

**Министерство образования и науки РФ**

**ФГБОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический  
университет**

**Институт лесопромышленного бизнеса и дорожного строительства  
Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки**

Е.И. Стенина

## **Способ пропитки древесины «Вакуум-атмосферное давление»**

Методические указания по выполнению лабораторной работы студентами  
всех форм обучения по направлению 35.03.02 «Технология  
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

Екатеринбург  
2016

Печатается по рекомендации методической комиссии  
Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_.

ИЛБиДС

Рецензент – доцент кафедры ИТОД Швамм Е.Е.

Редактор

---

Подписано в печать

Поз.

Плоская печать

Формат 60x84 1/16

Тираж экз.

Заказ №

Печ. л.

Цена

Редакционно – издательский отдел УГЛТУ

Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## 1. Физические основы пропитки древесины

**Пропитка древесины** - введение защитного средства в материал на заданную глубину. Продвижение фронта жидкости вглубь древесины возможно за счет разности давлений снаружи и внутри материала, возникающей под действием капиллярных сил или избыточного давления среды, а также диффузионного перемещения молекул или ионов пропитывающих веществ в древесине по полостям клеток, заполненным водой.

Как известно, для древесины характерна разветвленная система микро- и макрокапилляров, способствующих возникновению **капиллярного давления** [1]. Так при соприкосновении жидкости с твердым телом на границе раздела фаз поверхность жидкости образует определенный угол  $\theta$  (острый для смачивающих и тупой у не смачивающих жидкостей). Этот угол называется **краевым углом**, или **углом смачивания** (рис. 1).

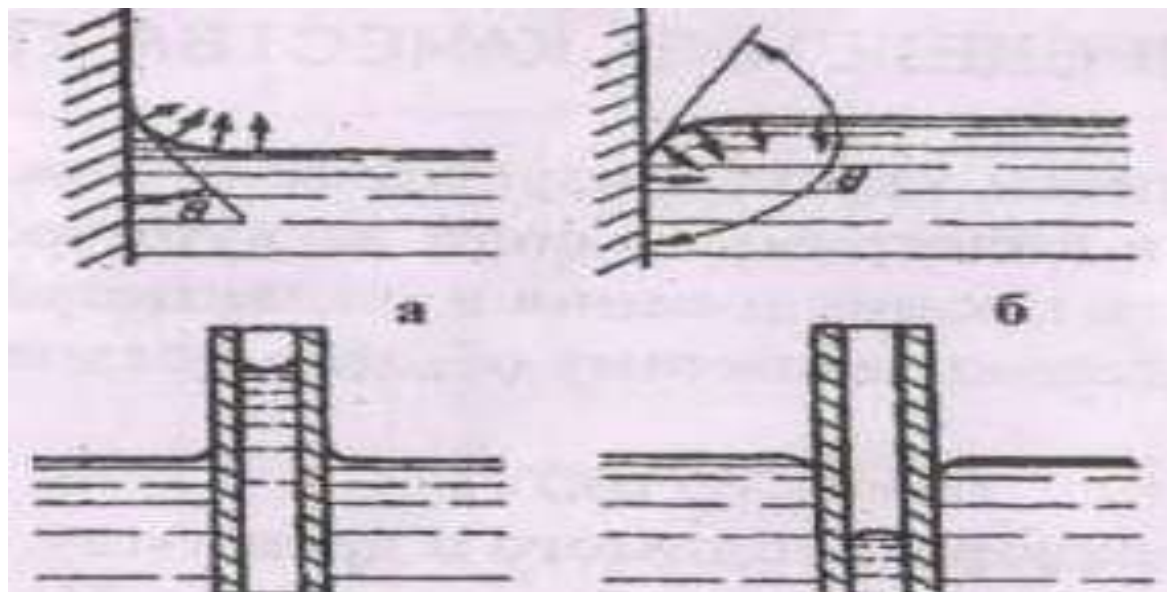


Рис. 1. Схема образования менисков в капиллярах:

*а* - смачивающие жидкости; *б* - несмачивающие жидкости

При соприкосновении капилляра достаточно малого диаметра с жидкостью в ней образуется мениск. Положительное капиллярное давление мениска (несмачивающая жидкость) вызывает снижение уровня жидкости в капилляре, а отрицательное давление, называемое также капиллярным натяжением (смачивающая жидкость), - повышение этого уровня. Как правило, пропитывающие жидкости по отношению к древесине являются смачивающими.

В цилиндрическом капилляре давление определяется выражением

$$P_K = 2a_n \cos \Theta / r \quad (1)$$

где  $a_n$  - коэффициент поверхностного натяжения, т.е. сила натяжения пленки жидкости, отнесенная к единице ее длины;

$\Theta$  - краевой угол;

$r$  - радиус капилляра.

Перепад давления  $\Delta P$ , вызывающий перемещение жидкости в капилляре, зависит от ряда факторов. Например, если образец полностью погружен в пропитывающую жидкость и ее перемещение по капиллярам происходит со всех сторон сортимента одновременно, то перепад давления, вызывающий движение жидкости, в этом случае

$$\Delta P = P_K + P_0 - P_B \quad (2)$$

где  $P_K$  - капиллярное давление;

$P_0$  - давление окружающей древесину среды;

$P_B$  - давление защемленного в полостях клеток воздуха.

При равенстве капиллярного давления  $P_K$  и давления защемленного воздуха  $P_B$  перемещение жидкости прекращается, а глубина пропитки - максимальная (2...5 % толщины сортимента). Дальнейшее проникновение жидкости в древесину возможно по мере растворения воздуха в воде и диффузии его молекул через капиллярные каналы в окружающую среду.

В сырой древесине, когда все ее микроструктуры заполнены водой, возможность капиллярного движения исключена в связи с отсутствием по объему древесины разности капиллярных давлений.

ГОСТ 20022.6-93 «Защита древесины. Способы пропитки» [2] регламентирует применение способа **ВАДВ (вакуум - атмосферное давление - вакуум)**, который предусматривает использование автоклавов упрощенных конструкций, не рассчитанных на высокие давления. В этом случае древесину загружают в автоклав, который в последствии заполняют пропиточной жидкостью. Затем создают вакуум и поддерживают его некоторое время для удаления воздуха из древесины. Далее выравнивают давление до атмосферного и опять проводят выдержку. В этот период осуществляется пропитка под действием разности давлений: давления среды (пропиточной жидкости), равного атмосферному, и разряжения внутри древесины. Заключительным этапом в режиме пропитки по данному способу является удаление пропиточной жидкости из автоклава и повторное создание вакуума для подсушки поверхности сортиментов.

Способ применяется в тех случаях, когда в древесину требуется ввести ограниченное количество пропитывающей жидкости на небольшую глубину (по труднопропитываемой зоне на 1...2 мм). Регулирование показателей качества пропитки осуществляется либо за счет изменения параметров режима процесса (его продолжительности, величины разряжения), либо изменением концентрации пропитываемого раствора.

## 2. Определение качества пропитки

Достижение надлежащего качества пропитки древесины невозможно без соответствующего контроля *глубины пропитки, количества поглощенного защитного вещества* (антисептика или антипирена) и *равномерности его распределения* по древесине.

Величина *общего поглощения* ( $\Pi_o$ ) рассчитывается по формуле:

$$\Pi_o = \frac{m_p}{V} C, \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

где  $V$  - объем образца, см<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>;

$C$  - концентрация раствора защитного средства, в долях единицы

$m_p$  - масса раствора, вводимого в древесину, г, кг;

$$m_p = m_2 - m_1 \quad (4)$$

где  $m_2$  – масса контрольного образца после пропитки, г, кг;

$m_1$  – масса контрольного образца до пропитки, г, кг.

*Глубину* проникновения защитного средства в древесину определяют по ширине окрашенной зоны как сплошной, так и слоистой в миллиметрах или % от толщины или сечения материала. При пропитке бесцветными растворами антисептиков границу пропитанной зоны образцов определяют с помощью индикаторов, дающих цветную реакцию с применяемым антисептиком.

*Равномерность* распределения защитного средства определяют визуально.

Регламентируемые ГОСТ 20022.0-93 «Защита древесины. Параметры защищенности» [3] значения показателей качества защитной обработки приведены в приложении.

### 3. Порядок выполнения работы

#### Цель работы:

- сформировать представление о физических основах различных способов введения в капиллярную структуру древесины пропиточных растворов, особенностях пропитываемости древесины, режимах пропитки и системе оценки качества защитной обработки;

- сформировать навыки пользования нормативной документацией, определения показателей качества, обработки результатов и их анализа.

**Используемые материалы, приборы и оборудование:** образцы древесины, антисептик – 3,5%-ный водный раствор фтористого натрия (NaF); проявитель фтористого натрия в древесине, химическая посуда, весы, линейка, штангенциркуль, расколочный нож, молоток, вакуум-установка.

**Ход выполнения работы:**

- Отобрать 2 образца влажностью  $8 \pm 2\%$  и 1 образец влажностью 0%.
- Промаркировать и пронумеровать образцы (№ 1 должен быть абсолютно сухой образец).
- У каждого образца штангенциркулем измерить 3 взаимно перпендикулярных размера с точностью до 0,01 см (замер производить по середине измеряемой грани (рис.1). Результаты измерений занести в таблицу 1.

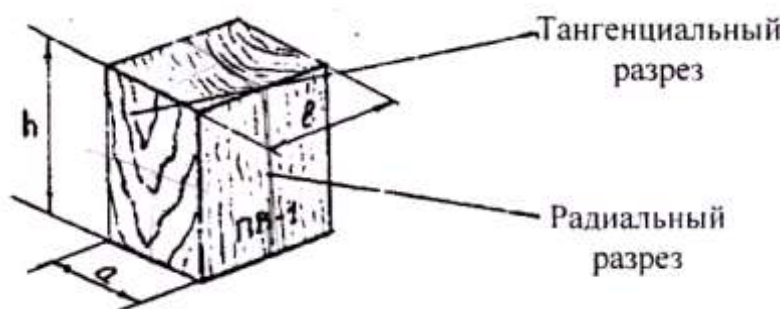


Рис. 1. Схема измерения образца

- Образцы взвесить на аналитических весах с точностью до 0,01 г. Результаты измерений занести в таблицу 1.
- Определить у образцов породу, особенности строения, пороки и внести соответствующие записи в таблицу 1.

Таблица 1.

Первичные результаты эксперимента.

№ образца	Размеры, см			Объем образца, $V$ , см <sup>3</sup>	Масса, г		Общее поглощение, $P_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Глубина, мм		Способ пропитки образца	Влажность образца	Примечания
	$a$	$b$	$h$		до пропитки, $m_1$	после пропитки, $m_2$		вдоль волокон	поперек волокон в тангентальной плоскости			

- Абсолютно сухой образец поместить в фарфоровый стакан № 1 с пропиточным раствором, один комнатно сухой образец – в стакан № 2, а второй образец влажностью  $8 \pm 2\%$  - в стакан № 3. Образцы удерживать в затопленном состоянии противовсплывной сеткой.
- Стаканы № 1 и № 2 поместить в вакуум- эксикатор установки (рис. 2), для пропитки по способу «*Вакуум - атмосферное давление*» (ВАД). Режим пропитки выбирается из таблицы 2.

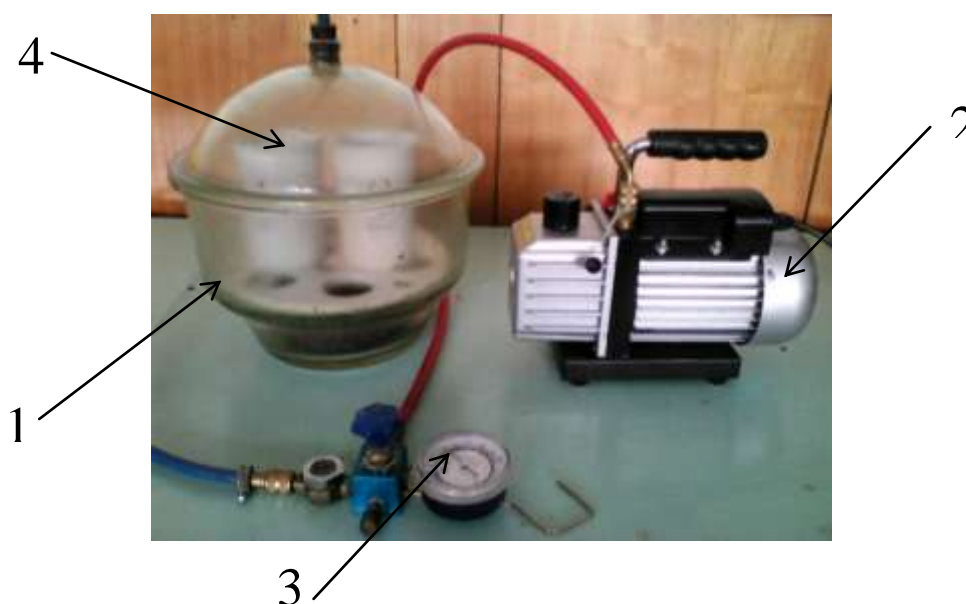


Рис. 2. Вакуум-установка

1 – вакуум-эксикатор; 2 – вакуумный насос; 3 – мановакууметр; 4 – фарфоровый стакан с пропиточным раствором и образцами



Таблица 2.

**Режимы пропитки способом ВАД**

№ варианта	Стадия вакуумирования		Стадия атмосферного давления	
	величина, МПа	продолжительность выдержки, мин	величина, МПа	продолжительность выдержки, мин
1	0,08	20	0,1	20
2	0,08	10	0,1	30
3	0,08	30	0,1	10
4	0,06	20	0,1	20
5	0,06	30	0,1	10

- Достижение величины разряжения (0,08 МПа) контролируется по шкале мановакууметра, а продолжительность стадий – по часам. Для удобства осуществления контроля времени можно воспользоваться таблицей 3.
- В стакане № 3 осуществить пропитку образцов способом *окунания* в течении 40 мин. Образцы удерживать в затопленном состоянии противовсплывной сеткой.

Таблица 3.

**Контроль продолжительности процессов пропитки**

Способ пропитки	Текущее время, час.мин.			
	начало эксперимента	окончание 1-ой стадии	окончание 2-ой стадии	окончание 3-ей стадии
<b>ВАД</b>				-
<b>окунание</b>			-	-

- После завершения процессов пропитки произвести повторное взвешивание образцов, предварительно промакнув их фильтровальной бумагой.
- Образцы спецножом расколоть вдоль волокон в тангенциальной плоскости.
- Плоскости раскола обработать проявителем, который нанести мягкой кистью. По истечении 5... 10 мин на пропитанной части древесины, где присутствует фтор, красная окраска исчезнет и древесина приобретет

первоначальный вид, а непропитанная древесина останется окрашенной.

- С помощью линейки или штангенциркуля определить глубину проникновения антисептика вдоль (с 2-х торцов) и поперек волокон. В таблицу 1 заносят средние значения нескольких соответствующих измерений.
- Провести расчет ожидаемого поглощения абсолютно сухого образца при условии, что вся свободная емкость древесины будет заполнена пропиточным раствором.

### Расчёт ожидаемого поглощения

Свободная емкость сухой древесины ( $E_c$ ) для абсолютно сухого образца № 1 (%):

$$E_c = \frac{1,53 - \rho_{\delta}}{1,53}, \quad (5)$$

где  $1,53$  – плотность вещества клеточных стенок древесины, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_{\delta}$  – базисная плотность древесины, г/м<sup>3</sup>

$$\rho_{\delta} = \frac{m_0}{V_{\max}}, \quad (6)$$

где  $m_0$  - масса абсолютно сухого образца, г (табл. 1);

$V_{\max}$  - объем образца при влажности выше предела гигроскопичности (> 30%), см<sup>3</sup>

$$V_{\max} = abh (1 + 0,3K_{po}) \quad (7)$$

где  $K_{po}$  – коэффициент объемного разбухания (для сосны - 0,51; березы - 0,64; ели - 0,50).

Максимально возможное количество вводимой в образец жидкости  $W_{\max}$

$$W_{\max} = 30 + \frac{1,53 - \rho_o}{1,53\rho_o} 100 \quad (8)$$

где  $W_{max}$  - максимальная влажность, %;

$30$  - влажность при пределе насыщения, %;

$\rho_o$  - плотность древесины в абсолютно сухом состоянии, г/см<sup>3</sup>.

$$\rho_o = \frac{m_0}{V_0}, \quad (9)$$

где  $m_0$  - масса абсолютно сухого образца (табл. 1), г;

$V_o$  - объем абсолютно сухого образца (табл. 1), см<sup>3</sup>.

Количество пропиточного раствора, поглощенного образцом,  $m_p$ , г, рассчитывают по формуле

$$m_p = \frac{W_{max} \cdot m_0}{100} \quad (10)$$

Величину ожидаемого поглощения рассчитывают по формуле 3.

Результаты расчетов сводят в таблицу 4 и сравнивают с опытными данными (табл. 1).

**Таблица 4.**

**Расчет ожидаемого поглощения**

Данные образца №1		Свободная емкость, $E_c, \%$	Максимальные		Масса поглощенного раствора, $m_p, \text{г}$	Ожидаемое поглощение, $P_o, \text{кг/м}^3$
масса, $m_0, \text{г}$	объем, $V_o, \text{см}^3$		объем, $V_{max}, \text{см}^3$	влажность, $W_{max}, \%$		

- Отчет по лабораторной работе оформить индивидуально в соответствии с требованиями ЕСКД, приведя теоретические выкладки, необходимые расчеты и таблицы.
- Определить регламентированные показатели качества для используемых в работе способов пропитки, приведя их в таблице 5, и сравнить их с опытными данными.

Таблица 5.

**Результаты опытов**

№ образца	Способ пропитки	Общее поглощение, кг/м <sup>3</sup>		Глубина*, мм		Равномерность
		факт	норма	факт	норма	

*Примечание:*\* регламентируется глубина пропитки *поперек волокон в тангентальной плоскости.*

- Проанализировать результаты работы, сформулировав выводы и приведя ответы на следующие вопросы:
  1. Какой способ пропитки обеспечивает более высокое качество по совокупности всех показателей? Почему?
  2. Обеспечивается ли регламентируемое качество в изучаемых способах пропитки?
  3. Соответствует ли фактическое поглощение абсолютно сухого образца ожидаемому значению? Почему?
  4. За счет каких движущих сил осуществлялось продвижение фронта жидкости вглубь древесины в изучаемых способах?
  5. Как влияет начальная влажность древесины на качество ее пропитки? Почему?
  6. В результате действия каких факторов возможно отклонение фактических результатов от теоретических предпосылок?

**Библиографический список**

1. Стенина, Е. И. Защита древесины и деревянных конструкций : учебное пособие / Е. И. Стенина, Ю. Б. Левинский ; Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург : УГЛТУ, 2012. - 219 с.
2. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки. [Электронный ресурс] : межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. - М. : Изд-во стандартов, 1993
3. ГОСТ 20022.0-93 Защита древесины. Параметры защищенности.

[Электронный ресурс] : межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. - М. : Изд-во стандартов, 1993

4. ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Классификация. [Электронный ресурс] : межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. - М. : Изд-во стандартов, 1993

5. ГОСТ 20022.7-82 Защита древесины. Автоклавная пропитка водорастворимыми защитными средствами под давлением. [Электронный ресурс] : межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. - М. : Изд-во стандартов, 1982

6. ГОСТ 20022.8-82 Защита древесины. Пропитка способом вакуум-атмосферное давление-вакуум. [Электронный ресурс] : межгос. стандарт / Межгос. техн. комитет по стандартизации. - М. : Изд-во стандартов, 1982