

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 624

ОПТИМАЛЬНИЙ ВАРІАНТ УТЕПЛЕННЯ СТІН ФАСАДНИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ

OPTIMAL SOLUTION OF WALL WARMING WITH FACADE INSULANT

Бабіч Є.С., к.т.н., доцент, orcid.org/0000-0003-2900-8156 Гомон П.С., к.т.н., доцент, orcid.org/0000-0002-5312-0351 Ліпянін В.А., к.т.н., доцент, orcid.org/0000-0002-9543-7912 Поляновська О.Є., к.т.н., доцент, orcid.org/0000-0003-2811-2429 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Babich Ye.Ye., Candidate of technical sciences, associate professor, Homon P.S., candidate of technical sciences, associate professor, Lipianin V.A., candidate of technical sciences, Polianovska O.Ye., candidate of technical sciences, (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Проведений вибір оптимального варіанту утеплення стін фасадним утеплювачем.

Розглянуті варіанти утеплення стін фасадним утеплювачем.

Зроблений розрахунок вартості матеріалів на 1 м² утеплення стіни та розрахунок капітальних вкладень в базу для виконання будівельних робіт.

Визначені річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення утеплення стін. Проведений розрахунок приведених витрат та зроблений висновок та обґрунтування вибору варіантів для подальшого прекування.

The selection of the optimal solution for wall warming with facade insulant was carried out.

Options for wall warming with facade insulant were reviewed.

The calculation of the cost of materials per 1 square meter of wall insulant and the calculation of capital investments in the base for construction work was made.

Annual operational expenses for repair and restoration of wall warming have been determined. The calculation of the reduced costs was carried out and the conclusion and justification of the choice of options for further evaluation was made.

Ключові слова. Утеплення стін, фасадний утеплювач, вартість матеріалів, розрахунок капітальних вкладень, річні експлуатаційні витрати, кошторисна собівартість, приведені витрати.

Wall insulation, facade insulant, cost of materials, calculation of capital investments, annual operating costs, estimated cost, reduced costs.

Подорожчання опалення, електроенергії, газу та твердого палива змушує переглянути ставлення до економії та заощадження тепла.

Нові технології фасадного утеплення дозволяють швидко і ефективно досягти результату, причому поряд з впровадженням енергозберігаючого опалювального обладнання — це найперший і недорогий крок на шляху до економії.

Утеплення фасадів є необхідним етапом при будівництві будинків та реконструкції вже існуючих приміщень. Це важливий елемент створення комфорту в приміщенні, а також забезпечення максимальної енергоефективності. Використовуються різноманітні матеріали та технології для утеплення фасадів.

1. Аналіз матеріалів для виконання порівняння

Фасадний утеплювач - це жорсткі і щільні теплоізоляційні плити, стійкі до деформацій. Виготовляються з кам'яної вати на основі базальтових порід.

Розглянемо деякі види фасадних утеплювачів, таких як: Rockwool РокФасад, ISOVER Фасад-мастер, Термолайф Екофасад та Техноніколь Технофас.

Таблиця 1

Основні характеристики фасадних утеплювачів

Показники	Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад- мастер	Термолайф Екофасад	Технонікол ь Технофас
Виробник	<u>Rockwool</u>	<u>Isover</u>	<u>Термолайф</u>	<u>Техноніколь</u>
Країна виробник	Чехія	Франція	Україна	Австралія
Вид мінеральної вати	Базальтова вата	Скловата	Кам'яна вата	
Форма матеріалу	Плита	Плита	Плита	Плита
Розмір (довжина* ширина), мм	1000*600	1170*610	1000*600	1200*600
Вид основної сировини	Органічна	Органічна	Органічне	Органічна
Щільність, кг/м ³	110,0		135,0	145,0
Теплопровідність, Вт/мК	0,039	0,037	0,036	0,038
Вартість однієї упаковки, грн	722	840	310	483
Об'єм однієї упаковки, м ³	0,18	0,288	0,12	0,144

Фасадний утеплювач має цілий ряд переваг.

Низька теплопровідність. Матеріали мають низький коефіцієнт теплопровідності, що дозволяє створити комфортні умови у Вашому будинку і офісі, добре зберігаючи тепло взимку і прохолоду влітку.

Негорючість. Мінеральна вата на основі вулканічної гірської породи габро - базальтової групи, температура плавлення якого становить понад 1500 градусів, що забезпечує негорючість матеріалу.

Теплозвукоізоляція. Утримує від розповсюдження тепло, утворене в результаті пожежі, і захищає будівельні конструкції від деформації та руйнування.

Звукоізоляція. Завдяки своїй пористій структурі мінераловатная теплозвукоізоляція володіє відмінними акустичними властивостями: покращує коефіцієнт звукопоглинання конструкцій.

Хімічна і біологічна стійкість. Це хімічно інертний матеріал: не руйнується під впливом агресивних середовищ і не викликає корозію на дотичних з нею металевих поверхнях.

Гідрофобність. Матеріали володіють ефективними водовідштовхувальними властивостями. Вони не вбирають вологу з повітря. Вода, що потрапила на поверхню, не проникає вглиб матеріалу, що дозволяє йому залишатися сухим і зберегти свої теплозахисні властивості.

Паропроникність. Це забезпечує безперешкодне виведення пари з приміщення на вулицю, дозволяючи конструкції "дихати".

Довговічність. Один з найважливіших показників якості будівельних матеріалів є довговічність. Термін ефективної експлуатації продукції становить не менше 50 років.

Екологічність. Кам'яна вата - натуральні екологічний матеріал з вулканічних гірських порід базальтової групи. Матеріали безпечні в процесі монтажу і експлуатації. Вони не створює ризику для здоров'я людини і відповідає найжорсткішим гігієнічним вимогам.

Міцність. Дані матеріали мають високі характеристики міцності, які дозволяють використовувати їх практично у всіх сучасних будівельних системах утеплення. Фізико-механічна стійкість виробів досягається за рахунок хаотичної орієнтації волокон, що надає виробу з базальтового волокна просторову жорсткість, а додавання в матеріал полімерних сполук істотно поліпшує відповідні характеристики.

Енергозбереження. Застосовуючи натуральну теплозвукоізоляцію, Ви економите невідновлювані енергоресурси Землі і тим самим зменшуєте кількість шкідливих викидів в атмосферу.

Легкість у застосуванні. М'які матеріали легко ріжуться і приймають форму ізоляованої поверхні, що доповнюється легкістю виконання монтажних робіт.

Плити фасадних утеплювачів призначені для застосування в цивільному і промисловому будівництві в якості тепло-, звукоізоляції в системах зовнішнього утеплення стін з захисно-декоративним шаром з тонкошарової штукатурки. Такі плити є досить ефективними при зовнішньому опорядженні при реконструкції міської забудови.

Весь процес утеплення фасаду за допомогою плитних фасадних утеплювачів можна поділити на наступні стадії:

- На чистову поверхню наноситься полімерний клей;
- Кріпиться утеплювач і додатково фіксується дюбелями;
- Поверх кріпиться армована склосітка;
- Наноситься вирівнююча штукатурка та ґрунтувальна суміш;
- Шар декоративної штукатурки та фарба, якщо потрібно.

2. Визначення вартості 1 м³ утеплювача

Вартість 1 м³ утеплювача визначаємо за формулою:

$$B_{утеп} = \frac{B_{упаковки}}{V_{упаковки}}; \quad (1)$$

де $B_{утеп}$ - вартість 1 м³ утеплювача; $B_{упаковки}$ - вартість однієї упаковки; $V_{упаковки}$ - об'єм однієї упаковки.

Таблиця 2

Вартість 1 м³ фасадних утеплювачів $B_{утеп}$, грн/м³

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
722/0,18=4011	840/0,288=2917	310/0,12=2583	483/0,144=3354

3. Визначення необхідної товщини утеплювача

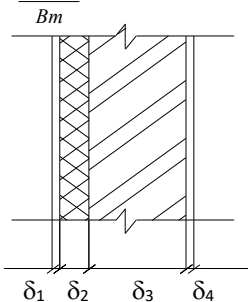
Визначимо необхідну товщину плитного утеплювача для прийнятих варіантів, прийнявши до розрахунку наступні дані:

Фактичне значення опору теплопередачі визначаємо за формулою:

$$R_{q,ни} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,38}{0,70} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{8,7} = 0,756 + \frac{\delta_3}{0,049} \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

Для даного району (наприклад, м. Полтава) $R_{q,ни} =$

3,3 $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$.



$\delta_1 = 0,02$ м – вапняно-піщана штукатурка;

$\lambda_1 = 0,70 \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$;

$\delta_2 = 0,38$ м – цегла звичайна на цементно-піщаному розчині;

$\lambda_2 = 0,70 \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$;

$\delta_3 = ?$ м – утеплювач;

λ_3 – в залежності від утеплювача;

$\delta_4 = 0,02$ м – штукатурка;

$\lambda_4 = 0,76 \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$.

Рис.1. Конструкція стіни

Опір теплопередачі $R_{q, \text{шт}}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$, та прийнята товщина утеплювача, см

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
3,487	3,448	3,522	3,377
10	10	10	10

4. Кошторисна собівартість утеплення стіни

Вартість робіт по утепленню розраховується, як сума прямих витрат (заробітна плата робітників-будівельників, вартість експлуатації машин та механізмів, вартість матеріалів та конструкцій) та непрямих витрат (загальновиробничих витрат).

$$B_{\text{БМР}} = B_{\text{ПР.В.}} + B_{\text{Н.В.}}; \quad (2)$$

$$B_{\text{ПР.В.}} = 3\Pi^{\text{р.б.}} + B_E + B_{\text{М.К.}}; \quad (3)$$

$$B_{\text{Н.В.}} = 3\text{ВВ}; \quad (4)$$

де - $B_{\text{ПР.В.}}$ - прямі витрати; $B_{\text{Н.В.}}$ - непрямі витрати; $3\Pi^{\text{р.б.}}$ - заробітна плата робітників-будівельників; B_E - вартість експлуатації машин та механізмів; $B_{\text{М.К.}}$ - кошторисна вартість матеріалів та конструкцій, яка враховує відпускну вартість вцілому, вартості перевезення їх на будівельний майданчик та заготівельно-складські витрати; 3ВВ - загальновиробничі витрати.

Визначаємо вартість утеплення конструкцій згідно [1...4] у формі локального кошторису 1м^2 утеплення стіни, як і у раніше використаній послідовності [5].

4.1. Капітальні вкладення в базу

Капітальні вкладення в базу для виконання будівельних робіт визначаються за таким виразом:

$$K_6 = K_{\text{к.м.}} + K_{\text{т}} + K_{\text{мех}}; \quad (5)$$

де K_6 – капітальні вкладення в базу будівництва, грн.; $K_{\text{к.м.}}$ – капітальні вкладення в виробництво збірних конструкцій, виробів і матеріалів для робіт, грн.; $K_{\text{т}}$ – капітальні вкладення на придбання транспортних засобів, грн.; $K_{\text{мех}}$ – капітальні вкладення на придбання механізмів для виконання робіт, грн.

Капітальні вкладення на закупівлю утеплювача дорівнює:

$$K_{\text{к.м.}} = B_{\text{В.К.}}; \quad (6)$$

де $B_{\text{В.К.}}$ – відпускну вартість будівельних матеріалів згідно шифру ресурса, грн.

Таблиця 4

Відпускну вартість фасадних утеплювачів $B_{\text{В.К.}}$, грн

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
401	292	258	335

Капітальні вкладення на придбання транспортних засобів для перевезення конструкцій, виробів, матеріалів від постачальника до будівельного майданчика визначають за виразом:

$$K_m = (C_{\sigma} \cdot t_{необ}) / t_p^n, \quad (7)$$

де C_{σ} – балансова вартість транспортних засобів, грн.; $t_{необ}$ – необхідний час роботи транспортних засобів на будівельному майданчику, маш-год.; $t_p^n = 3000$ маш-год - нормативний час роботи транспортних засобів на протязі року.

Необхідний час роботи транспортних засобів на перевезенні вантажів від постачальника на будівельний майданчик визначають за виразом:

$$t_{необ} = 0,25 \cdot (P \cdot L / Q \cdot V \cdot K_{вант}), \quad (8)$$

де - P об'єм вантажу, що підлягає перевезенню при максимальному завантаженню, м³; L – відстань перевезення вантажу, км; Q – місткість транспортних засобів, м³; V – середня швидкість руху транспортних засобів; $K_{вант}$ – коефіцієнт використання транспортних засобів по вантажопідйомності в залежності від виду будівельного вантажу.

Таблиця 5

Необхідний час роботи транспортних засобів на перевезення утеплювача $t_{необ}^R$, маш-год,

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
0,25*(36*15/ 36*60*1)=0,625	0,25*(36*105/ 36*60*1)=4,375	0,25*(36*30/ 36*60*1)=1,25	0,25*(36*34/ 36*60*1)=1,417

Балансова вартість транспортного засобу для перевезення конструкцій

$$Ц = V_v \cdot K_{т.м.}, \quad (9)$$

де - V_v - відпускна вартість транспортного засобу згідно прайс-листів ; $K_{т.м.} = 1,07$ - коефіцієнт, що враховує витрати на перевезення та монтаж транспортного засобу від заводу - постачальника до будівельного майданчика.

Балансова вартість транспортного засобу для перевезення всіх утеплювачів складає:

$$Ц = 820000 \cdot 1,07 = 877400 \text{ грн.}$$

Таблиця 6

Капітальні вкладення на придбання транспортних засобів для перевезення утеплювачів K_t , грн, та вартість перевезення 1 м², грн,

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
(877400*0,625)/ /3000=183	(877400*4,375)/ /3000=1278	(877400*1,25)/ /3000=365	(877400*1,417)/ /3000=413
0,51	3,55	1,01	1,15

Таблиця 7

Капітальні вкладення в базу для утеплення стіни утеплювачем K^R_б, грн,

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
401+0,51=401,51	292+3,55=295,55	258+1,01=259,01	335+1,15=336,15

4.2. Річні експлуатаційні витрати

Річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення утеплення стін

$$\text{визначають за виразом: } E_p = \frac{B_{БМР}}{T_c} + \frac{B_{БМР} \cdot (\%) }{100}, \quad (10)$$

де E_p – річні експлуатаційні витрати на ремонт та відновлення конструкцій, грн.; $B_{БМР}$ – кошторисна собівартість конструкцій стіни у споруді (кошторисна вартість будівельно - монтажних робіт), грн.; T_c – термін служби конструкції, років; (%) – відсоток відрухування на ремонт і відновлення конструкцій від собівартості.

Таблиця 8

Річні експлуатаційні витрати на ремонт і відновлення утеплення E_p , грн

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
(618/100)+ 618*0,27/100)= =7,85	(496/50)+ 496*0,4/100)= =11,9	(460/50)+ 460*0,6/100)= =12,0	(543/50)+ 543*0,5/100)= =13,575

4.3. Приведені витрати

Техніко-економічна оцінка конструктивних рішень цивільних будівель і споруд проводиться за приведеними витратами.

Приведені витрати визначають на основі [6] за формулою:

$$B_{пр} = [B_{БМР} + E_n \cdot K_b] \cdot \beta + \frac{E_p}{\xi_{пр}}, \quad (11)$$

де - $B_{пр}$ – приведені витрати по будівлі, споруді, грн.; $B_{БМР}$ – кошторисна собівартість конструкцій у споруді (кошторисна вартість будівельно - монтажних робіт), грн.; $E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень; K_b – капітальне вкладення в базу, грн.; β – коефіцієнт приведення одночасових витрат по різновдовговічних варіантах до вихідного рівня, грн.; $\xi_{пр} = 0,08$ – коефіцієнт приведення.

Таблиця 9

Приведені витрати утеплювачів, $B_{пр}$, грн

Rockwool РокФасад	ISOVER Фасад-мастер	Термолайф Екофасад	Техноніколь Технофас
(618+0,15*401,5)* 0,021+7,85/0,08= =112	(496+0,15*295,5)* 0,021+11,9/0,08= =160	(460+0,15*259)* 0,021+12,0/0,08= =160	(543+0,15*336,15)* 0,021+13,57/0,08= =182

5. Аналіз і обґрунтування вибору оптимального варіанту

На основі техніко-економічної оцінки технічних рішень, які порівнюються, для подальших інженерно-технічних розрахунків проводимо вибір оптимального варіанту конструкції за найменшими приведеними витратами.

Згідно виконаних розрахунків приведені витрати по утепленню фасаду для даного регіону серед вибраних аналогів найменші при використанні утеплювача Rockwool РокФасад. Тому і приймаємо для подальшої роботи утеплювач Rockwool РокФасад.

1. Державні будівельні норми України ДБН Д. 1. 1 – 1 - 2000 (з урахуванням змін та доповнень). Правила визначення вартості будівництва. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №1 січень 2006. К. “Інпроєкт”.

Derzhavni budivelnii normy Ukrainy DBN D. 1. 1 – 1 - 2000 (z urakhuvanniam zmin ta dopovnen). Pravyla vyznachennia vartosti budivnytstva. Tsinoutvorennia u budivnytstvi. Zbirnyk ofitsiinykh dokumentiv ta roziasnen. Minbud Ukrainy. №1 sichen 2006. K. “Inproekt”.

2. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №2 лютий 2006. К. “Інпроєкт”.

Tsinoutvorennia u budivnytstvi. Zbirnyk ofitsiinykh dokumentiv ta roziasnen. Minbud Ukrainy. №2 liutyi 2006. K. “Inproekt”.

3. Додатки до ДБН Д. 1. 1 – 1 - 2000 (з урахуванням змін та доповнень). Правила визначення вартості будівництва. Ціноутворення у будівництві. Збірник офіційних документів та роз'яснень. Мінбуд України. №1, №2 2006. К. “Інпроєкт”.

Dodatky do DBN D. 1. 1 – 1 - 2000 (z urakhuvanniam zmin ta dopovnen). Pravyla vyznachennia vartosti budivnytstva. Tsinoutvorennia u budivnytstvi. Zbirnyk ofitsiinykh dokumentiv ta roziasnen. Minbud Ukrainy. №1, №2 2006. K. “Inproekt”.

4. ДСТУ Б Д.2.2-15:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи (Збірник 15).

DSTU B D.2.2-15:2012 Resursni elementni koshtorysni normy na budivelnii roboty. Ozdobliuvalni roboty (Zbirnyk 15).

5. Вибір оптимального варіанту підлог для житлової будівлі з комерційними приміщеннями. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне: НУВГП, 2023. Випуск 44. С. 275-283.

Vybir optymalnoho variantu pidloh dlia zhytlovoi budivli z komertsiiynymy prymyshchenniamy. Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy: Zbirnyk naukovykh prats. Rivne: NUVHP, 2023. Vypusk 44. S. 275-283.

6. Навчальний посібник: Гомон, П. С. and Савицький, В. В. (2021) Ціноутворення та інвесторська кошторисна документація будівництва. НУВГП, Рівне. ISBN 978-966-327-493-5.

Navchalnyi posibnyk: Homon, P. S. and Savytskyi, V. V. (2021) Tsinoutvorennia ta investorska koshtorysna dokumentatsiia budivnytstva. NUVHP, Rivne. ISBN 978-966-327-493-5.

7. Технології утеплення фасадів будівель: підручник / Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаєва Н. В. – Житомир: «Полісся», 2021.–362 с.: ілюстр.

Tekhnolohii uteplennia fasadiv budivel: pidruchnyk / Haiduk O. V., Herliand T. M., Kulalaieva N. V. – Zhytomyr: «Polissia», 2021.–362 s.: iliustr.