

## ПРЕССОВАНИЕ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ С ОДНОВРЕМЕННОЙ СУШКОЙ

**И.Н. Медведев,**

канд.техн.наук, директор, ООО «Лигнум», г. Воронеж, РФ  
medved-vrn82@mail.ru.

**О.И. Шакирова,**

документовед, ФГБОУ ВПО ВГЛТА, г. Воронеж, РФ.  
Oks.vrn36@yandex.ru

**В.А. Шамаев,**

докт.техн.наук, профессор, ФГБОУ ВПО ВГЛТА, г. Воронеж, РФ.  
drevstal@mail.ru.

*В статье разработана теория прессования пластифицированной древесины с одновременной сушкой. Так же рассматривается уравнение деформирования древесины для случая прессования может быть применено для случая прессования с одновременной сушкой.*

Теория прессования древесины поперек волокон П.Н. Хухрянского рассматривает случай прессования без одновременной сушки.

Разработанная теория прессования пластифицированной древесины с одновременной сушкой [1] применима для случая уплотнения древесины без прессформ, когда поперечные деформации не превышают деформации усушки древесины в направлении, перпендикулярном направлению прессования. Эти условия выполняются при конвективной сушке древесины, когда сушка происходит медленно, в течение 3–6 суток.

При сушке древесины в гидрофобных жидкостях, как это имеет место при получении шпал, сушка без прессформ невозможна, т. к. процесс сушки длится несколько часов, т. е. очень быстро. Здесь возможны два случая прессования: прессование прямоугольной заготовки в прессформе (поперечные деформации отсутствуют), т. е. случай одноосного равномерного прессования с одновременной сушкой и прессование цилиндрической заготовки в прессформе с формированием в сечении заготовки, близкой к прямоугольной, т. е. случай неравномерного прессования древесины с одновременной сушкой. Рассмотрим первый случай.

При прессовании древесины искажается сетка лигноуглеводной матрицы, разрываются водородные связи. При сушке образцов в прессформе происходит фиксация новых поперечных водородных связей, чем и объясняется переход упругих деформаций в остаточные.

Существенной особенностью строения древесины, во многом определяющей ее механические свойства, является сетчатая ее структура, образованная пучками цепных молекул, связывающих кристаллические участки в некристаллических областях. Соотношение кристаллических и некристаллических участков, (т.е. упругих и неупругих элементов) очевидно, будет зависеть от гидротермического состояния древесины, определяемого температурой, влагосодержанием, наличием пластификатора и т.д.

Как известно, при действии на древесину внешних сил в ней возникают упругие и эластические деформации. Эластическая деформация носит затухающий характер: она исчезает тогда, когда эластическая деформация лигноуглеводной матрицы целиком замещает упругую деформацию, при этом напряжение в матрице падает до нуля. Для более интенсивного превращения упругих деформаций в остаточные прессование древесины осуществляют с одновременной усушкой; при этом происходит релаксация напряжений.

При сжатии поперек волокон естественной древесины вместо области разрушающей нагрузки (при растяжении) есть область прессования, где преобладают значительные и случайные внутренние перемещения материала, приводящие повышению плотности его упаковки. Деформация упругого последствия, развивающаяся при этом, является обратимой и исчезает со временем после снятия нагрузки.

Поскольку субмикроструктура древесины при прессовании не изменяется, можно предположить, что показатели вязкой деформации (время релаксации, коэффициент ползучести) должны оставаться неизменными, т. к. эти показатели не зависят от плотности, а, следовательно, и от степени прессования. В данной работе выполнена экспериментальная проверка этого положения. Само наличие деформаций, имеющих механизм вязких и развивающихся по соответствующим законам, не вызывает сомнения.

Показателем усушки служит влажностная деформация образца, отнесенная к размеру образца с влажностью равной пределу гигроскопичности, выраженному в процентах к размеру (объему) абсолютно сухого образца. Полная объемная усушка при удалении всей гигроскопической влаги связана с плотностью, а, следовательно, для прессованной древесины и со степенью прессования. Максимально возможная усушка определяется максимальной гигроскопической влажностью и плотностью связанной влаги.

При анализе больших и предельных изменений микро- и макроструктуры древесины при прессовании различают также 3 типа деформаций: 1) условноупругие; 2) упруго-запаздывающие; 3) остаточные.

В процессе сжатия поперек волокон древесины рассеянно-сосудистых пород происходит последовательный процесс сплющивания полостей сосудов и капилляров либриформа.

В начальном периоде нагружения при постоянной нагрузке деформации почти не развиваются и не зависят от времени. В стадии прессования с течением времени происходит переход условно-упругих деформаций в остаточные. Скорость этого процесса возрастает с ростом напряжений. Поскольку при изменении естественной макроструктуры достигаются большие деформации, с течением времени в случае действия постоянной нагрузки изменяется и реологический коэффициент, характеризующий мгновенную упругую деформацию [2].

Рассмотрим реологическое уравнение для древесины Б.И. Огаркова

$$nE_M \frac{d\varepsilon}{dt} + \alpha E_D \frac{\varepsilon}{\left(\frac{t}{n}\right)^{1-\alpha}} = n \frac{d\sigma}{dt} + \alpha \frac{\sigma}{\left(\frac{t}{n}\right)^{1-\alpha}}, \quad (1)$$

где  $E_M$  и  $E_D$  – соответственно мгновенный и длительный модули упругости;

$\varepsilon$  – деформация;

$\sigma$  – напряжение;

$n$  – время релаксации;

$\alpha$  – коэффициент формы, меньший единицы;

$t$  – время.

При прессовании древесины основное значение имеют другие реологические явления, связанные со способностью древесины уплотняться под действием постоянной большой нагрузки (явление «самоуплотнения»). Если на рычажной машине подвергнуть древесину мгновенному нагружению, то деформация прессования (уплотнения) состоит из мгновенного уплотнения  $\varepsilon_M$  и длительного уплотнения  $\varepsilon_g$ , развивающегося со временем:

$$\varepsilon = \varepsilon_M + \varepsilon_g, \quad (2)$$

Для мгновенной деформации справедлив закон Гука

$$\varepsilon_M = \frac{\sigma}{E} \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt}, \quad (3)$$

где  $E$  – модуль прессования (условный).

Для деформации  $\varepsilon_g$  примем обобщенный закон вязкости

$$\frac{d\varepsilon_g}{dt} = \frac{\alpha}{nE} \frac{\sigma}{\left(\frac{t}{n}\right)^{1-\alpha}}, \quad (4)$$

Значение времени релаксации в формулах (3) и (4) различны, ибо в первом случае время релаксации обусловлено эластической деформацией лигноуглеводной матрицы (связано с особенностью микростроения древесины), а во втором оно обусловлено деформацией прессования вследствие потери устойчивости клеточными стенками (связано с особенностью макростроения древесины).

Если усилие прессования снять сразу после приложения нагрузки, то деформация уплотнения обратима. Технология прессования древесины предусматривает возможность превращения обратимых деформаций в необратимые. Для этого предусмотрена операция сушки, которая переводит упругие деформации в остаточные. В нашем случае сушка и прессование происходит одновременно, тогда уравнение (2) будет иметь вид:

$$\varepsilon = \varepsilon_M + \varepsilon_g + \varepsilon_y, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_y$  – деформация усушки в направлении прессования, равная

$$\varepsilon_y = k_y \bar{W}, \quad (6)$$

где  $k_y$  – коэффициент усушки древесины в направлении прессования;

$\bar{W}$  – изменение влажности за время сушки.

Напряжения, возникающие в древесине в процессе сушки, будут  $\sigma_y = \varepsilon_y E$  или, с учетом (6),

$$\sigma_y = k_y \bar{W} E, \quad (7)$$

Процесс сушки можно считать законченным, когда все упругие и эластические деформации перейдут в остаточные, т. е. завершится полная фиксация новых размеров образцов в прессформе.

Тогда все напряжения  $\sigma$  будут равны  $\sigma_y$ , или

$$\sigma_0 e^{-\left(\frac{t}{n}\right)^\alpha} = k_y \bar{W} E, \quad (8)$$

Это уравнение описывает процесс одновременного прессования древесины с одновременной сушкой.

Для практики наиболее важен случай, когда внутренние напряжения в древесине минимальны. Для этого случая эмпирически установленная зависимость модуля прессования от влажности

$$\varepsilon = \varepsilon_m (1 - \alpha k_y \bar{W}), \quad (9)$$

Тогда формула (7) примет вид

$$\sigma_y = k_y (1 - \alpha k_y \bar{W}) \bar{W}, \quad (10)$$

а уравнение деформирования древесины в прессформе с одновременной сушкой

$$k_y \varepsilon_m (1 - \alpha k_y \bar{W}) \bar{W} = \sigma_0 e^{-\left(\frac{t}{n}\right)^\alpha}, \quad (11)$$

Экспериментальная проверка (11) для сушки древесины березы в каменноугольном масле с одновременным прессованием показала, что отклонение расчетных данных от опытных не превышает 15 %.

#### ВЫВОДЫ

1. Уравнение деформирования древесины для случая прессования может быть применено для случая прессования с одновременной сушкой.

2. Уравнение (11) выражает полную деформацию образца древесины в направлении сжатия, состоящую из суммы деформаций усушки и деформации прессования, причем последняя выражается через модуль прессования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шамаев В.А. Влияние пропитки мочевиной на деформативные показатели древесины березы / В.А. Шамаев, Г.К. Гаврилов // Проблемы комплексного использования древесного сырья. – Рига, 1984.
2. Огарков Б.И. Реологические явления в процессе деформирования древесины / Б.И. Огарков, В.А. Шамаев // Modifikacja drewna: Materialy VI sympozjum naukowe. – Poznan: WRZES, 1987.

УДК 674.048.5

### ГЛУБОКАЯ ПРОПИТКА ДРЕВЕСИНЫ

#### И.И. Медведев

канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО ВГЛТА, г. Воронеж, РФ.  
medved-vrn82@mail.ru

*В статье рассматривается способ глубокой пропитки древесины хвойных пород сосна, ель на универсальной пропиточной установке.*

В настоящее время разработан ряд достаточно эффективных консервирующих веществ, обеспечивающих надежную защиту древесины от гниения, но способы их введения в древесину не всегда позволяют полностью использовать защитную способность этих антисептиков. Существующие методы пропитки древесины обеспечивают достаточное проникновение антисептика только в заболонь. Ядро же, составляющее основную часть древесины ствола, пропитывается лишь на глубину 3 – 6 мм. Такая глубина пропитки не позволяет надежно защитить ядровую древесину от гниения, особенно в тех случаях, когда в процессе эксплуатации древесина подвергается растрескиванию. В открытые непропитанные участки проникают споры дереворазрушающих грибов, вызывая гниение древесины изнутри.

Из изложенного следует, что одной из основных задач консервирования древесины в настоящее время является разработка способов глубокой (сквозной) пропитки древесины, которые дадут значительную экономию древесины и большой экономический эффект [1, 2].

Для пропитки крупномерных заготовок древесины наиболее эффективной оказалась пропитка с торца под давлением [3, 4]. Ранее этот способ использовался для пропитки древесины легкопропитываемых пород (береза, ольха, эвкалипт и др.), когда не требовалось помещать заготовки в стальную трубу,