

УДК 691

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПТИЧЬЕГО ПЕРА В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ

А.А. Бакатович, В.Н. Шекиладзе, Р.А. Хорусhevский, Медведь В.А.

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: a.bakatovich@psu.by, v.n.shekiladze@students.psu.by, r.a.horushevskiy@students.psu.by

Приведены результаты исследований индюшиного пухового пера и пуха в качестве тепловой изоляции. Установлено, что плотность перьевого массива оказывает существенное влияние на коэффициент теплопроводности. Минимальный коэффициент теплопроводности пуха равен 0,031 при плотности 19,2 кг/м³, а для пухового пера – 0,034 Вт/(м·°С) при плотности 19 кг/м³.

Ключевые слова: пуховое перо, пух, теплоизоляционный материал, плотность, коэффициент теплопроводности.

ISSUE OF USING BIRD FEATHERS AS THERMAL INSULATION

A. Bakatovich, V. Shekiladze, R. Khorushevsky, Medved V.A.

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.bakatovich@psu.by, v.n.shekiladze@students.psu.by, r.a.horushevskiy@students.psu.by

The results of studies of turkey feathers and down as thermal insulation are presented. It has been established that the density of the feather mass has a significant effect on the thermal conductivity coefficient. The minimum thermal conductivity coefficient of down is 0.031 at a density of 19.2 kg/m³, and for down feathers – 0.034 W/(m °C) at a density of 19 kg/m³.

Keywords: down feather, fluff, thermal insulation material, density, thermal conductivity coefficient.

Введение. В современном строительстве важным аспектом является экологическая чистота материалов в том числе тепловой изоляции. Утепление – это одна из основных задач, решаемых на этапе строительства или ремонта зданий и сооружений. Повышенный интерес вызывают разработки теплоизоляционных материалов на основе сырья животного происхождения, в том числе с использованием птичьего пера и пуха.

Перья обладают большим количеством уникальных свойств, что делает их идеальным материалом для использования в различных отраслях. Одним из важнейших свойств перьев является теплоизолирующая способность. Теплопроводность птичьего пера в основном колеблется в пределах от 0,024 Вт/(м·°С) до 0,034 Вт/(м·°С) [1]. Перья очень устойчивы к перепадам температур, обладают свойством задерживать воздух. Перо относится к многотоннажным отходам птицеводческой промышленности.

Перо представляет собой роговое нажное образование и имеет гибкий стержень с эластичным опахалом. Кожный покров у птиц не весь покрыт перьями. Участки кожи птиц, покрытые контурными перьями, называются птерилии, в то время как непокрытая кожа получила название аптерилии [2]. Формируется перо из структурных образований, содержащих орого-

вещество, состоящее из кератина в виде нерастворимых в воде фибриллярных белков. По функциям и строению различают несколько видов перьев: контурные, маховые, рулевые, пуховые. Контурные перья – формируют контур тела птицы и являются основным типом. Крепятся контурные перья на особых участках кожи по всему телу птицы. Маховые перья – это длинные перья, предназначенные для полета, поэтому прочны и образуют плоскость крыла. Крепятся маховые крылья по краю крыла. Рулевые перья – прочные и длинные, формируют хвост птицы. Пуховые перья располагаются под контурными перьями. Стержень у пуховых перьев очень тонкий и бородки не содержат крючков. Пуховые перья и пух обеспечивают теплоизоляцию птиц [3].

В различных регионах мира проводятся исследования с птичьим пером с целью получения тепловой изоляции. Так аспиранты из Имперского колледжа Лондона предложили термостойкий материал, изготовленный из перьев под названием Aeropowder [4].

Профессор Манандо Акда из Филиппинского университета создал комбинированную строительную плиту, состоящую из цемента и куриных перьев. Плиты с таким составом неподвластны армии населяющих страну термитов и позволяет решить проблему с избавлением от 2,4 млн тонн ежегодных отходов в виде куриных перьев. Кроме того, по утверждению исследователя, новый материал не такой легковоспламеняющийся, как арболит и комбинированные плиты с древесным волокном. Перьевые плиты предлагается использовать для обшивки стен и потолков, а также в качестве изоляции, однако для строительства несущих стен или столбов, разработанный материал не подходит [5].

Группе ученых из университета Небраски удалось создать на основе куриных перьев высокоэффективный утеплитель – термопласт. Для обеспечения водостойкости термопласта, перья птиц обрабатывали химическим составом, включающим метилакрилат, являющиеся бесцветным полимером и используется в лаках для ногтей. В результате учёные получили плёнки, обладающие большой прочностью на разрыв [6].

Экспериментальная часть. В настоящее время в лаборатории теплоизоляционных материалов Полоцкого государственного университета, проводятся исследования, направленные на получение утеплителя на основе птичьего пера. В качестве исходного сырья применяются индюшиные перья – пуховое перо и пух (рисунки 1, 2).



Рисунок 1. – Индюшиное пуховое перо



Рисунок 2. – Индюшиный пух



Рисунок 3. – Пух в камере прибора ИТП-МГ4

На начальном этапе ставилась задача по определению влияния плотности перьевого массива без связующего компонента на показатель коэффициента теплопроводности. Исследования проводили с применением индюшиных перьев, хранящихся в помещении при относительной влажности воздуха 55–60%. Определение коэффициента теплопроводности пера проводили на приборе ИТП-МГ4 (рисунок 3). Перья равномерно закладывали в камеру прибора и фиксировали крышку. Отмечается, что индюшиные пуховые перья и пух обладают высокой способностью к сцеплению между собой с образованием связанной структуры, сохраняющей форму в уплотнённом состоянии. Анализ полученных данных (таблица) подтвердил наличие существенных зависимостей между плотностью и коэффициентом теплопроводности индюшиных перьев.

При плотности пухового пера $3,9 \text{ кг/м}^3$ получили коэффициент теплопроводности $0,079 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. Увеличение плотности пухового пера в 1,7 раза до $6,6 \text{ кг/м}^3$ вызвало существенное понижение коэффициента теплопроводности на 38%. Дальнейший прирост плотности пера до $11,9 \text{ кг/м}^3$ обеспечивает снижение коэффициента теплопроводности на 18,4% относительно образца 1.2 и на 49,5% относительно образца 1.1. Наиболее низкого значения коэффициент теплопроводности показал на образце 1.5. При повышении плотности пухового пера в 1,6 раза коэффициент теплопроводности понизился на 15% по сравнению с образцом 1.4 и достиг значения $0,034 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Таблица. – Показатели плотности и коэффициента теплопроводности индюшиных перьев

Номер образца	Вид пера	Плотность кг/м^3	Коэффициент теплопроводности $\text{Вт/(м}\cdot\text{°C)}$
1.1	Пуховое перо	3,9	0,079
1.2	Пуховое перо	6,6	0,049
1.3	Пуховое перо	9,2	0,043
1.4	Пуховое перо	11,9	0,04
1.5	Пуховое перо	19,0	0,034
2.1	Пух	3,2	0,067
2.2	Пух	6,4	0,052
2.3	Пух	12,8	0,039
2.4	Пух	19,2	0,031

При минимальной плотности $3,2 \text{ кг/м}^3$ (образец 2.1) коэффициент теплопроводности пуха имеет высокое значение $0,067 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. Повышение плотности пухового массива в 2 раза обеспечило снижение коэффициента теплопроводности на 22,4%. Последующее значительное уменьшение коэффициента теплопроводности на 25% отмечается при формировании пухового массива плотностью $12,8 \text{ кг/м}^3$ (образец 2.3). Минимального показателя коэффициента теплопроводности, равного $0,031 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ удалось достичь при плотности пуха $19,2 \text{ кг/м}^3$. Таким образом, увеличение плотности пухового массива в 6 раз по сравнению с образцом 2.1, обеспечивает снижение коэффициента теплопроводности в 2,2 раза (образец 2.4).

По результатам исследований образцы 1.4, 2.3 и 1.5, 2.4 показывают достаточно близкие значения коэффициента теплопроводности, что указывает на возможность применения пухового пера и пуха как по отдельности, так и в смеси для тепловой изоляции без ухудшения теплоизолирующей способности.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. На показатели теплопроводности пухового пера и пуха значительное влияние оказывает плотность массива. С увеличением плотности в 4,9–6 раз показатель коэффициента теплопроводности пухового пера и пуха изменяется в 2,2–2,3 раза. В результате при плотности 19 кг/м³ для пухового пера коэффициент теплопроводности достигает 0,034 Вт/(м·°С), а для пуха при плотности 19,2 кг/м³ показатель теплопроводности равен 0,031 Вт/(м·°С).

2. Предварительные исследования позволяют сделать вывод о том, что на основе индюшиных пуховых перьев и пуха возможно получение структурообразующего материала для производства высокоэффективных утеплителей.

3. В дальнейших экспериментах предполагается исследовать составы, содержащие связующие материалы в композиции с пуховыми перьями и пухом для получения тепловой изоляции в виде плит и матов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гао Дж., Ю В., Пан Н.: Структура и свойства гусиного пуха как материала для теплоизоляции. Res. J. 77, 617-626 (2007).
2. Collier's Encyclopedia 1997, 24. — New York City: Holiday House, 1997. — 1664 p.
3. Перо птицы – строение, виды и основные функции. [Электронный ресурс] / сайт «Наука.Club». – Режим доступа: <https://nauka.club/biologiya/stroeniya-per%D0%B5-ptits%D1%83.html>. – Дата доступа: 19.09.2023.
4. Британские учёные разработали теплоизолирующий материал из куриных перьев [Электронный ресурс] / сайт «n-w.tv». – Режим доступа: <https://n-w.tv/britanskie-uchjonye-razrabotali-teploizoliruyushchij-material-iz-kurinykh-perev-2290-52693/?ysclid=lp5nm6a5eh990426696>. – Дата доступа: 19.09.2023.
5. Филиппинский ученый придумал строительный материал из куриных перьев [Электронный ресурс] / сайт «prian.ru». – Режим доступа: <https://prian.ru/news/10600.html>. – Дата доступа: 20.09.2023.
6. Создан термопласт из перьев кур [Электронный ресурс] / сайт «ecostroika.ru». – Режим доступа: <https://ecostroika.ru/ekologicheskoe-stroitelstvo/sozdan-termoplast-iz-perev-kur.html>. – Дата доступа: 20.09.2023.