

УДК 674.048

В.Н. ЕРМОЛИН, Д.Н. ДЕРЕВЯННЫХ

Сибирский государственный технологический университет

**ПРОПИТКА ДРЕВЕСИНЫ
ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ДАВЛЕНИИ**

Приведены результаты исследований процесса пропитки древесины с использованием переменного жидкостного давления. Выявлены и проанализированы особенности данного способа пропитки.

The results of investigating the process of wood impregnation based on alternating liquid pressure are presented. The distinctive features of the given method of impregnation are revealed and analyzed.

Низкая проницаемость ядровой и спелой древесины – одна из главных проблем в области пропитки. В настоящее время в литературе отсутствуют данные о способах, позволяющих повысить ее проницаемость. Исключение составляют только способы, основанные на предварительном разрушении древесины за счет наколов, насверловки отверстий, сжатия. Однако эти способы нельзя признать рациональными, так как они применимы ограниченно. Более перспективным, на наш взгляд, в решении этой проблемы является использование при пропитке переменного давления жидкости (см. рис. 1, с. 78).

Исследования, проведенные нами на полупромышленном и лабораторном оборудовании, показали, что глубину пропитки основных хвойных пород за счет использования переменного давления можно увеличить в 3–7 раз по сравнению со стандартной автоклавной технологией [2, 3]. Общие положения данного способа освещены в предыдущей статье (с. 77–80).

В данной статье изложено влияние особенностей анатомического строения древесины на процесс пропитки при переменном давлении.

В первую очередь следует отметить наиболее важную особенность – значительное увеличение скорости поглощения (соответственно глубины проникновения) при пропитке ядровой древесины при переменном давлении по сравнению с постоянным давлением (рис. 1). При этом величина постоянного давления $P_{ст} = P_0 + A$. Как известно, потенциалом переноса жидкости через пористую среду, согласно закону Дарси, является избыточное давление. При пропитке с переменным давлением средний уровень давления ниже, чем при постоянном, а интенсивность переноса выше. Как показывает анализ, используемые в данном способе пропитки низкочастотные воздей-

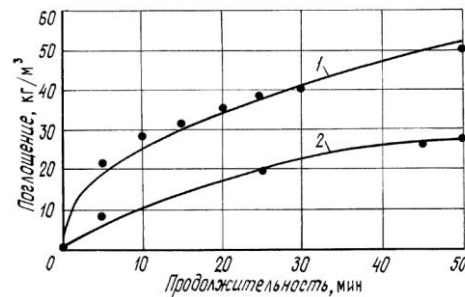


Рис. 1. Поглощение жидкости ядровой древесиной сосны при пропитке: 1 – переменное давление ($P_0 = 0,2$ МПа, $A = 0,3$ МПа, $\nu = 7$ Гц); 2 – постоянное давление ($P_{ст} = 0,5$ МПа)

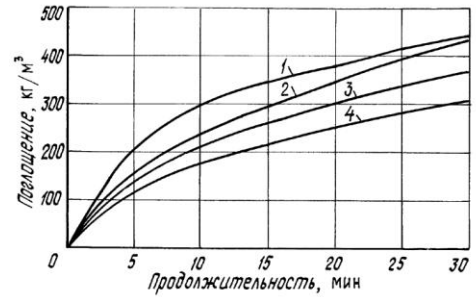


Рис. 2. Поглощение жидкости заболонью сосны (1, 2) и березы (3, 4) при пропитке: 1, 3 – постоянное давление ($P_{ст} = 0,7$ МПа); 2, 4 – переменное давление ($P_0 = 0,4$ МПа, $A = 0,3$ МПа, $\nu = 7$ Гц)

ствия малой интенсивности не могут привести к появлению дополнительных эффектов, которые наблюдаются, например, при воздействии ультразвука или электрогидравлического удара. Поэтому принципиально механизм переноса, по нашему мнению, измениться не может. Для проверки данного предположения были проведены опытные пропитки хорошо проницаемой заболони сосны и березы (рис. 2).

Результаты эксперимента показали, что процесс пропитки происходит практически одинаково как при постоянном (кривые 1, 3), так и при переменном (кривые 2, 4) давлении (при постоянном давлении пропитка идет даже несколько быстрее). Следовательно, при пропитке хорошо проницаемой древесины переменное давление не ускоряет процесс. Это дает основание предположить, что перенос жидкости в древесине при пропитке как с переменным, так и с постоянным давлением происходит по механизму фильтрации.

Увеличение интенсивности поглощения ядровой древесиной при переменном давлении может быть обусловлено изменениями в капиллярной структуре древесины, повышающими ее проницаемость. Обнаружить эти изменения с помощью микроскопических исследований достаточно сложно. Косвенным подтверждением этого предположения могут служить результаты исследований газопроницаемости древесины. Их проводили по следующей методике [1]. Из ядровой древесины сосны изготавливали образцы для определения газопроницаемости поперек волокон, стабилизировали влажность и определяли коэффициент их газопроницаемости K_r . После этого образцы зажимали в патрон, который помещали в пропиточную емкость, для исключения контакта боковой поверхности с пропиточной жидкостью. При переменном давлении ($A = 0,3$ МПа, $\nu = 7$ Гц) пропитку производили водой с температурой 20 °С в течение 30 мин. Затем образцы выдерживали при комнатной температуре. При достижении ими первоначальной влажности вновь определяли K_r . Результаты исследований приведены в таблице.

**Газопроницаемость ядровой древесины сосны
до и после пропитки при переменном давлении**

Образец	Коэффициент газопроницаемости $K_r \cdot 10^{-n}$ при n					Среднее значение K_r
	6	7	8	9	∞	
До пропитки	-	1,08...2,38	3,41...7,12	1,65...9,30	0	$3,80 \cdot 10^{-8}$
	0	15	25	25	35	100
После пропитки	1,60...8,22	1,73...9,45	1,24...7,96	4,90...7,23	0	$1,35 \cdot 10^{-6}$
	35	40	15	10	0	100

Примечание. В числителе приведен диапазон значений коэффициента проницаемости, $m^2/(MPa \cdot c)$; в знаменателе – процент образцов в данном интервале от общего числа.

Как видно из таблицы, газопроницаемость образцов после пропитки повысилась. Это говорит об изменениях в капиллярной проводящей системе древесины, что подтверждает выдвинутое нами предположение.

Другой особенностью пропитки древесины при переменном давлении является своеобразие кинетики поглощения жидкости. Так, например, при изучении ядра сосны, лиственницы и спелой древесины ели в начальный период воздействия наблюдается высокая интенсивность поглощения. Затем она быстро снижается и стабилизируется. Если прекратить воздействие и выдержать древесину некоторое время при постоянном давлении, то при возобновлении воздействия вновь наблюдается всплеск интенсивности поглощения с последующим снижением. Далее это повторяется, но с уменьшающейся величиной всплеска (рис. 3). Такой характер поглощения не согласуется с общими закономерностями фильтрации жидкостей через пористые среды и может быть обусловлен особенностями анатомического строения древесины. Подобные результаты были получены и другими исследователями [5, 7] при изучении гидропроводности древесины вдоль волокон под действием избыточного давления. Установлено, что проводимость снижается с течением времени. Наиболее интенсивное, снижение, особенно при больших градиентах давления, наблюдается в начальный период. При изменении направления потока через образец на противоположное происходит рез-

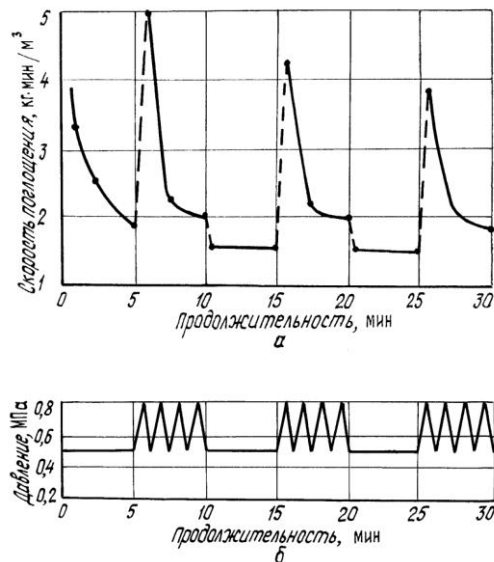


Рис. 3. Скорость поглощения жидкости (а) и изменение жидкостного давления (б) при пропитке с переменным давлением ядровой древесины сосны

кое увеличение проводимости, а затем ее снижение. Анатомическими исследованиями было доказано, что подобное явление вызвано смещением торусов в окаймленных порах трахеид. В результате чего поры закрываются, что приведет к снижению проводимости. При изменении направления потока торус отходит от окаймления, постепенно смещаясь к противоположной стороне окаймления.

Полученные закономерности поглощения древесиной жидкости при пропитке с переменным давлением, по нашему мнению, также обусловлены смещением торусов в порах. Но в наших экспериментах перенос жидкости происходит поперек волокон в радиальном направлении. Поры на тангенциальных стенках трахеид, которые участвовали бы в этом переносе, отсутствуют [6]. Как показали исследования [4], перенос жидкости в данном случае идет по сердцевинным лучам. У использованных нами пород (сосна, ель, лиственница) лучи состоят из паренхимных клеток и лучевых трахеид. Основной перенос происходит по лучевым трахеидам, так как анатомически они к этому более приспособлены. Лучевые трахеиды сообщаются между собой и с вертикальными трахеидами, окаймленными порами. Исследования [8], проведенные на сосне обыкновенной (*Pinus silvestris*), показали, что мембраны окаймленных пор лучевых трахеид отличаются от мембран в порах вертикальных трахеид. У последних мембрана позволяет торусу смещаться.

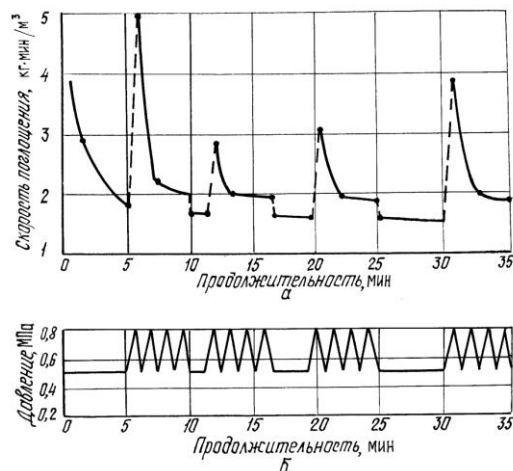


Рис. 4. Скорость поглощения жидкости (а) и изменение жидкостного давления (б) при пропитке ядровой древесины сосны с различной выдержкой между воздействиями переменного давления

указывают результаты, полученные при пропитке с различной продолжительностью выдержки между воздействиями переменного давления (рис. 4). Время выдержки между циклами должно быть около 5 мин. При меньшей продолжительности всплеска поглощения либо вообще не наблюдается, либо он имеет малую величину.

В частности, это происходит при ядрообразовании [8], или, как было отмечено выше, под действием избыточного давления. У лучевых трахеид мембраны пор более жесткие и, как правило, они не допускают смещения торусов при ядрообразовании. Но переменное давление, используемое при пропитке, по всей вероятности, приводит к смещению этих торусов, что снижает интенсивность поглощения. После прекращения воздействия торусы возвращаются в центральное положение, что и обуславливает всплеск поглощения при повторных воздействиях. Причем смещение торусов происходит постепенно. На это

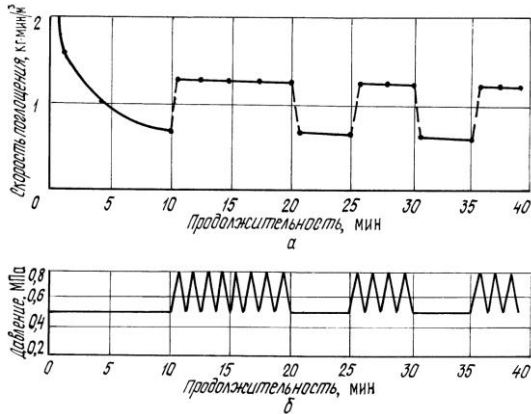


Рис. 5. Скорость поглощения жидкости (а) и изменение жидкостного давления (б) при пропитке с переменным давлением спелой древесины пихты

С высказанными предположениями о влиянии торуса хорошо согласуются результаты, полученные при пропитке с переменным давлением спелой древесины пихты. У нее, в отличие от вышеназванных пород, в сердцевинных лучах нет лучевых трахеид и соответственно окаймленных пор с торусами. Динамика поглощения древесины пихты приведена на рис. 5, из которого видно, что при воздействии давления интенсивность поглощения возрастает (это следовало ожидать), но быстрого ее снижения не происходит.

Это также подтверждает наши предположения. Кроме того, это свидетельствует о том, что при пропитке данной породы чередование переменного и постоянного давления не дает эффекта. Следовательно, структура режимов пропитки для разных пород должна быть различной.

Выводы

1. Переменное давление интенсифицирует пропитку ядровой древесины хвойных пород, не оказывая влияния на пропитку хорошо проницаемой заболони.

2. Интенсификация пропитки ядровой древесины при переменном давлении обусловлена тем, что в проводящей капиллярной системе происходят изменения, увеличивающие проницаемость.

3. Режимы пропитки древесины хвойных (сосна, ель, лиственница, кедр) пород, имеющей лучевые трахеиды, должны включать в себя чередование переменного и постоянного давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 16483.34–77. Древесина. Метод определения газопроницаемости. [2]. Деревянных Д.Н. Интенсификация автоклавной пропитки древесины хвойных пород переменным давлением: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Красноярск, 1997.- 18 с. [3]. Ермолин В.Н., Ковригин Г.С. Интенсификация пропитки древесины с различной влажностью // Защита древесины и целлюлозосодержащих материалов от биоповреждений: Тез. докл. Всесоюз. конф. - Рига, 1989. - С. 192-195. [4]. Ермолин В.Н. Разработка модели древесины как объекта пропитки // Проблемы химико-лесного комплекса: Сб. науч. тр. - Т. 3. - Красноярск, 1993.- С. 55-60. [5]. Пятакин В.И., Полищук В.П., Крутоголов Л.Г. Влияние режима движения жидкости на проводимость свежесрубленной хвойной

древесины - Деп. рук. в ВИНПИЭИлеспром № 912 - лб, 1982. - 9 с. [6]. Перелыгин Л.Н. Строение древесины - М.: Гослесбумиздат, 1954.- 200 с. [7]. Huber Br., Werz W. Uber die bedeutung des hoftupfelverschlusses fur die axiale wasserleitfahigkeit von nadelholzern. - Planta, Bd. 51.- 1958. - S. 645-672. [8]. Fengel D. Ultrastrukural changes during aging of wood cells // Wood Science and Technology. - 1970. - Vol. 4. - P. 176-188.

Поступила 1 июня 1998 г.