

К РАЗВИТИЮ ПОДХОДОВ ВИБРОСТЕРЖНЕВОГО УПРОЧНЕНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Гуркина А.В., ассистент,

Сиваченко Л.А., д-р техн. наук, проф.

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
“Белорусско- Российский университет”*

На сегодняшний день в большинстве стран применяется политика, направленна на использование возобновляемых и вторично применяемых ресурсов. Древесина является одним из таких материалов. Однако, применение ценной древесины не всегда оправдано, т.к. стоимость таких материалов достаточно высока. Применение малоценной древесины ограничено, прежде всего, низким качеством материала, например, твердостью, способностью к истиранию, способностью противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды.

Согласно теории прессования, сформулированной П. Н. Хухрянским, прочность любой древесины можно повысить за счет ее уплотнения с увеличением количества древесины в объеме, но без разрушения. Для повышения качества малоценных пород, возможно применять способ вибростержневого упрочнения модифицированной древесины. Данный способ относится к химико-механическим способам обработки древесины, которые на данный момент лидируют в области обработки древесины. [1]

Еще одним из способов является обработка древесины аммиаком или мочевиной с последующим уплотнением. Полученные материалы носят название лигамон и дестам. При пропитке древесины аммиаком с последующим прессованием и сушкой получают лигнамон, который применяется для изготовления деталей мебели, паркета, музыкальных инструментов. При пропитке мочевиной, прессованием и сушкой получают дестам, который применяется, в основном, для покрытия полов. Однако, следует заметить, что применение таких способов имеет ряд недостатков, например, дороговизна и энергозатратность.[2]

Упрочнение по вибростержневому методу происходит следующим образом. На предварительно подготовленную поверхность древесины наносится модифицирующий состав и сразу же проводится упрочнение стержнями. Качество поверхности на образцах одной породы может варьироваться в зависимости от геометрических параметров рабочего

органа, выбора средства для модификации поверхности, от угла приложения нагрузки.

Рабочий орган для упрочнения древесины может состоять из стержней различной формы (круг, квадрат, треугольник, ромб), различных диаметров. также можно говорить о расположении стержней непосредственно в рабочем органе. На рисунке 1 представлен рабочий орган, состоящий из стержней различных диаметров, расположенных в шахматном порядке. В качестве модифицирующего состава могут выступать антисептики, антипирены, лаки, воски, краски. Выбор модифицирующего состава определяется выходными свойствами поверхности древесины. Также можно говорить о выборе способа приложения нагрузки на поверхность. Так, стержни могут работать вертикально или под углом в $20^\circ - 45^\circ$. [3]

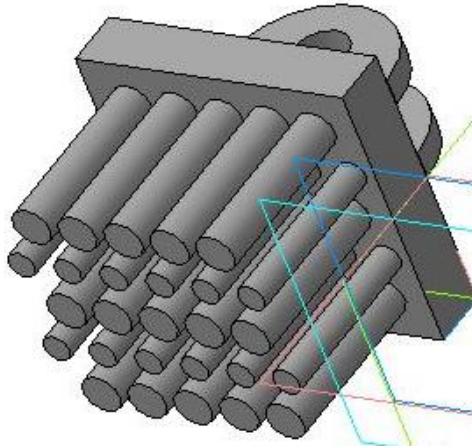


Рисунок 1. Модель рабочего органа со стержнями диаметрами 5 и 7 мм, расположенными в шахматном порядке.

Проведение экспериментальных исследований показывает, что образцы древесины сосны и ели показывают лучшие результаты по упрочнению поверхности, нежели образцы древесины других пород. Исследования проводились на образцах различных пород. Модифицирующим составом был выбран алкидный лак для древесины. Воздействия проводились одним стержнем по влажной поверхности. В зависимости от количества воздействий по одному месту изменялась твердость поверхности. В таблице 1 приведены основные показатели

проведения экспериментальных исследований по выбору породы древесины. [4]

Таблица 1
Результаты проведения экспериментальных исследований по выбору породы древесины.

		Порода древесины						
		Сосна	Ель	Липа	Ольха	Дуб	Береза	Вяз
		Твердость после обработки						
Кол-во воздействий	20	1,72	1,57			3,54	2,93	3,42
	30	1,78	1,6					
	40	1,84	1,66	1,77	2,24	3,55	2,98	3,55
	50	1,88	1,74					
	60	1,93	1,78	1,78	2,36	3,58	3,05	3,69
	70							
	80			1,78	2,52	3,63	3,08	3,7
	100			1,78	2,68			
Твердость без покрытия и упрочнения		1,51	1,32	1,7	2,1	3,41	2,41	2,92
Прирост прочности		27,8%	34,9%	0,6%	27,6%	6,5%	27,8%	26,7%

На рисунке 2 отражены основные результаты по образцам древесины сосны и ели, после максимального количества воздействий и просушки.

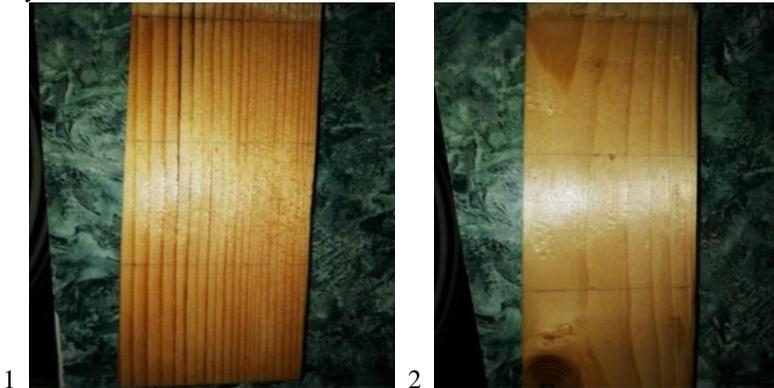


Рисунок 2 . Упрочненные образцы мягкой хвойной древесины:
1 – сосна, 2 – ель.

Следующий этап экспериментальных исследований заключался в определении оптимальных параметров влажности образцов. Для использования древесины характерны определенные интервалы влажности, составляющие 12 – 30%. В исследования брались образцы сосны влажностью 14% и 24%, воздействия проводилось многократно повторяющимися ударами по одному месту и давлением 0,5 МПа. Результаты исследований приведены на графике на рисунке 3.

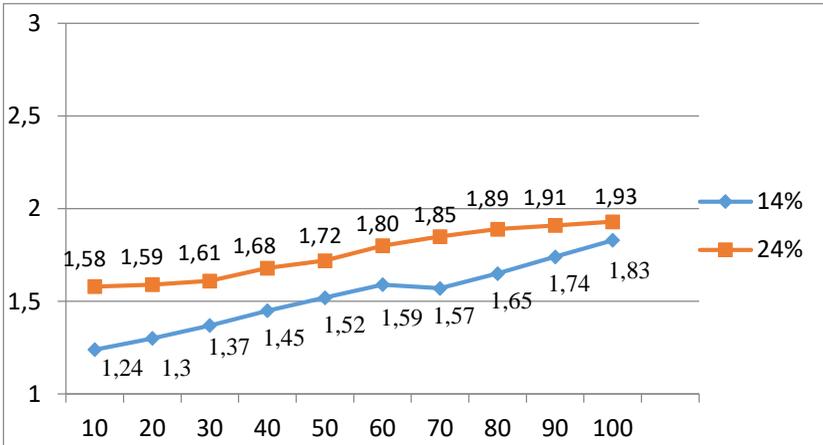


Рисунок 3. Зависимость изменения твердости поверхности древесины от количества воздействий

Как видно из графика приращение твердости поверхности для древесины влажностью 14% составляет 47,58% для древесины влажностью 24% – 22,1 %. При увеличении влажности до 30% упрочнение древесины становится невозможным, т.к. наступает предел гигроскопичности, при котором волокна древесины восстанавливают свою первоначальную форму. [5]

После выбора породы для упрочнения и ее влажности, возникла необходимость определить распространение напряжений в поверхности от действия нагрузки. Для этого в программе SolidWorks был смоделирован статический эксперимент, с материалами, соответствующим своими параметрами образцу древесины 15 % и воздействием стержнями различных диаметров и различных форм.

В таблице 2 приведены результаты теоретических исследований воздействия одного цилиндрического стержня на поверхность.

Таблица 2

Результаты статического эксперимента в программе SolidWorks.

№ п/п	Диаметр стержня, мм	Давление, Мпа	Максимальное напряжение, Па	Площадь распространения напряжений, мм ²
1	2	3	4	5
1	3	3,43	$7,87 \times 10^5$	11,15
2	3,5	2,52	$5,82 \times 10^5$	13,65
3	4	1,93	$4,45 \times 10^5$	18,47
4	4,5	1,53	$2,88 \times 10^5$	26,32
5	5	1,24	$2,67 \times 10^5$	30,86
6	5,5	1,02	$1,96 \times 10^5$	34,82
7	6	0,86	$1,75 \times 10^5$	47,51
8	6,5	0,73	$1,54 \times 10^5$	61,76
9	7	0,63	$1,14 \times 10^5$	62,46
10	7,5	0,55	$1,06 \times 10^5$	68,77
11	8	0,48	$9,03 \times 10^4$	76,78

При использовании стержней формы, отличной от цилиндрической (квадрат, ромб, треугольник), возникают концентраторы напряжений, что для получения ровной поверхности образца неприемлемо.

Для описания процесса, происходящего на поверхности древесины, рассмотрим рисунок 4, показывающий взаимодействие одного стержня с поверхностью.

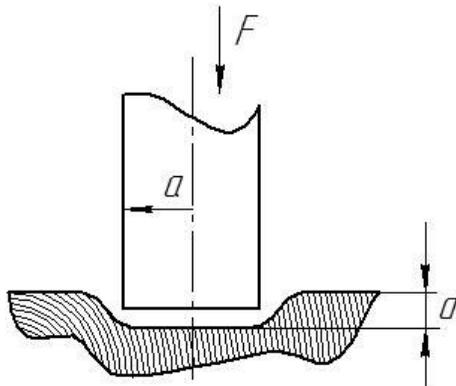


Рисунок 4. Схема взаимодействия между стержнем и поверхностью

При воздействии стержня на поверхность древесина деформируется. Таким образом, нормальное давление, действующее на поверхность в области, радиусом a , описывается формулой. [6]

$$p = p_0 \cdot \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)^n \quad (1)$$

При определении распределения давления по Герцу ($n = \frac{1}{2}$), можем определить вертикальное смещение по оси z стержня по формуле [7]

$$u_z = \frac{\pi \cdot P_0}{4 \cdot E \cdot a} (2 \cdot a^2 - r^2) \quad (2)$$

Полная сила воздействия определится как

$$F = \int_0^a p(r) \cdot 2 \cdot \pi \cdot r dr = \frac{2}{3} \cdot p_0 \cdot \pi \cdot a^2 \quad (3)$$

Для дальнейшего проведения исследований необходимо перейти от статического к динамическому воздействию. Для этого проводились динамические испытания с единичным воздействием и статические испытания на натурном образце. Исходя из одинаковой степени упрочнения поверхности определяется коэффициент динамичности, равный 0,03.

Далее проводились экспериментальные исследования для образцов древесины сосны с динамическим стержневым воздействием. Данное исследование проводилось многократным воздействием одного стержня и единичным воздействием, до разрушения поверхности образца. Параметры исследования: сила взаимодействия – 4,55 Н, влажность образцов – 15%. Воздействие образцов проводилось без нанесения модифицирующего состава. В таблице 3 приведены основные результаты экспериментального исследования.

Исходя из вышесказанного, можно говорить о том, что оптимальным будет применение единичного воздействия и стержней круглой формы, диаметром 5 – 6 мм.

Вибростержневое упрочнение можно применять непосредственно на деревообрабатывающих предприятиях или же на уже эксплуатируемых конструкциях. В качестве применения на предприятии возможно применение станка (рисунок 5), который представляет собой модульную конструкцию, состоящую из смонтированных на раме 2

подающего механизма 3, рольгангов 4, устройств 5 и 6 соответственно для нанесения модифицирующего состава и вибростержневого упрочнения и стола 7 готовой продукции. Принцип работы станка заключается в том, что деревянное изделие (заготовка), перемещаемое с помощью подающего механизма 3 по рольгангам 4 подвергается технологической обработке, которая заключается в нанесении модифицирующего состава с помощью устройства 5 и вибростержневой обработке устройства 6. Процесс обработки осуществляется непрерывно. Обработанные изделия подаются на стол 7 готовой продукции и далее на склад.

Таблица 3

Результаты проведения исследований для определения максимальной деформации при единичном и многократном воздействии

	Диаметр стержня, мм	Макс. деформ., мм	Кол-во возд-вий	Деформ. при единичном возд-вии, мм
1	3,5	1	1	1
2	4	1	1	1
3	5	0,9	2	0,7
4	5,5	0,8	3	0,6
5	6	0,8	10	0,4
6	6,5	0,8	10	0,3
7	7	0,8	13	0,1
8	8	0,8	16	0,1

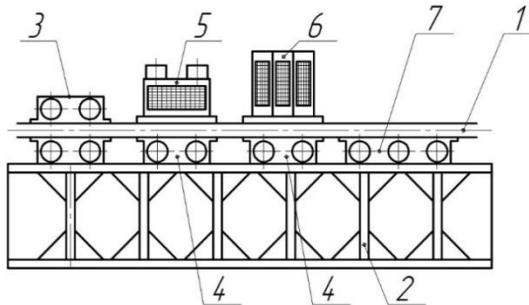


Рисунок 5. Структурная схема станка для упрочнения и модификации поверхностей деревянных конструкций.

В качестве оборудования для обработки уже эксплуатируемых материалов может применяться оборудование на базе перфоратора или на базе вибротрамбовки.

Дальнейшее исследование процесса вибростержневой обработки и модифицирование поверхностей деревянных конструкций будет направлено в первую очередь на исследование процессов, происходящих в поверхности древесины, а также на создание оборудования для проведения упрочнения древесины и определение качества поверхности.

Библиографический список:

1. Хухрянский, П. Н. Прессование древесины. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1964 – 351 с.
2. Кухарев, В. А. Механохимически модифицированная древесина в строительстве / Стройка, 2009, №35.
3. Патент на изобретение №21657 РБ, МКИ В 44С 1/24 Способ модифицирования и упрочнения поверхности деревянной конструкции / Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко, А. В. Гуркина - № а 20140685; заявл. 05.12.2014; опубл. 23.11.2017. – 5 с.
4. Гуркина, А. В. Результаты экспериментов по вибростержневому упрочнению деревянных поверхностей // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. научно – техн. конф. / М – во образования Респ. Беларусь, М – во науки и высшего образования Рос. Федерации, Белорус. – Рос. ун – т, 2019. – с. 182 – 184.
5. Хошев, Ю. М. Дачные бани и печи. Принципы конструирования, 2008
6. Джонсон, К. Л. Механика контактного взаимодействия: пер. с англ. – М.:Мир, 1989
7. Ландау, Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. VII. Теория упругости: учеб. Пособие. 4 – е изд., испр. и до. – М.: Наука, 1987 – 248 с.