

Секция I
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 666.973.2

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ
НА ОСНОВЕ ТРОСТНИКА ГИГАНТСКОГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА**

Ф. Гаспар¹

Политехнический институт г. Лейрия, Португальская Республика,

А. Бакатович², Н. Бакатович, И. Петеренко

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: florindo.gaspar@ipleiria.pt¹, a.bakatovich@psu.by²

Приведены результаты первого этапа исследований теплоизоляционных материалов с применением измельченного тростника гигантского (арундо тростникового) в качестве компонента структурообразующего материала. Определены технологические особенности получения и оптимальная фракция измельченного тростника для использования в структурообразующей композиции. Установлено, что наилучший показатель коэффициента теплопроводности равен $0,045 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ соответствует структурообразующей композиции, содержащей измельченный тростник и солому в равной пропорции.

Ключевые слова: тростник, солома, коэффициент теплопроводности, плотность.

**ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE STRUCTURE-FORMING COMPOSITION
BASED ON GIANT CANE FOR PRODUCTION INSULATING MATERIAL**

F. Gaspar¹

Polytechnic Institute of Leiria, Republic of Portugal,

A. Bakatovich², N. Bakatovich, I. Peterenko

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: florindo.gaspar@ipleiria.pt¹, a.bakatovich@psu.by²

The results of the first stage of research of heat-insulating materials with the use of crushed giant reed (arundo reed) as a component of the structure-forming material are presented. The technological features of production and the optimal fraction of crushed reed for use in a structure-forming composition have been determined. It was found that the best thermal conductivity coefficient equal to $0.045 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$ corresponds to a structure-forming composition containing crushed reed and straw in equal proportions.

Keywords: reed, straw, thermal conductivity coefficient, density.

Введение. Существенным резервом в производстве местных теплоизоляционных строительных материалов являются заполнители растительного происхождения. На ре-

ках и озерах Беларуси в больших объемах произрастает тростник (лат. *Phragmites*), используемый для изготовления прошивных плит [1]. Главным преимуществом тростниковых плит является экологическая чистота материала. В основном заготавливается тростник на водоемах зимой в период ледостава, когда удобно срезать стебли на поверхности льда [2].

Также проводились исследования по применению нарезанного тростника в качестве компонента теплоизоляционного материала на основе мха сфагнума, обеспечивающего существенное снижение усадочных деформаций при сушке утеплителя [3].

Сотрудниками Полоцкого государственного университета совместно с коллегами из Политехнического института г. Лейрия (Португалия) проведены исследования заполнителя на основе тростника гигантского или арундо тростникового (лат. *Arundo donax*) для теплоизоляционных материалов.

Арундо тростниковый (рисунок 1) является многолетним травянистым растением, формирует плотные кусты или при разрастании заросли. Стебель прямой, высотой до 6 м и диаметром 10-40 мм. По строению тростник похож на стебель бамбука. Стебель тростника полый внутри с поперечными перегородками в междоузлиях. Толщина стенки стебля тростника 3-6 мм.



Рисунок 1. – Арундо тростниковый (Португалия)

Произрастает Арундо тростниковый во влажных местах вдоль побережий, рек и озёр или на болотах, но может расти и на сухой почве. Цветет растение с сентября по ноябрь. Тростник гигантский переносит морозы до -18 °С. Наиболее широко арундо тростниковый распространён в тропиках и субтропиках. Наиболее часто встречается в южных регионах Европы (на Юге Португалии и Испании), а также Турции.

В своей деятельности человек использует тростник, но не в больших объемах. Арундо тростниковый нередко выращивается в составе ветроломных насаждений. На юге связанные стебли равной длины используют для покрытия террас. Молодая поросль тростника используется в качестве корма для скота. Коровы едят молодые листья, однако пренебрегают старыми листьями и стеблями. Арундо тростниковый подходит для изготовления бумаги, но бумага из него получается низкого качества. Благодаря быстрому росту и неприхотливости этот вид можно рассматривать как потенциальный источник энергии для производства биотоплива.

Методика исследований. Для получения грубых волокон свежесрезанные стволы тростника очищали от листьев. Затем стволы во влажном состоянии нарезали на цилиндры длиной 30-50 мм (рисунок 2) на ленточной пиле Wurth PBS 120 Automatic (Германия).

Напиленный тростник загружали в шаровую мельницу (Máquinadelos Ángeles, Madrid, España). В качестве мелющих тел использовали 12 стальных шаров диаметром 60-80 мм. Внутренний диаметр барабана мельницы составляет 508 мм, а длина – 711 мм. Время измельчения составляло не менее 90 минут. После измельченную влажную массу извлекали из шаровой мельницы (рисунок 3) и выполняли сушку частиц в сушильных камерах ТЕQ при температуре 40 – 50 °С. На последнем этапе производили разделение частиц по фракциям на стальных ситах производства ООО «Крафт» (Россия).

В процессе исследований отмечено, что свежесрезанный тростник легче измельчается на частицы по сравнению с использованием сухих стеблей. Время измельчения стеблей во влажном состоянии в шаровой мельнице не сокращается. При этом примерно в 1,5 раза увеличивается масса фракции мелких частиц в общем объеме тростникового сырья.



Рисунок 2. – Нарезка стебля тростника на цилиндры



Рисунок 3. – Измельченный тростник после шаровой мельницы

После измельчения во влажном состоянии сушку заполнителя из тростника производили в сушильном шкафу SNOL60/300 LFN(Литва).

Массу заполнителя определяли на настольных электронных весах ВНЭ-35(УП «Завод Эталон» Беларусь).

Для определения коэффициента теплопроводности необходимое количество заполнителя закладывали в камеру прибора ИТП - МГ4 и производили измерение показателя.

Основная часть. Свежесрезанный стебель тростника предварительно нарезанный на цилиндры измельчали в шаровой мельнице на протяжении 90 мин. После измельчения в мельнице из стебля тростника получали полифракционную смесь. Затем смесь высушивали до постоянной массы. Для определения фракционного состава использовали сита с размером ячеек 5, 2,1, 0,5 и 0,25 мм. Фракционный состав приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Фракционный состав измельченного тростника

Фракция частиц, мм	Содержания по массе, %
>5	9
>2-5	25
>1-2	36
>0,5-1	15
>0,25-0,5	11
0,25 и менее	4

Основная масса измельченного тростника 61% приходится на фракции с размером частиц >1- 5 мм. Фракции >0,25-1 мм составляют 26% от общей массы частиц. Мелкие частицы и пыль проходит через сито с размером ячеек 0,25 мм и имеют незначительный объем по массе. Частицы тростника фракцией более 5 мм представляют собой недоизмельченную часть сырья и добавляются в новую сырьевую массу нарезанных стеблей тростника перед измельчением.

Как показали исследования полного измельчения всего сырья в общей массе до фракции менее 5 мм достичь невозможно. Снижение процентного содержания частиц фракцией более 5 мм примерно на 50 % в общей массе требует увеличения времени работы шаровой мельницы на 30 – 35 минут, что в 1,3 раза увеличивает технологический цикл помола и экономически нецелесообразно.

Для определения коэффициента теплопроводности измельченный тростник засыпали в измерительную камеру прибора ИТП-4МГ. Плотность фракций тростника варьировали с помощью подпрессовки крышкой измерительного устройства. Наилучших показателей теплопроводности удалось достичь на фракциях плотностью 136 – 144 кг/м³. Внешний вид образца из смеси тростника фракцией >1-2 мм в измерительном устройстве прибора ИТП-4МГ после определения коэффициента теплопроводности указан на рисунок 4. Результаты испытаний приведены в таблице 2.



Рисунок 4. – Образец из смеси тростника (фракция>1-2 мм) в приборе ИТП-4МГ

Таблица 2. – Плотность и коэффициент теплопроводности частиц тростника по фракциям

№ фракции	Фракция частиц, мм	Масса, г	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)
1	>2-5	250	136	0,066
2	>1-2	265	139	0,059
3	>0,5-1	270	141	0,057
4	>0,25-0,5	300	144	0,057

В указанном диапазоне плотностей для фракций № 2-4 показатель теплопроводности идентичен и находится в пределах 0,057-0,059 Вт/(м·°C). Коэффициент теплопроводности для фракции >2-5 мм превышает указанные значения фракций № 2-4 в среднем на 14 % и в дальнейших исследованиях не использовалась. Так как значения коэффициентов теплопроводности фракций №2-4 практически совпадают, решено использовать в качестве заполнителя частицы тростника размером >0,25-2,0 мм. В общем объеме измельченного материала на частицы тростника фракцией >0,25-2,0 мм приходится 62 %. Частицы фракцией >2-5 мм рационально использовать для повторного измельчения в шаровой мельнице.

Теплопроводность измельченного тростника имеет достаточно высокие показатели (таблица 2). С учетом имеющегося опыта [3, 4], предложено ввести второй компонент заполнителя в виде измельченной соломы. Коэффициент теплопроводности измельченной ржаной соломы в насыпном состоянии равен 0,045 Вт/(м·°C). Первоначально, заменили 20 и 30 % тростника по массе измельченной соломой. Влияние расхода соломы на теплопроводность смеси заполнителя изучали при изменении плотности от 120 до 180 кг/м³. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Коэффициент теплопроводности смеси тростника и соломы

Соотношение тростника к соломе, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C), при плотности, кг/м ³			
	120 (225)*	140 (260)*	160 (300)*	180 (340)*
80:20	0,055	0,05	0,049	0,052
70:30	0,055	0,047	0,048	0,05
50:50	0,052	0,045	0,046	0,049

* – расход смеси заполнителя по массе, г, на образец-плиту размером 250×250×30 мм.

При соотношении 80:20 коэффициент теплопроводности изменяется в пределах 0,049 – 0,055 Вт/(м·°C). Минимальное значение теплопроводности смеси заполнителя при плотности 160 кг/м³ на 11% ниже максимального показателя, соответствующего плотности 120 кг/м³. Относительно составов 3 и 4 (таблица 2) коэффициент теплопроводности смеси заполнителя при плотности 160 кг/м³ уменьшился на 14%.

Увеличение расхода соломы до 30% в смеси заполнителя подтвердило дальнейшее снижение коэффициента теплопроводности до 0,047 Вт/(м·°C), что меньше наибольшего значения на 15%.

Наименьшие коэффициенты теплопроводности 0,045 и 0,046 Вт/(м·°C) по результатам испытаний получены на смесях с соотношением массы тростника к соломе 50:50 при плотности 140 – 160 кг/м³.

Замещение 50% тростника измельченной соломой привело к снижению коэффициента теплопроводности в среднем на 26 % относительно показателей измельченного тростника (таблица 2).

Заключение. При измельчении тростника необходимо использовать свежесрубленные растения, что повышает степень помола и увеличивает объем производства необходимой фракции.

Использование измельченного тростника в виде самостоятельного структурообразующего материала для утеплителей не является эффективным, так как минимальный показатель коэффициента теплопроводности составляет 0,057 Вт/(м·°C).

Введение измельченной соломы обеспечивает снижение показателя на 21 % до 0,045 Вт/(м·°C), что позволяет использовать измельченный тростник для получения эффективного композиционного заполнителя теплоизоляционных материалов.

С учетом широкого ореола произрастания арундо тростниковый в промышленных объемах может использоваться как компонент структурообразующего материала для производства утеплителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плиты тростниковые строительные теплоизоляционные. Технические условия : СТБ 1868 – 2008. – Введ. 01.01.2009. – Минск : Госстандарт, 2008. – 9 с.
2. Жуков, Д. И на селе нужны здания с низким энергопотреблением / Д. Жуков // АгроБаза. – 2007. – № 1. С. 14–15.
3. A. Bakatovich, F. Gaspar, Composite material for thermal insulation based on moss raw material, Constr. Build. Mater. 228 (2019). doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.116699.
4. A. Bakatovich, N. Davydenko, F. Gaspar, Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste, Energy Build. 180 (2018) 72–82. doi:10.1016/j.enbuild.2018.09.032.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72(082)

Редакционная коллегия:

Р. М. Платонова (председатель),

В. В. Васильева (отв. секретарь),

Л. М. Парфенова, Е. Д. Лазовский, В. Е. Овсейчик

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ [Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 26–27 нояб. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Р. М. Платонова [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

ISBN 978-985-531-734-1.

Представлены итоги исследований, освещающие проблемы истории архитектуры, градостроительства и искусства, современной архитектуры, дизайна и строительства, научно-методические проблемы преподавания архитектурных, дизайнерских и строительных дисциплин.

Предназначен для специалистов в области архитектуры и проектирования, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов архитектурных, дизайнерских и строительных специальностей.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59 95 11, e-mail: r.platonowa@psu.by; u.auseichyk@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-734-1

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Технический редактор *А. А. Прадидова*.
Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 27.04.2021.
Объем издания: 11,4 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>