

УДК 666.973.2

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****М.А. РОЗЫЕВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ)*

*Проанализирован опыт применения теплоизоляционных материалов на волокнистом сырье растительного происхождения. Рассмотрены преимущества и недостатки теплоизоляционных материалов на основе волокна и очесов льна, волокна конопли, древесины, кокоса, волокна коры масличной пальмы. Приведены основные эксплуатационные характеристики теплоизоляционных материалов.*

В настоящее время большой интерес вызывают теплоизоляционные материалы на заполнителях растительного происхождения. Разработкой и производством таких материалов занимаются во всех регионах мира, используя в основном местные сырьевые ресурсы. Теплоизоляционные материалы на растительном сырье приобретают популярность благодаря своей экологической чистоте и постоянной возобновляемой сырьевой базе. Данные материалы уже сейчас составляют конкуренцию традиционным минераловатным плитам и матам, формируемым из базальтовых и стеклянных волокон.

Минераловатные материалы при плотности 30–190 кг/м<sup>3</sup> обеспечивают коэффициент теплопроводности 0,032–0,048 Вт/(м·°С) и коэффициент паропроницаемости 0,3 мг/(м·ч·Па) коэффициент звукопоглощения – 0,75–0,9, прочность на сжатие при 10% деформации – 0,005–0,08 МПа. Применение синтетических смол, в том числе и на основе фенолформальдегида оказывает негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Для устранения данной проблемы немецкая фирма «Knauf» в последние годы начала применять модифицированный крахмал при склеивании волокон, однако до настоящего времени на экологически безопасном вяжущем выпускаются только мягкие базальтовые плиты, непригодные для устройства термошуб и вентилируемых фасадов с утеплением.

В качестве альтернативы минераловатным плитам и матам могут являться теплоизоляционные материалы на заполнителях растительного происхождения. Так в Беларуси и России выпускают теплоизоляционные плиты «AKOTERM FLAKS» и «Экотеплин» на основе льняных волокон применяемые для тепло- и звукоизоляции стен и перекрытий жилых и общественных зданий [1, 2]. В составе плит «AKOTERM FLAKS» как связующий материал вводят синтетические полиэфирные волокна в количестве 15% от массы заполнителя. Коэффициент теплопроводности плит «AKOTERM FLAKS» равен 0,038 Вт/(м·°С) при плотности 32 кг/м<sup>3</sup>. Плиты имеют группу горючести Г4, поэтому высокая пожароопасность является основным недостатком утеплителя. Специфика технологии формования не позволяет изготавливать жесткие плиты, в результате мягкий утеплитель нельзя использовать при устройстве термошуб, что ограничивает область применения материала.

Теплоизоляционные плиты «Экотеплин», изготавливают с применением крахмала, как вяжущего компонента, а для огне- и биозащиты волокна обрабатывают солями бора [2]. В результате плиты соответствуют группе горючести Г1 и относятся к слабогорючим материалам. При плотности 32–34 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность плит «Экотеплин» соответствует 0,037 Вт/(м·°С), а паропроницаемость равна 0,4 мг/(м·ч·Па). По причине низкой плотности утеплитель имеет ограничения по области применения, быстро пропускает воду и намокает, для устранения данного недостатка выполняют изоляцию утепленных стен специальной мембраной. Так же к недостаткам, несмотря на экологическую безопасность плит, относится высокая стоимость утеплителя.

В настоящее время на кафедре строительного производства Полоцкого государственного университета ведутся исследования физико-механических свойств разработанного утеплителя на основе очесов льняных волокон и жидкого стекла. Плитный утеплитель из очесов волокна льна характеризуется коэффициентом теплопроводности 0,036–0,041 Вт/(м·°С) и прочностью на сжатие при 10 % деформации 0,11–0,33 × 10<sup>-2</sup> МПа при плотности 50–110 кг/м<sup>3</sup> [3]. Высокая теплоизоляционная способность плит из очесов обусловлена присутствием разделенных из растрепанных пучков элементарных волокон диаметром 8–12 мкм с хаотично-ориентированным расположением в объеме и наличием пустотных каналов в элементарных волокнах диаметром 4–6 мкм, что сопоставимо с размерами полнотелых волокон минеральной ваты, обеспечивающих формирование эффективной изолирующей структуры.

Мох сфагнум также возможно использовать в качестве основного волокнистого компонента плитного утеплителя [4]. Дополнительно в композицию вводится дробленый тростник или солома для устранения усадочных деформаций при сушке утеплителя. Наибольший эффект достигается при замене 40% мха дробленой соломой. При плотности 156–190 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности равен 0,044–

0,046 Вт/(м·°С). Широкое применение утеплителя на основе смеси мха и соломы сдерживает ограничения по сбору мха сфагнума.

В тропических широтах стран Азиатского и Африканского регионов значительный интерес представляет возможность применения в качестве заполнителя для теплоизоляционных плит волокон коры масличной пальмы [5]. Полученные образцы теплоизоляционных плит в процессе испытаний показали следующие характеристики: коэффициент теплопроводности 0,054 Вт/(м·°С), плотность 50 кг/м<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что при испытаниях теплоизоляционный материал показал абсолютную стойкость к появлению плесневелых грибов на поверхности волокон при относительной влажности воздуха 97%, что обусловлено химическим составом самих волокон и климатическими условиями произрастания масличных пальм.

Известно применение джутовых волокон для производства теплоизоляционных материалов обладающих высокой стойкостью к загниванию и вредному воздействию насекомых [6]. Волокна получают из джутового растения и для связывания между собой в полотно пропускают через иглопробивной станок. При плотности утеплителя 150 кг/м<sup>3</sup> коэффициентом теплопроводности достигает 0,036 Вт/(м·°С), а паропроницаемость – 0,4 мг/(м·ч·Па). Основным отрицательным фактором при эксплуатации является пожароопасность материала.

Волокна кокоса также нашли свое применение в виде заполнителя при производстве теплоизоляционных плит выпускаемых в России под торговой маркой «Вауплит Сосос» [7]. В материале содержится 85% кокосовых и 15% полиэфирных волокон. В процессе формовки волокнистая смесь обрабатывается горячим воздухом и полиэфирные волокна подплавляются, склеиваются между собой и кокосовыми волокнами, образуя таким образом прочный структурный массив. Коэффициент теплопроводности плит «Вауплит Сосос» составляет 0,038–0,042 Вт/(м·°С), а паропроницаемость равна 0,59 мг/(м·ч·Па). При этом материал имеет ряд недостатков. По пожароопасности утеплитель относится к группе горючести Г4. Также низкая плотность равная 30 кг/м<sup>3</sup> ограничивает применение «Вауплит Сосос» по причине отсутствия такого свойства как прочность сжатие. Кроме того утеплитель «Вауплит Сосос» имеет высокую стоимость, так как производится из привозного сырья.

На основе древесных волокон в Германии и Польше производят теплоизоляционные плиты «STEICO» с применением парафина в качестве вяжущего компонента. Утеплитель «STEICO» является универсальными и применяются для тепловой изоляции наружных стен, чердачных перекрытий, кровель [8]. Толщина плит утеплителя может достигать 200 мм. При плотности 50–270 кг/м<sup>3</sup> плиты обладают коэффициентом теплопроводности в пределах 0,038–0,07 Вт/(м·°С) и прочностью на сжатие равной 0,04–0,2 МПа. Кроме высокой цены для теплоизоляционных плит «STEICO» основными недостатками являются ломкость и крошение при нарушении условий транспортировки и технологии укладки. В США после проведения ряда исследований ученые установили, что при горении парафин выделяет опасные химические соединения содержащие бензол и толуол, являющиеся опасными веществами для жизни человека [9].

Макулатура и отходы бумажного производства используют для получения теплоизоляционного материала под названием «Эковата». Бумажное сырье расщепляют до волокон, обрабатывают борной кислотой и тетраборатом натрия. В утеплителе количество целлюлозного волокна доходит до 80%, дополнительно вводят 12% борной кислоты (антисептик) и 8% тетрабората натрия (антипирен). При достаточно низкой плотности 40–75 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность материала изменяется в пределах 0,036–0,042 Вт/(м·°С), а паропроницаемость равна 0,3 мг/(м·ч·Па). Утеплитель по степени горючести относится к группе Г2 и не поддерживает горение при отсутствии источника огня [10]. Применяют эковату для перекрытий нижних и верхних этажей зданий, для утепления каркасных домов. При плотности 40–75 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность утеплителя составляет 0,036–0,042 Вт/(м·°С), а паропроницаемость – 0,3 мг/(м·ч·Па).

Различают мокрый и сухой способы заполнения эковатой утепляемых конструкций. При мокром способе в утеплителе отсутствует усадка, но возникает необходимость полной просушки материала после нанесения на поверхности. Кроме того необходимо использование специального оборудования для нанесения эковаты. Применение сухого способа характеризуется большой пыленностью пространства помещений и требует защиты лица и органов дыхания. Также в процессе эксплуатации материал самоуплотняется и уменьшается в объеме в среднем на 20 %. Поэтому утепление стен не рекомендуется выполнять сухой эковатой по причине возможного возникновения сквозных неутепленных пространств. Утеплитель является гигроскопичным и хорошо впитывает влагу в количестве 9–15%, что отрицательно сказывается на теплоизоляционных свойствах.

В странах Европы для утепления зданий используют теплоизоляционный материал из волокон конопли. Утеплитель под торговой маркой «Thermo-Hanf» производят в Германии из технической конопли. В своем составе материал содержит волокна конопли в количестве 85%, а для получения связанной структуры используют мелкие волокна полиэстера массой до 10%. Для снижения горючести материала в состав вводят 3–5% соды в качестве антипирена [11]. Материал обладает хорошими эксплуатационными характеристиками. Так при плотности 30–42 кг/м<sup>3</sup> коэффициент теплопроводности равен 0,038–0,04 Вт/(м·°С). Волокна конопли устойчивы к появлению грибка, воздействию насекомых, паропроницаемы. Утеплитель позициониру-

ется как экологически безопасный материал для здоровья человека. К недостаткам можно отнести высокую сорбцию влаги, что приводит к повышению теплопроводности материала. Кроме того низкая плотность материала не позволяет применять утеплитель для устройства плоских кровель и термошуб. На ограничение по широкому применению также влияет высокая стоимость утеплителя.

Опыт применения волокон хлопка в качестве утеплителя имеется в России. В процессе производства текстиля не прошедшие контроль хлопковые волокна перерабатывают путем промывки, отбеливания и чесания, после чего используют для производства утеплителя [12]. Теплоизоляционный материал при плотности  $20 \text{ кг/м}^3$  обеспечивает коэффициент теплопроводности равный  $0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ . Необходимо отметить, что в случае повышения влажности материала эксплуатационные характеристики утеплителя значительно ухудшаются. Кроме того теплоизоляционный материал подвержен горению в случае пожара.

Проведенный анализ преимуществ и недостатков теплоизоляционных материалов на волокнистом растительном сырье позволяет сделать обоснованное предположение, что применение отходов первичной переработки волокон льна в качестве структурообразующего материала и жидкого стекла как вяжущего компонента обеспечит получение эффективного утеплителя. В экспериментах предполагается использовать отходы в виде волокон длиной не более 10 см, образующиеся на стадии первичного вычесывания хлопка. Данные отходы в больших объемах получают в странах Средней Азии, в том числе и в Туркменистане. В основном отходы используют как корм скоту или в производстве ковров. Поэтому проблема, связанная с поиском рациональной технологии по утилизации отходов актуальна для государств Среднеазиатского региона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плиты теплоизоляционные звукопоглощающие. Технические условия ТУ ВУ 391129716.001-2015. – Введ. 27.07.2015. – Ореховск – 2015. – 10 с.
2. Советников, Д.О. Оптимальная толщина утеплителя наружной стены для создания энергоэффективного и экологичного здания в условиях Санкт-Петербурга / Д.О. Советников, Д.О. Семашкина, Д.В. Баранова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 12 (51). – 7–19 с.
3. Романовский, С.А. Применение микроскопического анализа для оценки перспективы использования очесов волокна льна в производстве теплоизоляционного материала / С.А. Романовский, А.А. Бакатович // Вест. Полоцкого гос. ун-та. Серия F, Прикладные науки. Строительство. 2017. № 8. 14–18 с.
4. Bakatovich, A. Composite material for thermal insulation based on moss raw material / A. Bakatovich, F. Gaspar // International Journal «Construction and Building Materials» (Elsevier) – 180 (2019) – P. 1–9.
5. Romanovskiy, S. Influence of the Fibrous Structure on the Physical and Mechanical Characteristics of Insulating Slabs from Flax Noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science» – 2017. – vol. 20. – P. 10–16.
6. Что такое джут, джутовый утеплитель: характеристики [Электронный ресурс] / сайт «ФБ» – Режим доступа: <http://fb.ru/article/249861/chto-takoe-djut-djutovyiy-uteplitel/> - Дата доступа: 16.05.2019 г.
7. Утеплитель из кокоса Bauplit [Электронный ресурс]: сайт компании «GreeBauldTrade» – Режим доступа: <http://g-b-t.ru/collection/kokosovye-utepliteli/product/uteplitel-iz-kokosa-bauplit-cocos.> – Дата доступа: 17.06.2019 г.
8. STEICO [Электронный ресурс] / сайт «Дома ЭЗ» – Режим доступа: <http://steico-rus.ru/katalog> – Дата доступа: 12.05.2019 г.
9. Вреден ли парафин [Электронный ресурс] / сайт Вредно ли? – Режим доступа: <http://vredno-ili-net.ru/ostalnoe/vreden-li-parafin.html> – Дата доступа: 12.05.2019 г.
10. Эковата отзывы. Эковата характеристики, недостатки [Электронный ресурс] / сайт «ФБ» - Режим доступа: <http://fb.ru/article/139752/ekovata-otzyivi-ekovata-harakteristiki-nedostatki> – Дата доступа: 16.06.2019 г.
11. Thermo-Hanf (Германия) – экологический утеплитель из конопли [Электронный ресурс] / сайт «Центр экоматериалов» – Режим доступа: [http://www.center-eko.ru/index/uteplitel\\_iz\\_konopli\\_thermo\\_hanf\\_germanija/0-5/](http://www.center-eko.ru/index/uteplitel_iz_konopli_thermo_hanf_germanija/0-5/) – Дата доступа: 17.06.2019 г.
12. Обзор теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс] / сайт «Зеленая смета» – Режим доступа: <http://g-b-t.ru/blog/obzor-teploizolyatsionnyh-materialov/> – Дата доступа: 17.06.2019 г.