

674.81: 692.23

**А.В. Ермолина, П.В. Миронов**

Сибирский государственный технологический университет

Ермолина Анна Владимировна родилась в 1985 г., окончила в 2008 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ. Имеет около 10 печатных работ в области композиционных теплоизоляционных материалов.  
E-mail: ermolinaav@mail.ru



Миронов Петр Викторович родился в 1950 г., окончил в 1973 г. Красноярский государственный университет, доктор химических наук, профессор, декан факультета переработки природных соединений Сибирского государственного технологического университета. Имеет около 200 печатных работ в области биотехнологии, химической переработки растительного сырья, физиологии растений.  
E-mail: mpv@sibsty.kts.ru



## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОЙ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ

Рассмотрены технологические аспекты производства теплоизоляционного материала на основе древесноволокнистой массы из тарного картона; изучены физико-механические, гигроскопические свойства, теплопроводность, микроструктура.

*Ключевые слова:* теплоизоляционный материал, вторичная волокнистая масса, коэффициент теплопроводности, плотность, предел прочности, водо- и влагопоглощение.

Производство строительных материалов на основе отходов деревообработки и вторичного сырья – перспективное направление развития производства.

Увеличение спроса на индивидуальное жилье повышает интерес к экологически чистым теплоизоляционным материалам. Такие материалы должны обладать низкой теплопроводностью и оптимальными гигроскопическими свойствами, близкими к свойствам древесины. Кроме того, более удобными при строительстве являются плитные материалы, поскольку они позволяют избежать оседания и слеживания, способны удерживать форму. Таким требованиям отвечают материалы на основе растительного сырья: мягкие древесно-волокнистые плиты «Софтборд» [6], материалы на основе льна «ISOLINA» [10] и натуральной шерсти «Клималан» [9]. Интерес представляют плиты «Софтборд», но их можно производить только в условиях многотоннажного производства. Кроме того, у них минимальная плотность  $150 \text{ кг/м}^3$  и, следовательно, сравнительно высокая теплопроводность. Теплоизоляционные материалы на основе льна и шерсти имеют достаточно высокую стоимость.

Перспективным является получение плитных теплоизоляционных материалов на основе волокнистой массы, получаемой из тарного картона, что позволяет вторично использовать древесное сырье в условиях даже малых производств.

Цель данных исследований – разработка оптимального состава и способа получения теплоизоляционного материала с использованием вторичного сырья и исследование его свойств.

В качестве основы для теплоизоляционного материала использовали волокнистую массу, полученную из тарного картона путем механического размола,

в качестве связующего на стадии предварительных исследований [8] – карбамидо-формальдегидную смолу, бутадиен-стирольный латекс, поливинилацетатный (ПВА) клей. По результатам исследований был выбран клей ПВА с отвердителем, так как наряду с технологическими достоинствами он относится к наиболее экологически чистым связующим.

Теплопроводность – один из главных показателей теплоизоляционного материала. Она зависит от плотности. Минимальный уровень теплопроводности достигается при плотности от 50 до 75 кг/м<sup>3</sup> [2]. Получение материала низкой (менее 100 кг/м<sup>3</sup>) плотности – достаточно сложная технологическая задача. Одним из возможных путей ее решения является создание материала с пространственной пористой структурой. С этой целью производилось вспенивание композиции с использованием поверхностно-активного вещества (пенообразователя) при интенсивном диспергировании.

Изготовление материала включало в себя ряд операций: размол сырья, обезвоживание волокнистой массы, смешение ингредиентов, формование и сушка плит.

Тарный картон предварительно очищали от посторонних включений, замачивали и затем подвергали механическому размолу в гидроразбивателе. Для обеспечения высокого качества размола концентрацию волокна поддерживали в пределах от 2,0 до 2,5 %, что соответствовало абсолютной влажности 4000...5000 %. Использование волокнистой массы такой влажности не позволяло бы получить материал желаемой структуры в результате большой усадки. Это предопределило необходимость удалять избыточную влагу. Для этого применяли вакуумное обезвоживание. Особенности процесса изучали на экспериментальной установке, состоящей из водокольцевого насоса, колбы Бунзена с тубусом и фарфоровой воронки Бюхнера.

Результаты исследований представлены на рис. 1, из которого видно, что наиболее интенсивно процесс удаления влаги происходит в первые 10 с, затем он замедляется вне зависимости от толщины слоя материала.

На основе анализа литературных данных [12] для смешивания ингредиентов композиции был выбран смеситель ленточного типа. Смешивание осуществляли изогнутыми по винтовой линии стальными полосами (лентами). Этот тип смесителя позволил получить наиболее однородную массу с высокой степенью воздухововлечения (газосодержания).

Процесс смешения ингредиентов композиции производили следующим образом. Обезвоженную волокнистую массу загружали в смеситель и перемешивали, вносили связующее вещество (ПВА в концентрации 2 %) и раствор пенообразователя. При достижении однородной вспененной консистенции в смесь добавляли отвердитель, затем материал выливали в форму с сетчатым дном и подвергали конвективной сушке.

Для исследования процесса сушки была сконструирована сушильная установка, состоявшая из осево-центробежного вентилятора с шиберной заслонкой для регулирования скорости агента сушки, калорифера и автоматической системы регулирования температуры воздуха.

Полученный материал имел пористую структуру и большую исходную влажность, поэтому при конвективной сушке возникала его усадка. Известно, что величина усадки пеноматериала зависит от температуры [11] и, как нами было отмечено при проведении предварительных исследований, от скорости циркуляции агента сушки и исходной влажности волокнистой массы. Влияние температуры на усадку связано с протеканием конкурирующих процессов: испарения, изменения адсорбции

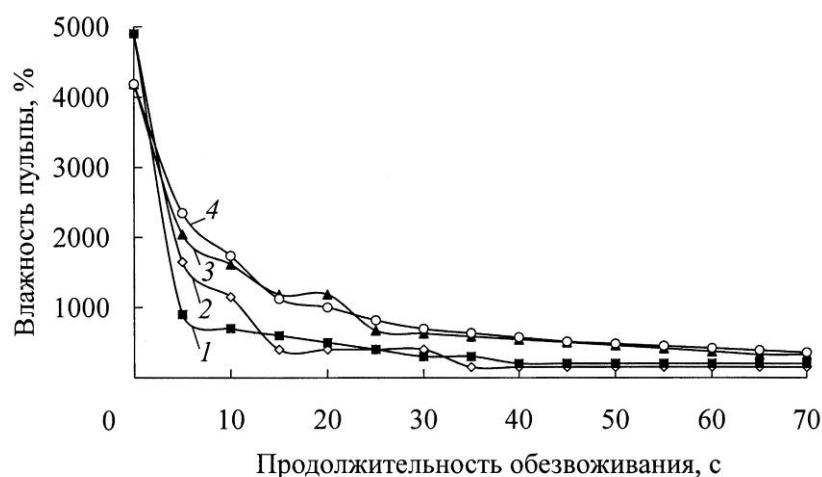


Рис. 1. Динамика процесса обезвоживания теплоизоляционного материала: 1 – толщина слоя 5 мм; 2 – 10; 3 – 15; 4 – 20 мм

пенообразователя, разрушения пеноструктуры, отверждения связующего. С повышением температуры увеличиваются испарение и скорость отверждения связующего вещества, в то же время снижаются адсорбция и стабильность пеноматериала, повышается скорость разрушения пористой структуры. Температура, способствующая протеканию процесса полимеризации с минимальной потерей пористости при высушивании, ограничивается температурой стеклования ПВА, которая составляет 90 °С [1]. На основании экспериментов было установлено, что оптимальная скорость циркуляции воздуха, обеспечивающая высокую скорость высушивания при минимальной усадке, составляет 2 м/с.

Результаты исследований влияния начальной влажности волокнистой массы на усадку при температуре агента сушки 90 °С и скорости его циркуляции 2 м/с приведены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, начальная влажность волокнистой массы для получения плитного материала с минимальной усадкой находится в пределах от 305 до 351 %. Такая влажность достигнута при продолжительности вакуумного обезвоживания около 70 с (рис. 1).

На рис. 2 представлен график сушки материала толщиной 70 мм. Кривая показывает, что процесс его сушки происходит равномерно по экспоненциальному закону с участком падающей скорости после достижения влажности 100 %. Это свидетельствует о том, что полученный материал имеет капиллярно-пористую структуру [7]. Это подтверждено исследованиями его микроструктуры (рис. 3).

Таблица 1

Начальная влажность волокнистой массы, %	Усадка, %
600±7	6,79
471±20	6,07
328±23	5,36

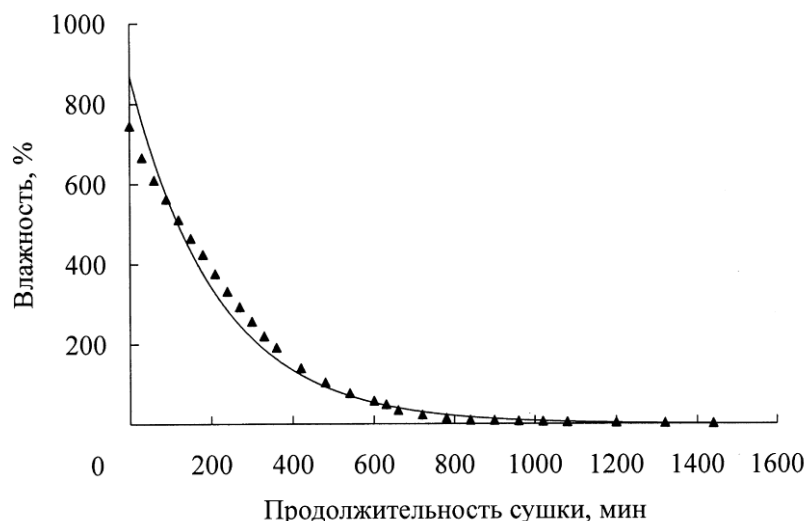


Рис. 2. Кривая сушки при толщине теплоизоляционного материала 70 мм ( $y = 869,134e^{-0,0005x}$ ;  $R^2 = 0,985$ )

Тепловую эффективность материала оценивали по коэффициенту теплопроводности, определение которого проводили методом стационарного теплового потока по ГОСТ 7076–99 [3] с помощью прибора ИТП-МГ4 «250» (СКБ «СТРОЙПРИБОР») на образцах размерами 250×250×50 мм. При 5 %-й влажности теплопроводность образцов составляла  $(0,051 \pm 0,002)$  Вт/(м·К), что соответствовало требованиям ГОСТ 16381–77 [4].

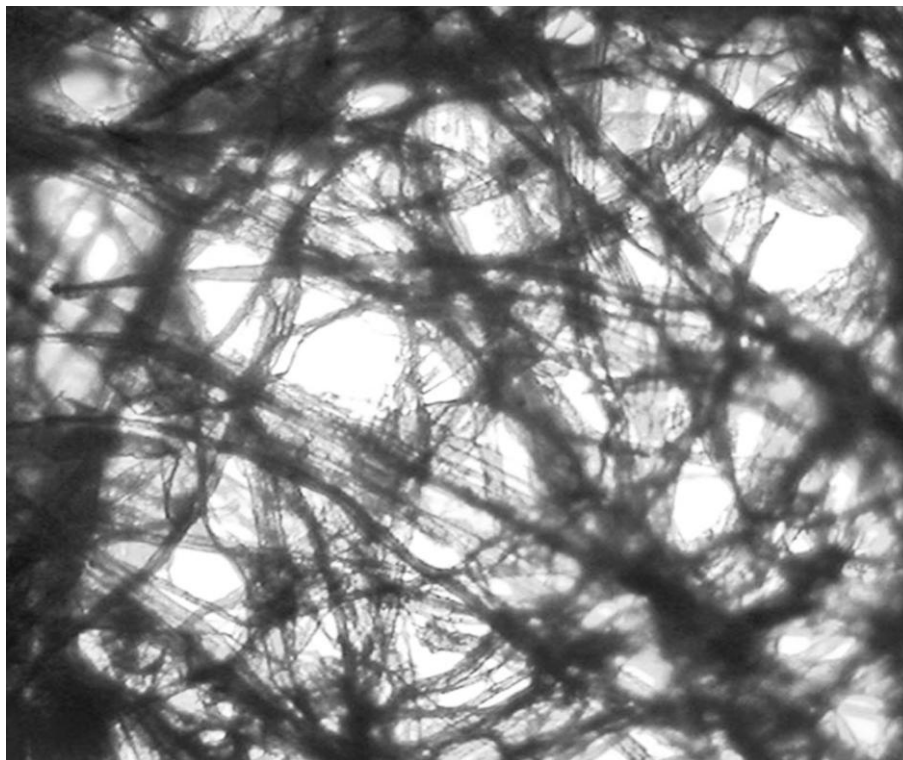


Рис. 3. Микрофотография среза образца теплоизоляционного материала ( $\times 140$ )



9. ООО «Инновационные технологии» / Центр информационных технологий ООО «Инновационные технологии». Красноярск: D&G, 2010. Режим доступа: [http://www.inn-t.ru/izol\\_mat\\_klim.html](http://www.inn-t.ru/izol_mat_klim.html)

10. ООО «Райв-импорт» / Центр информационных технологий ООО «Райв-импорт». СПб: Планета SEO, 2009. Режим доступа: <http://www.rive-import.ru/content/view/15/33/>

11. *Тихомиров В.К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1983. 264 с.

12. *Штербачек З., Тауск П.* Перемешивание в химической промышленности/Пер. с чешского; под ред. И.С. Павлушенко. Л.: Госхимиздат, 1963. 416 с.

*A.V. Ermolina, P.V. Mironov*  
Siberian State Technological University

### **Production and Properties of Heat-insulating Material Based on Secondary Fiber**

Technological aspects of heat-insulating material production based on wooden fiber from container board are considered. Physical-mechanical, hygroscopic properties, heat conductivity and microstructure are studied.

Keywords: heat-insulating material, secondary fiber, heat conductivity coefficient, density, ultimate strength, water and moisture absorption.

---