

**БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ**

УДК 624.21.09, 624.271

DOI 10.31649/2311-1429-2022-2-6-11

**І. Н. Дудар**  
**В. В. Швець**  
**М. А. Максименко****ЕКСПЛУАТАЦІЯ УТЕПЛЮВАЧІВ З НЕВЕНТИЛЬОВАНИМИ  
ПОВІТРЯНИМИ ПРОШАРКАМИ ТА  
ЕНЕРГОВІДБИВАЮЧИМИ ЕКРАНАМИ**

Вінницький національний технічний університет

*Якість утеплення будівельних конструкцій – будинків і споруд різного призначення – залежить від багатьох складових, але основними серед них були і залишаються якість та довговічність використовуваних матеріалів.*

*Типові випробування проводять за показниками стійкості конструкції із фасадною теплоізоляцією до кліматичних факторів та за показником приведенного опору теплопередачі збірної системи з типовими проектними значеннями товщини теплоізоляційного матеріалу при їх постановці на виробництво та у разі внесення змін у конструкцію збірної системи, використанні нових матеріалів теплоізоляційного та/або опоряджувального шарів, при зміні технологій їх виготовлення.*

*В статті наведено результати випробувань дослідних зразків утеплювальних виробів з невентильованими повітряними прошарками. Проаналізовано порівняння результатів з нормативними показниками міцності виробів на стиск, згин, ударну міцність, водопоглинання та морозостійкість.*

*Екструдований пінополістирол має набагато більш високу міцність на стиск, ніж пінопласт. Висока міцність екструдованого пінополістиролу є його головною перевагою і дозволяє його використовувати не тільки як утеплювач, але і як будівельний матеріал, що виконує іноді навіть функції допоміжних або несучих конструкцій.*

*Полімерплітцана плитка, маючи нижчі показники термічного опору, досягає високих експлуатаційних показників, що дозволить використовувати її для утеплення цоколів.*

**Ключові слова:** теплотехнічні характеристики, огорожуючі конструкції, фактори впливу.

**Вступ**

На відміну від несучих конструкцій, для яких первинною є оцінка їх статичної роботи під навантаженнями, для огорожувальних первинними є впливи несилового характеру: потоків вологи і тепла, поширення звукових хвиль і т.п. В процесі експлуатації зовнішні стіни знаходяться під впливом зовнішніх (кліматичних) та експлуатаційних факторів. Правильне врахування цих впливів при проектуванні і експлуатації будівель і споруд має важливе значення при забезпеченні їх теплової надійності.

Зовнішні фактори, в залежності від величини і інтенсивності впливу основних кліматичних параметрів (зовнішньої температури повітря, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації, впливу осадів), можуть діяти окремо і в різних комбінаціях. Тому можна виділити сім основних причин, що зумовлюють фізико-хімічне і механічне руйнування матеріалів зовнішніх стін [1]:

- чергування заморожування і відтавання;
- чергування зволоження і висушування;
- тривала дія високих температур;
- дія сонячної радіації;
- вітрове навантаження;
- карбонізація атмосферою вуглекислою.

Інтенсивність впливу визначають основними кліматичними характеристиками [2]. До експлуатаційних факторів можна віднести :

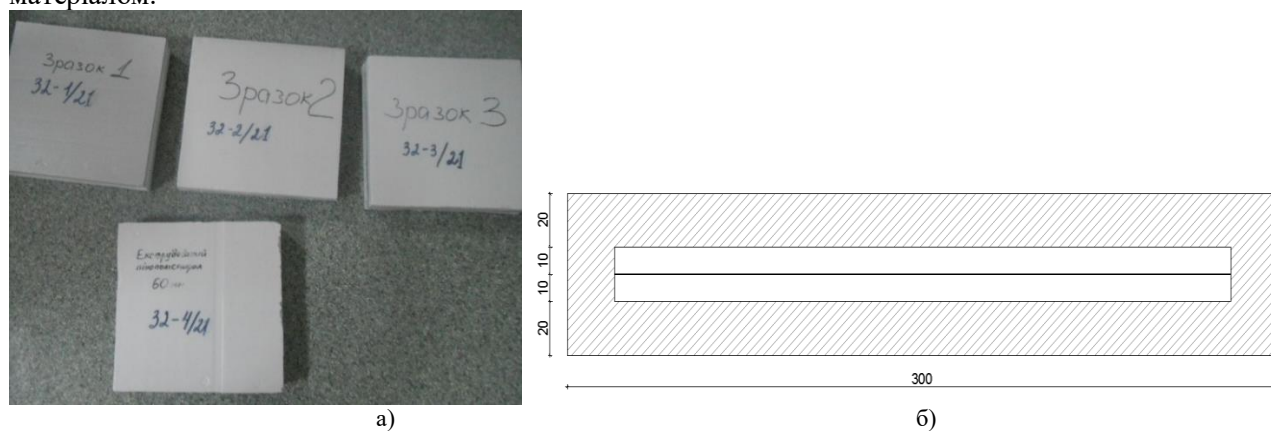
- постійне навантаження на будівельні матеріали від власної ваги;
- вологість, зумовлена побутовими умовами, виділенням вологи від людей, що знаходяться в приміщеннях, вологою, яку виділяють матеріали в перший рік експлуатації і конденсаційною вологою.

Із наведених кліматичних і експлуатаційних факторів основну роль в порушенні структури матеріалу відіграє волога: вона спричиняє набухання, гниття, корозію, механічне руйнування від замерзання в порах і пустотах.

Крапельне зволоження зовнішніх стін відбувається внаслідок проникнення дощу під зруйновану покрівлю, косою дощу, що падає на стіни, талого снігу. Дощова вода порівняно чиста, проте опади проходячи крізь забруднені прошарки повітря вбирають в себе амонієві солі, вуглекислоту, сірчану

кислоту та інші шкідливі речовини і, проникаючи в конструкції, руйнують їх. При кам'яному чи щільному бетонному шарі зовнішньої стіни вода проникає в неї на 1-3 мм і під дією сонця і вітру швидко випаровується. При пористих конструкціях, а також неякісно виконаних стиках, вода проникає глибоко в стіни, а іноді навіть всередину приміщень.

На основі виконаної експериментальної частини було виконано дослідні зразки (рис.1), які мають багат шарову конструкцію із замкнутими прошарками повітря, екранованими фольгованим матеріалом.



а) б)  
Рисунок 1 – Загальний вигляд дослідних зразків № 32/20  
а – фотофіксації; б – вигляд дослідного зразка у розрізі

Нормативні значення теплотехнічних показників зовнішніх стін забезпечуються за рахунок застосування теплоізоляційних виробів. В якості теплоізоляції зовнішніх стін розглянуті пінополістирольні дрібно розмірні плитки з двома невентильованими прошарками, розділеними фольгованим матеріалом згідно з ДСТУ Б В.2.7-8 [3] та/або плити мінераловатні на синтетичному в'язучому згідно з ДСТУ Б В.2.7-167, а також ДСТУ Б В.2.7-139:2007 «Будівельні матеріали. Черепиця полімерпіщана». Фізико-технічні показники полімерпіщаної черепиці, передбачені цим стандартом, знаходяться на рівні відповідних показників призначення керамічної та бетонної черепиці і перевищують вимоги EN 1304:1998, зокрема, за руйнівним навантаженням. Досвід вітчизняних виробників підтверджує можливість включення до стандарту вимог до руйнівного навантаження на рівні не менше 1,5 кН.

Випробування з визначення межі міцності при стиску здійснювали за допомогою гідравлічного пресу ПСУ-125.

Результати представлені в табл. 3.3

Таблиця 1

Результати випробувань з визначення міцності на стиск

№ зразка	Розміри зразку, см			Руйнівне навантаження, Р, кгс, середнє за 5 зразками	Межа міцності на стиск, $R_{ст}$ , (МПа)
	ширина, b	висота, h	довжина, L		
32-1/20 (Зразок 1)	30	6	30	1625	0,18
32-2/20 (Зразок 2)	30	6	30	1650	0,183
32-3/20 (Зразок 3)	30	6	30	1675	0,186
32-4/20 (Зразок 4)	30	6	30	1680	0,187
Зразок 5	30	6	30	1650	0,183
Зразок 6	33	5,4	33	22950	25,5

Випробування з визначення межі міцності при вигині здійснювали за допомогою гідравлічного пресу ПСУ-125.

Результати випробувань представлені в табл. 2

Ударну стійкість (опір удару) огорожувальної конструкції, утепленої фасадною плиткою, визначають після завершення робіт і досягнення захисно-декоративним шаром проектної міцності. Випробування виконують одноразовим ударом в 10 довільно вибраних місцях змонтованої збірної системи. Відстань між місцями випробувань повинна бути не менше ніж 1 м.

**Результати випробувань з визначення міцності на розтяг при згині**

№ зразка	Розміри зразку, см			Руйнівне навантаження, Р, кгс, середнє за 5 зразками	Межа міцності при вигині, $R_{виг}$ , (МПа)
	ширина, b	висота, h	довжина, L		
32-1/20 (Зразок 1)	30	6	30	187,5	0,52
32-2/20 (Зразок 2)	30	6	30	183,5	0,51
32-3/20 (Зразок 3)	30	6	30	190	0,53
32-4/20 (Зразок 4)	30	6	30	192	0,53
Зразок 5	30	6	30	185	0,51
Зразок 6	33	5	33	4205	15,3

Результати випробувань представлені в табл. 3

Таблиця 3

**Результати випробувань з визначення опору удару**

№ зразка	Розміри маятника			Площа поперечного перерізу зразка, $m^2$	Межа міцності при вигині, $R_{уд}$ , Дж
	Вага маятника F, кг	Початкова висота підйому маятника, H, м	Кінцева висота підйому маятника, h, м		
32-1/20 (Зразок 1)	2	0,32	0,06	1	5,8
32-2/20 (Зразок 2)	2	0,34	0,06	1	5,6
32-3/20 (Зразок 3)	2	0,32	0,06	1	5,8
32-4/20 (Зразок 4)	2	0,4	0,06	1	6,8
Зразок 5	2	0,35	0,06	1	5,8
Зразок 6	2	1,73	0,06	1	34,7

Результати дослідження водопоглинення представлені як середні значення  $W_m$  і  $W_v$  кожної серії зразків у табл. 4.

Таблиця 4

**Результати досліджень водопоглинення теплоізоляційного виробу**

№ зразка	Маса зразка, г, у стані:		Об'єм зразку, V, $cm^3$	Водопоглинення, %	
	сухому, $m_1$	водонасиченому, $m_2$		за масою, $W_m$	за об'ємом, $W_v$
32-1/20 (Зразок 1)	149	156,02	5400	0,05	0,13
32-2/20 (Зразок 2)	143	153,26	5400	0,07	0,19
32-3/20 (Зразок 3)	144	153,72	5400	0,07	0,18
32-4/20 (Зразок 4)	145	152,56	5400	0,05	0,14
Зразок 5	144	153,18	5400	0,06	0,17
Зразок 6	4410	4418,8	5880	0,08	0,15

Стійкість системи до кліматичних факторів, циклів, морозостійкість зразків визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-42 на зразках розміром 300×300×60 мм. Зразки насичували водою до сталої маси і поміщали в холодильну камеру, де піддавали заморожуванню при температурі  $-20 \pm 2^{\circ}C$  протягом 4 годин. Після цього зразки розморожували у воді при кімнатній температурі протягом 4 год.

Після відтавання проведено оглід зразків під збільшуваним склом. Дефектів, тріщин та інших пошкоджень виявлено не було, тому цикл заморозки і відтавання проводили до зниження міцності зразків понад 25 %. Результати випробувань наведені в табл. 5.

Масу 1  $m^2$  збірної системи (визначають на двох фрагментах завдовжки (300±2) мм і завширшки (300±2) мм, товщина яких має відповідати проектній документації. Зразки виготовлено з матеріалів системи і зважено після витримання протягом 28 діб за температури (20±2) °C і вологості повітря (60±5) %. Зважено зразки на вагах з урахуванням вимог ДСТУ Б В.2.7-38.

Таблиця 5

**Результати досліджень морозостійкості теплоізоляційного виробу**

№ зразка	Міцність зразків, МПа			Зниження міцності, %
	10	20	30	
32-1/20 (Зразок 1)	0,171	0,158	0,149	17
32-2/20 (Зразок 2)	0,174	0,161	0,152	15
32-3/20 (Зразок 3)	0,177	0,164	0,154	15
32-4/20 (Зразок 4)	0,178	0,165	0,155	16
Зразок 5	0,174	0,161	0,152	14
Зразок 6	24,225	22,440	21,165	12

Таблиця 6

**Маса 1 м<sup>2</sup> збірної системи без вирівнювального шару**

№ зразка	Густина випробуваних зразків, кг/м <sup>3</sup>	Середня густина випробуваних зразків, кг/м <sup>3</sup>	Вага вигобу, кг		Маса 1 м <sup>2</sup> збірної системи без вирівнювального шару, кг
32-1/20 (Зразок 1)	25,99	26,61	0,149	145,3	3,2
32-2/20 (Зразок 2)	26,49		0,143		
32-3/20 (Зразок 3)	27,34		0,144		
32-4/20 (Зразок 4)	27,28	27,28	0,145		3,2
Зразок 5	27,34	27,34	0,144		3,2
Зразок 6	745,8	745,8	4,4		48,8

Значення випробувань зразків теплоізоляційного виробу за середніми показниками та за вимогами ДСТУ Б.2.6-36:20 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови» подано у табл. 7.

Таблиця 7

**Результати випробувань зразків теплоізоляційного виробу та значення цих показників за нормативними вимогами**

Показник	Результати випробувань за зразком №1	Результати випробувань за зразком № 6	ДСТУ Б.2.6 -36:20	
Термічний опір, м <sup>2</sup> К/Вт	1,83	0,96	Не менше значень, встановлених ДБН В.2.6-31	
Ударна міцність, Дж	5,8	34,7	5 (стіни 1-го поверху) 3 (стіни вище 1-го поверху); При цьому не повинно бути тріщин і відколів на захисно-опоряджувальному шарі	10 (цоколі)
Міцність на стиск, МПа	0,18	17,3	0,08÷0,1	
Міцність на згин, МПа	0,52	10,4	0,08÷0,1	
Водопоглинання, %	0,13	0,18	0,2	
Морозостійкість	Більше 30 циклів	Більше 30 циклів	75 – для цоколів; 50 – для стін	
Маса 1 м <sup>2</sup> , кг	3,2	48,8	25	

## Висновки

- Випробування міцності на стиск, згин та удар показали, що всі зразки мають достатню межу міцності, що відповідає ДСТУ Б В.2.7-8 та ДСТУ Б В.2.7-139:2007.
- Випробування водопоглинання теплоізоляційних виробів показали, що показники зразків теплоізоляційних виробів з невентильованими повітряними прошарками, екранованими фольгованим матеріалом знаходяться в межах допустимих значень і відповідають стандартам ДСТУ Б В.2.7-8 та ДСТУ Б В.2.7-139:2007.
- Номер партії відповідає контрольним вимірюванням кожні 10 циклів. За результатами таблиці 5 можна зробити висновок, що морозостійкість зразків покриття становить не менше 30 циклів
- Маса 1 м<sup>2</sup> утеплення з полімерпіщаної плитки (зразок б) перевищує нормативні показники ДСТУ Б.2.6-36:20.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фаренюк Г. Г., Олексієнко О. Б., Методика проведення досліджень атмосферостійкості та довговічності захисного матеріалу покриття. *Науково-технічний журнал «Наука та будівництво»*, 2020, 2(24), с. 3-10.
2. ДСТУ Б ГОСТ 16381:2011. Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги (ГОСТ 16381-77, IDT). [Чинний від 2012-12-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012, 87 с.
3. ДСТУ Б EN 12667:2016. Теплоізоляційні характеристики будівельних матеріалів і виробів. Випробування теплового опору методом гарячої захищеної пластини оснащеної тепломіром матеріалів з високим і середнім значеннями теплового опору. [Чинний від 2017-04-17]. Київ, Україна: Держстандарт України, 2017. 133 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-8-94. Плити пінополістирольні. Технічні умови. [Чинний від 1994-07-01], Київ, Україна: Держстандарт України, 2010 р., 32 с
5. Б В.2.7-139:2007 (EN 1304:1998, MOD), (EN 1304:1998, MOD). СТУ. Строительные материалы. Черепица полимерпещаная. Технические условия (44037) [Чинний від 1996-01-01]. Київ, Україна: Держстандарт України, 2008, 20 с.
6. Риндюк С. В. Дудар І. Н. Дослідження теплофізичних характеристик утеплення конструкцій будівель та споруд. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі: науково-технічний збірник*, 2013, № 4, с. 100 - 103.
7. ДСТУ ГОСТ 8.207:2008. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Прямі вимірювання з багаторазовими спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень. Основні положення. [Чинний від 2008-10-01]. Київ, Україна: Держстандарт України, 2016.13 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-48 Бетони. базовий (перший) метод визначення морозостійкості [Чинний від 2009-09-30]. Київ, Мінрегіонбуд України 2010. 109 с.

## REFERENCES

1. Farenjuk H. H., Oleksiyenko O. B. Metodyka provedennya doslidzhen' atmosferostiykosti ta dovhovichnosti zakhysnoho materialu pokryttya. *Naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Nauka – Budivnytstvo»*, 2020, 2(24), s. 3-10.
2. DSTU B HOST 16381:2011. Materialy ta vyroby budivel'. Klyasyfikatsiya ta zahal'ni tekhnichni vymohy (HOST 16381-77, IDT). [Chinni video 2012-12-01]. vyd. ofits. Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2012, 87 s.
3. DSTU B EN 12667:2016. Teploizolyatsiyini kharakterystyky ta budivel'ni materialy. Vyprobuvannya teplovoho oporu metodom haryachoyi zakhyshchenoyi plastyny mob. [Chinni video 2017-04-17]. Kyiv, Ukrayina: Derzhstandart Ukrayiny, 2017. 133 s.
4. DSTU B V.2.7-8-94. Plity pinopolistyrol'ni. Tekhnichni dohovory. [Chynnyy vid 1994-07-01], Kyiv, Ukrayina: Derzhstandart Ukrayiny, 2010, 32 s.
5. B V.2.7-139:2007 (YEN 1304:1998, MOD), (YEN 1304:1998, MOD). STU. Tyuninhovi materialy. Cherepyka polimerna. Tekhnichni umovy (44037) [Chynnyy vid 1996-01-01]. Kyiv, Ukrayina: Derzhstandart Ukrayiny, 2008, 20 s.
6. Rynduk S. V. Dudar I. N. Doslidzhennya teplofizychnykh kharakterystyk Doslidzhennya teplofizychnykh kharakterystyk vidimknennya budivel' ta sporud. *Enerhoefektyvnist' u budivnytstvi ta arkhitekturi: naukovo-tekhnichnyy zbirnyk*, 2013, № 4, s. 100 - 103.
7. DSTU HOST 8.207:2008. Derzhavna systema zabezpechennya yednosti vymiryuvan'. Pryami vymiryuvannya z bahoterezhenyamy posterezhennyamy. Metody obrobky rezul'tatu. Osnovni polozhennya. [Chinni video 2008-10-01]. Kyiv, Ukrayina: Derzhstandart Ukrayiny, 2016.13 s.
8. DSTU B V.2.7-48 Beton. bazovyy (pershyy) metod vyznachennya morozostiykosti [Chynnyy vid 2009-09-30]. Kyiv, Minrehionbud Ukrayiny 2010. 109 s.

**Дудар Ігор Никифорович** – доктор технічних наук, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, ORCID 0000-0003-1345-8144

**Швець Віталій Вікторович** – канд. техн. наук, зав. кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет. ORCID: 0000-0002-2748-3685.

**Максименко Марина Аркадійвна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: iskorka6658@gmail.com ORCID: 0000-0003-1345-8144.

**I. Dudar**  
**V. Shvets**  
**M. Maksymenko**

## **OPERATION OF INSULATORS WITH NON-VENTILATED AIR LAYERS AND ENERGY-REFLECTIVE SCREENS**

Vinnytsia National Technical University

*The quality of insulation of construction structures - houses and buildings of various purposes - depends on many components, but the main ones were and remain the quality and durability of the materials used. Typical tests are carried out according to indicators of the resistance of the structure with facade thermal insulation to climatic factors and according to the indicator of the reduced heat transfer resistance of the prefabricated system with typical design values of the thickness of the thermal insulation material when they are put into production and in the case of making changes to the design of the prefabricated system, using new materials of thermal insulation and/or finishing layers, when the technology of their production changes. The article presents the results of testing experimental samples of insulating products with non-ventilated air layers. A comparison of the results with normative indicators of compressive strength, bending strength, impact strength, water absorption and frost resistance was analyzed. Extruded polystyrene has a much higher compressive strength than Styrofoam. The high strength of extruded polystyrene foam is its main advantage and allows it to be used not only as insulation, but also as a building material that sometimes even performs the functions of auxiliary or load-bearing structures. Polymer sand tile, having lower indicators of thermal resistance, achieves high operational indicators, which will allow it to be used for insulation of plinths.*

**Keywords:** *thermal characteristics, enclosing structures, influencing factors.*

**Ihor Dudar** – Doctor of Technical Sciences, Professor of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University.

**Shvets Vitaliy** – Ph.D. head of Department urban construction and economy in Vinnytsia National Technical University.

**Maryna Maksymenko** – PhD, engineer of department construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University.