.

## 5.6. Склеивание и соединение в промышленных условиях

### Склеивание

При склеивании материалов Thermowood® надлежит в точности следовать соответствующим инструкциям изготовителей клеевых составов. В Приложении 1 изложены рекомендации от одного из производителей.

Силами VTT была изучена способность прошедшей термообработку древесины к склеиванию с использованием клеящих составов на основе 1- и 2-компонентных веществ: поливинилацетата и поливинилового спирта, резорцинно-формальдегидного полимера и эмульсионного полимерного изоцианата. Испытания проводились в соответствии с «DIN 68603». Прочность одной линии склеивания определялась в соответствии с «EN 392» (испытание блока на сдвиг). Влагостойкость устанавливалась в соответствии с испытанием на расслоение по «EN 302-2». Степень проникновения клея внутрь материала Thermowood® изучалась под микроскопом.

Способность материала к склеиванию зависит от класса термообработки. Предел прочности линии склеивания на сдвиг понижался при повышении температур термообработки. Это вызвано изменениями прочностных характеристик материала. Это также объясняет высокий процент разрушений древесины (90–100%). Линия склеивания отрывалась от древесины, а не от самого клея.

Степень проникновения эмульсионного полимерно-изоцианатного клея внутрь прошедшей термообработку древесины была высока, что могло воздействовать на значения прочности. Эмульсионные полимерно-изоцианатные клеящие составы относятся к слабощелочным, длительный (несколько часов) период прижима в холодной среде может способствовать улучшению степени проникновения клея.

Опыты на одной из фабрик, где в качестве сырья применялась прошедшая термообработку сосна, были успешными. И меламино-формальдегидно-полимерные, и резорцинно-формальдегидно-полимерные клеящие составы работали нормально. Использовались обычные производственные параметры (время сжатия, давление, и т.д.). Со штифтовыми соединениями применялся клей на основе меламино-формальдегидного полимера.

В отношении склеивания результат будет лучше с древесиной, обработанной при более низких температурах. При сборке нельзя сильно надавливать, поскольку материал более ломок, чем необработанная древесина. При работе с клеящими поливинилацетатными составами содержание воды в клее должно быть сведено к минимуму. Поскольку процесс термообработки меняет способность древесины к водному связыванию, скорость поглощения древесиной клея и воды снижена.

Некоторые клеящие поливинилацетатные составы могут вызвать осложнения, например, существенно увеличить время сушки, поскольку вода должна быть полностью абсорбирована древесиной, т.е. отвердевание/схватывание клея зависит от способности древесины к водопоглощению. Клеящие составы химического отвердевания предусматривают обычное время сушки.

Все испытания, проведенные с поливинилацетатными клеящими составами, были успешны, но необходимо учитывать, что реакция отверждения/схватывания поливинилацетата предусматривает присутствие воды. Вода может поглощаться либо из древесины, либо из окружающего воздуха. Требуемый объем влаги зависит от клея, но если и древесина, и воздух сухие, существует риск плохого склеивания.

Как во всех остальных случаях при склеивании древесины, надлежит уделять внимание соблюдению правильных условий при работе с древесиной, обработанной по технологии Thermowood® - это температура древесины, содержание влаги и чистота поверхности.

### **Штифтовое соединение**

Институт Технологий г. Сейнайоки провел испытания штифтовых соединений с :

- четырьмя разновидностями клеевых составов : меламино-формальдегидным полимером, поливинилацетатом, 2 видами полиуретана;
- тремя сроками : 15 с, 30 с и 60 с;
- шестью значениями давления от 1.3 до 7.8 Н/мм<sup>2</sup> (в соответствии с давлением для склеивания 0.2–1.2 МПа).

Соединения оставались жесткими при всех испытываемых параметрах. По данным этих испытаний максимальное давление было 22 Н/мм<sup>2</sup>, что в десять раз превосходит давление, необходимое для склеивания.

Для механической обработки применяемых в таких соединения штифтов рекомендуется применять твердосплавные резцы. Также рекомендуется наносить клей на оба конца для обеспечения жесткого соединения.

Поскольку работа с затупленными резцами приводит к сколам штифтового соединения, особое значение придается тому, чтобы резцы были хорошо заточены. Также было обнаружено, что более низкие обороты снижают риск появления сколов штифтового соединения.

Ряд разновидностей штифтовых соединений прошли успешные испытания. Промышленные испытания показали, что из-за вытяжки древесины Thermowood® вызванной процессом обработки, предварительное строгание материала перед штифтовым соединением выдало более успешные результаты и обеспечивало более высокую производительность и меньшее количество простоев. Кроме того, предварительное строгание улучшало эксплуатационные характеристики видеосистем станков в автоматизированных линиях резки.

### **Механические соединения**

Раскалывания или растрескивания материала можно избежать при использовании самонарезающих винтов и винтов с потайными головками или с предварительным просверливанием отверстий.

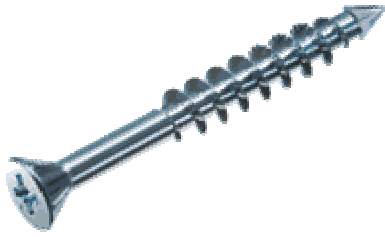


Рис. 2-5. Самонарезающий винт.

Винты выбираются в зависимости от конечной цели применения. Для наружного применения и аналогичных условий рекомендуется использовать винты из нержавеющей стали.

Хорошие результаты дает применение пневматического гвоздезабивного станка. Особое внимание надлежит уделять давлению и длине вбивания.

Пониженный предел прочности материалов при раскалывании и слегка пониженный предел прочности при изгибе следует учитывать при проектировании соединений. Наиболее ответственные соединения и детали изделий рекомендуем испытать непосредственно перед производством. Крупные сучки (особенно это актуально для размера поперечного сечения) всегда являются фактором риска для обработанной по технологии Thermowood® древесины, поскольку в ней недостаточное содержание смол, которые в обычной древесине ведут себя как связка или сцепление между сучком и прилегающими участками.

Лучшая формоустойчивость подвергнутой термообработке древесины позволяет проектировать соединения с меньшими допусками по сравнению с обычной древесиной.

## 5.7. Обработка поверхности в промышленных условиях

По свойствам материала прошедшая термообработку древесина как подложка для нанесения защитных покрытий сопоставима с необработанной древесиной. Поскольку смолы из такой древесины удалены, риск вытекания смолы в районе сучков на окрашенную поверхность значительно снижен. Поэтому перед обработкой поверхности необходим соответствующий уплотнитель.

При проведении обработки поверхности древесины Thermowood® обязательно в точности соблюдать соответствующие инструкции изготовителей. В Приложении 2 изложены рекомендации производителей.

Наиболее оптимальные адгезивные характеристики обеспечиваются на гладкой оструганной поверхности или – в случае свежесрубленной древесины – при нанесении покрытия кистью. В противном случае при работе с ленточной пилой мелкие щепки легко отстанут от поверхности. Поверхность должна быть чистой, как и в случае с любыми иными материалами.

Вещества на масляной основе ведут себя так же, как и с обычной древесиной. При работе с веществами на водной основе надлежит учитывать, что способность прошедшей термообработку древесины к водопоглощению ниже, чем у обычной древесины. Однако по имеющимся данным, никаких проблем не наблюдалось. Защитные покрытия на водной основе работали довольно неплохо, когда было достаточно времени для высыхания и пропитывания древесины. Лакокрасочные покрытия, отвердевающие под воздействием ультрафиолетового излучения, показали хорошие результаты наряду с маслами и воском.

Мы по-прежнему ожидаем результатов испытаний красок «Dugur/Gori», проведенных на открытом воздухе. Кроме того, была испытана целая серия промышленных систем защитных покрытий на водной основе. Краски «Dugur» были испытаны под более интенсивным воздействием атмосферных условий на поверхности прошедшей термообработку древесины, при этом на одну поверхность было нанесено покрытие без пропитки, а также испытывались обычные мягкие породы с пропиткой. Эти образцы уже были испытаны под более интенсивным воздействием атмосферных условий в специальной камере на протяжении 2000 часов, никакой разницы в эксплуатационных характеристиках выявлено не было. Испытания будут продолжены в течение дополнительных 2000 часов на предмет выявления каких-либо различий.

Испытания показали большой расход грунта, но, помимо этого, других существенных различий выявлено не было, за исключением, пожалуй, того, что с эстетической точки зрения обработанная по технологии Thermowood® древесина выглядела лучше. Лакокрасочные материалы, рекомендуемые для применения с прошедшей термообработку древесиной, перечислены в приложениях.

Как и при любых работах по обработке поверхностей, особое внимание надлежит уделять соблюдению правильных условий работы, а именно: температуре древесины, содержанию влаги и чистоты поверхности.

## 5.8. Противопожарная защита

Подвергнутая термообработке древесина (сосна) показала хороший результат при предварительных испытаниях на огнестойкость. Испытания проводились с применением замедлителей внешнего пламени «Moelven Fireguard IV» и «Injecta F». Для обоих веществ восприимчивость выше, чем у обычной необработанной древесины – в силу недостатка смол в подвергнутой термообработке древесине. Будут проводиться дальнейшие исследования и испытания.

## 5.9. Практический опыт от финской деревообделочной компании

Ниже приведены результаты и комментарии технического специалиста соответствующей финской компании. Компания уже на протяжении нескольких лет успешно работает с технологией термообработки древесины Thermowood®

### Сырье

Компания работала с прошедшей термообработку сосной, елью, осиной и березой.

- Осина : результаты хорошие, но плохая приспособленность к эксплуатации или техническому обслуживанию
- Береза : хорошие результаты и более оптимальная приспособленность к эксплуатации или техническому обслуживанию
- Сосна и ель : небольшой материал со свежесрезанными сучками хорош; более крупные сухие сучки уже представляют проблему; хорошая приспособленность к эксплуатации или техническому обслуживанию
- В большинстве случаев закупалась древесина на один размерный модуль больше, чем обычно – для обеспечения достаточного запаса, проблему представляли деформации из-за процесса термообработки

### Распилка

- Обычные станки/инструменты – обязательно должны быть хорошо заточены
- Никаких существенных проблем с продольной или поперечной резкой
- Никакого внутреннего напряжения в прошедшей термообработку древесине
- Структура древесины скорее напоминает структуру твердых пород, инструмент изнашивается соответственно

### Строгание

- Компания применяет обычные станки/резцы
- Станки и резцы должны поддерживаться в хорошем рабочем состоянии и быть заточенными
- На результат работы может повлиять методика резки
- Резцы изнашиваются так же, как и при работе с твердыми породами дерева
- Осина, береза и сосна являются самыми лучшими в работе материалами
- Ели требует к себе несколько больше внимания, однако результаты также могут быть хороши

### Фрезерование

- Риск разрушения при соединении с помощью выступов и пазов
- На результат влияют острота кромок, правильность углов и скорость резки

### Обработка наждачной шкуркой

- Использование шлифовальных машинок не вызывает никаких существенных проблем
- Наждачная бумага изнашивается с такой же скоростью, что и при обработке твердых пород дерева

### **Гвоздевые и винтовые соединения**

- Для забивания гвоздей лучше всего подходит пневматический гвоздезабивной станок
- Если используется молоток, отверстия рекомендуем просверлить заранее
- Для винтовых соединений отверстия рекомендуем просверлить заранее
- Обращаться с древесиной, как с твердыми породами дерева

### **Склеивание**

- Время прижима и высыхания клея существенно дольше
- Ряд вариантов клеящих составов
- Время высыхания можно сократить – за счет более высоких температур

### **Обработка поверхности**

- Подходят обычно применяемые методики
- Без пигмента поверхность через некоторое время обесцвечивается
- Хорошие адгезивные характеристики обработки поверхности
- Материал является хорошей основой для нанесения красок на водной основе

### **Хранение сырья**

- Не хранить в местах, не защищенных от снега или дождя
- Укрывать бумагой или хранить в крытых складских помещениях
- Нет необходимости в каких-либо особых условиях хранения на складе
- Закаливание рекомендуется непосредственно перед использованием

## **5.10. Охрана здоровья и безопасность труда**

Существенных различий в вопросах охраны здоровья и безопасности труда при работе с обработанной по технологии Thermowood® древесиной и с обычной древесиной, как мягкими, так и твердыми породами, нет. Однако существует два четких различия: запах материала и пыль.

Древесина Thermowood® имеет запах дыма, который, по-видимому, исходит от химических компонентов, именуемых фурфуралами. Хотя запах легко различим и, по-видимому, является более сильным, чем у необработанной древесины, испытания показали противоположные результаты. Как указывалось в разделе 4.2.13, летучие органические соединения, выделяемые прошедшей термообработку древесиной, являются всего лишь фракциями компонентов обычной сосны.

Токсичных или вредных компонентов в древесине, обработанной по технологии Thermowood®, не обнаружено. Такая древесина была даже испытана как заменитель кости. Однако при попадании щепок под кожу их необходимо удалить как можно скорее, как в случае с обычной древесиной.

Университет Технологий г. Тампере совместно с Региональным Институтом гигиены труда г. Лаппеенранты изучил влияние работы с обработанной по технологии Thermowood® древесиной. Частицы пыли, появляющиеся при термообработке Thermowood®, имеют меньший размер по сравнению с пылью от обычной древесины. Эту пыль можно сравнить с MDF (хотя плотность ниже) или с пылью от твердых пород дерева. Никакой связи с риском раковых заболеваний выявлено не было.

При работе с прошедшей термообработку древесиной необходимо уделять должное внимание обеспечению соответствующих вытяжных систем. Система должна быть хорошо герметизированной и достаточно эффективной.

Стандартные вытяжные системы, применяемые в промышленном производстве, должны отвечать этим требованиям без каких-либо дополнительных настроек или регулировок.

Поскольку частицы пыли мелкие, светлые и не содержат смол, они легко засасываются в вытяжные трубопроводы. Лицам, ежедневно подвергающимся воздействию пыли, следует использовать противопыльные респираторы.

При склеивании или окраске подвергнутой термообработке древесины обязательно необходимо соблюдать соответствующие инструкции от производителей клея или краски.

## 6. Применение ThermoWood®

### 6.1. Работа

Распиливается обработанная по технологии ThermoWood® древесина так же, как и необработанная. Что касается сучков, особых разительных отличий замечено не было.

Работа с применением любого рода ручного инструмента – например, при распилке, сверлении отверстий и дроблении – несложна. Обработка наждачной шкуркой дает превосходные результаты, и сверлить отверстия даже при наличии сучков – легко.

Ввиду ломкости подвергнутой термообработке древесины особенно внимательным надлежит быть при обращении с ней. Падение может повредить кромки. Поднимать длинномерные части только за один конец нельзя.

Единственная проблема при работе с ручным инструментом - это пыль. Поскольку обработанная по технологии древесина обычно очень сухая, пыль получается тонкодисперсная и легко разлетается в воздухе. Наиболее оптимальным решением может быть высокоэффективная вытяжная система, но это зачастую невозможно; поэтому настоятельно рекомендуем использовать противопылевые респираторы.

### 6.2. Соединение

#### Гвоздевое соединение

Для забивания гвоздей рекомендуем специальный пневматический гвоздезабивной станок. Для того, чтобы отрегулировать глубину проникновения гвоздей, давление необходимо отрегулировать – см. приведенный ниже рисунок. Наилучшего результата можно достигнуть при использовании пневматического гвоздезабивного станка, позволяющего регулировать глубину проникновения.

Использование обычного молотка повышает риск раскалывания при контакте молотка с древесиной. Последние 2 – 3 мм длины гвоздя забиваются при помощи кернера.

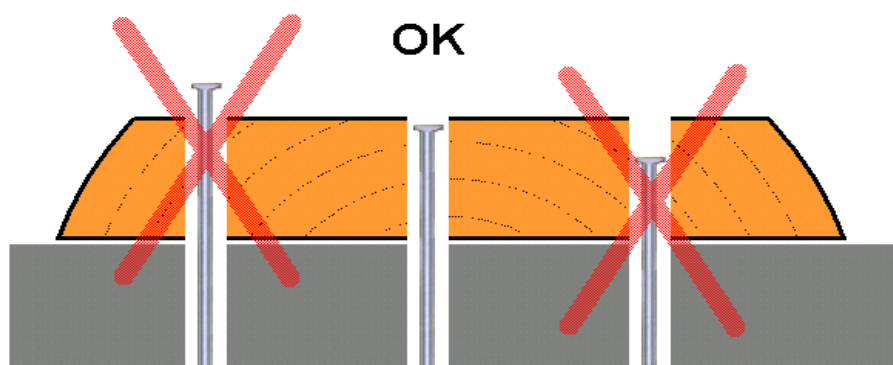


Рис. 1-6. Чертеж, показывающий правильную глубину проникновения гвоздя. Правильная глубина проникновения составляет около 1 мм ниже поверхности образца.



## Типы гвоздей

Для снижения риска обесцвечивания древесины надлежит использовать гвозди из нержавеющей стали. Однако, если используется пневматический гвоздезабивной станок, гальванизированные гвозди также могут подойти, поскольку при этом нет контакта металла с металлом, который разрушает гальванизированную поверхность. Гальванизированные гвозди также будут наиболее оптимальным вариантом, если поверх облицовки наносится слой защитного покрытия. Для предотвращения раскалывания, наиболее подходящими будут гвозди с небольшой сферической головкой.

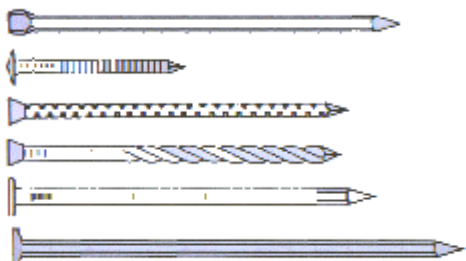


Рис. 2-6. Некоторые из подходящих типов гвоздей, при этом наиболее рекомендуемыми являются гвозди с небольшой сферической головкой, показанные сверху.

## Винтовое соединение

Существенно важную роль играет предварительное сверление отверстий (близко к концам) и коническая зенковка, так же, как и при работе с твердыми породами дерева, MDF, или иными ломкими материалами. Винты из нержавеющей стали с потайными головками являются наиболее оптимальным вариантом для наружного применения или для применения во влажной среде. Для обеспечения наиболее оптимального уровня фиксации лучше всего подходят винты с резьбой крупного шага. Самонарезающие винты можно применять с обработанной по технологии ThermoWood® древесиной без предварительного просверливания отверстий.



Рис. 3-6. Самонарезающий винт.

## 6.3. Склеивание в цеховых условиях

При склеивании материалов ThermoWood® надлежит в точности следовать соответствующим инструкциям изготовителей клеевых составов. В Приложении 1 изложены рекомендации от одного из производителей.

В отношении склеивания результат будет лучше с древесиной, обработанной при более низких температурах, как, например, класс технологии ThermoWood® для внутренних конструкций. При сборке нельзя сильно надавливать, поскольку материал более ломок, чем необработанная древесина.

Подвергнутая термообработке древесина медленно поглощает воду и клеящие составы на водной основе, как, например, ПВА. Поэтому при использовании клеящих составов на

водной основе приходится держать материал прижатым дольше. Некоторые клеящие составы ПВА могут вызвать некоторые осложнения, например, существенно увеличить время сушки, поскольку вода должна быть полностью абсорбирована древесиной, т.е. отвердевание/схватывание клея зависит от способности древесины к водопоглощению. При работе с клеящими составами ПВА содержание воды в клее должно быть сведено к минимуму.

По имеющимся данным полиуретановые клеящие составы хорошо работают с обработанной по технологии ThermoWood® древесиной. Хотя все испытания, проведенные с полиуретановыми клеящими составами, были успешны, надлежит учитывать, что реакция отвердевания/схватывания полиуретанового клея предусматривает присутствие воды. Вода может поглощаться либо из древесины, либо из окружающего воздуха. Необходимое количество влаги зависит от клея, но если и воздух, и древесина очень сухие, весьма высока вероятность плохого склеивания.

Клеящие составы химического отверждения, как, например, меламино-формальдегидные или резорцино-формальдегидные полимеры, предусматривают неизменное время сушки и параметры склеивания.

Как во всех остальных случаях при склеивании древесины, надлежит уделять внимание соблюдению правильных условий при работе с древесиной, обработанной по технологии ThermoWood®, это температура древесины, содержание влаги и чистота поверхности.

#### **6.4. Обработка поверхности**

Как правило, в качестве основы для обработки поверхности обработанная по технологии ThermoWood® древесина аналогична обычной древесине. Однако технологический процесс ThermoWood® влияет на некоторые свойства, относящиеся к обработке поверхности. Пониженная равновесная влажность древесины улучшает ее прочность, а это в свою очередь снижает риск растрескивания и шелушения покрытия поверхности при изменении окружающих условий. Системы обработки поверхности на водной основе предполагают более длительное время сушки/абсорбции ввиду того, что способность подвергнутой термообработке древесины к водопоглощению понижается наряду с равновесным содержанием влаги. Поскольку высокая температура обработки удаляет из древесины смолы, сучки особых процедур при обработке поверхности не требуют.

Без обработки поверхность древесины ThermoWood® ведет себя так же, как и поверхность необработанной древесины. Под воздействием ультрафиолетового излучения поверхность обесцвечивается, появляются микроскопические трещины, поверхность приобретает состарившийся вид. Для сохранения оригинального цвета и качества поверхности рекомендуется обработка поверхности. Если грунт наносится вручную, наилучшие результаты обработки поверхности получаются при использовании масляных красок. Если материал поступил с уже нанесенным грунтом, соответствующий верхний защитный слой можно без каких-либо проблем нанести вручную кистью с применением либо масляных красок, либо красок на водной основе в зависимости от типа грунта и рекомендаций изготовителя.

Для предотвращения изменения цвета применяемое для обработки поверхности покрытие должно содержать пигмент. В большинстве случаев обработка поверхности производится при помощи прозрачного консервирующего состава с коричневым пигментом, который добавляется в соответствии с оригинальным цветом подвергнутой термообработке древесины. В результате обычно получается более темный оттенок. Различные виды обработки поверхности имеют различные интервалы для технического обслуживания и ремонта. Чем больше используется пигмента, тем дольше интервал. Если используется матовая краска, оригинальный цвет и свойства обработанной по технологии ThermoWood® древесины выражены не ярко.

Рекомендуется материалы обработать еще раз перед установкой с нанесением окончательного защитного слоя после установки. Если для обработки поверхности используются составы на основе растительных масел, рекомендуется включить противогрибковые добавки.

При проведении обработки поверхности древесины ThermoWood® обязательно в точности соблюдать соответствующие инструкции изготовителей.

### **6.5. Применение ThermoWood® для саун**

Ввиду высокой гигиеничности, цвета и пониженной теплопроводности обработанная по технологии ThermoWood® древесина прекрасно подходит для саун. Однако быстрые циклы увлажнения и высушивания в высокотемпературной среде могут вызвать растрескивание полок на торцах. Во избежание этого рекомендуем защитить торцы маслом, воском или лаком.

### **6.6. Техническое обслуживание**

Различные виды обработки поверхности предусматривают различные интервалы для технического обслуживания и восстановительного ремонта. Чем больше используется пигмента, тем дольше интервал. Если используется матовая краска, оригинальный цвет и свойства обработанной по технологии ThermoWood® древесины выражены не ярко. У пигментосодержащих прозрачных защитных покрытий такие интервалы приблизительно в два или в три раза дольше по сравнению с не содержащими пигмент. Кроме того, матовая краска предполагает интервалы в два раза дольше, чем пигментосодержащие прозрачные краски.

Воздействие окружающей среды и климат оказывают решающее влияние на долговечность защитного покрытия поверхности. Ультрафиолетовое излучение и влага являются основными проблемами, с которыми борется защитное покрытие поверхности. Эти факторы означают, например, что южная сторона здания требует большего ухода, чем северная. Кроме того, в условиях континентального климата защитные покрытия поверхностей у зданий более долговечны по сравнению с условиями морского климата.

Для обеспечения максимально эффективных эксплуатационных характеристик покрытия и во избежание повреждений поверхности надлежит ежегодно чистить и проверять – с незамедлительным ремонтом дефектов.

Всякий раз необходимо следовать соответствующим инструкциям производителей краски.

### **6.7. Охрана здоровья и безопасность труда**

Существенных различий в вопросах охраны здоровья и безопасности труда при работе с обработанной по технологии ThermoWood® древесиной и с обычной древесиной, как мягкими, так и твердыми породами, нет. Однако существует два четких различия : запах материала и пыль.

Древесина ThermoWood® имеет запас дыма, который, по-видимому, исходит от химических компонентов, именуемых фурфуралами. Хотя запах легко различим и, по-видимому, является более сильным, чем у необработанной древесины, летучие органические соединения, выделяемые прошедшей термообработку древесиной, являются всего лишь фракциями компонентов обычной сосны.

Токсичных или вредных компонентов в древесине, обработанной по технологии ThermoWood®, не обнаружено. Такая древесина была даже испытана как заменитель

кости. Однако при попадании щепок под кожу их необходимо удалить как можно скорее, как в случае с обычной древесиной.

Частицы пыли, получающиеся от термообработки ThermoWood® , имеют меньший размер по сравнению с пылью от обычной древесины. Эту пыль можно сравнить с MDF (хотя плотность ниже) или с пылью от твердых пород дерева. Пыль может вызвать проблемы для людей, страдающих астмой. По изложенным выше причинам необходимо уделять должное внимание обеспечению соответствующих вытяжных систем.

Если вытяжной системы недостаточно, следует использовать противопыльные респираторы.

При склеивании или окраске подвергнутой термообработке древесины обязательно необходимо соблюдать соответствующие инструкции от производителей клея или краски.

## **7. Обработка и хранение**

### **7.1. Общие сведения**

Подвергнутая термообработке по технологии ThermoWood® древесина должна храниться в сухом месте. Поскольку никакого особого температурного режима для хранения не предусмотрено, охлаждаемые складские помещения также подходят для хранения такой древесины. Изделия надлежит тщательно укрывать или хранить в крытых складских помещениях.

Упаковки хранятся в горизонтальном положении, при этом количество опор должно быть достаточным для того, чтобы не допустить деформации нижних досок, при этом контакт с землей должен быть полностью исключен.

Перед применением или дальнейшей работой, предусматривающей склеивание и/или обработку поверхности, материалу необходимо дать достаточно времени для «закаливания» при соответствующей температуре согласно рекомендациям изготовителей. При поднятии упаковок с обработанной древесиной краном, при помощи вильчатого погрузчика или иного аналогичного устройства захватный механизм необходимо отрегулировать на максимальное расстояние из-за несколько пониженного предела прочности материала при изгибе.

Упаковка вскрывается только непосредственно перед применением продукции.

### **7.2. Остатки и брак**

Подвергнутая термообработке по технологии ThermoWood® древесина является натуральным продуктом без каких бы то ни было химических добавок. Если клей или лакокрасочные покрытия не используются, такая древесина может быть утилизирована так же, как и обычная.

Такую древесину можно жечь. Она дает при этом приблизительно на 30% энергии меньше, чем необработанная древесина, поскольку большая часть энергонесущих экстрактивных веществ была выведена в ходе технологического процесса термообработки. При горении такой древесины пламя меньше, также меньше дыма и вредных газов – в силу описанных выше факторов. Воспламеняемость, как правило, лучше из-за более низкого уровня равновесной влажности древесины; т.е. древесина суше. Существенной разницы в составе дыма при горении прошедшей термообработку древесины и обычной нет.

Укладка на поддоны или в брикеты также возможна при условии использования обычных опилок, при этом опилки используются от обычной древесины – ввиду сухости и недостаточного содержания смол древесины, обработанной по технологии ThermoWood.

Утилизация. Изделия из обработанной по технологии ThermoWood® древесины можно выбрасывать на обычную мусорную свалку – они нетоксичны.

## 8. Наиболее часто задаваемые вопросы

1. Можно ли подвергать термообработке различные породы дерева?

Производство и применение и мягких, и твердых пород дерева, таких как: сосна, ель, береза и осина - дали весьма положительные результаты.

2. Как долго длится действие технологии термообработки ThermoWood®?

Хотя свидетельств опыта долгосрочного применения технологии термообработки древесины ThermoWood® пока нет, испытания показали, что устойчивость материала к разрушению или гниению намного превосходит устойчивость необработанной древесины и равна устойчивости многих из тропических твердых пород. Кроме того, хорошая формоустойчивость увеличивает долговечность древесины. На срок службы влияют многие факторы, помимо устойчивости к разрушению, такие как: уровень обслуживания и ухода, особенно в отношении обработки поверхностей, а также общая амортизация и износ. Изложенные в данном справочнике указания также призваны помочь увеличить долговечность продукции.

3. Каковы гарантии ?

Хотя никаких особенных гарантий на продукцию непредусмотрено, проведенные рядом независимых исследовательских институтов испытания в отношении ресурса прочности показали стабильно положительные результаты.

4. Почему подвергнутая термообработке ThermoWood® древесина сохраняет ресурс прочности при том, что содержание смол и экстрактивных веществ сведено на нет?

Долговечность подвергнутой термообработке древесины основывается на изменениях химического состава древесины. Гемиллюлоза древесины (сахарозные составляющие) разрушается, не оставляя для грибка никакой питательной среды.

5. Добавляются ли при обработке какие-либо химикаты?

Технология термообработки древесины ThermoWood® не предусматривает применения никаких химических веществ; необходимы только энергия и пар. Поэтому утилизация подвергнутой термообработке ThermoWood® древесины по окончании соответствующего срока службы осуществляется так же, как в случае обычной древесины.

6. Можно ли использовать прошедшую термообработку древесину в контакте с землей?

Результаты показали, что даже при контакте с землей такая древесина не разрушается и не гниет; однако, будучи постоянно погруженной в воду, или при контакте с сильно влажной почвой, она утрачивает свои прочностные характеристики в силу определенных химических реакций. Механизм этого пока не выявлен, требуются дальнейшие исследования. Поэтому рекомендуется не использовать подвергнутую термообработке древесину при продолжительном непосредственном контакте с влажной почвой.

7. Какая обработка поверхности требуется для наружного применения ?

Обработанную по технологии ThermoWood® древесину можно применять для наружных конструкций без обработки поверхности, но это приведет к обесцвечиванию поверхности, как это происходит с обычной древесиной. Тип обработки поверхности варьируется в зависимости от конечного назначения продукции. Продукция, предусматривающая оригинальный внешний вид ThermoWood®, обрабатываются прозрачной краской, содержащей коричневый пигмент.

8. Вреден ли запах, выделяемый при термообработке древесины по технологии ThermoWood®?

Испытания показали, что никаких вредных веществ при данном технологическом процессе не выделяется, однако запах понравится не всякому.

9. Исчезает ли запах впоследствии ?

В случае обработке поверхности изделий, прошедших термообработку по технологии ThermoWood®, запас исчезнет безвозвратно. Если технология ThermoWood применяется без обработки поверхности, запас постепенно рассеивается, пока не станет едва различимым только с очень близкого расстояния.

10. Можно ли клеить обработанную по технологии ThermoWood® древесину ?

Практический опыт показал, что это возможно с использованием любых клеящих составов. В случае использования клея на водной основе, как, например, «PVAc» для расчета времени сушки обязательно учитывается пониженная способность такой древесины к водопоглощению. В случае использования именно клея «PVAc» надлежит в точности соблюдать инструкции изготовителя в отношении используемого продукта и его использования с обработанной по технологии ThermoWood® древесиной.

11. Можно ли использовать подвергнутую термообработке древесину для несущих конструкций ?

До настоящего времени испытания на прочность проводились на небольших по размеру бездефектных образцах. Необходимы дальнейшие испытания на более крупных по размеру образцах с различным числом и разнообразными типами сучков. Ввиду недостаточности информации мы пока **НЕ** рекомендуем применять технологию термообработки древесины ThermoWood® для несущих конструкций.