

УДК 674.817-41: 692.23

М.Д. Мельничук, Д.А. Гусачук, В.М., Скуба
Луцький національний технологічний університет
ОТРИМАННЯ ЕКО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ
ВТОРИННОЇ ПАПЕРОВОЇ СИРОВИНИ

У статті було проаналізовано основні недоліки та переваги теплоізоляційного матеріалу ековати. Обґрунтовано основні причини даних недоліків. Проаналізовано матеріали та статті вітчизняних та іноземних науковців з питань формування та дослідження еко-теплоізоляційних матеріалів. Запропоновано технологію формування теплоізоляційних плит. Досліджено основні фізичні властивості даного матеріалу. Обґрунтовується важливість та необхідність отримання еко-теплоізоляційних плит та проведений порівняльний аналіз з іншими теплоізоляційними матеріалами.

Ключові слова: ековата, еко-теплоізоляційна плита, теплопровідність, екобезпека.

Форм. 2. Табл. 1. Рис. 4. Літ. . 6

М.Д. Мельничук, Д.А. Гусачук, В.М., Скуба
ПОЛУЧЕНИЕ ЭКО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ВТОРИЧНОГО БУМАЖНОГО СЫРЬЯ

В статье были проанализированы основные недостатки и преимущества теплоизоляционного материала эковаты. Обоснованы основные причины данных недостатков. Проанализированы материалы и статьи отечественных и зарубежных ученых по вопросам формирования и исследования эко-теплоизоляционных материалов. Предложено технологию формирования эко-теплоизоляционных плит. Исследованы основные физические свойства данного материала. Обосновывается важность и необходимость получения эко-теплоизоляционных плит и проведен сравнительный анализ с другими теплоизоляционными материалами.

Ключевые слова: эковата, эко-теплоизоляционная плита, теплопроводность, экобезопасность

M. Melnychuk, D. Husachuk, V. Skuba
THE RECEIVING ECO THERMAL INSULATION MATERIALS BASED
ON RECYCLED PAPER STOCK

The article analyzed the main advantages and disadvantages of thermal insulation material ecowool. Substantiated the main reasons these shortcomings. Analyzed the material and articles of domestic and foreign scholars on the formation and study of eco-insulating materials. The technological process of the formation of eco-insulation boards. The basic physical properties of this material. Moreover, the importance and the need for eco-insulation boards and comparative analysis with other insulation materials.

Keywords: ecowool, eco-insulating panels, thermal conductivity, environmental safety

Постановка проблеми. Роль вторинної сировини - може бути просто фантастичною в утепленні малоповерхових будинків. Оскільки сировина на основі поновлюваної природної сировини. Насамперед - це деревні відходи (стружка, тирса, тріска) і целюлоза (папір, картон). Макулатури сьогодні величезна кількість, і можна організувати її збір. А виробництво плитних нетоксичних важкогорючих теплоізоляційних матеріалів на такій сировині - це проблема, яку так і ніхто в світі не вирішив.

Все більш популярним є використання ековати – меленого паперу просоченого антисептиками та антипіренами. Папір наносять на стіни мокрим способом. Цей матеріал є досить перспективним і недорогим. Додатковим плюсом є можливість повторного використання паперу. Однак так як це новий та маловивчений матеріал вона має ряд недоліків: усадка, втрата теплоізоляційних властивостей з часом та часткова небезпека для здоров'я.

Для того, щоб вирішити недоліки у монолітній (плитній) ековаті необхідно визначити їх причини.

По-перше: ековата наноситься на стіни вологим способом. Враховуючи, що папір добре поглинає воду та погано її віддає, теплоізоляційні властивості погіршуються. Крім цього, висока гігроскопічність дає усадку з часом. Тому в першу чергу потрібно зменшити гігроскопічність та водопоглинання ековати. Цю проблему необхідно вирішувати шляхом зменшення додавання води та замінити її на в'язучу речовину.

По-друге: для надання ековаті негорючості до складу входить боракс – суміш борної кислоти і бури. Даний факт можна також вважати помилкою в технології тому, що бура дуже сильно вбирає воду і сприяє усадці ековати. Крім цього дана речовина є небезпечною для здоров'я, що не дозволяє даному теплоізоляційному матеріалу вважатись екобезпечним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ході досліджень було проаналізовано наукові статті таких вчених як А.В. Єрмолина, П.В. Міронов [1], в наукових роботах яких було досліджено теплоізоляційні властивості та технологію формування теплоізоляційних плит на основі деревно-волокнистої продукції. Були використанні рішення В.В. Мальцева [2], який запропонував зменшити кількість води у ековаті та відмовитись від використання бораксу. Теплофізичні властивості ековати досліджували І.Я. Гніп, В.І. Кершуліс, С.А. Веяліс [3].

Постановка завдань. На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає в визначенні оптимального складу, способу формування плити, проведення досліджень на визначення теплопровідності, водопоглинання та сорбційної вологості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для отримання даного матеріалу першочергово необхідно визначити його склад та співвідношення компонентів. В якості наповнювача використовували мелений папір, у якості в'язучої речовини – клей ПВА та рідке скло. Папір використовувався двох форм: квадратиками з розміром 4 мм та смужко подібної форми шириною 5 мм. Для підвищення пористості та теплопровідності додали піну. Для отримання піни використовували білково-мильний піноутворювач.

Експерименти з розробки оптимального складу матеріалу проводилися з використанням симплекс-гратчастого плану (Шеффе) третього порядку [6]. В якості вихідних величин визначалися стандартні фізико-механічні показники для теплоізоляційних матеріалів відповідно до ГОСТ 17177-94 [9]: Y_1 - щільність матеріалу, ρ , кг / м³; Y_2 - міцність на стиск за 10% -вої лінійної деформації [σ_{10}], МПа; Y_3 - межа міцності при статичному вигині [$\sigma_{ст}$], МПа. Варіаційними факторами в експерименті являлись (у перерахунку на 1 м³ готового матеріалу): X_1 - кількість наповнювача в абсолютно сухому стані (папір), кг; X_2 - кількість води, що додається, л; X_3 - кількість в'язучого, % від X_1 .

Оптимальним складом композиції вважали такий, у якому досягали мінімальної густини і теплопровідність за задовільних значень механічної міцності.

Композиції з кращими значеннями показників представлені в таблиці 1.

В першому зразку використовувався папір у формі квадратиків, у всіх інших – смужкоподібної. У четвертому зразку використовувався клей ПВА з додаванням твердника, у всіх інших – рідке скло.

Компоненти додавались в наступній послідовності: спочатку замішувалась піну, туди додавалась в'язуча речовина, після чого поступово вмішувався папір.

Для усунення зайвої вологи композиція виливалась в форми з сітчастим дном. Для надання однорідності та рівномірності композицію №12 піддавали спресовуванню.

Таблиця 1. Масові співвідношення компонентів

№ композиції	1	3	4	8	12
Кількість наповнювача, %	15	20	15	20	20
Кількість в'язучого, %	70	60	55	50	55
Кількість піни, %	15	20	30	30	25

Після замішування зразки підсушували за різних температур. Від кімнатної до 160 °С.

Для визначення на відповідність вимогам теплоізоляційного матеріалу, провели такі випробування: визначення коефіцієнта теплопровідності, величини водопоглинання та сорбційної вологості.

Дослідження на водопоглинання матеріалу (згідно згідно ГОСТ 17177 – 94) полягає в вимірюванні маси води, вбраної зразком сухого матеріалу, частково зануреним у воду, протягом заданого часу.

У ванну на сітчасту підставку поміщали зразок і фіксували його положення сітчастим вантажем. Потім заливали у ванну воду температурою 22 °С так, щоб рівень води був вищий навантажувача на 20...40 мм. Через 24 години після заливання води зразок переносять на підставку і через 30 секунд зважують на сухому піддоні. Маса води, що витекла з зразка під час зважування в піддон, включали в масу насиченого водою зразка.

Отриманні результати досліджень представлені у вигляді потрійної діаграми та гістограм.

На рисунку 1 показані результати вимірювання водопоглинання.

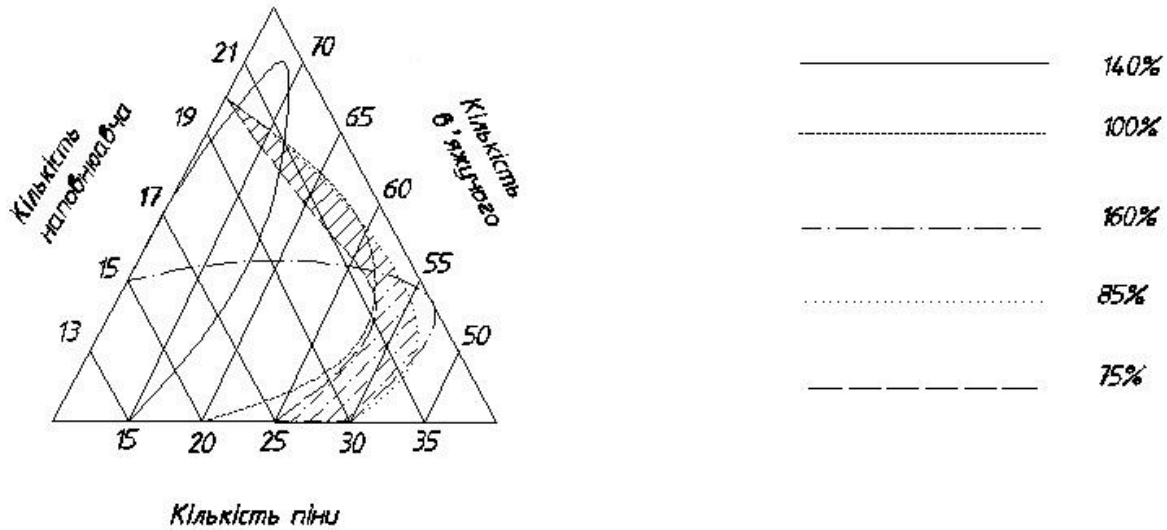


Рис. 1. Залежність величини водопоглинання від складу композиції

На даній діаграмі на сторонах трикутника позначений відсотковий вміст компонентів, заштрихованою зоною показано найбільш оптимальне співвідношення компонентів за якого зразок матиме найкращі результати.

Суть методу визначення сорбційної вологості (згідно ГОСТ 17177 – 94) полягає в вимірюванні маси води, адсорбованої зразком сухого матеріалу при певних умовах протягом заданого часу.

Пробу масою 5 г поміщали у попередньо висушений і зважений стаканчик і висушували до постійної маси відповідно до розділу, зважують і до проведення випробування зберігають в ексикаторі над хлористим кальцієм. Склянку з пробою матеріалу поміщали над водою в ексикатор і витримують протягом 24 або 72 год. Потім склянку з пробою матеріалу виймають з ексикатора і зважують. Обсяг проб матеріалу, одночасно поміщених в ексикатор, не повинен перевищувати 50 % обсягу повітряного простору в ексикаторі.

Сорбційну вологість $W_{\text{н д а}}$ в відсотках визначали за формулою:

$$W_{\text{н д а}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \times 100\% ,$$

де m_1 – маса склянки з пробою після витримання над водою;

m_2 – маса склянки с пробою після висушування до постійної маси;

m_3 – маса склянки.

На рисунку 2 зображено результати дослідження сорбційної вологості.

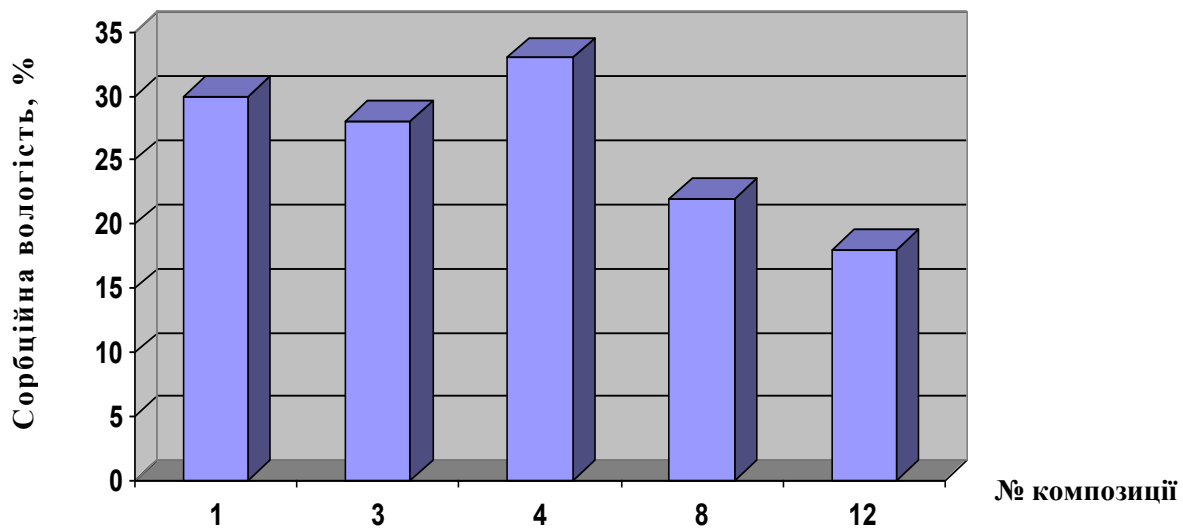


Рис. 2. Діаграма сорбційної вологості для різних зразків

Визначення теплопровідності здійснювали методом імітаційного моделювання. Зразок поміщається між нагрівачем та охолоджуючим середовищем, так як це показано на рисунку 3.

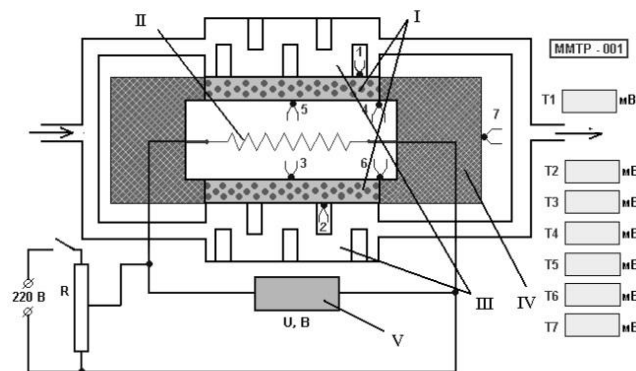


Рис. 3. Експериментальна установка для визначення теплопровідності (1,2,3,4,5,6,7 – спай термопар)

Тепловий потік проходить від нагрівача II через досліджувані зразки і відводиться протікає через холодильник III водою. Холодильник являє собою ємність зі спіральними канавками, що створюють циркуляцію охолоджувальної води, яка забезпечує однакову температуру на охолоджуваних поверхнях досліджуваних зразків. Для зменшення втрат теплоти через торцеві поверхні зразків у навколишнє середовище передбачений теплоізоляційний кожух I, з асбоцементу. Гарячі спай 1 і 2 термопар розташовані на зовнішній поверхні (яка охолоджується), гарячі спай з 3 по 6 термопар розташовані на внутрішній поверхні (яка нагрівається) зразка, гарячий спай 7 термопар встановлений на зовнішній поверхні теплоізоляційного кожуха і служить для визначення теплових втрат через торцеву поверхню зразків.

Значення теплопровідності визначали за формулою:

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{t_{c_1} - t_{c_2}}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності;
 q – густина теплового потоку, Вт/м²;

δ – товщина стінки, м;

t_{c_1} і t_{c_2} – температура на стінках, °С;

На рисунку 4 зображено результати вимірювання теплопровідності, у вигляді гістограми.

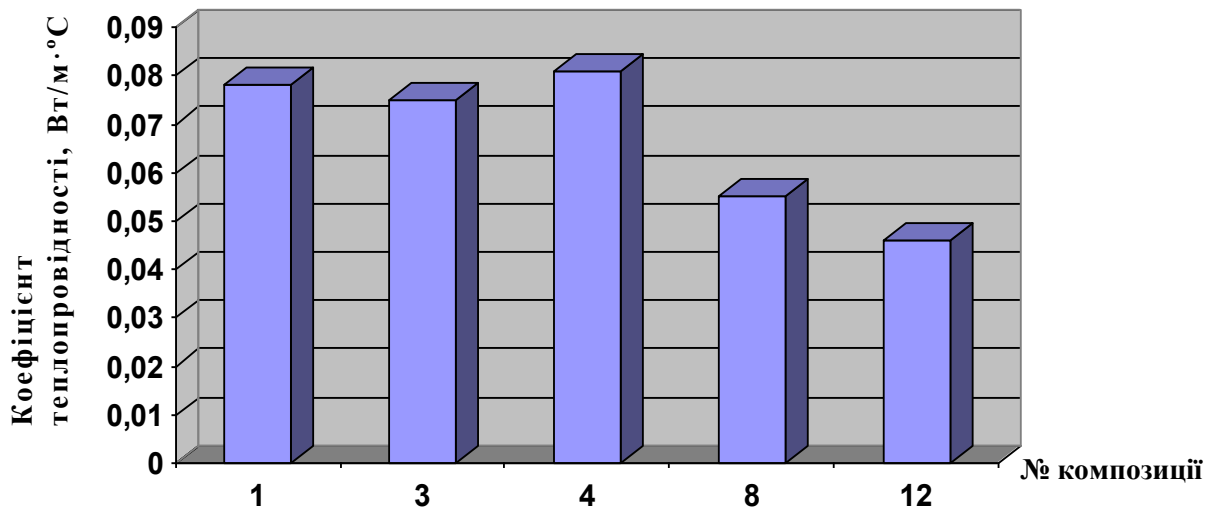


Рис.4. Діаграма теплопровідності різних зразків

Як свідчать результати досліджень найкращими характеристиками володіє композиція №12(теплопровідність – 0,046 Вт/м·°С, водопоглинання – 75%, сорбційна вологість – 18%). Це можна пояснити відповідним складом, способом замішування та режимом сушіння. В даному зразку було використано невелику кількість рідкого скла, папір був нарізаний стрічками, рідке скло розподілене рівномірно. Низьке водопоглинання та сорбційна вологість також покращується за рахунок хороших гігроскопічних властивостей рідкого скла.

Висновки.

1. Розроблено склад теплоізоляційного матеріалу на основі вторинної паперової сировини.
2. Розроблено спосіб одержання плитного теплоізоляційного матеріалу; способи підготовки сировини, диспергування компонентів композиції, формування і сушіння.
3. На підставі вивчення властивостей нового теплоізоляційного матеріалу встановлено, що він перспективний для використання в якості утеплювача в малоповерховому будівництві.

1. Ермолина, А. В., Миронов, П. В. Теплоизоляционный материал на осно-ве древесно-волоконистых продуктов / Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 197-200.
2. <http://www.ecrushim.ru/articles/pg150.php>
3. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Веялис С.А. Теплофизические свойства эковаты // Строительные материалы. 2000. №11. С. 25-27.
4. Древесноволокнистая плита «Софтборд» – многофункциональный изоляционный материал для домостроения / В. И. Бирюков [и др.] // Деревообраб. пром-сть. 2008. № 2. С. 2–4.
5. Лыков А.В. Теория сушки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1968. 471 с.
6. Миронов П.В., Ермолина А.В. Теплоизоляционные материалы: поропласты на ос-нове синтетического связующего и волоконистых продуктов переработки древесины // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2009. Вып. 24. С. 120–123.

Стаття прийнята до друку 25.03.2015.