

УДК 691.12:699.86:536.21

ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ НА ОСНОВЕ ПУХА РОГОЗА ШИРОКОЛИСТНОГО

А.О. Шагибалова, А.А. Бакатович, Н.В. Бакатович

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
г. Новополоцк, Республика Беларусь
e-mail: a.shagibalova@psu.by, a.bakatovich@psu.by, n.bakatovich@psu.by

Представлены результаты исследований основных физических свойств пуха рогоза широколистного, при использовании в качестве тепловой изоляции. На основе экспериментальных данных изучена зависимость между плотностью и коэффициентом теплопроводности пуха. Установлено, что при плотности 50–75 кг/м³ коэффициент теплопроводности пуха соответствует 0,033–0,035 Вт/(м·°С).

Ключевые слова: пух рогоза, рогоз широколистный, теплоизоляционный материал, плотность, коэффициент теплопроводности.

THERMAL INSULATION BASED ON BROADLEAF CATTAIL FLUFF

A. Shahibalova, A. Bakatovich, N. Bakatovich

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.shagibalova@psu.by, a.bakatovich@psu.by, n.bakatovich@psu.by

The results of studies of the basic physical properties of the broad-leaved cattail down, when used as thermal insulation. Based on the experimental data, the relationship between the density and thermal conductivity coefficient of the down is studied. It is established that at a density of 50–75 kg/m³, the thermal conductivity coefficient of the down corresponds to 0,033–0,035 W/(m·°C).

Keywords: cattail fluff, broad-leaved cattail, thermal insulation material, density, thermal conductivity coefficient.

Введение. Традиционные теплоизоляционные материалы такие, как минеральная вата или на полимерной основе обладают рядом недостатков, связанных с экологической безопасностью для окружающей среды и здоровья человека. По этой причине актуальной задачей современного строительства становится применение экологически чистых, возобновляемых, доступных материалов способных заменить существующие утеплители и обеспечивающих высокую теплоизолирующую способность и долговечность. Таким требованиям отвечает тепловая изоляция на основе растительного сырья [1–3].

В качестве структурообразующего материала для утеплителя в ниже приведенных исследованиях рассмотрен пух соцветия рогоза. Рогоз широколистный произрастает на водонасыщенных территориях, включая берега рек, озер, заболоченную местность. Ежегодное обновление растения с высоким темпом роста и быстрым накоплением биомассы за сезон делает рогоз ценным, легко возобновляемым сырьевым источником. Регулярный сбор рогоза способствует поддержанию баланса экосистем водоемов.

В ряде научных центров включая лабораторию «Green construction» проводились исследования по применению листьев и стеблей рогоза в качестве тепловой изоляции. Необходимо отметить, что в литературе отсутствует информация о применении пуха и соцветий рогоза в тепловой изоляции. При этом пух рогоза широколистного стал популярным наполнителем для мягких гипоаллергенных и экологически безопасных изделий таких как подушки,

матрасы, одеяла [4]. В медицине пух применяется для изготовления гипоаллергенных подкладок и стерильных изделий [5], а в художественной индустрии – для создания декоративных элементов и экологичных украшений [6]. Также пух применяют в качестве сорбентов при разливе нефтепродуктов [7; 8].

Основные преимущества пуха рогоза заключается в экологической безопасности, теплоизолирующей способности, легкости, влагонепроницаемости, низкой стоимости при высокой степени переработки. Перечисленные положительно характеристики обуславливают необходимость изучения пуха рогоза в качестве эффективной тепловой изоляции. В ниже проведенных исследованиях изучено влияние плотности пуха рогоза на значения коэффициента теплопроводности с целью оценки возможности применения в качестве структурообразующего материала тепловой изоляции.

Материалы и методы испытаний. В качестве структурообразующего материала для тепловой изоляции исследовали пух соцветий рогоза широколистного. Соцветия располагаются в верхней части стебля и имеют коричневый цвет. Частица пуха в соцветии плотно прилегают друг к другу и крепятся к стеблю. После созревания частицы пуха, содержащее семена при помощи ветра разлетаются по прилегающей территории.

Пух рогоза широколистного представляет собой мягкое, объемное образование состоящее из множества тонких волокон, объединённых в единую о структуру. Частицы пуха имеют длину 11–15 мм. Внутренняя часть пуха представлена капсулой и стержнем от которого отходят многочисленные тонкие отростки-волокна (внешняя часть) (рисунок 2). Отростки – волокна создают объемную структуру способную легко удерживать и сохранять воздушные карманы [9; 10].



Рисунок 1. – Соцветие рогоза широколистного

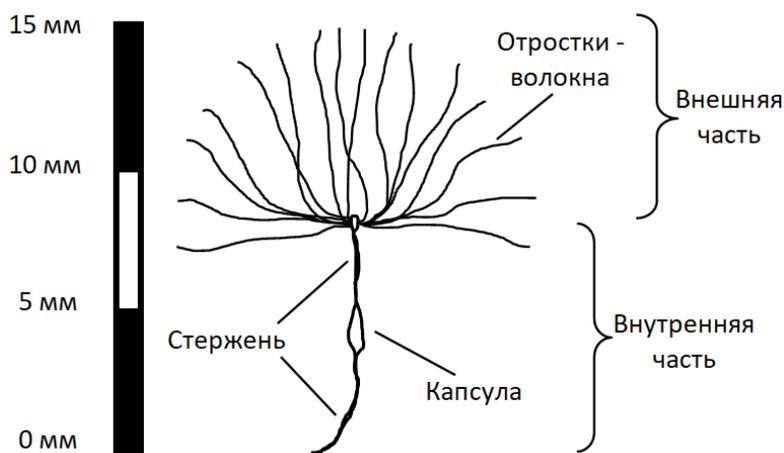


Рисунок 2. – Строение частицы пуха рогоза

Навеску пуха (рисунок 3) предварительно высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу SNOL 60/300 LFN при температуре 55–70°C. Далее пух взвешивали на электронных весах марки Massa-K BK-300 и закладывали в камеру ИТП-МГ4 для определения коэффициента теплопроводности (рисунок 4).

Испытания проводили на образцах размерами 250×250×30 мм по ГОСТ 17177. Плотность образцов в абсолютно сухом состоянии определяли по ГОСТ 17177 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний».



Рисунок 3. – Пух из соцветия рогоза

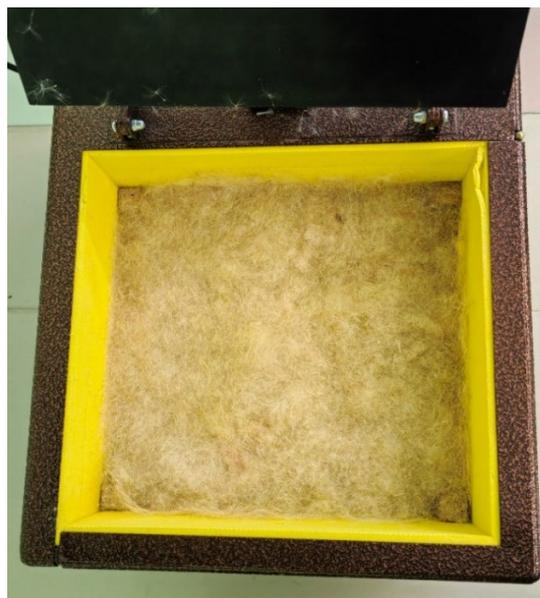


Рисунок 4. – Пух рогоза в камере прибора ИТП-МГ4

Экспериментальная часть. Предварительно определяли коэффициент теплопроводности соцветий рогоза. Соцветие отделяли от стебля и высушивали до постоянной массы. Затем укладывали в камеру прибора в 2 слоя и проводили испытание.

Установлено, что при плотной укладке плотность соцветий равна 170 кг/м^3 , а коэффициент теплопроводности достигает $0,050 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. В соцветии частицы пуха плотно прилегают друг к другу, таким образом можно считать, что полученный коэффициент теплопроводности соответствует максимальной плотности пуха рогоза (рисунок 5).



Рисунок 5. – Соцветия рогоза в камере прибора ИТП-МГ4

При исследовании пуха рогоза в качестве структурообразующего материала тепловой изоляции вначале частицы пуха отделяли от стебля. В свободном распушенном состоянии плотность пуха соответствовала 5 кг/м^3 . Данный показатель плотности принят за исходный при изучении коэффициента теплопроводности пуха. Значения плотности в экспериментах изменяли с шагом 5 кг/м^3 . Результаты исследований представлены в таблице 1.

Образцы плотностью 5 кг/м³ (состав 1) по результатам испытаний имеют высокий коэффициент теплопроводности равный 0,077 Вт/(м·°С), что обусловлено достаточно свободным перемещением воздушных потоков через структуру не уплотненного пуха.

Таблица 1. – Исследование коэффициента теплопроводности пуха рогоза

Состав	Масса, г	Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
1	9,5	5	0,077
2	19	10	0,068
3	28	15	0,048
4	38	20	0,046
5	47	25	0,044
6	56	30	0,037
7	66	35	0,035
8	75	40	0,035
9	84	45	0,034
10	93	50	0,033
11	103	55	0,033
12	113	60	0,034
13	123	65	0,034
14	132	70	0,035
15	143	75	0,035
16	152	80	0,036

Повышение плотности обуславливает понижение коэффициента теплопроводности. При достижении образцами из пуха рогоза плотности 25 кг/м³ (состав 5) коэффициент теплопроводности существенно снизился на 42,9% до значения 0,044 Вт/(м·°С). Значительное падение коэффициента теплопроводности на 29,5% зафиксировано при плотности 15 кг/м³ (состав 3) относительно показателя состава 2.

В интервале плотностей 25–50 кг/м³ наблюдается дальнейшее снижение коэффициента теплопроводности до 0,033 Вт/(м·°С). Наибольшее изменение отмечается при плотности 30 кг/м³ (состав 6), где коэффициент теплопроводности образцов равен 0,037 Вт/(м·°С), что ниже показателя состава 5 на 16%.

Минимальные значения коэффициента теплопроводности 0,033 Вт/(м·°С) зафиксированы на составах 10, 11 при плотности 50–55 кг/м³. Полученные образцы имеют плотную структуру, после окончания испытания на приборе держат форму, что свидетельствует о формировании частицами пуха рогоза связной структуры с равномерно распределенными замкнутыми микропустотами.

Частицы пуха рогоза можно рассматривать как отдельные структурные волокнистые 3-D матрицы с хаотичным расположением волокон внутри. При контакте таких структур происходит взаимопроникновение волокон пуха в соседние 3-D матрицы. Волокна контактируют и сцепляются между собой, тем самым создавая упругую связную структуру. При нажатии на образец из пуха, происходят упругие деформации структуры с восстановлением первоначальных размеров и формы.

Увеличение плотности пуха в интервале 60–80 кг/м³ влечет за собой постепенное устойчивое повышение коэффициента теплопроводности до 0,036 Вт/(м·°С). Возрастание коэффициента теплопроводности объясняется увеличением точек контакта между волокнами пуха с уменьшением количества микропустот в структуре.

Результаты исследований указывают на то, что пух рогоза возможно рассматривать в качестве структурообразующего материала эффективной тепловой изоляции. Для полного подтверждения необходимо провести ряд исследований по изучению сорбционной влажности пуха, влияния влажности на коэффициент теплопроводности, работы пуха в качестве изоляции в климатической камере и при натурных испытаниях.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. При плотности 50–55 кг/м³ образцы из пуха рогоза достигают низкого показателя коэффициента теплопроводности равного 0,033 Вт/(м·°С). Таким образом пух рогоза представляет собой перспективный сырьевой материал для тепловой изоляции.

2. В перспективе с учетом специфики строения растительного сырья, пух рогоза предлагается использовать как структурообразующий материал в мягких или полужестких матах для утепления наружных ограждающих конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обромпальский, Р. Л. Волокнистая тепловая изоляция из переработанной коры эвкалипта / Р. Л. Обромпальский, А. А. Бакатович, Ф. Гаспар // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. VI междунар. науч. конф., Новополоцк, 30–31 окт. 2024 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2025. – С. 232–235.
2. Романовский, С. А. Теплоизоляционные плиты на основе волокнистого растительного сырья / С. А. Романовский, А. А. Бакатович // Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов : 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. – С. 32.
3. Бакатович, А. А. Теплоизоляционный плитный материал на основе мха сфагновых болот [Электронный ресурс] / А. А. Бакатович, Флориндо Гаспар, М. Наумов // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации : электрон. сборник статей междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию Полоц. гос. ун-та, Новополоцк, 5–6 апреля 2018 г. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – С. 156.
4. Финские дизайнеры используют камыши для создания текстильных изделий. // Pragmatika URL: <https://pragmatika.media/ru/news/finski-dizajneri-vikolistovujut-ocheret-dlja-stvorennja-tekstilnih-virobiv/> (дата обращения: 30.09.2025).
5. Перевязочное средство из пуха початков рогоза, обработанного 1% спиртовым раствором бриллиантового зеленого: пат. 2 712 213 Российская Федерация, МПК А61L 15/44, А61L 15/40, А61L 15/16, А61F 13/00 / Е. И. Солтыков. – № 2018145410; заявл. 19.12.2018; опубл. 27.01.2020// Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2020.
6. Искусство рогожное // MyJane URL: <https://www.myjane.ru/articles/text/?id=17065> (дата обращения 30.09.2025).
7. Горовых О. Г., Альжанов Б. А. Волоски околоцветника початков рогоза как природный сорбент нефти и нефтепродуктов // Наука и мир. – 2019. – № 4-1. – С. 51–57.
8. Горовых О. Г., Саевич К. Ф., Альжанов Б. А. Использование волосков околоцветника початков рогоза для очистки водных объектов от нефтяных загрязнений // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2019. – № 2 (223). – С. 183–192.
9. Колосова А. С., Пикалов Е. С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 4. – С. 74–85.
10. Муминова, Г. М. Изучение механических свойств рогоза / Г. М. Муминова, Ш. А. Гуламов, А. Т. Мамадалимов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 19 (205). – С. 144–146. – URL: <https://moluch.ru/archive/205/50217>.