

УДК 630*812

В.В. ЕРМИЛОВ

Череповецкий государственный индустриальный институт

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЛЕСОМАТЕРИАЛАХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИХ МЕТОДОМ ФОРМОВАНИЯ

С целью обоснования параметров процесса получения профильной лесопроductии из древесины сосны методом термомеханического уплотнения проведены исследования на экспериментальной установке. Получены регрессионные зависимости релаксационных напряжений от температуры термообработки, степени уплотнения, концентрации карбамида в пропитывающем растворе, а также показан характер затухания этих напряжений.

To substantiate the parameters of obtaining shaped pine lumber by thermomechanical compression the investigations on an experimental plant have been carried out. The regression functions of relaxation stresses and heat treatment temperature, compression degree, carbamide concentration in impregnating solution have been derived as well as the character of those stresses damping revealed.

При уплотнении древесины любым из известных способов происходит деформация клеток, которую можно рассматривать как деформацию упруго-вязкого материала. Общая относительная деформация уплотнения

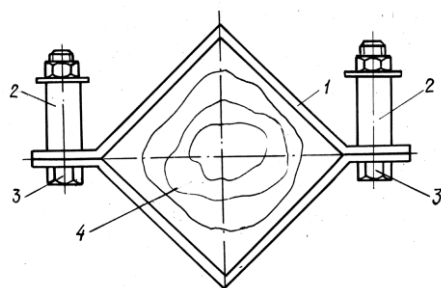
$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_{п}, \quad (1)$$

где ε_y – упругая (относительная) деформация;

$\varepsilon_{п}$ – пластическая (остаточная) деформация.

В целях обоснования способа изготовления профильной лесопроductии заданной степени уплотнения (величина остаточной деформации) из тонкомерных круглых лесоматериалов древесины сосны нами выполнены экспериментальные исследования по следующей схеме.

Образцы влажностью 45...50%, заданного диаметра и длиной 200 мм предварительно пропитывали в центробежном поле (диаметр центрифуги – 2320 мм, частота вращения – 550 об/мин) многокомпонентным составом на основе карбамида, разработанным на кафедре химии древесины С.-Петербургской лесотехнической академии. Диаметр лесоматериалов определяли исходя из требуемой степени уплотнения. Пропитанные образцы подсушивали до влажности 30 % и подвергали термообработке



при заданной температуре в течение 1 ч. Затем образцы прессовали до заданной степени уплотнения посредством вальцевания головкой заданного профиля (70×70 мм) и прокатки с последующей запрессовкой в кондукторе (рис. 1). Кондуктор представляет собой разъемные пластины 1, скрепленные болтами 3. Суммарные релаксационные (распирающие) усилия измеряли при помощи тензометрических датчиков, наклеенных на болтовые втулки 2. Кондуктор охлаждали в закрытом помещении при температуре 20 °С в течение 90 мин.

В процессе исследований изучали затухание релаксационных напряжений уплотняемой древесины σ_p , а также упругие деформации в конце цикла обработки ε_y .

Релаксационные напряжения в процессе охлаждения определяли из уравнений регрессии, полученных в результате обработки экспериментальных данных для момента времени τ .

Уравнение регрессии имеет вид:

для $\tau = 0$

$$\sigma_p = 10,272 - 0,110 \varepsilon - 0,0910 T - 4,8 \cdot 10^{-3} C_1 - 0,068 C_2 - 6,45 \cdot 10^{-4} \varepsilon C_1 + 1,93 \cdot 10^{-3} \varepsilon^2 + 2,70 \cdot 10^{-4} T^2 + 4,5 \cdot 10^{-4} C_1^2 + 0,340 C_2^2; \quad (2)$$

для $\tau = 15$ мин

$$\sigma_p = 9,260 - 0,105 \varepsilon - 0,0744 T + 6,3 \cdot 10^{-3} C_1 - 1,210 C_2 - 1,85 \cdot 10^{-4} T C_1 + 2,80 \cdot 10^{-3} T C_2 + 1,76 \cdot 10^{-3} \varepsilon^2 + 2,13 \cdot 10^{-4} T^2 + 3,1 \cdot 10^{-4} C_1^2 + 0,410 C_2^2; \quad (3)$$

для $\tau = 30$ мин

$$\sigma_p = 7,733 - 0,097 \varepsilon - 0,0653 T - 11,0 \cdot 10^{-3} C_1 - 0,307 C_2 + 1,50 \cdot 10^{-3} \varepsilon^2 + 1,92 \cdot 10^{-4} T^2 + 1,7 \cdot 10^{-4} C_1^2 + 0,193 C_2^2; \quad (4)$$

для $\tau = 60$ мин

$$\sigma_p = 5,078 - 0,062 \varepsilon - 0,0438 T - 8,5 \cdot 10^{-3} C_1 - 0,159 C_2 + 9,70 \cdot 10^{-4} \varepsilon^2 + 1,28 \cdot 10^{-4} T^2 + 1,7 \cdot 10^{-4} C_1^2 + 0,080 C_2^2; \quad (5)$$

для $\tau = 90$ мин

$$\sigma_p = 1,687 - 0,026 \varepsilon - 0,0129 T - 3,1 \cdot 10^{-3} C_1 - 0,045 C_2 + 4,00 \cdot 10^{-4} \varepsilon^2 + 3,6 T^2 + 5,7 \cdot 10^{-5} C_1^2 + 0,023 C_2^2, \quad (6)$$

где σ_p – релаксационные напряжения древесины, МПа;

ε – степень уплотнения, % (изменяется в пределах 20...50 %);

T – температура термообработки, °С (120 ... 200 °С);

C_1 – концентрация карбамида в пропитывающем растворе, % (0...40 %);

C_2 – концентрация компонентов в пропитывающем растворе, % (0...2 %).

На рис. 2 показаны кривые затухания релаксационных напряжений при различных режимах обработки. Как видно из графиков, в первые 30 мин происходило уменьшение релаксационных напряжений приблизительно на 40...70 %.

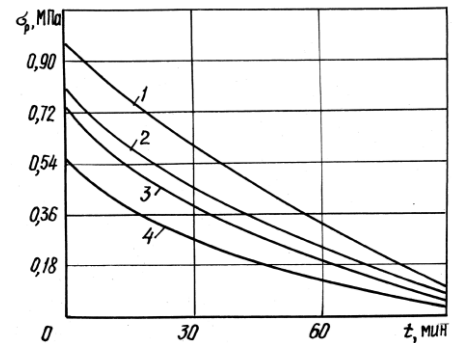
Упругую деформацию образца после охлаждения в течение 90 мин в приемном кондукторе при температуре 20 °С находили по формуле

$$\varepsilon_y = 66,5 + 1,3 \varepsilon - 0,342 T - 0,548 C_1 - 8,46 C_2 + 0,022 \varepsilon^2 + 9,25 \cdot 10^{-4} T^2 + 0,0112 C_1^2 + 3,48 C_2^2. \quad (7)$$

При прочих равных условиях с уменьшением упругой и увеличением пластической деформаций и при быстром затухании релаксационных напряжений можно достичь более качественной пластификации лесопродукции. Нами были получены следующие зависимости релаксационных напряжений от степени уплотнения и температуры термообработки при концентрациях в пропитывающем растворе карбамида $C_1 = 20$ % и компонентов $C_2 = 1$ % :
при $\varepsilon = 30$ %, $T = 180$ °С

$$\sigma_p = \frac{372}{t - 324} + 1,638; \quad (8)$$

Рис. 2. Изменение релаксационных напряжений при различных режимах обработки: 1 – $\varepsilon = 40$ %, $T = 140$ °С, $C_1 = 40$ %, $C_2 = 1$ %; 2 – 30 %, 140 °С, $C_1 = 40$ %, $C_2 = 1$ %; 3 – 40 %, 160 °С, 20 %, 1 %; 4 – 30 %, 160 °С, 20 %, 1 %



при $\varepsilon = 30$ %, $T = 140$ °С

$$\sigma_p = \frac{2161}{t + 494} - 3,592; \quad (9)$$

при $\varepsilon = 40$ %, $T = 180$ °С

$$\sigma_p = \frac{5209}{t + 836} - 5,557; \quad (10)$$

при $\varepsilon = 40 \%$, $T = 140 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\sigma_p = \frac{987}{t + 284} - 2,510, \quad (11)$$

где t – время релаксации, мин.

При формовании древесины без предварительной обработки пропитывающим составом ($C_1 = 0 \%$, $C_2 = 0 \%$) до степени уплотнения 30 % и температуре термообработки 180 °C затухание релаксационных напряжений во времени выражается уравнением

$$\sigma_p = \frac{178}{t + 85} - 0,907. \quad (12)$$

На рис. 3 показаны графические зависимости, описываемые уравнениями (8) – (12). Как видно из графиков, снижение температуры термообработки со 180 до 140 °C приводит к приращению релаксационных напряжений в начальный момент времени на 50 %.

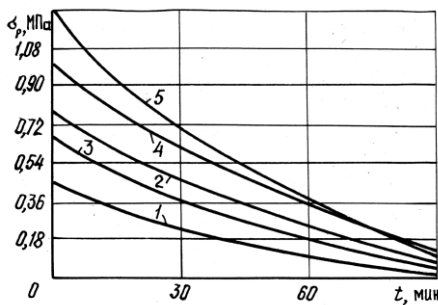


Рис. 3. Изменение релаксационных напряжений при уплотнении древесины сосны (кривые 1 – 5 соответственно описываются уравнениями (8) – (12))

Приведенные в статье данные позволяют обосновать способ изготовления профильной лесопроductии заданной степени уплотнения из древесины сосны и служат источником для выбора коэффициентов пластической деформации.

Поступила 13 июля 1995 г.