

УДК 691.1

**ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОЛОЦКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА «ЭКОДОМА»****А. Ю. БАРАНОК, П. А. БЕСЕДИН**  
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)

*Рассмотрены инновационные материалы на основе отходов растениеводства, разработанные в Полоцком государственном университете, которые могут быть использованы для строительства «Экодома». По каждому материалу представлены составы и физико-механические характеристики.*

В настоящее время стоимость всех известных источников энергии растет более высокими темпами, чем доходы населения. В связи с этой тенденцией, задача снижения энергозатрат на отопление волнует не только частных домовладельцев, но и представителей муниципальных властей. Проблема энергосбережения и экологии – одна из самых актуальных для современного общества [1].

Современный рынок строительных материалов может похвастаться широким ассортиментом товаров для строительства «экодомов». Несмотря на это, далеко не все из них безопасны для здоровья человека. Поэтому перед строительством дома важно убедиться в том, что новая стройка или ремонт не станет причиной аллергии и других заболеваний у близких и домашних животных [2].

В лабораториях кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета производятся исследования по разработке стеновых и теплоизоляционных материалов с заполнителями из отходов растительного производства.

**Стеновые материалы на основе соломы и костры льна с высокими теплоизоляционными свойствами.** Арболит на основе отходов растениеводства содержит в виде крупного и мелкого заполнителей солому злаковых культур фракцией 20–40 мм и костру льна размером до 10 мм. В качестве комплексного вяжущего используется цементно-известковая композиция.

В результате проведенных исследований предложено техническое решение по рациональному использованию (утилизации) отходов растениеводства при получении строительного материала в виде экологически безопасных эффективных стеновых арболитовых блоков (рис. 1). Полученные костросоломенные блоки на цементно-известковом вяжущем при плотности 529-585 кг/м<sup>3</sup> имеют прочность на сжатие 2-2,4 МПа и обладают низким коэффициентом теплопроводности для стеновых материалов из арболита, составляющим 0,08-0,09 Вт/м·°С. Арболитовые блоки на основе соломы и костры льна обладают прочностью, необходимой для возведения несущих наружных стен высотой до 3 м в каркасных зданиях при толщине кладки 300 мм, позволяющей обеспечить требуемое сопротивление теплопередаче. Кроме того, костросоломенные блоки обладают хорошей адгезией со штукатурными растворами.



**Рисунок 1. – Образцы стенового материала на основе соломы и костры**

Полученные результаты испытаний по определению тепло- и гидрофизических характеристик материалов в условиях эксплуатации подтвердили, что стеновые блоки на основе смеси соломы и костры льна выполняют не только функцию стенового ограждения, воспринимающего нагрузку, но и одновременно обеспечивают высокие теплоизолирующие свойства наружных стен [3].

**Теплоизоляционные плиты из очесов льна.** К инновационной разработке относится утеплитель на основе льняных очесов и модифицированного жидкого стекла (рис. 2), отличающиеся более высокими теплофизическими характеристиками по сравнению с существующими аналогами, подтвержденными натурными исследованиями, малой дымообразующей способностью (группа Д1), что позволяет решить проблему рациональной утилизации многотоннажных отходов растениеводства по регионам Беларуси.



Рисунок 2. – Теплоизоляционные плиты из очесов льна

Сорбционная влажность плит равна 14–27%, при относительной влажности воздуха от 60 до 80% и коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных материалов на основе очесов, составляет 0,34–0,41 мг/(м·ч·Па) при плотности 40–120 кг/м<sup>3</sup>.

Натурные испытания утеплителя в ограждающих конструкциях подтвердили эффективность применения материала из льняных очесов как теплоизоляционных плит для стен с устройством вентилируемой системы утепления, стенового ограждения деревянного каркасного дома и чердачного перекрытия.

Для обеспечения водостойкости жидкого стекла предлагается использовать добавки из смеси извести и гипса, а также гидроветрозащиту. Применение указанных добавок и данного конструктивное решение снижает сорбцию влаги теплоизоляционных плит из наружного воздуха. Введение добавок извести и гипса и устройство гидроветрозащитной мембраны не вызовет существенных технологических затруднений и незначительно повлияет на стоимость материалов [4-6].

При налаживании выпуска плит из льняных очесов, разработанный утеплитель сможет составить конкуренцию теплоизоляционным материалам на волокнах растительного происхождения и минераловатным утеплителям.

**Тростниковосоломенный утеплитель.** Значительный интерес для стран центральной Европы представляет утеплитель на основе смеси измельченного тростника с соломой. При использовании в качестве связующего жидкого стекла или порошка канифоли, получен экологически чистый теплоизоляционный материал безопасный для окружающей среды и человека.

Проведенные исследования позволили получить тростниковосоломенные плиты, обладающие плотностью 139–144 кг/м<sup>3</sup> и обеспечивающие коэффициент теплопроводности 0,047 – 0,048 Вт/(м·°С).

Использование жидкого стекла при введении измельченной соломы в количестве 50% от общей массы заполнителя позволяет получить жесткие тростниковосоломенные плиты плотностью 176 кг/м<sup>3</sup> с показателем теплопроводности равным 0,053 Вт/(м·°С).

Также предложено технологическое решение, позволяющее снизить коэффициент теплопроводности тростниковосоломенного утеплителя до 0,048 Вт/(м·°С) при плотности 192 кг/м<sup>3</sup>. Данный показатель теплопроводности удалось получить благодаря: подобранных фракций и соотношения заполнителей из измельченного тростника и соломы; применения в качестве вяжущего порошка канифоли; разработанного технологического решения по способу введения порошка канифоли и обеспечения равномерного распределения вяжущего по поверхности заполнителя; разработанного режима сушки плит [7].

**Строительные материалы из отходов хлопкового производства.** Существенным резервом в производстве местных теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных материалов для стран центральной Азии являются отходы хлопкового производства. В качестве структурообразующего материала для теплоизоляционных плит могут использоваться отходы волокна хлопка.

Отходы волокна хлопка в виде структурообразующего материала при средней плотности 50–60 кг/м<sup>3</sup> имеют коэффициент теплопроводности, равный 0,037 Вт/(м·°С). При введении модифицированного жидкого стекла наименьший показатель теплопроводности 0,039 Вт/(м·°С) соответствует плотности теплоизоляционных плит 58–69,6 кг/м<sup>3</sup> в сухом состоянии. В условиях относительной влажности воздуха 60–70 % влажность утеплителя равна 11–12 %, а коэффициент теплопроводности находится в пределах 0,043–0,045 Вт/(м·°С).

Для изготовления конструкционно-теплоизоляционных материалов могут быть использованы дробленые стебли хлопчатника (рис. 14). Размеры фракций дробленых стеблей по длине соответствуют: мелкая не более 10 мм; средняя 15–20 мм; крупная 25–30 мм. Оптимальное соотношение фракций в композиции заполнителя составляет 1:1:1, что позволяет снизить пустотности каркаса заполнителя до 10 %.

Наилучшие физико-механические характеристики стенового материала достигаются на составе с расходом: цемента – 300 кг, извести – 50 кг и заполнителя – 252 кг на 1 м<sup>3</sup> стенового материала. При этом плотность стеновых блоков равна 602 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии достигает 2,3 МПа, а коэффициент теплопроводности составляет 0,122 Вт/(м·°С) в сухом состоянии. В условиях эксплуатации зданий влажность блоков не превысит 12,1%, а максимальный коэффициент теплопроводности при этом будет находится на уровне 0,156 Вт/(м·°С) [8].

**Утеплитель на основе мха сфагнома.** Природный антисептик – мох сфагнум в работе [9] рассматривается как основной компонент структурообразующего утеплителя (рис. 15). Натриевое жидкое стекло применяется в виде связующего. При плотности 155–170 кг/м<sup>3</sup> материал обладает теплопроводностью 0,034–0,04 Вт/(м·°С). Значительные усадочные деформации плит в процессе сушки является основным недостатком данного утеплителя.

При замене 20–30% мха дроблёной соломой данная проблема устраняется без существенного увеличения коэффициента теплопроводности [10]. Кроме того, введение ржаной соломы позволяет сократить расход мха сфагнома как ценного природного материала на 20...30% при производстве экологически безопасных эффективных теплоизоляционных плит.

Массовое строительство экодомов, создание экопоселений – один из перспективных путей развития будущего человечества, а также эффективное средство решения многих экологических проблем, стоящих перед землянами. При эксплуатации дома человек своей жизнедеятельностью должен способствовать восстановлению экологии и гармонизации окружающего его жизненного пространства. Для указанных целей отлично подойдут представленные в статье материалы, отвечающие всем требованиям по экологической безопасности для строительства «экодомов».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экологичный дом: комфортная жизнь в гармонии с природой [Электронный ресурс] / сайт storkottedj – Режим доступа: <https://www.stroy-kotedj.ru/blog/ekologichnyy-dom/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
2. Из чего строить экодом: 11 проверенных строительных материалов [Электронный ресурс] / сайт Inmyroom – Режим доступа: <https://www.inmyroom.ru/posts/12673-iz-chego-stroit-ehkodom-10-proverennyh-stroitelnyh-materialov/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
3. Бакатович, А.А. Стеновые материалы на основе соломы и костры льна с высокими теплоизоляционными свойствами / А.А. Бакатович, Н.В. Давыденко, А.В. Долгонок // Вестн. Полоц. Гос. ун-та. Сер. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 28–32;
4. 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;
5. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Full-scale study of flax fiber-based thermal insulating slabs on the atticfloor // Sustainability and Automation in Smart Constructions. Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC 2019). Leiria, Portugal, pp. 271 – 278, Springer. doi:10.1007/978-3-030-35533-3\_3;
6. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Physical parameters of insulation with a structure-forming material from flax noils // E3S Web of Conferences 212, 02014 (2020), 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) : doi.org/10.1051/e3sconf/202021202014;
7. Болтрушевич, Н.А. Изоляционные материалы, содержащие заполнитель на основе тростника и соломы: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / Н.А. Болтрушевич. – Новополоцк, 2020. – 54 с.;
8. Розыев, М.А. Конструкционные и теплоизоляционные материалы с использованием в качестве заполнителей отходов хлопкового производства: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / М.А. Розыев. – Новополоцк, 2020. – 45 с.;
9. Бакатович, А.А. Микроструктура как основной критерий, определяющий использование мха сфагнома в качестве заполнителя для эффективного плитного теплоизоляционного материала // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8. С. 42–46;
10. Becerra C., Montory J. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. 2016. Pp. 46–50.