

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЖИДКОСТЯМИ

Леонович О.К., канд. техн. наук, заведующий НИЛ ОСКиМ (БГТУ)

В статье изложены теоретические основы пропитки древесины жидкостями и расчет продолжительности пропитки древесины сосны в зависимости от свойств древесины и пропиточного состава. Исследована зависимость продолжительности пропитки образца сосны от относительного привеса. Построена номограмма определения продолжительности процесса пропитки в зависимости от половины толщины образца и необходимого относительного привеса при определенном давлении и температуре пропиточного раствора.

In article theoretical bases of impregnation of wood by liquids and calculation of duration of impregnation of wood of a pine depending on properties of wood and structure are stated. Duration of impregnation of the sample of a pine from a relative additional weight is investigated. It is constructed nomogram definitions of duration of process of impregnation from half of thickness of the sample and a necessary relative additional weight at certain pressure and temperature a solution.

Введение. Анализ исследований в области проницаемости древесины газами и жидкостями достаточно проанализирован в предыдущих работах автора [1, 2]. В работе проанализированы основы теории проницаемости древесины жидкостями и теоретического расчета продолжительности пропитки и необходимого привеса с учетом особенностей строения древесины и гидрофильной жидкости. Целью работы является разработка оперативного метода расчета технологических параметров пропитки древесины при изменении параметров пропиточных составов.

Основная часть. Объектом исследования являются деревянные опоры линий связи и электропередачи из древесины хвойных пород с влажностью 25%. Диаметр опор 22 см, длина 6,5–11 м. Расчет коэффициентов проницаемости и поверхностного сопротивления и сопротивления в материале проведен аналогично методике, изложенной в работах [1, 2].

В исследованиях проницаемости древесины при фильтрации жидкости необходимо учитывать, потери давления не только внутри материала, но и на входной и выходной поверхностях. С учетом этого перепад давления на образце длиной δ равен:

$$P_1 - P_2 = \Delta P_{вх} + \Delta P_{вых} + \Delta P_{мат}, \quad (1)$$

а на образце длиной 2δ :

$$P'_1 - P'_2 = \Delta P'_{вх} + \Delta P'_{вых} + \Delta P'_{мат} \quad (2)$$

где P_1 и P_2 , P'_1 и P'_2 – давление на входе и выходе соответственно длиной δ и 2δ

$\Delta P_{вх}$, $\Delta P_{вых}$ и $\Delta P'_{вх}$, $\Delta P'_{вых}$ – потери давления на входе и выходе образцов δ и 2δ ;

$\Delta P_{мат}$ и $\Delta P'_{мат}$ – потери давления в материале соответственно образцов δ и 2δ .

Перепад давления на образцах двух длин подбирается таким образом, чтобы расход жидкости практически был одинаковым. Ввиду трудности достижения одинакового расхода в экспериментальных условиях, возможно существование различия между расходами. Обозначим эти различия коэффициентом:

$$\alpha = \frac{q_m}{q'_m} = \frac{\tau_2}{\tau_1}, \quad (3)$$

где q'_m , q_m – расход жидкости на образцах длиной δ и 2δ , соответственно; τ_1 и τ_2 – время фильтрации жидкости определенного объема через образец длиной δ и 2δ , соответственно.

Учитывая, что жидкость является практически несжимаемой, положим:

$$\Delta P_{вх} = \Delta P'_{вх}; \quad \Delta P_{вых} = \Delta P'_{вых}, \quad (4)$$

По теории гидродинамики, потери давления на местном сопротивлении

$$\Delta P_{вх} = \xi_{\pi} \frac{q_m^2}{2\rho}, \quad (5)$$

где ξ_{π} – коэффициент поверхностного сопротивления; ρ – плотность жидкости раствора; q_m – удельный массовый поток жидкости через образец:

$$\Delta P'_{вх} = \xi_{\pi} \frac{q_m^2}{2\rho} = \xi_{\pi} \left(\frac{q_m}{\alpha}\right)^2 \cdot \frac{1}{2\rho} = \frac{\xi_{\pi} q_m^2}{2\rho} \cdot \frac{1}{\alpha^2} \quad (6)$$

$$\Delta P'_{вх} = \frac{1}{\alpha^2} \Delta P_{вх} \quad (7)$$

Принимаем, что фильтрация жидкости через древесину подчиняется закону Дарси.

Массовый расход фильтрующей жидкости

$$Q_m = -\frac{k}{v} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} \quad (8)$$

или

$$Q_m = -\frac{k}{v} \cdot \frac{\partial P_m}{\delta}, \quad (9)$$

где v – кинематическая вязкость жидкости, m^2/c ; K – коэффициент проницаемости, m^2 .

Отсюда для образца длиной δ

$$\Delta P_{мат} = \frac{v q_m \delta}{k}, \quad (10)$$

где δ – толщина образца; а для образца длиной 2δ

$$\Delta P'_{мат} = \frac{v q'_m 2\delta}{k}. \quad (11)$$

Следовательно из (3), (10) и (11) получим

$$\Delta P'_{мат} = \frac{2}{\alpha} \Delta P_{мат}. \quad (12)$$

Преобразуем уравнения (1) и (2)

$$P_1 - P_2 = 2\Delta P_{вх} + \Delta P_{мат}; \quad (13)$$

$$P'_1 - P'_2 = 2\Delta P'_{вх} + \Delta P'_{мат}. \quad (14)$$

Рассмотрим систему уравнений (13) и (14).

Умножим уравнение (14) на α^2 , вычтем из полученного уравнения (13) и получим выражение:

$$\alpha^2 (P'_1 - P'_2) - (P_1 - P_2) = 2\Delta P'_{вх} \alpha^2 + \Delta P'_{мат} \alpha^2 - 2\Delta P_{вх} - \Delta P_{мат}. \quad (15)$$

Подставим в уравнение (15) выражение (7), (12) и, проведя преобразования, получим:

$$\Delta P_{мат} = \frac{\alpha^2 (P'_1 - P'_2) - (P_1 - P_2)}{2\alpha - 1}. \quad (16)$$

Из 13 следует, что $\Delta P_{вх}$ равно:

$$\Delta P_{вх} = \frac{P_1 - P_2 - \Delta P_{мат}}{2}. \quad (17)$$

Подставив в (17) выражение (16) и проведя соответствующие преобразования, получим:

$$\Delta P_{вх} = \frac{\alpha}{2} \left[\frac{2(P_1 - P_2) - \alpha(P'_1 - P'_2)}{2\alpha - 1} \right]. \quad (18)$$

Из закона Дарси, коэффициент проницаемости

$$K = \frac{q_m \delta}{\Delta P_{мат}}. \quad (19)$$

В соответствии с теорией гидродинамики, потери давления на входной или выходной поверхностях определяется из уравнения (5):

$$\Delta P_{вх} = \xi_{\pi} \frac{q_m^2}{2\rho}.$$

Отсюда

$$\xi_{\text{пл}} = \frac{2\mu\delta}{RTq_m^2}, \quad (20)$$

где

$$q_m = \frac{\rho v}{\delta \tau}. \quad (21)$$

Коэффициенты проницаемости K (19) и поверхностного сопротивления $\xi_{\text{пл}}$ (20) определяются с применением методов статической обработки.

Однако, эта методика требует тщательного подбора одинаковых расходов на двух толщинах образцов, и поэтому допускается приближенный расчет с использованием вспомогательного коэффициента по формуле (3). Для упрощения методики исследований предложено коэффициент фильтрации и поверхностного сопротивления рассчитывать при измерении на данном перепаде давления, объема и времени фильтрации жидкости.

С учетом того, что перепад давления на образце состоит из потери давления на входной и выходной поверхности, и в материале (1), потери давления на входной поверхности будут прямо пропорциональны коэффициенту поверхностного сопротивления, квадрату массового расхода воздуха и обратно пропорциональны удвоенной плотности жидкости (5). Полагая на входной и выходной поверхностях потери давления равными, выразим их следующим образом:

$$\Delta P_{\text{вх}} + \Delta P_{\text{вых}} = 2\xi_{\text{пл}} \frac{q_m^2}{\rho} = \xi_{\text{пл}} \frac{q_m^2}{\rho}, \quad (22)$$

Потери давления в материале определим в соответствии с законом Дарси (10). Подставляя (21) и (9) в (1), получим:

$$P_1 - P_2 = 2\xi_{\text{пл}} \frac{q_m^2}{\rho} + \frac{v_p \delta q_m}{\kappa}. \quad (23)$$

Для определения коэффициентов проницаемости K и поверхностного сопротивления ξ рассмотрим уравнение (23) при двух различных перепадах давления на образце и, следовательно, различных удельных массовых потоках жидкости при прохождении ее через образец:

$$(P_1 - P_2)_1 = \xi_{\text{пл}} \frac{q_{m1}^2}{\rho} + \frac{v_p \delta q_{m1}}{\kappa}. \quad (24)$$

$$(P_1 - P_2)_2 = \xi_{\text{пл}} \frac{q_{m2}^2}{\rho} + \frac{v_p \delta q_{m2}}{\kappa}. \quad (25)$$

Умножив уравнение (24) на $v \delta q_{m2}$, уравнение (25) на $v \delta q_{m1}$, вычтя из уравнения (24) уравнение (25), определим коэффициент проницаемости:

$$K = \frac{v_p \delta q_{m1} q_{m2} (q_{m1} - q_{m2})}{(P_1 - P_2)_2 q_{m1}^2 - (P_1 - P_2)_1 q_{m2}^2}. \quad (27)$$

И поверхностного сопротивления

$$\xi_{\text{пл}} = \frac{\rho}{q_{m1} q_{m2}} \cdot \frac{(P_1 - P_2)_1 q_{m2} - (P_1 - P_2)_2 q_{m1}}{q_{m1} - q_{m2}}. \quad (28)$$

Определение продолжительности пропитки и необходимого привеса проведены с учетом вязкости, температуры пропиточных составов их поверхностного натяжения, угла смачивания, особенностей анатомического строения древесины, ее влажности и температуры, гидротермического сопротивления поверхностного слоя, трения в капиллярах древесины при помощи дифференциального уравнения пропитки [1, 2].

$$-\rho(\delta - x) \frac{d^2 x}{d\tau^2} = P_c - \left(\frac{\xi}{2} + 1\right) \rho \left(\frac{dx}{d\tau}\right)^2 + \frac{\gamma(\delta - x)\rho}{\kappa} \frac{dx}{d\tau} + \frac{2\sigma_n \sqrt{\rho \cos \theta}}{\sqrt{8\kappa}} - \frac{\delta}{x} P_0 \quad (29)$$

При решении этого дифференциального уравнения численно на ЭВМ относительно времени и глубины пропитки ($\delta - x$), определяются важнейшие технологические параметры процесса пропитки древесины гидрофобными жидкостями.

С учетом ответвления части потока в полости клеток и пор это уравнение будет иметь вид:

$$\rho_{\text{ж}} \frac{d}{d\tau} \left[(\delta - x) \frac{d(\delta - x)}{d\tau} \right] = P_c + P_{\kappa} - \frac{\xi \rho_{\text{ж}}}{2} \left(\frac{dx}{d\tau}\right)^2 - \xi q_{m2} \frac{dx}{d\tau} - \frac{\xi}{2\rho_{\text{ж}}} q_{m2}^2 + \frac{\gamma \rho_{\text{ж}} (\delta - x)}{\kappa} \left(\frac{dx}{d\tau}\right) - \frac{\gamma}{\kappa} \int_{\delta}^x q_{m2} dx - \frac{P_0 \delta}{x} \quad (30)$$

Из уравнения пропитки древесины при заполнении сосудов, полостей клеток и пор, пренебрегая второй производной скорости движения жидкости по сосудам $\frac{d^2 x}{d\tau^2}$, выведем следующее уравнение относительно скорости движения

$$\frac{dx}{d\tau} = \left[\frac{\gamma(\delta - x)}{2\kappa \left(1 + \frac{\xi}{2}\right)} - \sqrt{\left[\frac{\gamma(\delta - x)}{2\kappa \left(1 + \frac{\xi}{2}\right)} \right]^2 + \frac{P_c P_{\kappa} P_0 \delta}{\rho_{\text{ж}} \left(1 + \frac{\xi}{2}\right)}} \right]. \quad (31)$$

Решение дифференциального уравнения (30) численными методами при заданной определенной величине относительного привеса образца позволит рассчитать параметры для построения номограммы продолжительности процесса пропитки в зависимости от $\frac{1}{2}$ длины образца и необходимого относительного привеса. Для исследования процесса пропитки древесины сложнейшего капиллярно-пористого тела, необходимо изучить важнейшие факторы, влияющие на качество пропитки – вязкость и температуру пропитывающих составов, их поверхностное натяжение и угол смачивания, особенности анатомического строения древесины, ее влажность и температуру, гидродинамическое сопротивление поверхностного слоя, трение в капиллярах древесины.

Исследована зависимость кинематической вязкости гидрофобного защитного состава с 6% ГМТА от температуры. При температуре 20 °С она составляла $94 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, при 50 °С – $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, причем в области 40–60 °С влияние температуры уменьшилось, так при 50 °С она была равна $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, т. е. дальнейший подъем температуры не понижает вязкость. В тех же пределах температур исследована зависимость пропитки древесины от температуры. Образцы диаметром 36 мм и длиной 15 мм пропитывались способом вакуум-давление атмосферное, соответственно 0,085–1,000 МПа в течение 120 мин в установке с поплавковой системой, позволяющей определить количество поглощенного раствора по глубине погружения поплавка.

$$P_1 + P_2 + P_3 = P, \quad (32)$$

где P_2 – масса жидкости, вытесненной поплавком; P_1 – масса верхнего объемера; P_3 – масса образца древесины; V_1, V_2, V_3 – их объемы; V – объем жидкости, вытесненной поплавком, тогда:

$$P = V d_{\tau} \quad (33)$$

$$d_{\tau} = \text{плотность жидкости при данной температуре}$$

$$V = V_1 + k V_2 + V_3, \quad (34)$$

где k – коэффициент, который показывает верхнюю часть поплавка при погружении в жидкость;

$$P = (V_1 + k V_2 + V_3) d_{\tau}; \quad (35)$$

$$P_3 = V_3 d_w \quad (36)$$

$$d_w = \text{плотность древесины.}$$

$$V_1 d_{\tau} = P - V_3 d_w - k V_2 d_{\tau}; \quad (37)$$

$V_3 d_{\tau} = P - V_1 d_{\tau}$ при $K=0$, поплавок плавает, верхняя часть не погружена вообще.

$$V_3 d_{\tau} = P - V_1 d_{\tau} - k 0,2 V_3 d_w, \text{ при } K=0,2 \quad (38)$$

Процент пропитки образца P_{κ} с учетом кинетики разбухания по изменению D_{κ}, D_n , соответственно конечного и начального диаметров образцов:

$$P_{\kappa} = \frac{V_n + \frac{\pi D_n^2 - \pi D_{\kappa}^2}{4} l}{P_0} \cdot 100, \quad (39)$$

V_n – объем погружения поплавка к моменту испытания; P_0 – исходная масса древесины.

Исходя из расчета, по формуле (38), построена зависимость пропитки древесины гидрофобной жидкостью, содержащей 6% ГМТА, от температуры, установлено, что при температуре 40–50 °С достигается наибольшая эффективная

пропитка, причем основное поглощение значительно замедляется, особенно это характерно для составов с температурой 40–50 °С. Так, за 60 мин при температуре 40 °С древесина поглотила 18,75 г состава при объеме образца 0,00031 м³ или 61,4 кг/м³, а при 20 °С этот же образец поглотил 8,5 г или 62,2 кг/м³ древесины, т. е. практически одинаковое количество, как и при 40 °С.

Наиболее низкую вязкость и высокую пропитываемость имеет состав фенольная смола с 6% ГМТА при температуре 50 °С, которая в дальнейшем и выбрана за оптимальную.

Исследованы коэффициенты проницаемости и поверхностного сопротивления заболони сосны в радиальном направлении при фильтрации через нее пропитывающего состава, содержащего гидрофобной жидкости 94 % масс., ГМТА – 6 % масс.

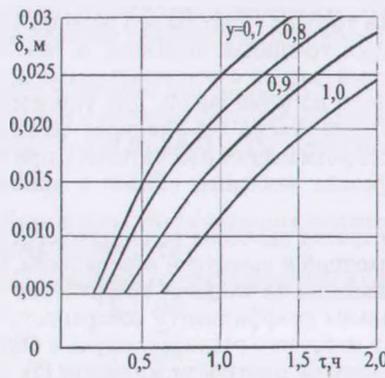
Исследованы параметры пропиточного состава свойств древесины, коэффициентов проницаемости и поверхностного сопротивления в радиальном направлении и другие параметры, необходимые для расчета продолжительности пропитки по заданной глубине пропитки и привесу образца. Исследования проведены на образцах древесины сосны диаметром 22 см с толщиной заболони 30 мм плотностью 470 кг/м³. Поверхностное натяжение, косинус угла смачивания определяли при температуре 50 °С. Расчеты относительного привеса u и u_2 рассчитывали на образцах с изолированными торцами. Коэффициенты проницаемости рассчитаны по трем прямолинейным участкам, обозначенным К1, К2, К3. Привес $u = 0,7–0,8$ показывает, что для данного состава возможно определить время пропитки на другую глубину при заданных относительных привесах (Рисунок).

Номограмма определения продолжительности пропитки от половины толщины образца δ и необходимого привеса образца u при давлении среды 0,8 МПа.

Заключение. 1. Рассчитаны коэффициенты проницаемости и сопротивления заболони древесины сосны при фильтрации через них гидрофобной жидкости.

2. По дифференциальному уравнению определена продолжительность пропитки относительно времени и привеса гидрофобной жидкости

3. Построена номограмма для определения продолжительности пропитки древесины от половины толщины образца и необходимого относительного привеса образца.



Литература

1. Леонович, О.К. Проницаемость древесины газами и жидкостями в технологическом процессе модификации древесины столбов линий связи и электропередачи // Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. Науч.-техн. конф., Минск, 10-15 июля 1985. – С. 181–183.

2. Леонович, О.К. Технология производства модифицированной древесины для опор линий связи и электропередачи: дис. ... канд. техн. наук: 05. 21. 05/ О. К. Леонович. – Минск, 1988. – 345 л.

Поступила в редакцию 20.02.2013 г.

УДК 674.04

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕРЕВЯННЫХ ДВЕРНЫХ БЛОКОВ

С.А. Прохорчик, кандидат технических наук, доцент (БГТУ); С.С. Гайдук, ассистент (БГТУ)

В результате научно-исследовательской работы был произведен подбор клеевых рецептур на основе поливинилацетатной дисперсии и карбамидоформальдегидного клея, определена степень водостойкости полученных клеевых композиций и твердость. Разработана методика по определению прочности склеивания стеклянных филенок с рамкой из древесных материалов и определены прочностные показатели.

As a result of the research work was carried out the selection of adhesive formulations based on polyvinyl acetate dispersions and urea-formaldehyde glue, the degree of water resistance obtained adhesive compositions and hardness. A technique to determine the bond strength of glass panels with a wood frame and determined strength properties.

Введение. В настоящее время для изготовления дверных блоков используются разнообразные конструкционные материалы: древесина и древесные материалы, поливинилхлорид, различные металлы, стекло.

По данным национального статистического комитета РБ в 2010 г. было изготовлено 2142640,7 м² дверных блоков из древесины и древесных материалов и порядка 239418 м² дверных блоков из поливинилхлорида. Как показывают эти данные, потребитель выбирает дверные блоки в большей степени из натуральных материалов, что особенно будет характерно для межкомнатных дверей.

При анализе новых конструкций межкомнатных дверей обращает на себя внимание использование при их изготовлении комбинации таких материалов, как древесина и стекло. Конструкция подобной двери представлена на рис. 1.

В процессе производства такой двери важным технологическим подходом является правильный выбор клеевой композиции для крепления стекла к стоевым брускам дверного полотна, соединение осуществляется в паз

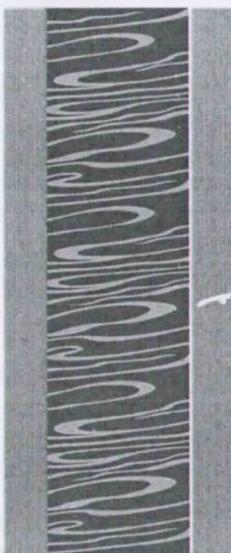


Рис. 1. Деревянная дверь со стеклянной филенкой

на клею. Правильность выбора клея будет являться критерием безопасности эксплуатации такой дверной конструкции. В связи с этим актуальным становится вопрос по выбору клеевой композиции.

Дверные блоки, изготавливаемые из массивной древесины, в целях обеспечения формоустойчивости полотна, повышения прочности и долговечности их делают клееными как по длине (путем сращивания), так и по ширине.

Качество клееных деревянных конструкций во многом будут определяться применяемым клеем. Производители дверных блоков стремятся использовать клей по группе водостойкости соответствующие согласно DIN EN 204 D3 [1]. В основном для этих целей используются клеи на основе поливинилацетатных дисперсий и карбамидоформальдегидные.

Как показывает практика многие поливинилацетатные клеи, не удовлетворяют заявленным показателям по группе водостойкости D3. В большей степени данной группе будут соответствовать карбамидоформальдегидные клеи. Но в производственных условиях было отмечено, что при обработке клееных деревянных элементов наблюдается повышенный износ режущего инструмента, что будет связано с более высокими физико-механическими свойствами (модуль