

УДК 691.12

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ ЛЬНЯНЫХ ОЧЕСОВ

С.А. Романовский, А.А. Бакатович

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

Представлены основные эксплуатационные характеристики теплоизоляционных материалов из очесов льна. Предложено техническое решение по организации производства теплоизоляционных плит в виде схемы технологической линии с описанием последовательно выполняемых производственных операций.

Ключевые слова: очесы льна, утеплитель, эксплуатационные характеристики, производство.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE PRODUCTION OF THERMAL INSULATION BOARDS FROM LINEN NOILS

S. Romanovskiy, A. Bakatovich

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

The main performance characteristics of thermal insulation materials made from flax tow are presented. A technical solution is proposed for organizing the production of heat-insulating boards in the form of a production line diagram with a description of sequentially performed production operations.

Keywords: flax noils, insalation, performance characteristics, production.

Введение. Отрасль строительных материалов в настоящее время ориентируется на создание новых эффективных теплоизоляционных материалов, что обусловлено стратегией импортозамещения и энергосбережения в условиях повышения цен на энергетические ресурсы. В Республике Беларусь имеется огромный потенциал по ежегодно образующимся запасам растительного сырья в сельскохозяйственном производстве, однако строительная отрасль страны уделяет незначительное внимание применению растительных отходов для производства теплоизоляционных материалов при возведении зданий различного назначения. В этой связи следует отметить достаточно большой опыт применения теплоизоляционных материалов из растительного сырья в различных странах, примером утеплителей могут служить теплоизоляционные плиты из кокосового волокна «Вауплит Кокос» (Россия), материалы на основе волокон конопля «Thermo-Hanf» (Германия) или тепловая изоляция «Экотеплин» (Россия), содержащая льняные волокна.

Решением рассматриваемой проблемы для Беларуси является разработка экологически безопасных теплоизоляционных материалов с высокими теплофизическими показателями на основе отходов растениеводства, обеспечивающих импортозамещение аналогичной зарубежной изоляции.

В качестве подобного сырья могут рассматриваться очесы льна, образующиеся после сбора и переработки урожая льна-долгунца, являющегося одной из основных технических куль-

тур в Республике Беларусь. Валовый сбор волокна льна в Беларуси в среднем за последние 5 лет составил 43,6 тыс. тонны, а в 2022 году урожайность льноволокна за все время имело наибольшее значение – 10,7 ц/га [1]. Однако, нарушение технологических операций, агросроков уборки льна-долгунца, а также несовершенство уборочных машин, оборудования первичной обработки льна и наблюдаемое в последние годы огрубление льняных волокон приводит к тому, что из всего объема выделяемого волокна (25–30% от массы льнотресты) пригодно для выработки текстильных изделий не более 1/3. Остальное низкономерное сырье (более короткие волокна) востребовано не в полной мере. По этой причине первостепенное значение имеет получение высококачественной, высокодоходной продукции из отходов переработки льна в виде очесов льна. Неэффективное использование льняных очесов снижает экономические показатели производства льна-долгунца [2].

Основываясь на указанных критериях, развитие производства утеплителей на растительном сырье с научно обоснованным подходом призвано обеспечить увеличение объемов «зеленого» строительства на всей территории нашей страны и привести к рациональному использованию отходов растениеводства.

Основная часть. Проанализировав ситуацию с неэффективным использованием основного отхода льна-долгунца, исследовав микроструктуру очесов льна и выполнив комплекс экспериментальных исследований, предложено эффективное решение по применению льняных очесов в качестве структурообразующего материала при получении теплоизоляционных плит волокнистой структуры.

По результатам проведенных испытаний установлено, что при средней плотности 60–100 кг/м³ необходимый расход компонентов на 1 м³ для утеплителя на основе очесов льна и модифицированного жидкого стекла находится в следующих пределах: структурообразующий материал – 0,86–0,92 массовых долей, вяжущее – 0,08–0,14 массовых долей, добавки (известь и гипс) – 0,08–0,12 массовых долей в общем расходе вяжущего. Изменение расхода компонентов в указанных диапазонах также сохраняет эффективную структуру тепловой изоляции в процессе формовки материала, что позволяет получать теплоизоляционные плиты с высокими теплотехническими показателями. Так, например, коэффициент теплопроводности изоляционных составов находится в пределах 0,035–0,039 Вт/(м·°C).

Определена сорбционная влажность тепловой изоляции из очесов льна. По итогам испытаний сорбционной влажности эксикаторным методом установлено, что при относительной влажности воздуха 60% сорбционная влажность утеплителя равна 15,6%. Дальнейшее увеличение относительной влажности воздуха до 97% вызывает прирост сорбционной влажности образцов из очесов в 2,4 раза до 37,6%.

Также исследована паропроницаемость теплоизоляционных экспериментальных материалов. При средней плотности 40–120 кг/м³ паропроницаемость утеплителей на основе очесов находится в пределах от 0,34 до 0,41 мг/(м·ч·Па).

Натурные испытания теплоизоляционного материала подтвердили возможность применения плит на основе очесов льна как эффективного утеплителя для стен с устройством вентилируемой системой утепления, для стеновых ограждений деревянного каркасного дома и чердачных перекрытий [3–5]. Так, например, термическое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия по деревянным балкам с тепловой изоляцией толщиной 300 мм при температуре наружного воздуха -20 °C составляет 6,12 (м²·°C)/Вт. Значения термического сопротивления теплоизоляционных плит из очесов позволяет сократить расход энергоносителей, а, следовательно, снизить финансовые затраты на отопление зданий.

Полученные физико-механические характеристики изоляции достигаются благодаря особенностям микроструктуры волокон льняных очесов. По результатам световой микроскопии определено, что очесы льна представляют собой растрепанные пучки элементарных волокон, имеющих хаотически расположенные контактные соединения между собой. Элементарные волокна представляют собой микротрубки диаметром 8–12 мкм, с пустотным каналом диаметром 4–6 мкм. Диаметр элементарного волокна сопоставим с размерами полнотелых волокон минеральной ваты, что позволяет формировать эффективную сетчатую волокнистую пространственную систему в процессе производства утеплителей.

При разработке технических условий для теплоизоляционных плит испытания на горючесть и дымообразующую способность тепловой изоляции из очесов льна проводили в научно-практическом центре Гродненского областного управления МЧС. По результатам испытаний в соответствии с протоколом № 101 от 02.09.2019 г. теплоизоляционные плиты относятся к группе горючести Г4 по ГОСТ 30244. В протоколе отмечается, что материал самостоятельно не горит, а продолжительность самостоятельного тления составляет 6,5 часов. Также согласно протоколу № 101 плиты на основе очесов льна относятся к группе материалов с малой дымообразующей способностью Д1.

Технические условия прошли гигиеническую экспертизу в Республиканском центре гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. В соответствии с протоколом технические условия на плиты соответствуют всем санитарно-гигиеническим нормам.

Основываясь на полученных экспериментальных данных физико-механических характеристик тепловой изоляции, а также результатах испытаний пожарной и санитарно-гигиенической экспертизы разработаны и зарегистрированы технические условия ТУ ВУ 300220696.062-2021 «Плиты теплоизоляционные из льняных очесов», позволяющие производить и применять утеплитель в конструкциях зданий и сооружений различного назначения.

Изучив технологии сбора урожая льна-долгунца и производства натриевого жидкого стекла, механизм структурообразования теплоизоляционного материала, предложено техническое решение по организации производства теплоизоляционных плит в виде схемы технологической линии (рисунок 1) с описанием последовательно выполняемых производственных операций.

С точки зрения финансовых затрат на доставку структурообразующего материала к месту изготовления утеплителей из отходов растительного производства наилучшим вариантом является получение теплоизоляционных плит на основе льняных очесов на территории льнозаводов.

После переработки льна-долгунца, получения очесов льна и окончательной очистки от костры, структурообразующий материал отправляется в закрытые склады с активной системой вентиляции. Со складского помещения льняные очесы по конвейеру поступают в бункер промежуточного хранения объемом 5–6 м³. Далее из бункера по транспортеру через дозатор подается в форму, расположенную на конвейере. Заполнение формы структурообразующим материалом производится равномерно по всему объему слоями одинаковой массы.

Натриевое жидкое стекло подается с закрытого склада через насос в расходную емкость объемом 1,5–2 м³. Для получения модифицированного жидкого стекла из закрытого складского помещения известь по транспортеру перемещается в бункер промежуточного хранения объемом 0,5 м³. Далее по винтовому конвейеру с использованием шнека через дозатор известь подается в смеситель принудительного действия, где уже находится жидкое стекло, впрыснутое при помощи форсунок через насос-дозатор из расходной емкости объемом 1,5–2 м³. После перемешивания и образования однородной консистенции в смеситель добавляется гипс. Пред-

шествующие технологические операции с гипсом аналогичны, как и для извести. Распределение модифицированного жидкого стекла производится после формирования каждого слоя структурообразующего материала с использованием распылителя.

Перед формовкой внутренние грани формы обрабатываются составом, снижающим адгезию, при помощи распылителя для предотвращения адгезии с теплоизоляционными плитами. Для уменьшения веса форму возможно изготавливать из ламинированной влагостойкой фанеры.

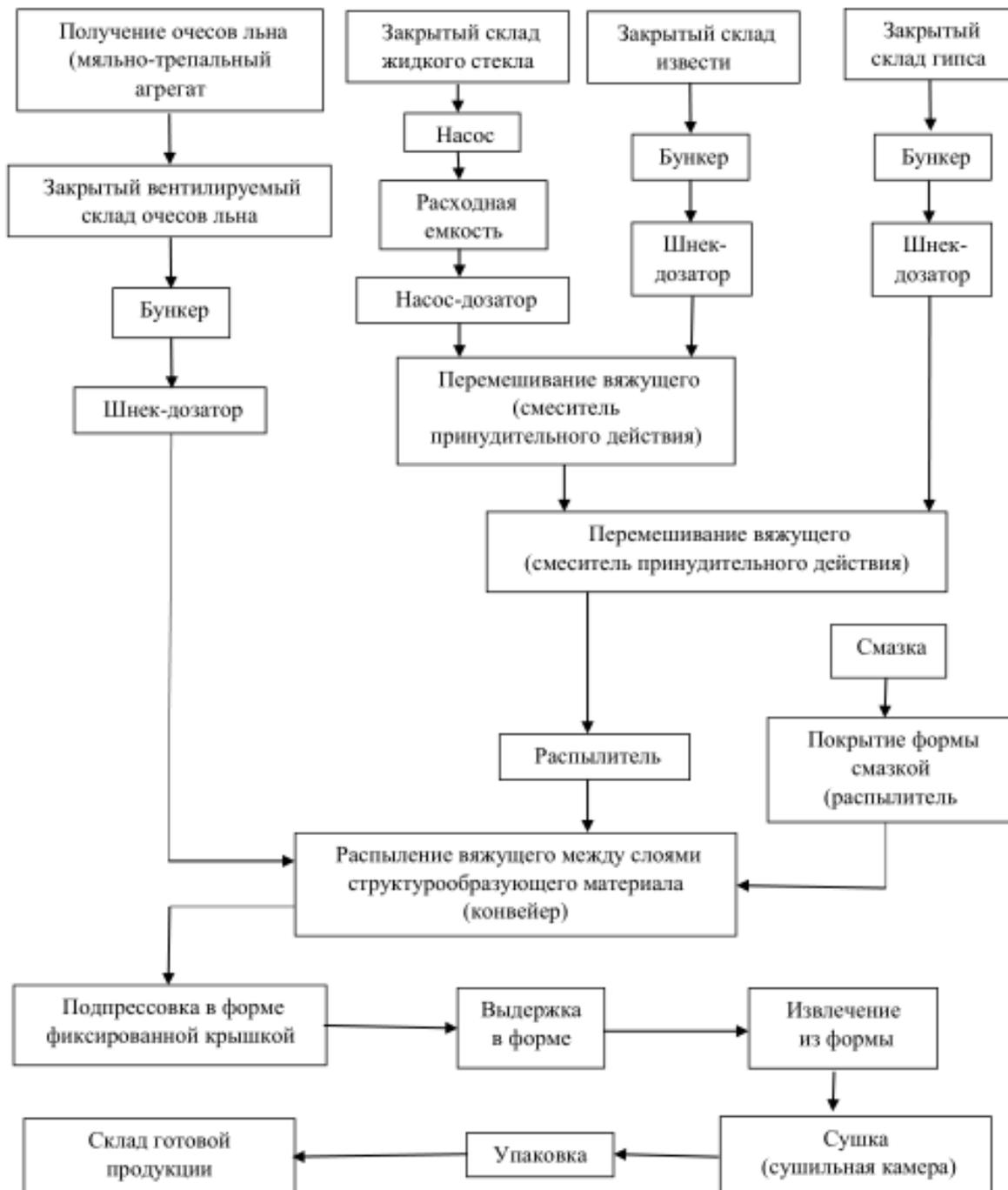


Рисунок 1. – Технологическая схема получения теплоизоляционных плит из очесов льна и модифицированного жидкого стекла

Затем подготовленную теплоизоляционную массу в форме перемещается в рабочую зону пресса, где подпрессовывается до требуемой толщины с фиксацией в заданном положении при помощи пригрузочной крышки.

Теплоизоляционный материал выдерживается в форме 4 часа, после чего производится распалубка и загрузка утеплителя из очесов льна в сушильную камеру. Форму после разборки чистят, собирают и возвращают в начало формовочного участка.

Сушка тепловой изоляции производится в камере за счет обдува теплым воздухом при температуре воздуха 70–80 °С в течении 5–6 часов. Также для сушки теплоизоляционных плит возможно использовать СВЧ-нагрев.

После сушки теплоизоляционные плиты упаковывают и отправляют на склад готовой продукции.

Заключение. Приведенные физико-механические и эксплуатационные характеристики утеплителя из льняных очесов подтверждают эффективность использования очесов льна в качестве структурообразующего материала для получения теплоизоляционных плит.

Рассмотренная технология по изготовлению тепловой изоляции из очесов позволит выпускать теплоизоляционные плиты, имеющие на 10–20% более низкую стоимость за 1 м³ по сравнению с плитами из льняных и полиэфирных волокон торговых марок «Акотерм Флакс» производства «АКОТЕРМ» и «Экотерм» частного предприятия «Ком Седика».

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник 2023. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2023. – 198 с.
2. Шаршунов В.А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и повышение ее эффективности / В.А. Шаршунов, А.С. Алексеенко, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
3. Romanovskiy, S.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) : <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202021202014>.
4. Романовский, С.А. Плиты из очесов льна для тепловой изоляции стенового ограждения каркасного дома / С.А. Романовский, А.А. Бакатович // Электронный сборник статей III международной научной конференции Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк, 2021. – С. 220–227.
5. Романовский, С.А. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе волокон растительного происхождения / С.А. Романовский // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2022. – Том 7. – № 1. – С. 31–43. DOI: <http://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-7-1-31-43>.