

О.А. Куницкая,

канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО СПбГЛТУ, г. Санкт-Петербург, РФ

С.С. Бурмистрова,

аспирант, ФГБОУ ВПО СПбГЛТУ, г. Санкт-Петербург, РФ

tlzp@inbox.ru

В статье описана установка, методика и результаты экспериментальных исследований процесса пропитки древесины при помощи гидроудара.

Эффект пьезопериодического поля широко применяется для пропитки древесины в автоклавах [1]. Однако, эти установки сложны конструктивно и энергоемки, что снижает общую экологическую эффективность процессов лесозаготовительного производства [2].

Для снижения энергоемкости пропитки древесины в пьезопериодическом поле и упрощения конструкции пропиточных устройств на Лесоинженерном факультете СПбГЛТУ были разработаны новые конструкции устройств для пропитки древесины [3, 4] математические модели работы которых представлены в [5, 6].

Для проведения экспериментальных исследований пропитки древесины жидкостью за счет избыточного давления, возникающего при гидравлическом ударе, была спроектирована и создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке.

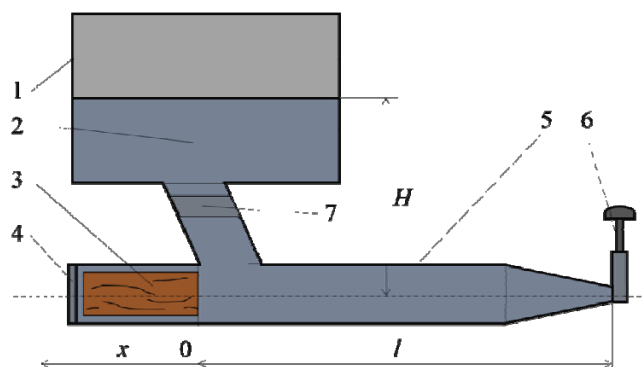


Рис. Схема экспериментальной установки для исследования пропитки древесины за счет давления, возникающего при гидравлическом ударе:

1 – бак с пропиточной жидкостью; 2 – пропиточная жидкость; 3 – образец древесины; 4 – крышка-демпфер; 5 – трубопровод; 6 – ударный клапан; 7 – затворный клапан

Установка работает следующим образом. При закрытом затворном клапане 7 бак 1 наполняется пропиточной жидкостью 2 до определенного уровня H . Напор пропиточной жидкости регулируется за счет изменения уровня пропиточной жидкости H в баке, длина трубопровода l остается постоянной (2 м). До начала опытов экспериментальный образец 3 размещается в аппендиксе трубопровода 5. Далее открывается затворный клапан 7 и пропиточная жидкость начинает истекать в бассейн (на рисунке условно не показан). Когда поток жидкости приобретает постоянную скорость, происходит резкое закрытие ударного клапана 6, в результате чего и происходит резкое повышение давления пропиточной жидкости в трубопроводе, распространяющееся вдоль него от ударного клапана 6 к аппендиксу с образцом 3 и крышке-амортизатору 4.

После однократного повышения давления клапан закрывается, пропиточная жидкость доливаётся до нужного уровня и цикл пропитки повторяется образом, аналогичным описанному выше.

При этом для определения давления, возникающего в результате гидроудара, использованы следующие соображения.

Скорость распространения волны гидравлического удара находится из формулы:

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{d \cdot K}{\delta \cdot E}}}, \quad (1)$$

где a – скорость распространения удара, [м/с];

a_0 – скорость распространения звуковых волн в неограниченной жидкой среде, [м/с];

d – внутренний диаметр трубопровода, [м];

δ – толщина стенок трубопровода, [м];

K – модуль упругости жидкости, [Па];

E – модуль упругости материала стенок трубопровода, [Па].

Повышение давления в жидкости при гидроударе находится из формулы:

$$\Delta P = a\rho\Delta v, \quad (2)$$

где ΔP – повышение давления, [Па];

ρ – плотность жидкости, [кг/м³];

Δv – уменьшение скорости жидкости в трубопроводе, вызывающее гидроудар, [м/с].

При открытии клапана жидкость начинает истекать из отверстия, при этом для достижения установившейся скорости истечения требуется определенное время. В этом случае, для определения скорости жидкости в трубопроводе в зависимости от времени используют следующую зависимость:

$$v = \tanh\left(\frac{t_1}{\tau}\right) \cdot \sqrt{\frac{2gH}{1+\zeta_c}}, \quad (3)$$

где t_1 – время, прошедшее с начала открытия клапана, [с];

τ – время, за которое устанавливается скорость течения жидкости, [с];

g – ускорение свободного падения, [м/с²];

H – напор жидкости, [м];

ζ_c – безразмерный коэффициент, учитывающий шероховатость трубы (коэффициент сопротивления).

Для определения времени τ использована формула:

$$\tau = \frac{l}{\sqrt{2gH(1+\zeta_c)}}, \quad (4)$$

где l – длина трубопровода, [м].

Изменение скорости истечения жидкости определяется из формулы:

$$\Delta v = \frac{v}{T}, \quad (5)$$

где T – время полного закрытия клапана, [с].

После подстановки (1) и (5), с учетом (3) и (4) в выражение для повышения давления (2), получим:

$$\Delta P = \frac{\rho a_0}{T} \tanh\left(\frac{t_1 \sqrt{2gH(1+\zeta_c)}}{l}\right) \sqrt{\frac{2gH\delta E}{(1+\zeta_c)(\delta E + dK)}}, \quad (6)$$

После подстановки всех необходимых характеристик установки в (6) ($\rho = 1000$ кг/м³, $a_0 = 1425$ м/с, $g = 9,81$ м/с², $\zeta_c = 0,01$, $l = 2$ м, $\delta = 0,005$ м, $d = 0,05$ м, $E = 2 \cdot 10^8$ Па, $K = 2,1 \cdot 10^7$ Па, $T = 0,5$ с, $t_1 = 5,5$ с и т.д.), получим выражение для определения максимального повышения давления в зависимости от H :

$$\Delta P = x\sqrt{H}. \quad (7)$$

Длину ударной волны примем приближенно равной длине трубопровода l .

Образцы для проведения опытов изготавливались из тонкомерных сортиментов березы, осины и ольхи. Образцы выпиливались на круглопильном станке. Сечение образцов квадратное, 25×25 мм, длина образцов 300 мм.

Для проведения опытов подбирались образцы без явных, видимых глазу дефектов в виде трещин, сучков и гнили. Влажность образцов варьировалась: использованы образцы естественной влажности (абсолютная влажность 70–75 %), подсушенные (абсолютная влажность 35–40 %) и сухие (абсолютная влажность 10–12 %).

Пропитка образцов проводилась водным раствором пирокатехина фиолетового (краситель), температура раствора составляла 20 °С.

Основные интервалы и уровни варьирования экспериментальных факторов представлены в таблице 1. Эксперименты проведены на экспериментальной установке, конструкция и принцип действия которой описаны выше. Перед началом опытов каждый образец взвешивался на лабораторных электронных весах с точностью до 0,01 г.

Затем производилась пропитка, после каждых пяти циклов повышения давления за счет гидроудара образец извлекался и снова взвешивался. После 25 циклов повышения давления каждый образец раскалывали и измеряли глубину пропитки (расстояние от ближнего к ударному клапану торца до границы пропитанной области, которую отчерчивали по приложенному перпендикулярно к боковой поверхности образца угольнику по визуально интенсивно окрашенной поверхности) при помощи линейки с точностью до 1 мм.

Далее испытанные образцы высушивали в муфельной печи до достижения постоянной массы, после чего вновь проводили взвешивание.

При допущении о равномерности распределения порового пространства по длине образцов с использованием данных о конечном положении границы пропитанной области (определялось экспериментально) и результатов измерения прироста массы образцов рассчитывали глубину проникновения пропиточной жидкости в образец в зависимости от числа циклов повышения давления, влажности образцов и величины избыточного давления, возникавшего за счет гидроудара.

Таблица 1

Основные уровни и интервалы варьирования факторов при проведении исследований по пропитке древесины березы, осины и ольхи гидроударом

Фактор	Обозначение	Единица измерения	Нижний уровень	Основной уровень	Верхний уровень	Интервал варьирования
Число ударов (число циклов пропитки)	N	-	5	15	25	5
Максимальное давление	ΔP	МПа	1	1,5	2	0,5
Абсолютная влажность заготовки	W	%	10	40	70	30

По результатам статистической обработки результатов экспериментов получены следующие уравнения, связывающие скорость пропитки V с влажностью образцов и максимальным повышением давления при гидроударе. Для березы ($R^2 = 0,79$):

$$V = 0,004 PW + 1,45P + 0,0374W + 2,65. \quad (8)$$

Для осины ($R^2 = 0,92$):

$$V = 0,0314 PW - 0,0427 P - 0,00236 W + 6,44. \quad (9)$$

Для ольхи ($R^2 = 0,91$):

$$V = -0,000767 PW + 1,65P + 0,0515 W + 3,64. \quad (10)$$

Затем была выполнена проверка качества полученных уравнений, пример которой приведен в таблице 2.

Таблица 2

Результаты аппроксимации глубины пропитки образцов древесины при гидроударе

ΔP , МПа	W , %	V , мм/удар	$V(2)$, мм/удар	Δ , %
2	70	10,162	10,585	4,16
2	40	9,474	8,772	-7,41
2	10	6,398	6,959	8,77
1,5	70	9,634	9,508	-1,31
1,5	40	8,24	8,166	-0,9
1,5	10	7,214	6,823	-5,42
1	70	8,322	8,43	1,3
1	40	7,624	7,559	-0,85
1	10	6,444	6,688	3,79

Примечания: осина, V – скорость пропитки по результатам опытов; $V(2)$ – расчетная скорость пропитки по уравнению (9); Δ – процентное отклонение расчетной скорости от экспериментальной.

Результаты экспериментов показали, что предложенные технические решения [3, 4] позволяют повысить эффективность пропитки лесоматериалов, снизить энергоемкость и упростить устройства за счет упрощения узла создания перепада давления пропиточной жидкости, интенсифицировать процесс пропитки при обеспечении глубокой пропитки за счет создания перепадов давления.

Энергоемкость пропитки древесины при помощи гидроудара меньше, чем при автоклавной пропитке и сопоставима с энергоемкостью центробежной пропитки [7, 8, 9] при значительно более простой конструкции пропиточных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куницкая О.А. Моделирование различных способов пропитки древесины полимерами // Вестник Московского гос. ун-та леса. Лесной вестник. – 2011. – № 3. – С. 131-135.
2. Обоснование методики оценки экологической эффективности лесопользования / И.В. Григорьев, О.И. Григорьева, А.И. Никифорова, О.А. Куницкая // Вестник КрасГАУ, 2012. – № 6. – С. 72-77.
3. Куницкая О.А., Ржавцев А.А., Григорьев И.В., Соколова В.А.. Устройство для пропитки деревянных заготовок. Патент на полезную модель № 91927, опубл. 10.3.2010.
4. Куницкая О.А., Бурмистрова С.С., Тихонов И.И., Григорьев И.В. Устройство для пропитки древесины. Патент на полезную модель № 119283, опубл. 20.8.2012.
5. Конструкция и теория расчета установки для пропитки древесины вязкотекучими компонентами в пьезоударном поле / О.А. Куницкая, С.М. Базаров, А.А. Ржавцев, И.В. Григорьев // Справочник. Инженерный журнал. – 2011. – № 1. – С. 41-44.

6. Новые конструкции и математические модели расчета установок для пропитки древесины в пьезо-периодическом поле / О.А. Куницкая, С.М. Базаров, И.В. Григорьев, С.С.Бурмистрова, Г.Ю. Есин // Научное обозрение. – 2012. – № 4. – С. 128–136.
7. Куницкая О.А., Бурмистрова С.С., Костин И.В. Результаты экспериментальных исследований центробежной пропитки древесины // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 3. – С. 95-101.
8. Исследование кинетики центробежной пропитки древесины / И.В. Григорьев, О.А. Куницкая, Г.В. Григорьев, Г.Ю. Есин // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2013. – № 2. – С. 60–70.
9. I.V. Grigorev, G.V. Grigorev, A.I. Nikiforova, O.A. Kunitckaia, I.N. Dmitrieva, E.G. Khitrov, Zoltán Pásztor Experimental Study of Impregnation Birch and Aspen Samples // Bioresources. – 2014. – № 4. – P. 7018–7026.

УДК 630*81

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ КОРЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЛЯ КРАШЕНИЯ (ТОНИРОВАНИЯ) ДРЕВЕСИНЫ

С.Р. Лоскутов,

д-р хим. наук, зам. директора, ФГБУН ИЛ СО РАН, г. Красноярск, РФ.
lsl@ksc.krasn.ru

О.А. Шапченкова,

канд. биол. наук, н.с., ФГБУН ИЛ СО РАН, г. Красноярск, РФ.
shapchenkova@mail.ru

А.А. Анискина,

н.с., ФГБУН ИЛ СО РАН, г. Красноярск, РФ.
aniskina_a@ksc.krasn.ru

В статье представлены результаты использования экстрактов, получаемых экстракцией коры лиственницы сибирской, пихты сибирской и сосны обыкновенной бинарными экстрагентами вода–метилцеллозольв (8 %) и вода–моноэтаноламин (2 %), для протравного крашения древесины сосны обыкновенной.

Крашение древесины применяют для усиления естественного цвета древесины, придания ей новой окраски или одинакового цветового тона всему изделию. При прозрачной отделке крашение может осуществляться с помощью протрав, красителей и пигментов.

Особого внимания для районов Центральной и Восточной Сибири, где велики запасы древесины хвойных пород, заслуживает протравное крашение. Известно, что при обычном крашении древесины хвойных растворами красителей рисунок окрашенной поверхности напоминает негатив естественного рисунка из-за различий сорбции красителя ранней и поздней древесиной. Само крашение получается неравномерным. Если древесину первоначально обработать раствором красящих веществ фенольной природы (например, экстрактивных веществ коры), а затем растворами протрав, то окраска становится позитивной, подчеркивающей естественную текстуру древесины.

Крашение древесины водными растворами красителей и последующая обработка растворами протрав сопровождается некоторым набуханием древесины, поднятием ворса и общим ухудшением чистоты поверхности. В связи с этим, нами подбиралась такая система экстрагентов, которая, с одной стороны, позволяла бы повысить выход красящих веществ из коры и содержала бы органический растворитель, являющийся компонентом получаемого красильного раствора (“сырого” экстракта), препятствующий поднятию ворса – с другой. Из числа известных органических жидкостей, которые могут быть использованы для приготовления подобных красильных растворов, наиболее приемлемым оказался метилцеллозольв (МЦ). В составе композиции растворителей, не поднимающих ворса, могут быть также использованы метанол, этанол, толуол, метиллактат, этиллактат и др. (Буглай, 1962).

Для установления возможности использования полученных нами экстрактов использовали два продукта.

Продукт 1. Концентрированный экстракт, получаемый экстракцией коры лиственницы, пихты, сосны бинарными экстрагентами вода–метилцеллозольв (8 %).

Способ получения. Кору лиственницы сибирской (сосны обыкновенной, пихты сибирской) получаемую в результате окорки стволов деревьев, высушивали до воздушно-сухого состояния. Затем измельчали в дисковой мельнице и отделяли фракцию с размером частиц 0.3–0.5 мм. Подготовленное таким образом сырье экстрагировали указанным экстрагентом при жидкостном модуле 10 и температуре 80 °С в течение 6 часов. По истечении времени экстрагирования экстракт отделяли от твердого остатка фильтрованием. Фильтрат концентрировали в 1.7–2.0 раза в ротационном вакуумном испарителе при температуре около 50 °С.

Продукт 2. Концентрированный экстракт, получаемый экстракцией коры лиственницы смесью вода–моноэтаноламин (2 %).

Способ получения экстракта такой же, как и в первом случае.