

## Определение выходных параметров при защитной обработке изделий из древесины в упругомеханическом поле

Новиков В.А.<sup>1</sup>

Петрозаводский государственный университет

В статье обосновывается целесообразность применения предлагаемого способа защитной обработки изделий из древесины. Предлагается математическая модель проникновения пропитывающей жидкости в обрабатываемую поверхность изделия. На основе теоретических и экспериментальных исследований делается вывод о факторах, наиболее влияющих на глубину проникновения пропитывающей жидкости.

**Ключевые слова:** защитная обработка древесины, пропитка древесины, математическая модель процесса проникновения пропитывающей жидкости в упругомеханическом поле.

Обеспечение долговечности требуемого уровня заготовок и изделий из древесины на этапе их производства - одно из основных направлений повышения эффективности лесопромышленного комплекса. Увеличение сроков службы изделий из древесины, наряду с существующими способами, также может быть осуществлено при помощи пропитки поверхностного слоя изделий. Причем на практике в большинстве случаев достаточна пропитка только наиболее уязвимых в момент эксплуатации зон - местная пропитка. Существующие способы местной пропитки (капиллярный, диффузионный и др.) малопродуктивны и их применение не отвечает необходимым требованиям.

В связи с этим разработка более производительного и менее энергоёмкого способа местной пропитки с целью защитной обработки заготовок и изделий из древесины в условиях лесопромышленных предприятий представляется весьма актуальной.

С целью обеспечения более высокой производительности и эффективности при местной пропитке древесины, а также экономии пропиточной жидкости предлагается к использованию способ пропитки древесины в упругомеханическом поле (а.с. № 4629369161-15 от 28.07.89.) (рис. 1).

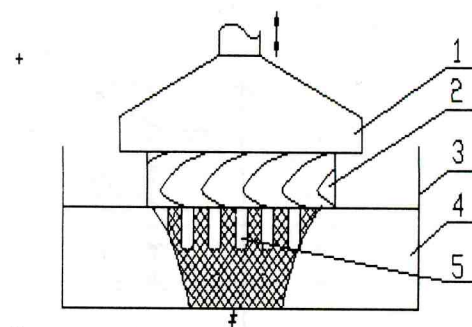


Рис. 1. Схема пропитки при помощи упругого элемента.

1 - толкатель пресса; 2 - пропитываемая деталь; 3 - ванна с пропитывающей жидкостью; 4 - упругий элемент; 5 - тупиковые отверстия.

В основу способа положено перемещение пропиточной жидкости из гидроупругого элемента. Давление в нем создается посредством деформации упругого тела с тупиковыми отверстиями, заполненными пропитывающей жидкостью и имеющими выход в сторону обрабатываемой поверхности. При использовании в качестве упругого элемента эластомеров полиуретановой группы рабочее давление в тупиковых отверстиях может достигать 1000 Кн.

Реализация способа местной пропитки заготовок и изделий из древесины при помощи упругого элемента, на наш взгляд, наиболее эффективна в двух случаях. Во-первых, когда упругий элемент выполнен в форме пластины - прессовый вариант пропитки. В этом случае пропитка идет по всей контактирующей с поверхностью древесины площади; во-вторых, когда упругий элемент с системой тупиковых отверстий выполнен в виде покрытия на вальцах. Пропитка идет по фронту протягивания изделия через вальцы - фронтальный способ.

Остановимся на основных моментах вывода математической модели процесса пропитки древесины в упругомеханическом поле.

На рис.2 представлена схема пропитки единичного участка поверхности древесины в упругомеханическом поле.

С учетом известного положения о том, что интенсивность проникновения пропитывающей жидкости вдоль волокон намного выше, чем поперек волокон, от схемы пропитки (рис.2) перейдем к модели процесса пропитки в упругомеханическом поле (рис.3).

<sup>1</sup> Автор - преподаватель кафедры транспорта леса и геодезии.

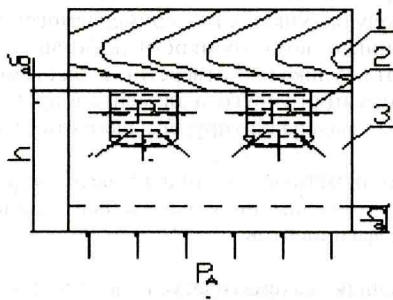


Рис.2. Схема пропитки в упругомеханическом поле.  
1 - пропитываемый материал;  
2 - пропитывающая жидкость; 3 - упругий элемент.

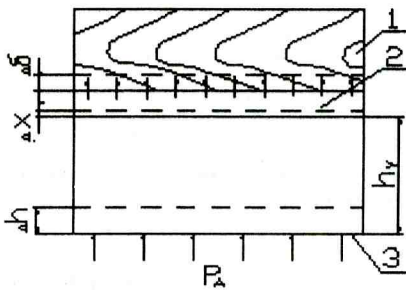


Рис. 3. Модель процесса пропитки в упругомеханическом поле.

На рис.2 и рис.3:  $P_d$  - усилие, прикладываемое к упругому элементу;  $h$  - высота упругого элемента;  $\Delta h$  - величина деформации упругого элемента в результате внешнего давления;  $h_y$  - условная высота упругого элемента в двухслойной системе, принимаемой в модели процесса;  $x$  - условная величина слоя пропитывающей жидкости в двухслойной системе;  $\Delta x$  - условная величина слоя пропитывающей жидкости, перетекшей в поверхностный слой изделия;  $\Delta \delta$  - глубина проникновения пропитывающей жидкости в древесину.

При аналитическом описании процесса проникновения пропитывающей жидкости подразумеваем следующие предварительные условия.

Упругий элемент с системой тупиковых отверстий, заполненных пропитывающей жидкостью, рассматривается как двухслойная система. Скорость движения пропитывающей жидкости в древесине подчиняется известному закону Дарси (1):

$$V = -K \frac{H}{\delta}, \quad (1)$$

где

$K$  - коэффициент фильтрации;

$H$  - величина пьезометрического напора на границе контакта пропитывающей жидкости и поверхности древесины;

$\delta$  - координата глубины проникновения пропитывающей жидкости.

Следует отметить, что при аналитическом описании процесса пропитки принимаем следующие предварительные условия:

- пропитывающая жидкость рассматривается как несжимаемая;
- математическая модель строится для условия, что в процессе пропитки не происходит деформации поверхностного слоя древесины;
- предполагается одномерная деформация упругого элемента.

Все предварительные условия для реального процесса пропитки в упругомеханическом поле корректны, поэтому запишем:

$$P_d = E_y \frac{\Delta h - \Delta x}{h_y}, \quad (2)$$

где

$E_y$  - модуль упругости эластомера.

С учетом того, что:

$$H = \frac{P_d}{\rho \cdot g}, \quad (3)$$

где

$\rho$  - плотность пропитывающей жидкости;

$g$  - ускорение силы тяжести.

Отметим, что:

$$\Delta x = \int_0^t v dt, \quad (4)$$

где

$t$  - время протекания процесса пропитки.

Очевидно, что:

$$\Delta \delta = \frac{\Delta x}{B_w}, \quad (5)$$

где

$B_w$  - коэффициент воздухоемкости древесины.

А также:

$$h_y = h \cdot (1 - G_y), \quad (6)$$

где

$P_u$  - пористость упругого элемента, определяемая из соотношения:

$$G_y = \frac{X}{h}. \quad (7)$$

С учетом вышесказанного формулу (1) можно записать следующим образом:



$$V = - \frac{K \cdot E_y \cdot B_w}{\rho \cdot g} \times \frac{\Delta h - \int_0^t V \cdot dt}{h \cdot (1 - G_y) \left( \int_0^t V \cdot dt - X_0 \right)} \quad (8)$$

где  
 $X_0$  - условная высота сплошного слоя предварительно пропитанной жидкости, которая определяется из условия:

$$X_0 = \delta_0 \cdot B_w \quad (9)$$

Обозначив

$$D = \frac{K \cdot E_y \cdot B_w}{\rho \cdot g \cdot h \cdot (1 - G_y)} \quad (10)$$

и введя в формулу (8) величину степени предварительной деформации упругого элемента ( $A$ ), можно записать:

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{D \cdot \left( (A + X_0) \mp b \cdot t \right)}{Z} \quad (11)$$

где

$$Z = \Delta X + X_0 \quad (12)$$

При решении полученного дифференциального уравнения рассмотрены различные варианты протекания процесса пропитки, которые позволяют определить время пропитки:

$$t = \frac{DX + X_0}{2b} \times \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4b}{D}} \right) \mp \frac{A + X_0}{b} \quad (13)$$

и глубину пропитки:

$$Dd = \frac{2 \left( t b \mp (A + X_0) \right)}{B_w \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4b}{D}} \right)} - \frac{X_0}{B_w} \quad (14)$$

Полученная математическая модель процесса пропитки была проверена на экспериментальной установке. Сравнение выходных параметров пропитки, полученных аналитическим путём и на реальной установке по пропитке древесины в упругомеханическом поле позволило говорить об адекватности математической модели реальному процессу.

При исследовании влияющих на процесс факторов был сделан вывод о наиболее влияющих из них на

процесс. Это: коэффициент проницаемости древесины, модуль упругости применяемого эластомера, коэффициент воздухоёмкости древесины, количество и частота тупиковых отверстий в эластомере, величина деформации упругого элемента в процессе пропитки, время выдержки упругого элемента под нагрузкой.

Следует отметить, что при расчете параметров пропитки необходим индивидуальный подбор значений всех коэффициентов.

Полученная математическая модель позволяет рассчитывать параметры пропитки в зависимости от свойств упругого элемента, характера его деформации, характеристик состояния древесины и пропитываемой жидкости. Кроме того имеется возможность решать различного рода оптимизационные и вариационные задачи.

Используя математическую модель, необходимо учитывать, что:

- максимальная степень нагружения упругого элемента не должна превышать критических значений, при которых происходит разрушение либо упругого элемента, либо пропитываемой поверхности;
- при расчете количества жидкости, вошедшей в древесину за один цикл пропитки, ее объем не может быть больше, чем суммарный объем тупиковых отверстий;
- предварительно пропитанную жидкость (предыдущие циклы, другие виды пропитки) в математической модели следует учитывать с помощью специального коэффициента.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение предлагаемого способа, имеющего более высокие показатели в защитной обработке поверхности заготовок и изделий из древесины по сравнению с традиционно применяемыми в промышленности, представляется целесообразным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оснач Н.А. Проницаемость и проводимость древесины. М., 1964. 128с.
2. Базаров С.М., Евдокимов Л.И., Новиков В.А. К вопросу пропитки древесины в упругомеханическом поле / ЛЛТА. Л., 1990. 13с.