

ПРОЧНОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЖАТИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН.

Научно-технический прогресс требует создания новых высокопрочных материалов, одним из которых является модифицированная древесина. При модификации древесины различными наполнителями важно знать заранее, хотя бы с некоторой достоверностью, какими прочностными характеристиками будет обладать полученный композиционный материал.

В данной работе сделана попытка определить прочность модифицированной древесины при сжатии вдоль волокон, зная прочностные свойства исходных материалов.

Модифицированная древесина при сжатии вдоль волокон рассматривалась как материал, состоящий из параллельно расположенных стержней наполнителя и древесного вещества. При такой схеме работы напряжения распределяются между наполнителем и древесным веществом пропорционально их модулям продольной упругости. При постепенном увеличении сжимающей силы напряжение в одном из компонентов достигает предела прочности. Это еще не означает, что наступит момент разрушения композиции, так как в другом компоненте напряжение не достигло предела прочности и дальнейшее увеличение нагрузки будет восприниматься этим компонентом

Допустим, что напряжение в древесном веществе раньше, чем в наполнителе, достигло предела прочности. Сила, воспринимаемая древесным веществом, при этом будет равна

$$N_0 = \sigma_{в(о)} \cdot F_0, \quad (1)$$

где $\sigma_{в(о)}$ — предел прочности древесного вещества при сжатии вдоль волокон.

F_0 — площадь поперечного сечения древесного вещества.

Сила, приходящаяся на наполнитель, равна

$$N_n = P - N_0 = P - \sigma_{в(о)} \cdot F_0, \quad (2)$$

где P — нагрузка на образец.

Разрушение образца модифицированной древесины произойдет тогда, когда напряжение и в наполнителе достигнет предела прочности, т. е.

$$\frac{N_n}{F_n} \geq \sigma_{в(н)} \quad (3)$$

Решая совместно уравнения (2) и (3), найдем то значение сжимающей нагрузки, при которой будет разрушаться образец.

$$P = \sigma_{в(о)} \cdot F_0 + \sigma_{в(н)} \cdot F_n. \quad (4)$$

Отсюда легко определить предел прочности композиции:

$$\sigma_{в}^* = \sigma_{в(о)} \frac{F_0}{F} + \sigma_{в(н)} \frac{F_n}{F}, \quad (5)$$

где $F = F^*$ — площадь поперечного сечения образца модифицированной древесины.

Разбухание древесины при модификации наполнителем, не проникающими в клетку, здесь не учитывается.

В формуле (5) заменим предел прочности древесного вещества через предел прочности натуральной древесины, исходя из соотношения

$$\sigma_{в(о)} \cdot F_0 = \sigma_{в} \cdot F. \quad (6)$$

Тогда получим

$$\sigma_{в}^* = \sigma_{в} + \sigma_{в(н)} \frac{F_{н}}{F}, \quad (7)$$

где $\sigma_{в}$ — предел прочности натуральной древесины при сжатии вдоль волокон.

Отношение $\frac{F_{н}}{F} = \frac{V_{н}}{V}$ представляет собой объемное содержание наполнителя в древесине по отношению ко всему объему композиции и может быть выражено через пористость древесины и коэффициент качества пропитки [1]:

$$\frac{F_{н}}{F} = km_{п}, \quad (8)$$

где k — коэффициент качества пропитки [2],

$m_{п}$ — пористость древесины.

С учетом выражения (8) уравнение (7) переписывается следующим образом:

$$\sigma_{в}^* = \sigma_{в} + km_{п} \sigma_{в(н)}. \quad (9)$$

Нами были проведены экспериментальные исследования прочности при сжатии вдоль волокон древесины березы, модифицированной стиролом и сплавом металлов (свинец, олово, кадмий). Параллельно определялась прочность натуральной древесины и модифицирующих агентов.

Результаты статистической обработки опытных данных по испытанию натуральной древесины ($W=0\%$) и наполнителей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний натуральной древесины и наполнителей

Материал	Статистические показатели					
	n	$M, \text{ кг/см}^2$	$\sigma, \text{ кг/см}^2$	$m, \text{ кг/см}^2$	$v, \%$	$P, \%$
Натуральная древесина	12	1070	42,7	12,34	3,99	1,15
Стирол	9	720	81,4	27,13	11,30	3,76
Сплав металлов	12	505	57,5	16,62	11,38	3,29

Образцы натуральной и модифицированной древесины изготавливались размером $20 \times 20 \times 30$ мм (последний размер вдоль волокон). Испытания проводились на машине УММ-10. Перед испытанием образцы модифицированной древесины выдерживались в лабораторных условиях.

Так как коэффициенты качества пропитки у испытываемых образцов были разными, то и их влажность при одинаковых ус-

ловиях хранения к моменту испытания оказались различной. Это обстоятельство сказалось на прочности образцов модифицированной древесины.

С целью получения возможности сравнить результаты вычисления предела прочности модифицированной древесины по формуле (9) и полученные опытным путем было признано необходимым определить пределы прочности натуральной древесины (σ_w) при влажности, равной влажности образца модифицированной древесины в момент испытания. Для этого определялась влажность каждого образца модифицированной древесины [3]. Пределы прочности натуральной древесины при различной влажности вычислены по известной формуле (ГОСТ 11492-65, 8) при $t=20^\circ\text{C}$. Предварительно по пределу прочности натуральной древесины при $W=0\%$ был найден предел прочности при $W=15\%$, оказавшийся равный 498 кг/см^2 .

В табл. 2 приведены результаты вычислений пределов прочности модифицированной древесины по формуле (9) и данные опытов.

Таблица 2

Пределы прочности модифицированной древесины

к	W, %	K'_w	$\sigma_w \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	$\sigma^*_{в(теор.)}$	$\sigma^*_{в(опыт)}$	δ
1	2	3	4	5	6	7

Пропитка стиролом

0,749	3,6	0,525	950	1277	1408	— 9,3
0,746	3,6	0,525	950	1276	1387	— 8,0
0,529	4,5	0,547	911	1142	1249	— 8,6
0,695	3,8	0,532	937	1240	1394	—11,0
0,713	3,7	0,527	945	1257	1408	—10,7
0,697	3,8	0,532	937	1241	1520	—18,4
0,689	3,8	0,532	937	1238	1413	—12,4
0,570	4,4	0,545	914	1163	1290	— 9,8

Пропитка сплавом металлов

0,525	4,5	0,547	911	1072	1296	—17,3
0,812	3,3	0,517	864	1213	1435	—15,5
0,500	4,6	0,550	906	1059	1232	—14,0
0,568	4,4	0,545	914	1088	1242	—12,4
0,521	4,6	0,550	906	1065	1272	—16,3
0,716	3,7	0,527	945	1164	1379	—15,6
0,527	4,5	0,547	911	1072	1291	—16,9
0,795	3,4	0,520	959	1202	1412	—14,9
0,512	4,6	0,550	906	1063	1245	—14,6
0,498	4,6	0,550	906	1058	1200	—11,8

Примечание: K'_w — пересчетный коэффициент на влажность.

$$\delta = \frac{\sigma^*_{в(теор.)} - \sigma^*_{в(опыт)}}{\sigma^*_{в(опыт)}} \cdot 100\%$$

Сравнение теоретических и опытных значений пределов прочности композиции показывает, что вычисленные по формуле (9)

значения несколько занижены по сравнению с опытными данными. Получение таких результатов ожидалось, так как при выводе формулы (9) была принята упрощенная расчетная модель без учета увеличения прочностных свойств композиционного материала за счет того, что часть стенок клеток, граничащих с полостями, заполненными модифицирующими агентами, не будет терять устойчивость.

Количество стенок клеток, не теряющих устойчивость, зависит от коэффициента качества пропитки.

$$\beta = \varphi(k),$$

где β — часть стенок клеток, не теряющих устойчивость.

Предел прочности древесного вещества при отсутствии потери устойчивости обозначим через $\sigma_{в(0)}^1$.

Тогда оставшая часть $(1 - \beta)$ древесного вещества будет терять устойчивость и предельное состояние этих клеток наступит тогда, когда напряжение в них достигнет величины $\sigma_{в(0)}$. Сила, воспринимаемая этими клетками, будет равна

$$N_{о(1)} = \sigma_{в(0)} (1 - \beta) F_0. \quad (10)$$

Оставшая часть (β) древесного вещества будет воспринимать нагрузку до тех пор, пока напряжение в стенках клеток не достигнет величины $\sigma_{в(0)}^1$. Нагрузка, воспринимаемая этой частью древесного вещества, равна

$$N_{о(2)} = \sigma_{в(0)}^1 \beta F_0. \quad (11)$$

Суммарная нагрузка, воспринимаемая древесным веществом,

$$N_0 = N_{о(1)} + N_{о(2)}. \quad (12)$$

Учитывая выражения (2—8), получим предел прочности композиции

$$\sigma_{в}^* = \sigma_{в} + \varphi(k) \cdot (\sigma_{в}^1 - \sigma_{в}) + \varphi(k) \cdot m_{п} \sigma_{в(н)}. \quad (13)$$

В первом приближении можно применять $\varphi(k) = k$. Более точно зависимость $\beta = \varphi(k)$ может быть определена методами математической статистики.

Большие трудности вызывает определение $\sigma_{в}^1$, т. е. предела прочности натуральной древесины при сжатии вдоль волокон в предположении отсутствия потери устойчивости стенок клеток. Эта величина нами не определялась, поэтому сравнение экспериментальных результатов с теоретическими проведено только по формуле (9).

Несмотря на некоторые расхождения теоретических и опытных результатов, полученная формула (9) дает возможность прогнозировать прочность древесины, модифицированной различными наполнителями, не проникающими в клеточные стенки.

Литература

- [1] С. С. Макаревич, Д. И. Любецкий. Определение модуля упругости модифицированной древесины при сжатии. (В этом сборнике.). [2] В. Е. Вихров, С. И. Карпович. Оценка качества пропитки древесины жидкостями. «Деревообр. пром.», 1971, № 5. [3] Д. И. Любецкий, С. С. Макаревич, Г. М. Хвесько. К вопросу влажности модифицированной древесины. (В этом сборнике.).