

# Электронный архив УГЛТУ

Таким образом, проведенные технические расчеты, расчеты затрат на материалы (без учета всех производственных затрат на изготовление, табл. 2) и экспериментальная проверка показали возможность замены цветных металлов (в частности бронзы) на полимерные композиционные материалы, в том числе и массы древесные прессовочные. Для повышения прочности втулок из МДП необходимо их модифицировать, вводя в состав усиливающие наполнители. С этой точки зрения перспективным материалом для изготовления резьбовых втулок должны быть МДП с комбинированным наполнителем, содержащие, например, до 20 % стекловолоконного наполнителя [3].

## Литература

1. *Агапчев В.И., Виноградов Д.А., Мартяшева В.А.* Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов: Учеб. пособие. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - 74 с.
2. *Древесные композиционные материалы в машиностроении: Справочник/ А. И. Вигдорovich, Г.В. Сагалаев, А.А. Поздняков.* 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1991. - 240 с.
3. *Белый В.А., Врублевская В.И., Купчинов Б.И.* Древесно-полимерные конструкционные материалы и изделия. - Минск: Наука и техника, 1980. - 280 с.

УДК 674.81

**А.В. Артёмов, В.Г. Бурындин,  
В.Г. Дедюхин, В.В. Глухих**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ЗАВИСИМОСТЬ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ОТ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСНОГО ПЛАСТИКА БЕЗ СВЯЗУЮЩЕГО (ДП-БС)**

**Показано, что водопоглощение и прочность при изгибе древесного пластика сильно зависят от его плотности. Найдены математические уравнения зависимостей, позволяющие привести значения показателей к одинаковой плотности.**

Свойства древесных пластиков как на основе связующих, так и без связующих, существенно зависят от плотности пластика. Как правило, с повышением плотности свойства пластиков улучшаются.

Зависимость прочности при изгибе от плотности пластика важна, особенно при проведении исследовательских работ, так как не удается получить

пластики с одинаковой плотностью. Поэтому при сравнении различных партий и образцов по прочности на изгиб (или другого физико-механического показателя) необходимо учитывать их плотность, приводя этот показатель к одинаковой плотности.

В литературе имеются сведения о взаимосвязи свойств древесностружечных плит (ДСтП) и их плотности. В работе [1, с.68] по результатам испытаний, проведенных на трех заводах по изготовлению ДСтП, полученных в течение двух лет, найдены зависимости между плотностью и прочностью при изгибе, прочностью при растяжении перпендикулярно пласти и разбуханием. Всего проанализировано 198 производственных партий плит марки П-А.

В работе [2] проведен анализ данных шести заводов и получены закономерности изменения свойств ДСтП от их плотности. Эти закономерности в диапазоне плотностей  $650-800 \text{ кг/м}^3$  приняты в виде прямых и соответствующих уравнений зависимости свойств (прочность при изгибе, прочность при растяжении перпендикулярно пласти, выделение формальдегида, водопоглощение и разбухание) от плотности.

В работе [3] показана зависимость показателей горючести от плотности массы древесной прессовочной (МДП). Так, например, с увеличением плотности МДП с  $700$  до  $1100 \text{ кг/м}^3$  время зажигания увеличилось с  $60$  до  $160$  с.

На рис. 1 (прямая 1) приведена зависимость прочности при изгибе от плотности, которая описывается уравнением

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,0521\rho - A, \quad (1)$$

где  $A=18,4$  – для ДСтП.

Для приведения прочности, например к плотности  $700 \text{ кг/м}^3$ , можно воспользоваться уравнением

$$\sigma_{700} = \sigma_0 - 0,0521(\rho_0 - 700), \quad (2)$$

где  $\sigma_0$  и  $\rho_0$  – прочность и плотность опытной партии.

В работе [4, с.22] дана формула для приведения прочности при изгибе к плотности  $700 \text{ кг/м}^3$  для ДСтП, изготовленных из специальной стружки (формула применима для плотностей от  $500$  до  $900 \text{ кг/м}^3$ ):

$$\sigma_{700} = \sigma_0 / (0,0036\rho - 1,5). \quad (3)$$

Зависимости прочности при изгибе от плотности ДСтП, изготовленных из специальной стружки и стружки отходов, выражаются соответственно следующими формулами

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,065 \rho - B \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 0,0425 \rho - C, \quad (5)$$

где  $B = 23,2$ ;  $C = 17,9$ .

Зависимости, описываемые уравнениями (4) и (5), показаны на рис. 1 прямыми 2 и 3 соответственно.

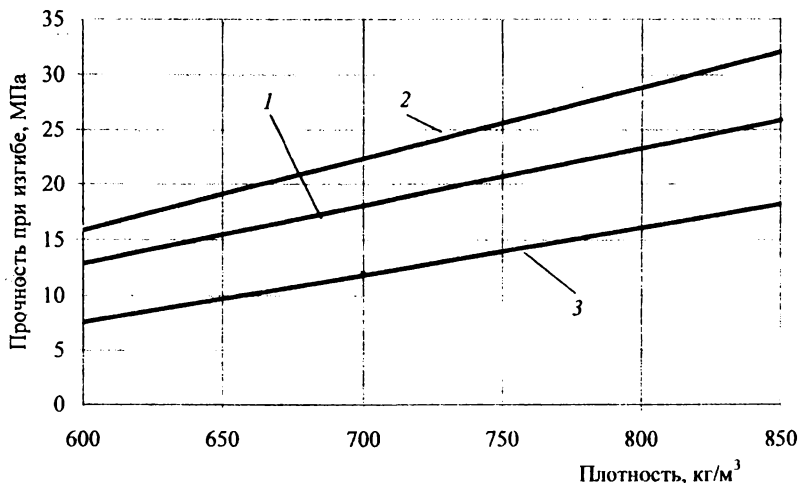


Рис. 1. Зависимости прочности при изгибе от плотности древесностружечных плит, полученные по уравнениям: (1) - 1; (4) - 2; (5) - 3

Для приведения прочности при изгибе к плотности ДСтП, равной  $700 \text{ кг/м}^3$ , изготовленных из стружки отходов, используется уравнение

$$\sigma_{700} = \sigma_0 / (0,0029\rho - 1,07). \quad (6)$$

В данной работе авторами предпринята попытка получить аналогичные зависимости для древесного пластика без добавления связующих (ДП-БС). Для доказательства правильности выбора вида уравнения регрессии при описании физико-механических свойств пластика (прочность при изгибе, водопоглощение) от его плотности, для примера использовались данные зависимости между прочностью при изгибе и плотностью пластика, полученного из лиственницы.

По данным работы [5] были построены различные зависимости, определены их уравнения и величины достоверности аппроксимации. Результаты представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, величина коэффициента корреляции для разных видов зависимостей не имеет большого различия. Наибольшее значение этой величины имеет экспоненциальная зависимость, наименьшее – логарифмическая. Ввиду трудности описания и расчета степенной и экспоненциальной функций считаем возможным пользоваться линейной зависимостью для описания физико-механических свойств пластика (прочность при изгибе, водопоглощение) от его плотности.

Зависимости между прочностью при изгибе и плотностью пластика, полученного из лиственницы

Зависимость	Уравнение	Коэффициент корреляции (величина достоверности аппроксимации), $R^2$
Линейная	$y=0,0512x - 42,7$	0,8408
Логарифмическая	$y=59,974\ln(x) - 406,3$	0,8217
Степенная	$y=2 \cdot 10^{-9} x^{3,245}$	0,8833
Экспоненциальная	$y=0,6659e^{0,0027x}$	0,8906
Полиномиальная (2 степень)	$y= 0,0001 x^2 - 0,2048 x + 108,98$	0,8849

По результатам анализа литературных данных [5,6] получены зависимости между прочностью при изгибе и водопоглощением от плотности ДП-БС, которые представлены в виде прямых на рис. 2-4.

На рис. 2 показаны зависимости между прочностью при изгибе и плотностью ДП-БС, полученных на основе различного древесного сырья. Уравнения прямых этой зависимости представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уравнения зависимости прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе древесного сырья различной породы

Порода древесины	Уравнение	Коэффициент корреляции, $R^2$
Лиственница	$\sigma_{изг}=0,0512\rho - 42,7$	0,8408
Сосна	$\sigma_{изг}=0,0442\rho - 35,9$	0,8574
Ель	$\sigma_{изг}=0,0569\rho - 49,6$	0,8665
Береза	$\sigma_{изг}=0,055\rho - 46,3$	0,6028
Осина	$\sigma_{изг}=0,054\rho - 43,2$	0,7955

В связи с незначительным различием угла наклона данных зависимостей считаем возможным использование обобщенного уравнения линейной регрессии для всех рассмотренных пород древесины. Уравнение имеет вид:  $\sigma_{изг}=0,0532\rho - 44,5$  ( $R^2 = 0,8447$ ). Графическая зависимость приведена на рис. 3.

Зависимость водопоглощения от плотности ДП-БС также является важной характеристикой качества материала. Если водопоглощение очень большое или образец в воде вообще разрушился, то это свидетельствует, о том, что из данного материала и при данных режимах образование пластика

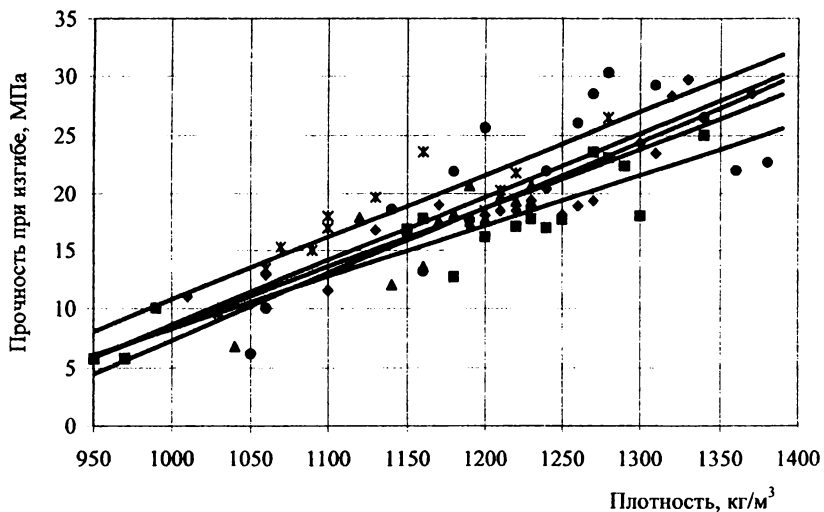


Рис 2. Зависимость прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины:

◆ лиственница ■ сосна ▲ ель ● береза × осина

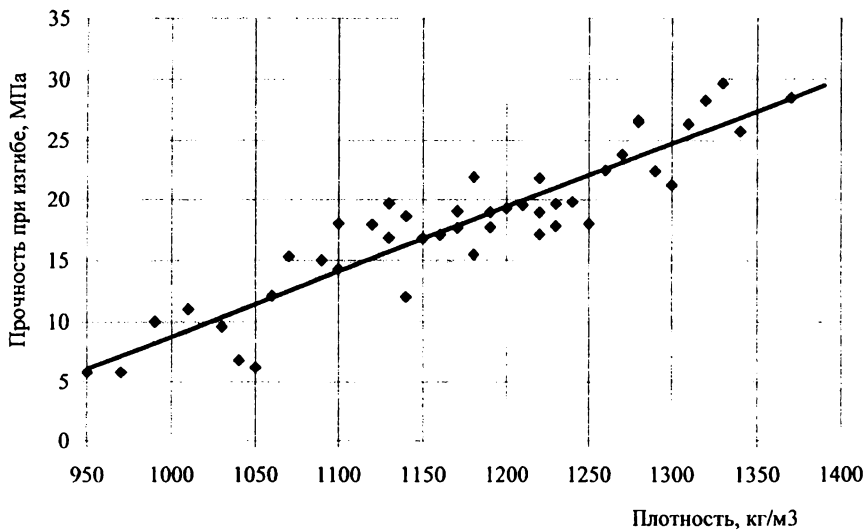


Рис. 3. Зависимость прочности при изгибе от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины (лиственница, сосна, ель, береза, осина)

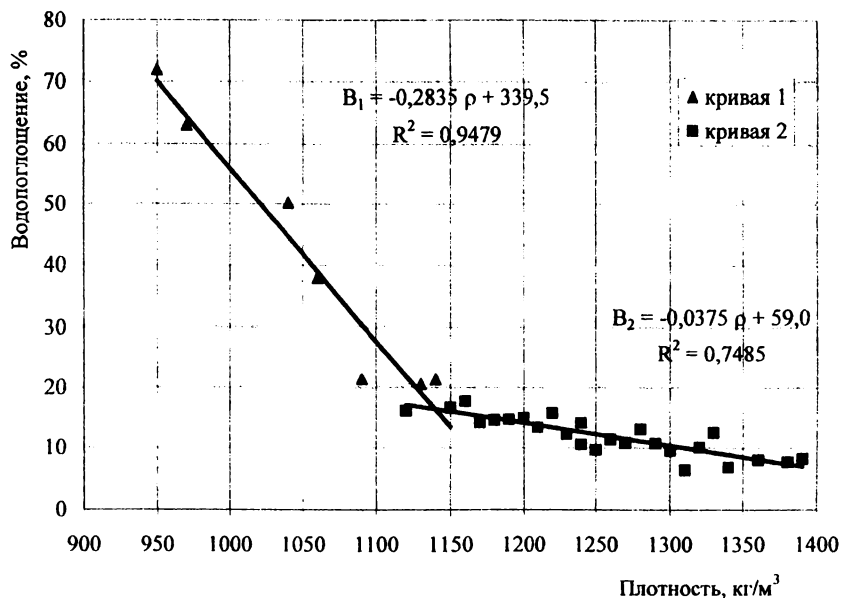


Рис. 4. Зависимость водопоглощения от плотности ДП-БС, полученного на основе сырья из различных пород древесины (лиственница, сосна, ель, береза, осина)

не произошло. То есть произошло только образование брикета, полученного из древесных частиц при высоком давлении.

В табл. 3 приведены зависимости между водопоглощением и плотностью ДП-БС (в виде уравнений линейной регрессии), полученных на основе данных для различного древесного сырья.

Таблица 3

Уравнения зависимости водопоглощения от плотности ДП-БС, полученного из сырья различных пород древесины

Породы древесины	Уравнение	Коэффициент корреляции, $R^2$
Лиственница	$B = 125,4 - 0,0885\rho$	0,7419
Сосна	$B = 114,7 - 0,0814\rho$	0,8352
Ель	$B = 269,4 - 0,2152\rho$	0,9008
Береза	$B = 146,4 - 0,1055\rho$	0,4994
Осина	$B = 71,9 - 0,047 \rho$	0,8036

## Электронный архив УГЛТУ

При анализе данных по водопоглощению для всех рассмотренных пород древесины видно, что наилучшим вариантом является разделение базы данных на две области: первая – при значении плотности ДП-БС меньше  $1140 \text{ кг/м}^3$  и вторая – более  $1140 \text{ кг/м}^3$ . Результаты обработки данных представлены на рис. 4.

Первой области соответствует уравнение

$$B_1 = 339,5 - 0,2835\rho \quad (R^2 = 0,9479),$$

второй области

$$B_2 = 59,0 - 0,0375\rho \quad (R^2 = 0,7485).$$

Проведенный анализ полученных закономерностей между прочностью при изгибе и водопоглощением от плотности древесного пластика без добавления связующих позволяет сделать следующие выводы.

1. Полученные зависимости свойств ДП-БС от его плотности позволяют сравнивать различные партии и образцы по физико-механическим свойствам (прочности при изгибе и водопоглощению), приводя свойства к одинаковой плотности пластика.

2. Из рис. 3 видно, что имеется высокая достоверность зависимости прочности при изгибе пластика от его плотности. По данной зависимости можно производить сравнения по прочности при изгибе ДП-БС, имеющих различную плотность, независимо от породы древесины, из которой был получен пластик.

Зная прочность при изгибе опытной партии ( $\sigma_o$ ), по уравнению можно рассчитать прочность при изгибе опытной партии, приведенной к плотности контрольной партии ( $\sigma_{ок}$ ):

$$\sigma_{ок} = \sigma_o - a(\rho_o - \rho_k), \quad (7)$$

где  $\rho_o$  – плотность опытной партии,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_k$  – плотность контрольной партии,  $\text{кг/м}^3$ ;

$a$  – тангенс угла наклона прямой ( $a = 0,0532$ ).

Сравнение опытной партии с контрольной производится по формуле

$$\frac{\sigma_{ок}}{\sigma_k} = \frac{\sigma_o - a(\rho_o - \rho_k)}{\sigma_k} \quad (8)$$

где  $\sigma_k$  – прочность при изгибе контрольной партии, МПа.

3. Из рис. 4 видно, что имеет место существенная зависимость водопоглощения пластика от его плотности, причем тангенс угла наклона прямых в первой и второй областях различен. Такая зависимость, вероятно, свидетельствует о том, что при плотности ДП-БС менее  $1150 \text{ кг/м}^3$  образуется только

# Электронный архив УГЛТУ

спрессованный брикет, а образование пластика происходит только тогда, когда его плотность более  $1150 \text{ кг/м}^3$ .

Используя следующее уравнение, можно производить перерасчет фактического водопоглощения на водопоглощение при заданной плотности:

$$B_{ок}^i = B_o - a_i(\rho_o - \rho_k) \quad (9)$$

где  $B_{ок}^i$  - условное водопоглощение, приведенное расчетом к заданной плотности ( $\rho_k$ ), %;

$B_o$  - водопоглощение при фактической плотности ( $\rho_o$ ), %;

$a_i$  - тангенс угла наклона прямых в первой и во второй областях

( $a_1 = -0,2835$ ;  $a_2 = -0,0375$ ).

## Литература

1. Дедюхин В.Г. и др. Неиспользованный резерв снижения материалоемкости производства древесностружечных плит// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. - Екатеринбург, 1995. - С. 69-72.

2. Дедюхин В.Г., Глухих В.В. Метод сравнения свойств ДСтП с различной плотностью/ Метод. указания для студентов спец. 260302. - Екатеринбург: УГЛТА, 1994. - 16 с.

3. Литвинец Ю.И., Дедюхин В.Г., Смольникова Е.В. Исследование горючести облицовочной плитки из древесного пластика// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. - Екатеринбург, 1995. - С. 56-62.

4. Шварцман Г.М., Щедро Д.А. Производство древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1965. - 296 с.

5. Плитные материалы и изделия из древесины и других одресневевших остатков без добавления связующих/ Под ред. В.Н. Петри. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 360 с.

6. Минин А.Н. Технология пьезотермопластиков. М.: Лесн. пром-сть, 1965. - 296 с.

7. Минин А.Н., Бучнёва Е.А., Соколова А.К., Боронникова В.Л. Роль модифицирующих агентов в процессе получения древесных пластиков без добавления в пресс-материал связующих// Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. - Екатеринбург, 1985. - С.51-56.