

**Базальтовий утеплювач – природний «зелений матеріал»
для сучасних конструкцій**

**Basalt insulation is a natural «green material»
for modern constructions**

Бакулін Є.А., к.т.н., доцент, Русецька М.В., аспірантка (Київський національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)

Bakulin Ye.A., Ph.D., Associate Professor, Rusetska M.V., Ph.D. Student (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv)

У сучасному будівництві все більшого значення набуває енергоефективність будівель, тому велика увага приділяється пошуку ефективних та екологічно чистих матеріалів для створення конструкцій. Український ринок будівельних матеріалів активно розвивається, пропонуючи широкий вибір стінових панелей із базальтовим утеплювачем. Їх популярність зростає завдяки високій енергоефективності, простоті монтажу та відповідності сучасним екологічним стандартам. Однак різні виробники пропонують продукцію з відмінними технічними характеристиками, що вимагає детального аналізу для визначення найкращих рішень.

Modern economic conditions require materials not only with high-performance characteristics but also with accessibility and relatively low cost. Thus, significant potential for improving composite materials' characteristics lies in using inexpensive and effective fillers, among which basalt and its derivatives undoubtedly stand out.

Basalt insulation materials, widely used for external insulation of wall panels, are materials made of basalt fiber, which, in turn, is obtained from basalt. Although this is not a new breed, its research is important for the development of new and innovative materials not only in construction but also in other industries. Research into the natural origin of basalt, as well as the chemical and mechanical properties of basalt fiber will help to identify its strengths and weaknesses and compare it with existing basalt materials on the market. Therefore, the development of new insulation materials with improved properties compared to their predecessors remains a pressing problem.

Given the growing demand for energy-efficient and environmentally friendly building materials, basalt insulation has great potential for further development and application. Innovative production technologies and continuous improvement of material properties contribute to their widespread implementation in the construction of new buildings and the reconstruction of existing ones.

In the process of further research, it is necessary to analyze the technological processes of production of modern insulation, which is key to identifying possible ways of optimization and cost reduction. Studying production lines, their impact on product

quality, and the possibility of introducing new technologies, such as automation and the use of new types of raw materials, can significantly increase production efficiency.

Ключові слова: базальт, базальтове волокно, базальтовий утеплювач, характеристики та властивості утеплювачів.

Keywords: basalt, basalt fiber, basalt insulation, characteristics and properties of insulation materials.

Енергоефективність та екологічність є ключовими напрямками розвитку будівельної галузі у XXI столітті. Сучасні матеріали повинні забезпечувати високу теплоізоляцію, довговічність, а також відповідати екологічним стандартам. Базальтовий утеплювач є прикладом такого матеріалу, що поєднує природне походження, мінімальний вплив на екологію та високі технічні характеристики.

1. Основні характеристики базальтових утеплювачів

Базальтовий утеплювач – це ізоляційний матеріал, виготовлений з базальтового волокна. Процес його виробництва включає розплавлення гірських порід базальтової групи при температурі понад 1400°C та перетворення їх на тонкі волокна [3, 4]. Ці волокна потім з'єднуються у вигляді матів, плит або рулонів. Базальтовий утеплювач відомий своєю ефективністю і застосовуються у різних сферах будівництва та промисловості [5, 6]:

- Зовнішнє утеплення стін: для підвищення енергоефективності будівель.
- Утеплення покрівель: для зниження тепловтрат через дах.
- Звукоізоляція приміщень: у житлових та комерційних будівлях.
- Промислові утеплювачі: для ізоляції трубопроводів, котлів та іншого обладнання.

Базальтовий утеплювач є унікальним матеріалом із природного каменю, який поєднує високу ефективність і екологічність. Розглянувши його ключові властивості, важливо проаналізувати, як цей матеріал співвідноситься з іншими популярними утеплювачами, зокрема, такими як пінополістирол, мінеральна вата та поліуретанова піна.

Ключові властивості базальтового утеплювача:

- 1) Високі теплоізоляційні властивості – базальтові утеплювачі мають низьку теплопровідність, що забезпечує ефективне збереження тепла всередині будівлі.
- 2) Паропроникність – матеріал дозволяє волозі виходити з приміщення, що запобігає утворенню конденсату та розвитку цвілі.
- 3) Вогнестійкість – базальтові волокна витримують високі температури і не горять, що підвищує пожежну безпеку будівель.
- 4) Механічна міцність – утеплювач стійкий до деформацій і зберігає свої властивості протягом усього терміну експлуатації.

5) Екологічність – базальтові утеплювачі виготовляються з природних матеріалів, не містять і не виділяють шкідливих речовин, тому залишаються екологічно безпечними протягом усього терміну служби. Це забезпечує їхню тривалу експлуатацію без шкоди для довкілля та здоров'я людини.

6) Довговічність – базальтові утеплювачі можуть ефективно виконувати свої функції протягом 50 і більше років, у зв'язку з низкою унікальних властивостей, які забезпечують стабільність характеристик протягом тривалого періоду експлуатації. У багатьох випадках їх термін служби співпадає з терміном служби будівлі, що робить їх вигідним і надійним вибором для довгострокових проектів. Вимоги до довговічності будівельних виробів були включені до відповідних нормативних документів згідно з ДБН В.1.2.-11:2021 [7]. Застосування цих вимог реалізоване в системі норм, що містять ДБН В.2.6-31:2021 [8], ДБН В.2.6-33:2018 [9], а також у ДСТУ Б.В.2.6-34:2008 [10], ДСТУ Б.В.2.6-35:2008 [11] і ДСТУ Б.В.2.6-36:2008 [12].

2. Методологія дослідження

Для детальнішого аналізу наводимо порівняльну таблицю властивостей базальтового утеплювача з альтернативними матеріалами. Вибір утеплювача у стінових панелях значно впливає на теплоізоляційні властивості конструкції, її довговічність і вартість. Українські виробники пропонують широкий асортимент стінових панелей, серед яких переважають конструкції з базальтовим утеплювачем, пінополістиролом, мінеральною ватою та поліуретановою піною.

Порівняльний аналіз матеріалів

Для порівняння були відібрані зразки стінових панелей, виготовлених українськими виробниками, що мають найбільший попит на ринку. Аналіз проведено за такими критеріями: теплотехнічні характеристики, механічна міцність, вогнестійкість, екологічність, вартість виробництва та експлуатації.

Базальтовий утеплювач – має оптимальне поєднання властивостей, таких як висока теплоізоляція, паропроникність, вогнестійкість та механічна міцність [13]. Вони є відмінним вибором для зовнішнього утеплення будинків, забезпечуючи високу енергоефективність та комфорт мешканців. У порівнянні з іншими утеплювачами, базальтові утеплювачі мають вищу екологічність та довговічність, що робить їх перспективним матеріалом для сучасного будівництва (табл. 1).

Мінеральна вата – це загальна група теплоізоляційних матеріалів, до якої входять базальтова вата, скловата та шлаковата і виготовляються з природних матеріалів. Попри спільне призначення, ці матеріали мають відмінності в складі, властивостях і сферах застосування. Базальтова вата є одним із продуктів базальтових утеплювачів. Скловата виготовляється з

розплавленого скла або кварцового піску, має добрі теплоізоляційні властивості, але може бути менш міцною і подразнювати шкіру під час монтажу. Шлаковата виробляється з доменних шлаків, менш довговічна і стійка до вологи, ніж інші типи, але є бюджетним варіантом (табл.1).

Таблиця 1

Порівняльна таблиця властивостей та характеристик базальтових утеплювачів з іншими утеплювачами

Характеристика	Базальтовий утеплювач	Мінеральна вата	Екструдований пінополістирол (XPS)	Пінополіуретан (PUR/PIR)
Теплопровідність (λ), Вт/м·К	0,032-0,040	0,035-0,045	0,036-0,045	0,020-0,025
Паропроникність	висока	висока	низька	низька
Звукоізоляція (Rw), дБ	50-55	45-50	30-35	25-30
Водопоглинання	низьке	середнє	визьке	низьке
Вогнестійкість	негорючий	негорючий	горючий	самозатухаючий
Механічна міцність	висока	низька	висока	висока
Довговічність	30-50	25-35	20-30	25-40
Екологічність	висока	середня	низька	низька
Вартість грн/м ²	120-150	100-120	80-100	130-170

Екструдований пінополістирол (XPS) – має вищу механічну міцність і менше водопоглинання порівняно з EPS. Він також забезпечує добру теплоізоляцію. Однак, як і пінопласт, XPS має низьку паропроникність і є горючим матеріалом. Це робить його менш придатним для використання в умовах високої вологості та підвищених вимог до пожежної безпеки (табл. 1).

Пінополіуретан (PUR/PIR) – забезпечує відмінну теплоізоляцію і має високу стійкість до вологи та механічних пошкоджень. Завдяки особливій монолітній структурі забезпечується високий рівень теплоізоляції та шумоізоляції (коефіцієнт теплопровідності становить всього лише 0,02 Вт/м · К), що дає змогу знизити товщину утеплюючого шару. Серед недоліків виокремлюють займистість і виділення токсичних речовин під час горіння, необхідність захисту від сонячного світла та розчинників, а також вміст потенційно небезпечних речовин [13]. Він також може мати самозатухаючі властивості, що підвищує його пожежну безпеку. Проте пінополіуретан є значно дорожчим матеріалом, а його виробництво може мати негативний вплив на довкілля через використання хімічних компонентів (табл. 1).

Аналіз порівняльної таблиці

1. Енергоефективність – поліуретанова піна має найнижчу теплопровідність, але базальтовий утеплювач виграє за рахунок довговічності та стабільності показників у різних умовах (рис. 1).

2. Безпека – базальтовий утеплювач є єдиним абсолютно негорючим матеріалом, що робить його оптимальним вибором для об'єктів із підвищеними протипожежними вимогами (рис. 1).

3. Екологічність – матеріали на основі базальту мають найнижчий вуглецевий слід, оскільки виготовляються із природної сировини (рис. 1).

4. Вартість – пінополістирол і мінеральна вата є економічно вигідними, але значно поступаються базальтовому утеплювачу в термінах експлуатації, вогнестійкості та екологічності (рис. 1).

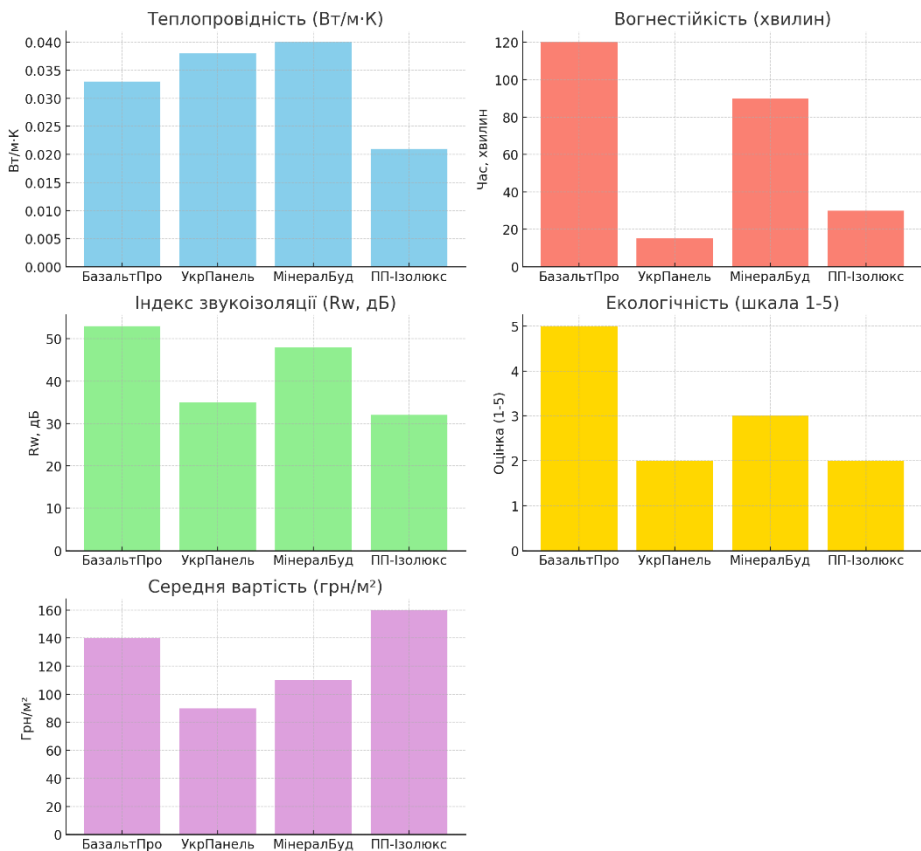


Рис. 1. Порівняльні графіки характеристик стінових панелей українських виробників

Базальтовий утеплювач є оптимальним вибором для проєктів, де важливі довговічність, екологічність і безпека. Альтернативні матеріали можуть бути доцільними для бюджетного будівництва або короткострокових об'єктів. Для сучасних конструкцій, орієнтованих на стандарти енергоефективності та екології, базальтовий утеплювач залишається найкращим рішенням.

Таблиця 2

Характеристика українських виробників стінових панелей

Тип утеплювача	Виробники	Переваги	Недоліки
Базальтовий утеплювач	"Термопанель Україна", "БазальтПро"	- Висока теплоізоляція - Екологічність - Стійкість до вогню та вологи	- Вища вартість у порівнянні з пінополістирольними панелями
Мінеральна вата	"МінералБуд"	- Доступна ціна - Добра теплоізоляція	- Нестійкість до вологи без додаткової гідроізоляції
Пінополістирол	"Укр-Панель"	- Низька вартість - Простота монтажу	- Низька вогнестійкість - Виділення токсичних речовин при нагріванні
Поліуретанова піна	"ПП-Ізолюкс"	- Найнижча теплопровідність - Стійкість до деформацій	- Висока вартість - Проблеми з утилізацією

Результати порівняння

1. Для регіонів із холодним кліматом

Панелі з базальтовим утеплювачем та поліуретановою піною забезпечують найкращу теплоізоляцію, проте базальтовий утеплювач має перевагу у вогнестійкості.

2. Для економічного будівництва

Панелі з пінополістиролом залишаються найвигіднішими за ціною, проте їхній вибір можливий лише за умов мінімальних ризиків пожежі.

3. Для комерційних і промислових об'єктів

Панелі з мінеральною ватою є оптимальним вибором через баланс між ціною, екологічністю та теплоізоляцією.

Переваги та недоліки використання базальтових утеплювачів для зовнішнього утеплення

Після аналізу порівняльної таблиці, в якій розглянуто властивості базальтового утеплювача в порівнянні з іншими матеріалами, доцільно виділити його ключові переваги та можливі недоліки. Це дозволить повніше

оцінити доцільність використання базальтового утеплювача у сучасному будівництві.

Переваги базальтового утеплювача

Енергоефективність – зовнішнє утеплення стінових панелей за допомогою базальтових утеплювачів значно підвищує енергоефективність будівлі. Завдяки високій теплоізоляційній здатності, базальтові волокна дозволяють зменшити втрати тепла взимку і зберігати прохолоду влітку. Це сприяє зниженню витрат на опалення та кондиціонування, що, у свою чергу, зменшує споживання енергії та викиди вуглекислого газу.

Довговічність – базальтові утеплювачі відомі своєю довговічністю та стійкістю до зовнішніх впливів, не піддаються впливу ультрафіолетових променів, не втрачають своїх властивостей з часом і стійкі до механічних пошкоджень. Це забезпечує тривалий термін експлуатації утеплювальних систем без необхідності частого ремонту чи заміни.

Екологічна безпека – виробництво та використання базальтових утеплювачів є екологічно безпечними процесами. Матеріал виготовляється з природних компонентів і не виділяє шкідливих речовин під час експлуатації. Це робить базальтові утеплювачі відмінним вибором для людей, які дбають про навколишнє середовище та здоров'я своїх близьких.

Комфорт і здоров'я – використання базальтових утеплювачів забезпечує комфортний мікроклімат у приміщеннях. Паропроникність матеріалу дозволяє уникнути утворення надлишкової вологи, що сприяє запобіганню розвитку цвілі та грибків. Це особливо важливо для здоров'я мешканців будинку, адже вологість і цвіль можуть викликати алергії та респіраторні захворювання.

Недоліки базальтового утеплювача

Незважаючи на численні переваги, базальтові утеплювачі також мають деякі недоліки.

Вища вартість – порівняно з іншими теплоізоляційними матеріалами, такими як пінопласт або скловата, мають вищу ціну. Це може зробити їх менш привабливим варіантом для тих, хто шукає бюджетних рішень. Проте, з урахуванням довговічності та високої ефективності, ці початкові витрати окуповуються протягом експлуатаційного періоду будівлі.

Вага матеріалу – базальтові утеплювачі мають вищу щільність і, відповідно, більшу вагу порівняно з деякими іншими утеплювачами, такими як пінопласт. Це може створити додаткове навантаження на конструкцію будівлі і вимагати міцнішого кріплення та спеціальних методів монтажу.

Складність монтажу – через більшу вагу і жорсткість базальтових плит їх встановлення може бути складнішим, ніж монтаж легших утеплювачів. Це вимагає додаткового часу і зусиль, а також може збільшити вартість робіт.

Можливість подразнення шкіри та дихальних шляхів – під час роботи з базальтовими утеплювачами, особливо при різанні або монтажі, може виділятися дрібний пил, який може подразнювати шкіру та дихальні шляхи. Це вимагає використання захисного одягу, рукавичок і масок, щоб запобігти можливим негативним наслідкам для здоров'я.

Погане звукоізоляційне співвідношення – хоча базальтові утеплювачі мають добрі звукоізоляційні властивості, вони можуть поступатися спеціалізованим звукоізоляційним матеріалам. Якщо звукоізоляція є пріоритетом, можуть знадобитися додаткові матеріали або заходи.

Обмежена доступність у деяких регіонах – у деяких регіонах доступність базальтових утеплювачів може бути обмеженою через відсутність місцевого виробництва або недостатньо розвинену логістику. Це може збільшити терміни постачання і вартість матеріалів.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на аналіз та вдосконалення виробничих технологій для зменшення вартості базальтового утеплювача, підвищення екологічності виробництва, оптимізації теплотехнічних характеристик матеріалу.

Висновок

Базальтові утеплювачі для стінових панелей є вельми актуальними у сучасному будівництві завдяки своїм винятковим теплоізоляційним властивостям, екологічності та довговічності. Використання цього матеріалу у зовнішньому утепленні будинків забезпечує високу енергоефективність, комфорт і здоров'я мешканців, а також тривалий термін експлуатації будівельних конструкцій. Перспективи розвитку базальтових утеплювачів спонукають до подальшого вдосконалення технологій та розширення сфер їхнього застосування, що робить їх незамінним елементом енергоефективного та екологічного будівництва.

У статті розглянуто основні властивості та характеристики базальтових волокон, а також їх вплив на енергоефективність і екологічність будівельних конструкцій. Однак для подальшого вдосконалення та оптимізації матеріалів для утеплення є необхідність у глибшому аналізі конструктивних елементів сучасних утеплювачів та технологій їх виробництва [14, 15].

У процесі подальших досліджень необхідно провести аналіз технологічних процесів виробництва сучасних утеплювачів, що є ключовим для виявлення можливих шляхів оптимізації та зниження витрат. Вивчення виробничих ліній, їхнього впливу на якість продукту та можливості впровадження нових технологій, таких як автоматизація та використання нових видів сировини, можуть суттєво підвищити ефективність виробництва. Розробка і впровадження нових технологій, які дозволять покращити характеристики утеплювачів, таких як термічна і звукоізоляція,

а також їхню стійкість до впливу навколишнього середовища, є важливим напрямком досліджень. Впровадження інноваційних матеріалів та методів їх обробки може забезпечити створення утеплювачів із ще кращими експлуатаційними властивостями [16, 17].

Подальші дослідження повинні сприяти розвитку нових, більш ефективних і екологічних рішень для утеплення будівель, що відповідатимуть сучасним вимогам до енергоефективності і стійкості.

References

1. Mikroporysta struktura hrubyykh bazaltovykh volokon i yikh strukturni kharakterystyky - Hots V.I., d.t.n., prof., Palchyk P.P., k.t.n., dots., Maistrenko A.A. k.t.n., dots., Berdnyk O.Iu., ass. VI Mizhnarodna konferentsiia. Aktualni problemy inzhenernoi mekhaniky. – Kyiv: KNUBA, 2019.
2. Morkovska, N. «ANALIZ ZASTOSUVANNIA BAZALTU U BUDIVNYTSTVI». InterConf, vyp. 41, 2021, <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/8857>.
3. Malanchuk Z.R., Malanchuk Ye.Z., Korniienko V.Ia. Spetsialni tekhnolohii vydobutku korysnykh kopalyn. Navchalnyi posibnyk. – Rivne : NUVHP, 2017. – 266 s. ISBN 978-966-327-352-5
4. Tekhnolohii uteplennia fasadiv budivel: pidruchnyk. Haiduk O. V., Herliand T. M., Kulalaieva N. V., Pivtoratska N. V., Piatnychuk T. V. – Zhytomyr: «Polissia», 2021. – 362 s.
5. Kinh, M. F. L., Srinivasan, V., & Purushottaman, T. (2014). Volokno bazaltu: Davnii material dlia innovatsiynykh ta suchasnykh zastosovan. Seredno-Skhidnyi zhurnal naukovykh doslidzhen, 22(2), 308-312. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.22.02.21872>
6. Di Ruokko, H. (2016). «Volokna bazaltu: zeleni material XXI stolittia dlia stiikoho vidnovlennia istorychnykh budivel», VITRUVIO - Mizhnarodnyi zhurnal arkhitekturnykh tekhnolohii ta staloho rozvytku, 1(2), s. 25–39. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2016.6984>
7. DBN V.1.2-11:2021 Osnovni vymohy do budivel i sporud. Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist. – K.: Minrehion Ukrainy, 2022. – 21 s.
8. DBN V.2.6-31:2021. Teplova izoliatsiia ta enerhoefektyvnist budivel. – K.: Minrehion Ukrainy, 2022. – 27 s.
9. DBN V.2.6-33:2018. Konstruktsii zovnishnykh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu. Vymohy do proektuvannia. – K.: Minrehion Ukrainy, 2018. – 25 s.
10. DSTU B V.2.6-34:2008. Konstruktsii budynkiv ta sporud. Konstruktsii zovnishnykh stin z fasadnoiu teploizoliatsiieiu. Klasyfikatsiia y zahalni tekhnichni vymohy. – K.: Minrehion Ukrainy, 2009. – 44 s.
11. DSTU B V.2.6-35:2008. Konstruktsii budynkiv ta sporud. Konstruktsii zovnishnykh stin z fasadnoiu teploizoliatsiieiu ta oporiadzhenniam industrialnymy elementamy z ventylovanym povitrianym prosharkom. Zahalni tekhnichni umovy. – K.: Minrehion Ukrainy, 2009. – 29 s.
12. DSTU B V.2.6-36:2008. Konstruktsii budynkiv ta sporud. Konstruktsii zovnishnykh stin z fasadnoiu teploizoliatsiieiu ta oporiadzhenniam shtukaturkamy. Zahalni tekhnichni umovy. – K.: Minrehion Ukrainy, 2009. – 35 s.

13. Materialoznavchi rishennia pry zvedenni i rekonstruksii budivel ta sporud : navch. posibnyk / O. V. Kondrashchenko, N. H. Morkovska, S. V. Shapoval, O.V. Yakymenko; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. – Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2019. – 202 s.
14. Yakovenko I.A. Napriamy naukovykh doslidzhen kafedry budivnytstva NUBiP Ukrainy / I.A. Yakovenko, Ye.A. Bakulin // Zb. tez dop. Kh Mizhn. nauk.-tekhn. konf. «Kramarovski chytannia» z nahody 116-yi richnytsi vid dnia narodzhennia d.t.n., prof., chl.-kor. VASHNIL, vitseprez. UASHN V.S. Kramarova (1906–1987) ta 125 richnytsi NUBiP Ukrainy (24–25 liutoho 2023 r., m. Kyiv). – K. : NUBiP Ukrainy, 2023. – S. 488–491.
15. Bakulin Ye.A. Inzhenernyi zakhyst i pidhotovka terytorii: navchalnyi posibnyk; pid redaktsieiu kand. tekhn. nauk Ye.A. Bakulina / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NUBiP Ukrainy, 2022. – 205 s.
16. Bakulin Ye.A. Vyznachennia parametriv napruzhenno-deformovanoho stanu sporudy bashty sylosu ta yii konstruktyvnykh elementiv za naslidkamy ruinuvannia / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention: collective monograph. – Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. – R. 1–43. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1>
17. Bakulin Ye.A. Rezultaty analizu prychnyn ruinuvannia stalevykh ferm pokryttia konvertornoho tsekhu / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, Ye.A. Dmytrenko, V.M. Bakulina // Zbirnyk tez dopovidei 9-oi Mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii «Problemy nadiinosti ta dovhovichnosti inzhenernykh sporud ta budivel na zaliznychnomu transporti» (17–19 lystopada, 2021 r., m. Kharkiv). – Kharkiv, UkrDUZT, 2021. – S. 87–88.

Література

1. Мікропориста структура грубих базальтових волокон і їх структурні характеристики - Гоц В.І., д.т.н., проф., Пальчик П.П., к.т.н., доц., Майстренко А.А. к.т.н., доц., Бердник О.Ю., ас. VI Міжнародна конференція. Актуальні проблеми інженерної механіки. – Київ: КНУБА, 2019.
2. Морковська, Н. «АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗАЛЬТУ У БУДІВНИЦТВІ». InterConf, вип. 41, 2021, <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/8857>.
3. Маланчук З.Р., Маланчук Є.З., Корнієнко В.Я. Спеціальні технології видобутку корисних копалин: навч. посібн. – Рівне: НУВГП, 2017. – 266 с. ISBN 978-966-327-352-5
4. Технології утеплення фасадів будівель: підручник. Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В., Півторацька Н. В., Пятничук Т. В. – Житомир: «Полісся», 2021. – 362 с.: ілюстр. ISBN 978-617-8117-00-9
5. Кінг, М. Ф. Л., Срінівасан, В., & Пурушоттаман, Т. (2014). Волокно базальту: Давній матеріал для інноваційних та сучасних застосувань. Середньо-Східний журнал наукових досліджень, 22(2), 308-312. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.22.02.21872>
6. Ді Руокко, Г. (2016). «Волокна базальту: зелений матеріал XXI століття для стійкого відновлення історичних будівель», VITRUVIO - Міжнародний журнал архітектурних технологій та сталого розвитку, 1(2), с. 25–39. DOI: 10.4995/vitruvio-ijats.2016.6984.

7. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 21 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 27 с.
9. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 25 с.
10. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги. – К.: Мінрегіон України, 2009. – 44 с.
11. ДСТУ Б В.2.6-35:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2009. – 29 с.
12. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2009. – 35 с.
13. Матеріалознавчі рішення при зведенні і реконструкції будівель та споруд : навч. посібник / О. В. Кондрашенко, Н. Г. Морковська, С. В. Шаповал, О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 202 с.
14. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // 36. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К.: НУБіП України, 2023. – С. 488–491.
15. Бакулін Є.А. Інженерний захист і підготовка території: навчальний посібник; під редакцією канд. техн. наук Є.А. Бакуліна / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – Київ : НУБіП України, 2022. – 205 с.
16. Бакулін Є.А. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention: collective monograph. – Riga: Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2022. – P. 1–43. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1>
17. Бакулін Є.А. Результати аналізу причин руйнування сталевих ферм покриття конверторного цеху / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, В.М. Бакуліна // Збірник тез доповідей 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (17–19 листопада, 2021 р., м. Харків). – Харків, УкрДУЗТ, 2021. – С. 87–88.