

# ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 499.86.676.034

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2023-1-4>

## ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ НА ВИГИН ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Г. І. ГОЛОДЮК, кандидат технічних наук, доцент;

Н. М. ГУРГУЛА, старший лаборант кафедри товарознавства та експертиза в митній справі  
(Луцький національний технічний університет)

**Анотація.** Зростання цін на енергоносії в Україні змушує все більше домогосподарств інвестувати в енергозберігаючі будинки, квартири та інші приміщення. Ринок теплоізоляційних матеріалів в Україні продовжує демонструвати позитивні темпи зростання, до основних факторів, які впливатимуть на цей ринок, відносяться: зростання ринку нерухомості, рівень купівельної спроможності, «теплі кредити».

Рослинна сировина має низку переваг, таких як доступність, швидке відновлення, низька вартість, екологічність і низька теплопровідність, а також можливість використання як органічних, так і неорганічних зв'язуючих.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Основні фізико-механічні властивості (міцність на вигин) теплоізоляційних матеріалів на основі природної сировини.

**Використані методи дослідження та обладнання, організація досліджень.** Аналітичні та експериментальні методи визначення міцності на вигин теплоізоляційного матеріалу; метод порівняння результатів розрахунків міцності на вигин різними методами.

Розробка теплоізоляційних матеріалів з використанням рослинної сировини є актуальним завданням сучасного будівельного виробництва. Отримані матеріали відповідають вимогам сталого розвитку, енергоефективності, економічності та екологічності.

У статті запропоновано методіку систематизації матеріалів на композитній основі з моху та соломи порівняно з однокомпонентним складом та складом суміші моху та очерету. Вона базується на літературних даних і наявних дослідженнях. У ході проведення дослідження використано аналітичні та систематичні методи обробки даних. Основні фізико-механічні властивості теплоізоляційних плит – міцність на вигин, були визначені відповідно до ДСТУ Б В.2.7-38-95 Матеріали і виробі теплоізоляційні. Методи випробувань [2].

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що високі фізико-механічні характеристики теплоізоляційного матеріалу обумовлені утворенням просторової каркасної системи із солом'яних трубок із заповненням порожнечі простором ущільненим мохом, а також дрібною сітчастою мікроструктурою моху та житньої соломи.

Визначено можливість значного збільшення міцності на вигин теплоізоляційного матеріалу на композитній основі з моху та соломи порівняно з однокомпонентним складом та складом суміші моху та очерету. Таким чином, середня міцність на вигин композицій з моху та соломи становить 0,26 МПа, що в 1,9 рази більше, ніж у композитній композиції на основі моху та очерету, і в 3,2 рази перевищує значення зразків на однокомпонентній основі.

**Ключові слова:** ізоляція, мох, міцність, сировина, сільськогосподарські відходи, очерет солома.

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Сучасні темпи розвитку людської цивілізації разом зі зростаючими темпами виробництва призвели до різкого підвищення споживання і підняття вартості всіх видів енергії, тому перед будівельниками постає потреба використання енергоефективних конструкцій і технологій, які б мали достатню несучу здатність, великий тепловий опір і були довговічними та екологічно безпечними. Для опису поточної ситуації у світовій області теплоізоляції було проведено огляд літератури існуючих екологічно

чистих ізоляційних матеріалів на основі природної сировини з різними виготовленими формами та властивостями. Все більшого поширення набувають сучасні екологічно чисті утеплювачі з рослинної сировини. Найчастіше ці матеріали виготовляються з волокон льону, конопель або дерева, скріплені безпечними в'язучими компонентами. Натуральні утеплювачі виготовляються у вигляді матів, плит і рулонів, що робить матеріал універсальним з точки зору варіантів нанесення.

Пошук і створення ефективних теплоізоляційних матеріалів на основі дешевої сировини продовжує залишатися викликом. При цьому велике

значення має критерій економії паливно-енергетичних ресурсів при виробництві теплоізоляційних матеріалів. Залежно від складу речовин, з яких виготовлені теплоізоляційні матеріали, вони за певних умов можуть впливати на утеплені поверхні, навколишнє середовище та організм людини чи тварини.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За останні роки вченими Л. Дядюша, Ю. Бобровим, В. Граневим, В. Курдюмовою, Н. Гончаровим, А. Люсевим велика увага приділялась широкому використанню відходів промисловості і сільського господарства в виробництві теплоізоляційних матеріалів. Основні методи розв'язання нестационарних задач теплопровідності розглядаються в роботах українських та закордонних учених, а саме: В.В. Скопечького, І.В. Сергієнка, Г.А. Шинкаренка, Г.В. Залужної, П.В. Черпакова, Г.Н. Дулнева, С.О. Тихомірова, Y. Sakai, E. Мітчела, Р. Уейта, R. Barnhill, J. Cavendish, W. Gordon, G. Nielson та інших.

**Цілі статті.** Дослідження міцності на вигин теплоізоляційних матеріалів на композиційній основі з моху та рослинної сировини.

**Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Для отримання теплоізоляційних матеріалів на основі рослинної сировини були проведені комплексні дослідження з відбору композицій, включаючи приготування заповнювача певної фракції, та вивчені основні фізико-механічні характеристики зразків.

В основних експериментальних дослідженнях був використаний композиційний заповнювач, який є сумішшю моху сфагнуму з очеретяною або житньою соломою. Рідке скло натрію використовували як сполучну речовину. Використання моху як заповнювача обумовлено антисептичними властивостями та досвідом використання в цілях теплоізоляції. Рідке натрієве скло забезпечує теплоізоляційному матеріалу негорючістю, зв'язує заповнювач, є антисептиком та запобігає утворенню грибків.

У дослідженнях плити використовували для одно- та двокомпонентних заповнювачів з однаковими складами за масою. Фізико-механічні характеристики плит на основі моху з різним компонентним складом представлено у табл. 1.

Відбір проб для визначення міцності на вигин проводили шляхом різання готових пластин циркулярною пилкою (рис. 1).

Випробування проводили на зразках балок розміром 250 × 40 × 30 мм (рис. 2).

Результати дослідження на вигин теплоізоляційного матеріалу на композиційній основі з моху та соломи порівняно з однокомпонентним складом та складом суміші моху та очерету подано у табл. 2-4.

Як видно з табл. 3 середня міцність на вигин зразків балок на основі моху становить 0,08 МПа.

Як видно з табл. 3 середня міцність на вигин зразків балок на основі моху та очерету становить 0,14 МПа.

Як видно з табл. 4 середня міцність на вигин композицій з моху та соломи становить 0,26 МПа.

Отримані результати залежності зміни міцності зразків балок від співвідношення моху, очерету та соломи порівняно з однокомпонентним



Рис. 1. Виготовлення зразків балок для випробування на міцність на вигин

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики плит на основі моху

№ зразка	Зразок маса, г	Витрата компонентів, г.				Щільність, кг / м <sup>3</sup>	Теплова провідність коефіцієнт, Вт / (м ° С)
		мох	рідке скло	вода			
1	464	220	400	145		265	0,047
№ зразка	Зразок маса, г	Витрата компонентів, г.				Щільність, кг / м <sup>3</sup>	Теплова провідність коефіцієнт, Вт / (м ° С)
		мох	очерет	рідке скло	вода		
2	426	110	110	400	100	228	0,068
№ зразка	Зразок маса, г	Витрата компонентів, г.				Щільність, кг / м <sup>3</sup>	Теплова провідність коефіцієнт, Вт / (м ° С)
		мох	солома	рідке скло	вода		
3	423	110	110	400	100	225	0,063



Рис. 2. Загальний вигляд випробування зразків балок на міцність на вигин

складом подано на рис. 3.

Отримані результати залежності зміни міцності зразків балок при проведенні експериментальних досліджень показали значне збільшення міцності на вигин теплоізоляційного матеріалу на композитній основі з моху та соломи порівняно з однокомпонентним складом та складом суміші моху та очерету. Таким чином, середня міцність

на вигин композицій з моху та соломи становить 0,26 МПа, що в 1,9 рази більше, ніж у композитної композиції на основі моху та очерету, і в 3,2 рази перевищує значення зразків на однокомпонентній основі.

Значне підвищення міцності на вигин при введенні подрібненої соломи вказує на те, що система каркасних солом'яних труб, що розвивається, приймає більші зусилля на розтяг і стиск, що виникають під час згинання ізоляції.

**Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших дослідження у поданому напрямку.** Результати експериментальних досліджень показали значне збільшення міцності на вигин теплоізоляційного матеріалу на композитній основі з моху та соломи порівняно з однокомпонентним складом та складом суміші моху та очерету. Таким чином, середня міцність на вигин композицій з моху та соломи становить 0,26 МПа, що в 1,9 рази більше, ніж у композитної композиції на основі моху та очерету, і в 3,2 рази перевищує значення зразків на однокомпонентній основі.

Високі фізико-механічні характеристики теплоізоляційного матеріалу обумовлені утворенням просторової каркасної системи із солом'яних трубок із заповненням порожнечі простором

Таблиця 2

Дослідження міцності на вигин зразків балок на основі моху

№ зразка	Витрата компонентів, г.		Міцність на вигин, МПа
	мох	рідке скло	
1	220	400	0,07
2	220	400	0,08
3	220	400	0,08
4	220	400	0,09

Таблиця 3

Дослідження міцності на вигин зразків балок на основі моху та очерету

№ зразка	Витрата компонентів, г.			Мох: очерет коефіцієнт, %	Згинання міцність, МПа
	мох	очерету	рідке скло		
1	110	110	400	50:50	0,14
2	110	110	400	50:50	0,14
3	110	110	400	50:50	0,13
4	110	110	400	50:50	0,15

Таблиця 4

Дослідження міцності на вигин теплоізоляційного матеріалу на композитній основі з моху та соломи

№ зразка	Витрата компонентів, г.				Згинання міцність, МПа
	мох	солома	рідке скло	Мох: солома коефіцієнт, %	
1	110	110	400	50:50	0,27
2	110	110	400	50:50	0,26
3	110	110	400	50:50	0,24
4	110	110	400	50:50	0,25

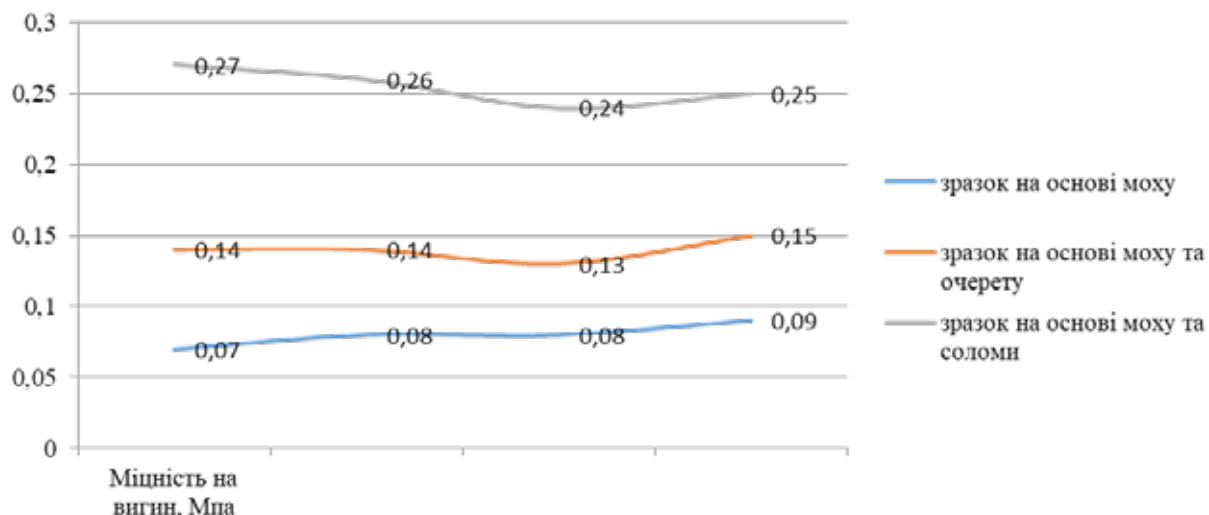


Рис. 3. Залежність зміни міцності зразків балок від співвідношення моху, очерету та соломи порівняно з однокомпонентним складом

ущільненим мохом, а також дрібною сітчастою мікроструктурою моху та житньої соломи. Таким чином, просторова каркасна система соломяних трубок із заповненням порожнечі простором стисненим мохом є найбільш оптимальною структурою утеплювача, що забезпечує високі

фізико-механічні параметри теплоізоляційного матеріалу.

У подальших дослідженнях пропонується пошук рішень для підвищення міцнісних властивостей отриманого матеріалу плити без втрати теплоізоляційних властивостей.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельні матеріали та вироби / О.М. Лівінський, та ін. Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Акцент ПП, 2014. 658 с.
2. ДСТУ Б ГОСТ 16381: 2011. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги: [Чинний від 01.12.2012]. К.: Мінрегіон України, 2011. 81 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-38-95. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань (ГОСТ 17171-94). [Чинний від 1996-09-01]. Київ, 1995. 66 с.
4. Дудла І.О., Голодюк Г.І., Гургула Н.М. Дослідження теплоізоляційних матеріалів на основі рослинної сировини на міцність. *Товарознавчий вісник*. 2022 Вип. 1(15). С 176-183. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-16>.
5. Пушкарьова К.К. Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції. Київ : Асоціація «ВСВБМВ». 2012. 664 с.
6. Якісна Теплоізоляція. Принципи інтегрованого термічного захисту. URL: <http://passivehouse-igua.com/passivehouse/passive-house-integrated-thermal-protection/> (дата звернення: 10.02.2023).
7. Interaction of Mineral and Polymer Fibers with Cement Stone and their Effect on the Physical-Mechanical Properties of Cement Composites / A.A. Plugin T.O. Kostiuk, O.A. Plugin, D.O. Bondarenko, Yu.A. Sukhanova, N.N. Partala // *International Journal of Engineering Research in Africa JERA*. 2017. Vol. 31. P.59-68.
8. Demina O.I. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, T.A. Kostuk // *Functional Materials*, 24, No.3 (2017), p. 415-419.
9. Influence of complex chemical additives on the water resistant silicate materials / O. Hryhorenko, A. Lobanova, I. Kazimagomedov, K. Plakhotnikov. MATEC Web Conf. Published online: 10 July 2017. 116 (2017) Scopus. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711601005>.
10. Будівельні та теплоізоляційні матеріали навчальний посібник / Т. В. Котова, Н. Е. Погребна. Дніпро: УДУНТ, 2022. 58 с.

### REFERENCES

1. Livinskyi, O.M., Pshinko, O.M., Savytskyi, M.V., Kulichenko, I.I., Kurok, O.I., Dorofieiev, V.S. et al. (2014). *Budivelni materialy ta vyroby* [Building materials and products]. Dnipropetrovsk : Aktsent PP. [in Ukrainian].
2. Materialy i vyroby budivelni teploizoliatsiini. Klasyfikatsiia i zahalni tekhnichni vymohy. (2011). DSTU B HOST 16381. Kyiv: Natsionalni standarty Ukrainy [in Ukrainian].

3. Materialy i vyroby teploizoliatsiini. Metody vyprobuvan [Heat-insulating materials and products. Test methods]. (1995). DSTU B V.2.7-38-95 (HOST 17171-94). from 9th September 1995. Kyiv: Natsionalni standarty Ukrainy [in Ukrainian].
4. Dudla I.O., & Holodyuk H.I., & Hurchula N.M. (2022). Doslidzhennia teploizoliatsiinykh materialiv na osnovi roslynnoi syrovyny na mitsnist. [Tovaroznavchyi visnyk]. 2022 Vyp. 1(15). S 176-183. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-16>. [in Ukrainian].
5. Pushkarova K.K. (2012). *Suchasni ukrainski budivelni materialy, vyroby ta konstruksii [Modern Ukrainian building materials, products and structures]*. Asotsiatsiia «VSVBMV». [in Ukrainian].
6. Iakisna teploizoliatsiia. Pryntsyipy intehrovanooho termichnoho zakhystu. [High-quality thermal insulation. Principles of integrated thermal protection.]. *Passive House-IGUA Ukrainska initsiatyvna hrupa Pasyvnoho Budynku* : veb-sai. URL: <http://passivehouse-igua.com/passivehouse/passive-house-integrated-thermal-protection/> [in Ukrainian].
7. Plugin A.A., & Kostiuk T.O., & Plugin O.A., & Bondarenko D.O., & Partala N.N. Interaction of Mineral and Polymer Fibers with Cement Stone and their Effect on the Physical-Mechanical. *Properties of Cement Composites. International Journal of Engineering Research in Africa JERA*. 2017. (Vol. 31), (pp.59-68). [in Africa JERA].
8. Demina O.I. Interaction of Portland cement hydration products with complex chemical additives containing fiberglass in moisture-proof cement compositions / O.I. Demina, A.A. Plugin, E.B. Dedenyova, D.O. Bondarenko, T.A. Kostuk// *Functional Materials*, 24, No.3 (2017), p. 415-419.
9. Hryhorenko O. Influence of complex chemical additives on the water resistant silicate materials / O. Hryhorenko, A. Lobanova, I. Kazimagomedov, K. Plakhotnikov // *MATEC Web Conf*. Published online: 10 July 2017. 116 (2017) Scopus. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711601005>.
10. Kotova T.V., & Pohrebna N.E. (2022). *Budivelni ta teploizoliatsiini materialy, navchalnyi posibnyk*. Dnipro: UDUNT [in Ukrainian].

**G. Golodyuk**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Lutsk National Technical University); **N. Gurgula**, Laboratory Assistant (Lutsk National Technical University). **Study of the bending strength of thermal insulation materials based on vegetable raw materials**

**Abstract.** *The increase in energy prices in Ukraine forces more and more households to invest in energy-saving houses, apartments and other premises. The market of thermal insulation materials in Ukraine continues to show positive growth rates, the main factors that will affect this market include: the growth of the real estate market, the level of purchasing power, "warm loans".*

*Plant-based raw materials have a number of advantages, such as availability, rapid recovery, low cost, environmental friendliness and low thermal conductivity, as well as the possibility of using both organic and inorganic binders.*

**Object and subject of research.** *Basic physical and mechanical properties (flexural strength) of thermal insulation materials based on natural raw materials.*

**Used research methods and equipment, research organization.** *Analytical and experimental methods of determining the bending strength of heat-insulating material; a method of comparing the results of bending strength calculations by different methods.*

*The development of thermal insulation materials using plant raw materials is an urgent task of modern construction industry. The obtained materials meet the requirements of sustainable development, energy efficiency, economy and environmental friendliness.*

*The article proposes a method of systematization of materials on a composite basis of moss and straw compared to a one-component composition and the composition of a mixture of moss and reed. It is based on literature data and available research. Analytical and systematic data processing methods were used during the research. The main physical and mechanical properties of heat-insulating plates – bending strength – were determined in accordance with DSTU B V.2.7-38-95 Heat-insulating materials and products. Test methods [2].*

*It has been theoretically substantiated and experimentally confirmed that the high physical and mechanical characteristics of the heat-insulating material are due to the formation of a spatial frame system made of straw tubes with the void space filled with compacted moss, as well as a fine mesh microstructure of moss and rye straw.*

*The possibility of a significant increase in the bending strength of heat-insulating material based on a composite basis of moss and straw compared to the single-component composition and the composition of a mixture of moss and reeds was determined. Thus, the average bending strength of moss and straw composites is 0.26 MPa, which is 1.9 times greater than that of the composite composition based on moss and reeds, and 3.2 times higher than the value of the single-component samples.*

**Key words:** *insulation, moss, strength, raw materials, agricultural waste, reed straw.*