

Л и т е р а т у р а

1. Романов Н.Г. Технология древесных пластиков и плит. М., 1965. 2. Лекторский Д.Н., Алексеева Е.Е. Новые древесные пластические материалы. М. - Л., 1961. 3. Ревяко М.М. Канд. дис. Минск, 1972. 4. Ермилов П.И. Диспергирование пигментов, М., 1971. 5. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. Киев, 1967.

Л.Ф. Туровец, Ф.М. Олехнович

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ ПОЛИЭТИЛЕНОМ

Вопросу рационального использования древесины в настоящее время уделяют все большее значение. В этой связи большое значение приобретает пропитка древесины различными смолами, существенно улучшающими ее эксплуатационные характеристики.

Стоимость смол, используемых для модификации древесины, довольно высока. Исходя из соображений экономической эффективности, мы использовали для модификации древесины низкомолекулярный полиэтилен (НМП), являющийся дешевым отходом химической промышленности. Модификация древесины березы НМП приводит к значительному улучшению прочностных характеристик древесины, повышает стойкость материала к атмосферным воздействиям.

Одним из ценнейших качеств древесины является ее низкая теплопроводность, позволяющая считать древесину хорошим теплоизолятором. Естественно, нас заинтересовал вопрос: как изменяются теплоизоляционные свойства древесины при ее пропитке НМП. В данной работе приведены результаты измерений теплофизических характеристик нового материала и их зависимость от температуры.

Для получения нового материала использовалось пропиточное устройство БТИ им. С.М. Кирова, описанное в работе [1]. Процентное содержание полиэтилена в древесине можно изменять в очень широких пределах в зависимости от целей, которые преследуются при пропитке. В нашем материале содержится 70 весовых % полиэтилена.

В работе исследовались теплофизические характеристики торцевого (n) и тангенциального (τ) срезов натуральной древесины, которая затем подвергалась пропитке. Значения удельной теплоемкости (c), коэффициентов тепло- и температуропроводности (λ , a) измерены в интервале температур $0 - 150^\circ\text{C}$ для натуральной и в интервале $0 - 90^\circ\text{C}$ - для модифицированной древесины. Верхняя температурная граница (90°C) для модифицированной древесины обусловлена возможностью деформации образцов при более высоких температурах в связи с расплавлением полиэтилена.

Образцы перед испытаниями выдерживали при нормальных комнатных условиях: температуре 20°C и влажности в помещении $W = 65\%$. При этом влажность древесины устанавливалась равной 8 весовых %.

Для измерения теплофизических характеристик использовался метод нагревателя постоянной мощности. Теоретическое обоснование метода приведено в работе [2], методика измерений и конструкция установки - в работе [3]. В нашей установке из одного опыта определяли значения коэффициентов тепло- и температуропроводности. Определив плотность материала (ρ), вычисляли удельную теплоемкость материала по формуле:

$$c = \frac{\lambda}{a \rho}.$$

Таким образом, из одного эксперимента установили все три теплофизических параметра вещества. Зависимость теплофизических характеристик от температуры окружающей среды исследовалась путем измерения их при постепенном повышении температуры в термостате установки с помощью нагревателя переменной мощности. В режиме номинальной мощности (1 кВт) нагреватель увеличивает температуру до заданной. Затем подбирали его мощность таким образом, чтобы количество тепла, получаемого термостатом от нагревателя, равнялось количеству тепла, отдаваемого термостатом в окружающую среду. Таким способом удавалось поддерживать заданную температуру термостата с точностью $0,01^\circ\text{C}$ за минуту. Разброс полученных значений теплофизических характеристик материала при заданной температуре не превышал расчетных ошибок для данного метода (5% для λ и 8% для a) [3].

В установке использовалось следующее контрольно-измерительное оборудование: медь-константановая термопара для регистрации разности температур по обе стороны образца, которая достигала $4 - 6^\circ\text{C}$; градуировка термопары проведена соглас-

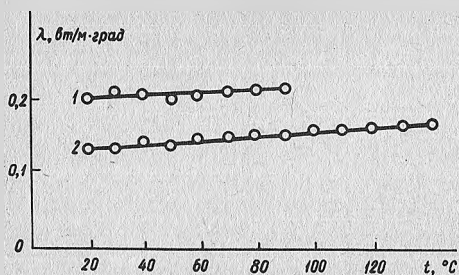


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры: 1 - модифицированная древесина; 2 - натуральная древесина.

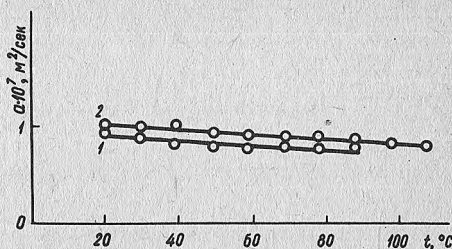


Рис. 2. Зависимость коэффициента температуропроводности от температуры: 1 - модифицированная древесина; 2 - натуральная древесина.

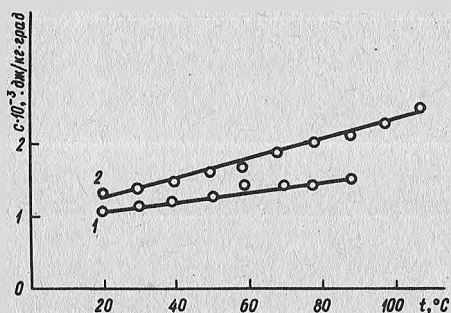


Рис. 3. Зависимость удельной теплоемкости от температуры: 1 - модифицированная древесина; 2 - натуральная древесина.

но требованиям ГОСТов [4, 5]. Для измерения ЭДС термопары использовали потенциометр Р-345 (класс 0,001). Мощность нагревателя, который применялся для создания перепада температур по обе стороны образца, вычисляли по показаниям амперметра Д-57 (класс 0,1) и вольтметра М-502 (класс 0,1). Для измерения температуры в термостате использовали медный термометр сопротивления.

Образцы для измерений изготавливали в виде дисков ϕ 50 мм и толщиной 3 мм.

Результаты измерений приведены на рис. 1, 2, 3. Графики зависимости теплофизических характеристик от температуры построены по усредненным значениям пяти измерений. Численные значения теплофизических характеристик для некоторых температур приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал	Удельный вес ρ_3 , кг/м ³	Влажность W, %	Пористость v, %	Температура t, °C	λ , Вт/м·град	$a \cdot 10^7$, м ² /с	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/кг·град
Натуральная древесина	575	8	66	20	0,140	1,03	2,90
				90	0,160	0,90	3,13
				140	0,180	-	-
Модифицированная древесина	1013	3,5		20	0,210	0,98	2,10
				60	0,220	0,92	2,35
				90	0,225	0,82	2,50

На рис. 1 приведена зависимость коэффициента теплопроводности от температуры для тангенциального (τ) среза натуральной древесины березы 2 и модифицированной 1.

Из анализа графиков можно сделать вывод, что коэффициент теплопроводности натуральной и модифицированной древесины березы линейно увеличивается в пределах исследованных температур. Для натуральной древесины это увеличение достигает 20 - 30%. Линейная зависимость коэффициента теплопроводности от температуры характерна для аморфных тел [6]. На основании этого можно предположить, что в процессах теплопередачи древесина ведет себя как аморфное тело, хотя рентгеноструктурный анализ позволил выявить некоторую упорядоченность структуры древесины [7], что, в свою очередь, позволяет говорить о ее частичной кристалличности.

В зависимости от направления среза теплопроводность древесины различна. Для торцевого среза коэффициент теплопроводности натуральной древесины выше, так как в этом случае тепловая волна распространяется вдоль волокон древесины, в то время как при тангенциальном срезе фронт тепловой волны перпендикулярен волокнам. При торцевом срезе воздух, содержащийся в порах древесины, создает воздушные прослойки, параллельные тепловому потоку, которые лишь уменьшают полезное сечение теплопередачи. Так как ширина воздушных прослоек незначительна, то можно считать, что роль излучения пренебрежимо мала. В этом случае теплопроводность пористого тела будет обусловлена в основном теплопроводностью его твердых составляющих. С учетом того что древесина в виде досок или плиток применяется обычно для теплоизоляции, исследовалась главным образом теплопроводность древесины в направлении, перпендикулярном волокнам. Экспериментально удалось установить, что теплопроводность древесины вдоль волокон приблизительно в два раза выше теплопроводности перпендикулярно волокнам [8]. В случае тангенциального среза воздушные прослойки перпендикулярны направлению теплового потока и создают при том же объемном содержании включений воздуха тем большее тепловое сопротивление, чем они уже и чем их больше.

В работе [8] приведена формула для расчета коэффициента теплопроводности сухой древесины, когда тепловой поток перпендикулярен волокнам:

$$\lambda_{\text{эф}} = a \lambda + b \lambda^1.$$

Значения λ и λ^1 рассчитываются по формуле:

$$\lambda = \lambda_y \left[1 + v \frac{1 - \frac{\lambda_y}{\lambda_B}}{1 - v^{1/3} \left(1 - \frac{\lambda_y}{\lambda_B} \right)} \right],$$

где λ_y - коэффициент теплопроводности целлюлозы, равный 0,465 Вт/м·град; λ_B - коэффициент теплопроводности воздуха, равный 0,0234 Вт/м·град; v - объемное содержание воздуха, пористость древесины, равная 0,66 [9].

Величины λ и λ^1 соответствуют значениям коэффициента теплопроводности смеси, если считать заполнителем целлюлозу и воздух соответственно.

Значения постоянных a и b определяются на основании одного или двух опытов. Для древесины можно принять $a = 0,7$, $b = 0,3$.

Следует учесть, что содержащаяся в древесине в небольших количествах влага (8 - 12 весовых %) вносит определенный вклад в теплопроводность древесины. Влага заполняет мелкие каналы, смачивает поверхности промежутков между волокнами. Можно считать, что при некотором влагосодержании (вероятно, выше 5 - 10 весовых %) возникает процесс теплопередачи за счет диффузии водяных паров. В этом случае можно определить коэффициент теплопроводности древесины по приведенным выше формулам, принимая следующие значения λ составляющих при 10 °С: целлюлоза - 0,465 Вт/м град; вода - 0,580 Вт/м град; смесь воздуха и водяного пара - 0,110 Вт/м град.

Однако такой расчет дает значения $\lambda_{эф}$, значительно превышающие экспериментальные.

Если же предположить, что коэффициент теплопроводности воздуха сохраняется таким же, как и в случае сухой древесины ($\lambda_B = 0,0234$ Вт/м град), а также рассмотреть дополнительно композицию волокнистый материал + вода, то расчетные данные согласуются с экспериментальными, полученными Роули (влагосодержание 12 весовых %), Есперсеном (влагосодержание 30 объемных %) [8] и нашими данными (влагосодержание 8 весовых %).

При пропитке сухой древесины низкомолекулярным полиэтиленом происходит заполнение пор, вытеснение полиэтиленом содержащегося в них воздуха. Естественно, что при этом происходит увеличение значения коэффициента теплопроводности.

График температурной зависимости коэффициента теплопро-

водности модифицированной древесины параллелен графику для натуральной древесины, независимо от направления среза.

Для натуральной и модифицированной древесины значения коэффициента температуропроводности различаются незначительно (рис. 2). Наблюдаемые на рисунке изменения лежат в пределах погрешностей эксперимента. При увеличении температуры коэффициент температуропроводности торцевого и тангенциального срезов линейно уменьшается, причем для торцевого среза это уменьшение более значительно и достигает 30% при температуре 145°C (натуральная древесина).

Характер температурной зависимости коэффициента температуропроводности натуральной и модифицированной древесины одинаков, т.е. графики $\alpha = f(t)$ для натуральной и модифицированной древесины параллельны.

На рис. 3 показана зависимость удельной теплоемкости от температуры для натуральной и модифицированной древесины березы. На графике видно, что пропитка древесины низкомолекулярным полиэтиленом приводит к уменьшению удельной теплоемкости материала. С увеличением температуры удельная теплоемкость материала значительно увеличивается. Это явление хорошо согласуется с теорией [6].

Анализируя характер изменений теплофизических характеристик древесины березы при ее пропитке низкомолекулярным полиэтиленом, мы приходим к выводу, что теплоизолирующие свойства древесины при этом ухудшаются незначительно.

Изменение температуры в пределах $0 - 150^{\circ}\text{C}$ приводит к заметному ухудшению теплоизоляционных свойств. Особенно это заметно для натуральной древесины и менее выражено для модифицированной.

Л и т е р а т у р а

1. Карпович С.Н. Автореф. канд. дис. Минск, 1971.
2. Вержинская А.Б., Новиченок Л.Н. Новый универсальный метод определения теплофизических коэффициентов. - ИФЖ, № 9, 1960.
3. Фогель В.О., Алексеев П.Г. Новый метод комплексного определения теплофизических характеристик полимерных материалов и их зависимости от параметров внешней среды - температуры и давления. - ИФЖ, 1962, № 2.
4. Сосновский А.Г., Столярова Н.И. Измерение температур. М., 1970.
5. Проверка приборов для температурных и тепловых измерений. М., 1973.
6. Жданов П.С. Физика твердого тела.

М., 1962. 7. Химия древесины. Под ред. Б.Л. Браунинга. М., 1967. 8. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. М., 1968. 9. Вихров В.Е. Диагностические признаки древесины. М., 1959.

Г.М. Шутов, Ф.В. Буйвидович, А.И. Санкович

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ДЛЯ ОКАНТОВКИ ЛЫЖ

Одной из важнейших проблем в производстве специальных спортивных лыж является изыскание новых материалов для окантовки их скользящей пластины. В настоящее время для этой цели применяют в основном древесину граба или гикори.

Как известно, граб является редкой и дорогой древесиной из-за ограниченности его запасов и малого полезного выхода заготовок. Еще более дефицитной оказывается импортная порода древесины гикори. Поэтому в настоящее время ведутся широкие исследования по изысканию более новых и эффективных материалов для окантовки лыж.

В Белорусском технологическом институте им. С.М. Кирова проведена работа по получению и применению для окантовки лыж модифицированной древесины березы. По проекту института на Телеханской лыжной фабрике изготовлена и смонтирована специальная опытно-промышленная установка для пропитки лыжных заготовок производственных размеров. Отработаны технологические режимы пропитки заготовок и отверждения в них смолы термокаталитическим способом в производственной паровой сушильной камере.

Модификации подвергались заготовки древесины березы, которая в настоящее время находит наибольшее применение для изготовления лыж. Отбор древесины, подготовка и испытание образцов при определении физико-механических свойств натуральной и модифицированной древесины проводились согласно методам физико-механических испытаний модифицированной древесины.

Заготовки пропитывались карбамидно-фурановой смолой марки КФ-90 (ТУ 6-05-1310-71). В качестве отвердителя использовался аммоний хлористый технический (ГОСТ 2210-51) в количестве 0,5% по весу.