

normal cracks was determined at the level of the stretched working armature, and the inclined ones - in the middle of the height of the beam in places where it was visually greatest. Due to the adopted methodology, new experimental data were obtained to substantially refine the physical models of the inclined sections of the precast concrete structures by the action of low-cycle

reloading of high levels, resulting in the first identified systemic effect on fracture toughness.

Keywords: concrete, reinforcement, carbon fiber fabric (CFRP), reinforced concrete beam, normal and inclined cracks, deformations.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-110-124
УДК 691.31

**Майстренко А.А., Амеліна Н.О., Бердник О.Ю., Рижанкова Л.М.,
Яковлева О.М.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Повітрофлотський пр-т, 31, м. Київ, 030680, Україна; e-mail: kseniareznik87@gmail.com; orcid.org/0000-0002-1152-995X; orcid.org/0000-0002-3076-8120; orcid.org/0000-0001-5231-3518)*

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИБОРУ СИСТЕМИ УТЕПЛЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН

У статті виконано технологічний аналіз вибору системи утеплення зовнішніх стін від дії агресивного зовнішнього середовища. Проранжовано фактори, які впливають на вибір системи, її архітектурну виразність, надійність та довговічність. Запропоновано рекомендації щодо створення систем утеплення, та принципи фактори до оцінки властивостей таких систем.

Ключові слова: «мокрі» штукатурки, системи вентилюваних фасадів, утеплення, «теплі» штукатурки.

Вступ. Зовнішнє облицювання будинків відіграє вирішальну роль в сучасній архітектурі та оцінці ландшафту, а також виконує важливу функцію захисту споруд від негативних дій навколишнього середовища. А саме, поверхні будинків піддаються багаточисельним типам дій: механічним, хімічним, термічним, гігromетричним (вологість повітря) і антропогенним. Окрім того, у зв'язку зі зростанням тарифів на опалення велике значення набуває

питання утеплення своїх помешкань. Утеплення стін стало справою не тільки важливою, але й просто необхідною. Наразі опір теплопередачі огорожувальних конструкцій для стін повинен дорівнювати $3,15 \text{ Вт/м}^2$. Однак, щоб дотримати цю умову, необхідно будувати стіни з цегли товщиною більше 1 метра. Зрозуміло, що таке рішення є неекономічним, неестетичним і незручним. Тому будівельники, щоб уникнути цього, мають використовувати ефективні теплоізоляційні матеріали з низьким коефіцієнтом теплопровідності, які дозволяють значно зменшити товщину стіни.

Матеріали і результати досліджень. Враховуючи те, що втрати тепла в будинку через стіни є найбільшими (рис. 1.) необхідно приділяти особливу увагу технологічному аналізу способам утеплення фасаду [1,2].

Утеплювати будинки можна двома способами – зсередини та ззовні. Однак зовнішнє утеплення більш ефективне,

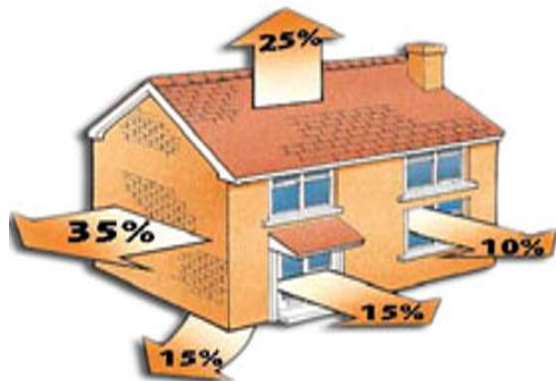


Рис. 1. Витрати тепла з будинку

оскільки стіни надійно захищені від температурних коливань при умові утеплення всієї зовнішньої поверхні будинку. Таке утеплення дозволить зекономити кошти на опалення, вбереже будинок від «старіння» та надасть архітектурно привабливого вигляду.

В сучасному будівництві використовують декілька ефективних способів утеплення стін будинків: **мокрый фасад; вентильований фасад; теплі штукатурки**. Проаналізуємо кожен з них.

Мокрі фасади – це загальна назва всіх методів обробки, в яких для кріплення облицзовального матеріалу, утеплювача та арматурної сітки використовуються рідкі або напіврідкі клейові розчини.

Такий спосіб утеплення включає в себе три основних шари: теплоізоляційний матеріал, який кріпиться до чорнової стіни клеєм (мінеральна вата, екструдований пінополістирол, звичайний пінополістирол (пінопласт), базовий шар, який утворює жорсткий прошарок і захищає утеплювач від механічних впливів, а також служить основою для декоративного покриття і, власне, саме декоративне покриття. Схема його створення наведена на рис. 2.

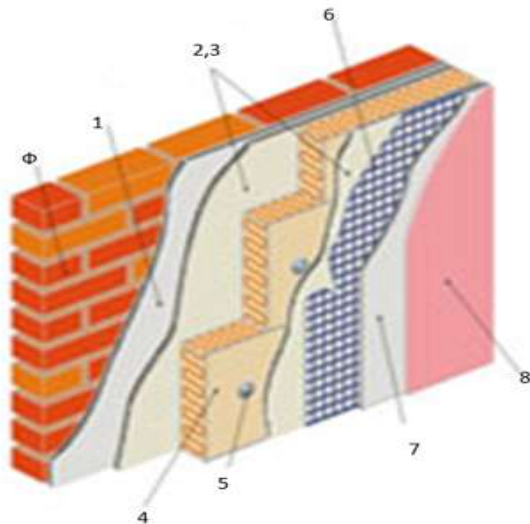


Рис. 2. Схема мокрого фасаду:

Ф – зовнішня стіна будинку; 1 – грунтовка глибокого проникнення; 2 – клей для приклеювання утеплювача; 3 – базовий шар клею на мінеральній основі; 4 – утеплювач (пінополістирол або мінеральна вата); 5 – спеціальний фасадний забивний або гвинтовий дюбель; 6 – склосітка фасадна для армування базового шару клею; 7 – грунтовка з домішками кварцового піску; 8 – декоративний штукатурний шар.

Утеплення під штукатурку – один з найпоширеніших способів утеплення стін. Окрім підвищення енергоефективності, теплової інерційності будівлі, зниження витрат на опалення та кондиціонування, є можливість не обмежуватися, підбираючи варіант дизайну екстер'єру. Існує величезна кількість декоративних штукатурок, що дозволяють оформити фасад у будь-якому кольорі і фактурі [3].

Розрізняють два підвиди цього способу теплоізоляції стін: «легка» і «важка» штукатурні системи. Суть технології в першому випадку – в полегшеній конструкції і зменшеній вартості. Утеплювач фіксується клеєм і дюбелями-парасольками, для захисту поверхонь від пошкоджень застосовуються алюмінієві профілі. У цьому випадку слід використовувати матеріали щільністю більше 30 кг/м^3 (мінвата, пінопласт, екструдований пінополістирол), а також «екологічні» термоізолятори – солом'яні, коркові, водоростеві.

«Важка» система утеплення фасадів – це кріплення утеплювача арматурною сіткою і збільшеними дюбелями, накладання поверх шарів штукатурки великої товщини, близько 50-55 мм [4,5]. Це гарантує непорушність ізоляційної багатшарової конструкції і підвищену стійкість до коливань температур і різних погодних явищ. При утепленні фасадів за «микрою» технологією дотримуються умови міцності стіни, яка добре тримає навантаження $35\text{-}38 \text{ кг/м}^2$.

Основними перевагами «мокрих» фасадів є відносно мала вага фасадного опорядження, невелика складність монтажу, великий дизайнерський потенціал, відносно невисока ціна.

Недоліком є небажаність виконання робіт взимку і при атмосферних опадах.

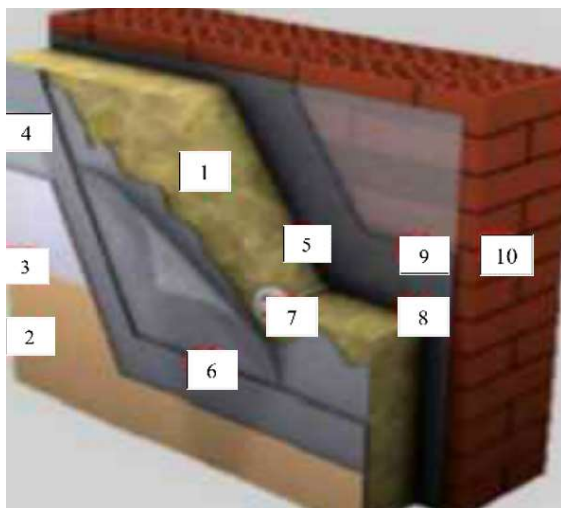


Рис. 3. Система штукатурного фасаду з незаймистою базальтовою теплоізоляцією на кам'яній основі:

1 – Технофас (+ефект, котедж, оптіма, декор); 2 – фасадна фарба; 3 – декоративна штукатурка; 4 – кварцева ґрунтівка; 5 – базовий армуючий шар; 6 – склотканева сітка; 7 – тарілчатий фасадний анкер; 8 – клей для теплоізоляційних плит; 9 – зміцнювальна ґрунтівка; 10 – зовнішня стінка.

Отже, як вже зазначалося, основними теплоізоляційними матеріалами є мінеральна вата, екстрадований пінополістирол і звичайний пінополістирол (пінопласт), які виконують спільну основну функцію – збереження тепла і мікроклімату всередині будівлі [6,7]. Проте є багато факторів і параметрів, які роблять їх зовсім різними: коефіцієнт теплопровідності, опір динамічним навантаженням, гігроскопічність, екологічність, клас горючості й інші.

Проаналізуємо теплоізоляційні матеріали:

- **мінеральна вата** – *скловата* (виготовляється з кварцового піску), мінеральна вата виготовлена на основі *шлаку* (застосовується у промислових будівлях) і *кам'яна* мінеральна вата, яка зазвичай виготовляється з базальту із додаванням вапняку, доломіту і глини (рис. 3.). Саме останній вид вати найчастіше використовується у системах мокрого фасаду завдяки своїй екологічності і довговічності. В такій ваті волокна, які переплітаються в різних напрямках забезпечують її низьку теплопровідність, високу звукоізоляцію, а саме основне – природну циркуляцію

повітря, чим не може похвалитися жоден інший утеплювач.

- **екструдований пінополістирол (ЕПП)** – призначений для використання в умовах підвищених навантажень і вологості, оскільки він має нульову капілярність і, відповідно, надзвичайно низьке водопоглинання, а також володіє дуже високою міцністю на стиск. Враховуючи, що волога безпосередньо впливає на показник теплопровідності, можна абсолютно стверджувати, що ЕПП має найстабільніші теплоізоляційні характеристики. Також слід зазначити, що він є морозостійким, довговічним і хімічно стійким (за винятком органічних розчинників), не гниє під дією агресивного навколишнього середовища і не руйнується комахами та гризунами [8, 9, 10].

- **пінопласт** являє собою гранули, розміри яких коливаються в межах від 3 до 10 мм. Гранули на 2% складаються з полістиролу та на 98% з повітря. Процес формування пінопласту протікає тільки при високій температурі, під дією якої проходить спаювання гранул полістиролу між собою. Відтак, матеріал складається лише з полістиролу та повітря, що засвідчує його найнижчу із зазначених теплоізоляційних матеріалів ціну. В системах утеплення фасаду використовується полістирол щільністю 25...35 кг/м³, при використанні марки з нижчою щільністю існує ризик розриву між гранулами під вагою декоративного шару.

Базовий шар – створюється після наклеювання на поверхню стін утеплюючого матеріалу, утворюючи жорсткий прошарок, захищаючий утеплювач від механічних впливів і служить основою для декоративного покриття. Утеплюючий матеріал слід закріпити дюбелями, заармувати склотоволоконною сіткою та обов'язково поґрунтувати кварцовою ґрунтовкою. Довжина спеціальних дюбелів визначається товщиною утеплюючого матеріалу. Оскільки пінопласт відноситься до легких матеріалів, для його закріплення зазвичай використовують дюбелі з пластмасовими стержнями. Проте мінеральна вата, вага якої становить 135-145

кг/м³ повинна кріпитися дюбелями з металевими стержнями (рис. 4.).

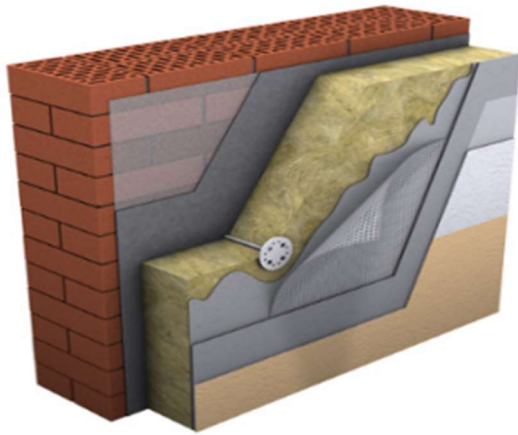


Рис. 4. Система утеплення фасаду Ceresit Ceretherm Classic wool:

1 – клейовий шар і кріплення (Суміш MB армована мікрОВОлокнами Ceresit CT 190 Pro, CT 180 Pro чи Thermo Universal Суміш ППС плюс MB «2 в 1»); 2 – дюбель пластиковий зі сталевим стержнем; 3 – мінераловатні плити з маркуванням Техно-фас; 4 – захисний армуючий шар (армуюча склосітка або Ceresit CT 325); 5 – ґрунтуюча фарба Ceresit CT 15 для силікатних штукатурок, Ceresit CT 15 silicone для силікон-силікатних і силіконових штукатурок, Ceresit CT 16 для мінеральних, акрилових штукатурок; 6 – декоративна штукатурна суміш (силікатна штукатурка Ceresit CT 72 чи Ceresit CT 73; 7 – фарба (силіконова фарба Ceresit CT 48, силікатна фарба Ceresit CT 54).

Фасадна сітка використовується як армуючий матеріал в системах зовнішнього утеплення будинків, сприяє подоланню внутрішніх напружень, що викликаються різкими перепадами температури та вологості, має високу опірність до розривів та розтягувань, захищає поверхню від утворення тріщин і покращує її механічну міцність (рис. 4.; 5.). Для мокрих фасадів зазвичай використовується сітка щільністю 140-165 г/м².

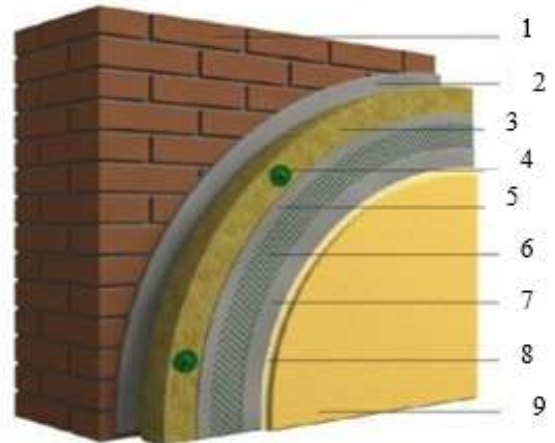


Рис. 5. Фасадна система утеплення Ceresit:

1 – фасадна стіна; 2 – розчин Ceresit CT190; 3 – мінераловатні плити; 4 – пластикові дюбелі; 5 – розчин Ceresit CT190; 6 – сітка склОВОлокниста; 7 – розчин Ceresit; 8 – ґрунтовка розчин Ceresit CT16; 9 – декоративний шар штукатурки або фарби.

У випадках використання для декоративного шару важких матеріалів, таких як камінь, клінкерна плитки або плитка із пісковіку, додають додатковий шар сітки посиленої міцності (її щільність становить 325 г/м²).

Кварцова ґрунтовка – це фарба на основі високоеластичної та міцної акрилової дисперсії із додаванням кварцового наповнювача, яка використовується для підготовки основи перед нанесенням акрилових та мінеральних декоративних штукатурок. Така ґрунтовка захищає основу, покращує адгезію та перешкоджає появі плям на поверхні високоякісних штукатурок, не допускає просвічування сірого клею, запобігає неоднорідності декоративного шару, а також скріплює і зміцнює саму основу.

Декоративне покриття. Найпоширенішим покриттям у системах мокрого фасаду є фактурна штукатурка. Вона поєднує простоту реалізації, помірну вартість, невелику вагу, зовнішню привабливість (великий вибір кольорів і фактур) і стійкість до агресивного навколишнього середовища (рис. 6.)

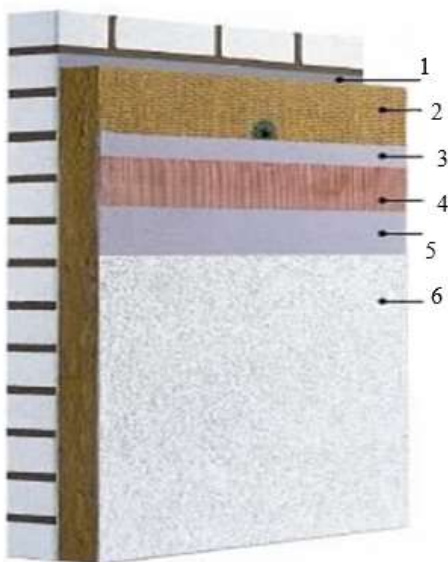


Рис. 6. Система утеплення фасада Krautol з мінеральною ватою:

1 – клеюча маса; 2 – утеплювач; 3 – армуюча маса; 4 – сітка; 5 – ґрунтовка; 6 – захисне декоративне покриття.

Фасадні декоративні штукатурки поділяються на кілька видів:

- мінеральна штукатурка – це найбільш поширений матеріал, що використовується для робіт із фасадом будівлі. Її унікальна основа стійка до грибків і вогкості та запобігає їх появі та поширенню.

- акрилова штукатурка – наступний за популярністю вид матеріалу. Основна відмінність полягає в еластичності структури, що дозволяє зберігати зовнішній вигляд протягом багатьох років. До переваг можна віднести також її підвищену стійкість до рясних опадів і низьких температур. Проте не слід забувати і про її недоліки: незначно, але вищу ціну і надто мазку поверхню [11].

- силікатна декоративна штукатурка фасаду – це ще один вид, який є довговічним і еластичним (термін служби від 20 до 30 років). Незначні просідання будинку не страшні, бруд і пил не залишається на поверхні: легко протирається та обдувається вітром, досить міцна на вигляд.

- силіконова штукатурка – це беззаперечно найкращий вид матеріалу, який поєднав у собі усі переваги: найтриваліший термін експлуатації, високий рівень зносостійкості, захист від сонця і

бруду, еластичність і міцність. Єдине, що може збентежити при виборі даного виду – це ціна, оскільки декоративна штукатурка на силіконовій основі коштує значно дорожче, аніж інші види.

Слід зазначити що монтажні роботи проводяться при температурі не нижче 5 градусів і не вище 30°C; в дуже суху погоду поверхню слід зволожувати; до фасадної штукатурки у жодному разі не додавати води; декоративна штукатурка повинна відповідати усім вимогам, що необхідні для певних умов.

Окрім традиційних утеплювачів на сьогоднішній день користуються чималим попитом і новинки в утепленні – блоки «Бетоль», ековата – «Юнізол», теплі штукатурки, такі як «Умка», «Тепловер», «Перліт». А можливості декоративного оздоблення ще ширші – мінеральні цементно-полімерні штукатурки (рис.7.) – «баранчик», «короїд» (створюють специфічний малюнок на поверхні фасаду), полімерні мозаїчні штукатурки (фасад після їх застосування немов би «обсипаний» дрібненькими різнокольоровими камінцями, що створює не тільки цікавий візуальний ефект, але й несе додаткову механічну стійкість).

Крім того, замість штукатурок фасад можна оздобити декоративним каменем чи плиткою, створити ефект «кам'яної фортеці» чи вишуканий вигляд щойно збудованого будинку з кlinkерної цегли. Але який би варіант оздоблення споживачі не обрали, суть утеплення – захист будинку від втрат тепла.

Сьогодні виробники вивели на ринок в якості систем утеплення – комплекси матеріалів, що ідеально поєднуються між собою. Результат – набагато кращий та довговічніший, якщо застосовувати матеріали однієї марки, що розроблені в якості «комплекту» [12].

Асортимент готових систем від провідних виробників будівельних сумішей включає такі як: Церезіт, Феррозіт, Грейнпласт, Крейслер.

Оглянемо матеріали, що входять в кожну з готових систем утеплення:

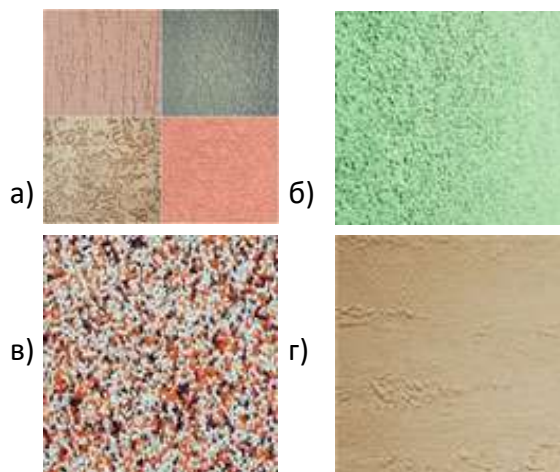


Рис. 7. Види декоративного оздоблення фасаду:

а) – короїд; б) – баранчик;
в) – мозаїка; г) – травентин.

CERESIT:

Ceresit MB – готова система утеплення з мінеральною ватою. Як утеплювач використовуються базальтові плити. Для приклеювання базальтових плит використовується цементна суміш марки Ceresit CT190, ця суміш також використовується і для армування сітки. Для додаткової фіксації застосовуються пластикові дюбелі. Грунтування здійснюється Ceresit CT 16 (під акрилові та мінеральні штукатурки), Ceresit CT 15 (під силікатні штукатурки), Ceresit CT 15 Silicone (під силіконові штукатурки). Використання армуючої склосітки – важливий нюанс в утепленні фасаду.

При влаштуванні декоративного оздоблювального шару, у випадку утеплення базальтовими плитами, *не рекомендується* застосовувати акрилові матеріали. Мінеральні плити, за своїми характеристиками мають досить високу паропроникність, тому й оздоблювальний шар має володіти такими характеристиками. Більш ефективно застосування мінеральних, силіконових і силікатних штукатурок, таких як Ceresit CT 35, Ceresit CT 36, Ceresit CT 137 (мінеральні штукатурки), Ceresit CT 72, Ceresit CT 73 (силікатні штукатурки), Ceresit CT 74, Ceresit CT 75 (силіконові штукатурки). Для завершального штриху фарби: Ceresit CT 40, Ceresit CT 42, Ceresit CT 44

(акрилові), Ceresit CT 54 (силікатна), Ceresit CT 48 (силіконова фарба) [13].

Ceresit ППС – готова система утеплення з пінопластом. Як утеплювач використовується пінопласт. Для приклеювання пінопласту використовується розчин Ceresit CT85, чи клеючий розчин для пінополістиролу Ceresit CT83, розчин Ceresit CT85 також використовується і для армування сітки. Для додаткової фіксації використовують пластикові дюбелі (приблизно 6 шт. на метр квадратний). Грунтування, як і в системі з мінватою, здійснюється Ceresit CT 16 (під акрилові та мінеральні штукатурки), Ceresit CT 15 (під силікатні штукатурки), Ceresit CT 15 Silicone (під силіконові штукатурки). Використання армуючої склосітки необхідне для запобігання розтріскування штукатурки.

При влаштуванні декоративного шару можна використовувати всі матеріали, наведені в пункті вище та також акрилові матеріали, такі як Ceresit CT-60, Ceresit CT63, Ceresit CT 64. Полімерцементні штукатурки можна фарбувати силікатною фарбою Ceresit CT 54, силіконовою Ceresit CT 48, акриловими Ceresit CT 44, CT 42 або структурною акриловою фарбою Ceresit CT 40.

ФЕРОЗИТ:

Ферозіт – готові системи утеплення. Такі системи створюються з використанням утеплювача у вигляді пінопласту або мінеральної вати, представлені на рис. 8. В якості грунтовки в таких системах використовують марку Ферозіт Грунт 1, клейова суміш представлена маркою Ферозіт 110, грунтувальна фарба Ферозіт 11, декоративний шар має достатньо різновидів: Ферозіт 33, 200, 212, 213; Феромал Короїд, Феромал Шуба, Феромал Фасад.

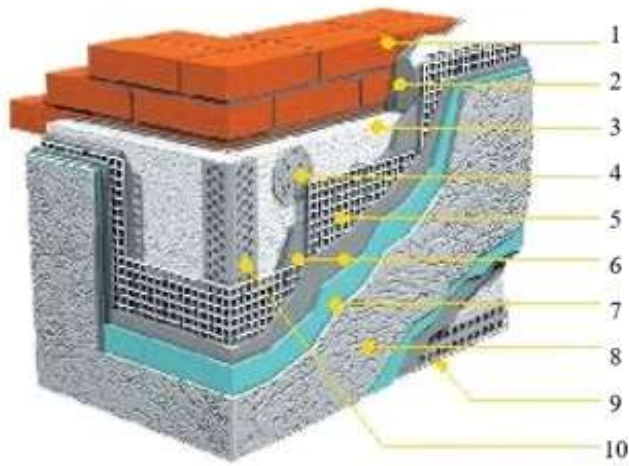


Рис. 8. Система зовнішня теплоізоляційно-утеплювальна Фероплст з використанням пінопласту (виробництва Фероплст) чи мінеральної вати:

1 – ґрунтовка; 2 – клейова суміш; 3 – пінополістирол/ мінеральна вата; 4 – дюбель; 5 – армувальна сітка щільністю $1,1\text{г/м}^2$; 6 – клейова суміш; 7 – фарба ґрунтувальна; 8 – декоративний шар; 9 – цокольна планка; 10 – кутовий профіль.

GREINPLAST:

Greinplast – готові системи утеплення. Традиційно – утеплювач мінеральна вата або пінопласт (рис. 9). Для ґрунтувального шару використовується ґрунтовка глибокого проникнення Greinplast U, яка виконує роль зміцнювача поверхні при наявності старої штукатурки. У випадку утеплення системи мінераловатними плитами використовують клейову суміш марки Greinplast KW при цьому закріплюють плити дюбелями. Якщо шар термоізоляції і акустичної ізоляції облаштовують за допомогою пінополістирольних плит щільністю 25 кг/м^3 то використовують клейову суміш Greinplast KS, закріплення пінополістирольної плити здійснюють також дюбелями. Армуючу сітку використовують щільність не менше 140 г/м^2 . Після армування сіткою поверхня ґрунтується фарбою перед нанесенням штукатурки різноманітного асортименту, фактур і кольорів - Greinplast TK 20, TK 30; штукатурка мінеральна «баранчик» Greinplast TB 15, TB 20; штукатурка акрилова «короїд» Greinplast TAK; штукатурка акрилова «баранчик» Greinplast TAB [14].

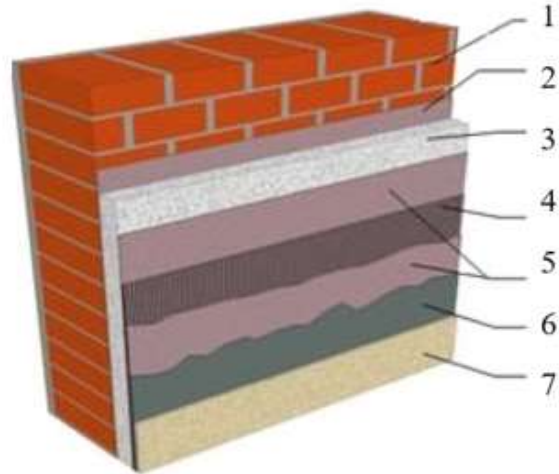


Рис. 9. Готові системи утеплення Greinplast з використанням: 1 – ґрунтовка; 2 – клейова суміш; 3 – утеплювач з дюбелями; 4 – сітка щільністю не менше 140 г/м^2 ; 5 – клейова суміш; 6 – фарба для ґрунтування; 7 – штукатурка.

KREISEL:

KREISEL – готові системи утеплення фасадів. В систему утеплення фасадів KREISEL входять теплоізоляційні плити – пінополістирол чи плити з мінеральної базальтової вати. Для приклеювання утеплювача використовується універсальна клейова суміш KREISEL ARMIERUNGSGEWEBEKLEBER (Styrlap), яка призначена не тільки для приклеювання плит, а і для приклеювання профілів, армування і вирівнювання поверхні. Як варіанти використовують: KREISEL STYROPOR KLEBEMORTEL – для приклеювання пінополістиролу; KREISEL MINERALWOLLE KLEBEMORTEL – для приклеювання мінераловатних плит; KREISEL MINERALWOLLE ARMIERUNGSGEWEBEKLEBER – для виконання армуючого шару на мінераловатних плитах. Для фіксації утеплювача зазвичай беруть закріплюючі дюбелі, з забивним пластиковим або металевим (з термоізоляційним пластиковим капелюшком) цвяхом. Армувальна склосітка застосовується щільністю не менше $140\text{--}160\text{ г/м}^2$. Ґрунтування здійснюється ґрунтувальним препаратом глибокого проникнення – KREISEL TIEFGRUND LMF для поліпшення адгезії

клеєвого розчину до основи. Під декоративну штукатурку застосовують ґрунтувальний препарат – KREISEL PUTZGRUND. Декоративна фактурна штукатурка обирається з фактурою поверхні – «баранчик», «короїд» або інша, формована спеціальним інструментом. KREISEL EDELPUTZ mineralisch – декоративна штукатурка на мінеральній основі. Для підвищення атмосферостійкості, збереження кольору та уникнення висолів покривається захисною фарбою KREISEL Egalisierungsfarbe. KREISEL SILIKATPUTZ – декоративна штукатурка на силікатній основі. KREISEL SILIKONPUTZ – декоративна штукатурка на силіконовій основі. KREISEL MOSAIKPUTZ – декоративна штукатурка на основі мармурової натуральної та штучної крихти та акрилового зв'язуючого. Рекомендується для використання в обробці цоколів. Для оздоблення фасаду застосовують акрилову KREISEL ACRYLFARBE, силікатну KREISEL SILIKATFARBE і силіконову KREISEL SILIKONFARBE фарби.

Системи вентиляованих фасадів (СВФ) – являють собою систему (рис. 10; 11.), що складається з зовнішнього фасаду, структури прикріпленої до поверхні стінки будівлі, ізоляційного матеріалу і повітряного зазору між зовнішнім фасадом та ізоляційним матеріалом. Повітряний потік всередині вентиляованого каналу, забирає теплове навантаження за допомогою природної конвекції.

При правильному монтажі вентиляований фасад має ефект термоса – взимку зберігає тепло, а влітку – прохолоду. Відбувається це завдяки тому що між стіною і облицюванням циркулює повітря знизу догори, яке перешкоджає утворенню конденсату і прибирає вологу.

Основними перевагами вентиляованих фасадів є термоізоляція (відсутнє накопичення зайвого тепла всередині будівлі, внаслідок чого забезпечується природна вентиляція фасаду); тепло і звукоізоляція; захист від вітру і атмосферних опадів; нівелювання термічних деформацій в результаті перепадів температур завдяки спеціальній схемі монтажу і кріплення; всесезонність монтажних робіт.

Недоліком є його висока вартість і необхідність залучення спеціалізованої команди проектувальників і монтажників.

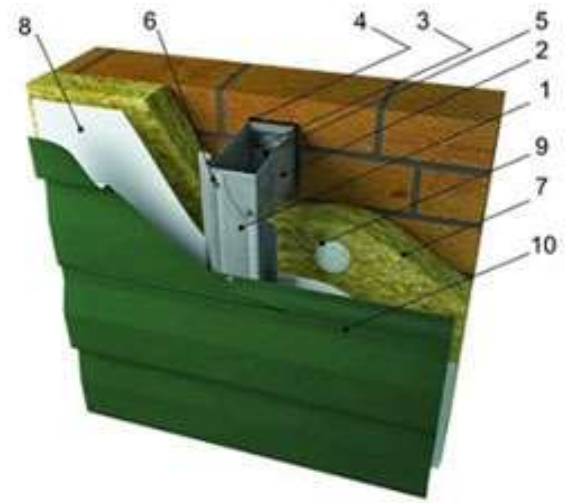


Рис. 10. Система вентиляованого фасаду.

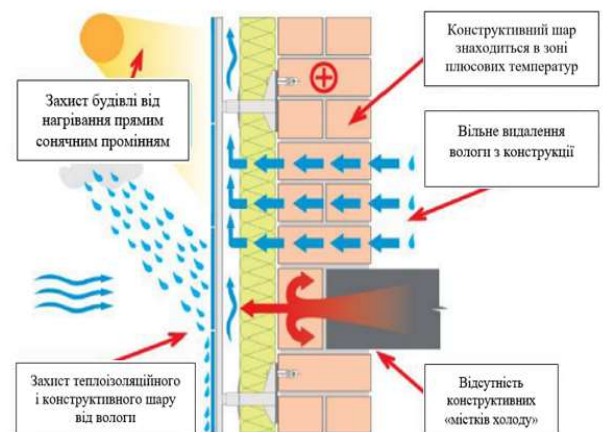


Рис. 11. Система утепленого вентиляованого фасаду:

1 – несучий кронштейн; 2 – сферична шайба; 3 – теплоізоляційна прокладка під кронштейн; 4 – анкерний дюбель для кріплення кронштейну до несучої стіни; 5 – саморіз по металу або заклепка; 6 – утеплювач; 7 – гідро та вітрозахисна мембрана; 8 – дюбель для кріплення утеплювача; 9 – зовнішній облицювальний матеріал.

Розглянемо шари навісного вентиляованого фасаду який представлений на рис. 12.

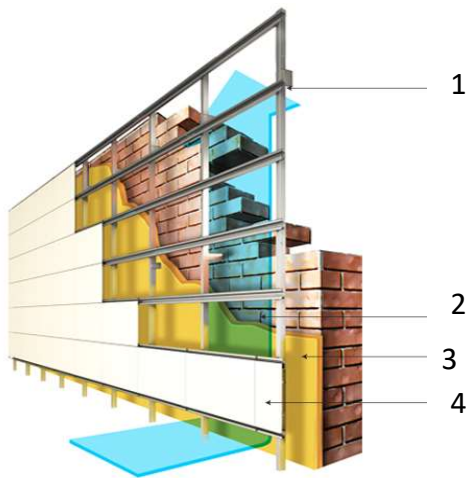


Рис. 12. Навісна вентиляована система:
1 – зовнішній облицювальний шар;
2 – підоблицювальний шар (обрешітка); 3 – теплоізоляційний шар; 4 – вентиляційний шар — повітряний простір.

Зовнішній облицювальний шар створює вигляд, що відповідає загальній архітектурі будівлі, ділянки та навколишнього ландшафту окрім того виконує захисні функції. Для облаштування лицевого шару у СВФ застосовуються такі оздоблювальні матеріали, як керамогранітні та гранітні плити (ударостійкі, стійкі до УФ-випромінювання, пожегобезпечні та привабливі зовні), композитні панелі з алюмінію, фіброцементні плити (імітують штукатурну обробку, цеглу, плитку та ін.), панелі з металу, сайдинг (застосовується рідше через неекологічність і пожегобезпечні властивості) та й зрештою дерево.

Універсальну комплектацію для системи навісних фасадів підібрати неможливо. Ефективне виконання визначених функцій, що очікуються від вентиляованого фасаду можна забезпечити лише при індивідуальному підході до конкретного об'єкту. Конструктивні особливості системи визначаються з урахуванням кліматичної зони ділянки будівництва, її розташування, конфігурації, висоти будівлі та матеріалу стін.

Підоблицювальний шар (обрешітка). Як матеріал для обрешітки

можуть застосовуватись алюмінієві сплави, нержавіюча та оцинкована сталь. Для приватного будинку найкращим варіантом є алюміній, оскільки він прийнятний за ціною, легкий і достатньо довговічний. Оцинкована сталь дешевша (на 20-30%), проте термін її експлуатації є значно меншим (через 7-10 років на елементах з оцинкованої сталі може з'явитися корозія).

Ключовими елементами в облаштуванні обрешітки є кронштейни. Вони з'єднують облицювальний шар з несучою стіною. При цьому, кронштейни стають «містками холоду». Від площі перетину використовуваних кронштейнів залежить значення тепловтрат будинку. Площа перерізу, у свою чергу, залежить від несучої здатності кріпильного елемента. Тому у цьому відношенні застосування сталевих кронштейнів більш виправдане. Крім того, під кронштейн укладається паронітова підкладка для його захисту від впливу агресивного середовища матеріалу стін (наприклад, розчину кладки).

Окрім металевих конструкцій для обрешітки вентиляованої системи у котеджному будівництві можуть застосовуватись їх дерев'яні аналоги. Їх застосування є особливо актуальним для каркасно-щитових будинків. Конструкції з дерева значно дешевші від підсистем з металу і не вимагають використання багатьох профілів і кронштейнів. Каркас виконується зі звичайного бруса і являє собою обрешітку з горизонтальних і вертикальних елементів. Дерев'яні панелі для облицювання повинні мати спеціальну форму, яка б забезпечувала повітряний зазор.

Повітряний або вентиляційний шар – основна вимога для влаштування правильного вентиляованого фасаду. Саме завдяки цьому повітряному зазору, який передбачається між облицювальним екраном і теплоізоляцією, забезпечується виведення конденсату та атмосферної вологи з поверхні фасаду. До того ж такий повітряний прошарок дозволяє істотно зменшити тепловтрати, адже температура повітря всередині конструкції на три-чотири градуси вище, ніж зовні.

Теплоізоляційний шар. Найкращим матеріалом вважаються мінераловатні плити на базальтовій основі, оскільки важко заперечити їх такі переваги, як незаймистість, високі теплоізоляційні властивості, довговічність, екологічність, збереження природної циркуляції повітря, а також співвідношення ціни і якості. Щільність утеплювача повинна бути від 30 кг/м³.

Найближчим родичем за властивостями вентфасадам які не так давно були дуже модною облицювальною конструкцією є сайдинг (рис. 13, 14). Він також складається з утеплювача і конструкційної решітки підсистеми. Головна різниця – в облицюванні. Форма панелей вентфасадів частіше квадратна або прямокутна, що робить монтаж набагато простішим. Наприклад, необхідність розпилювати панелі яку практикують при облицюванні будинків сайдинговими полосами, у випадку з вентфасадами відпадає.

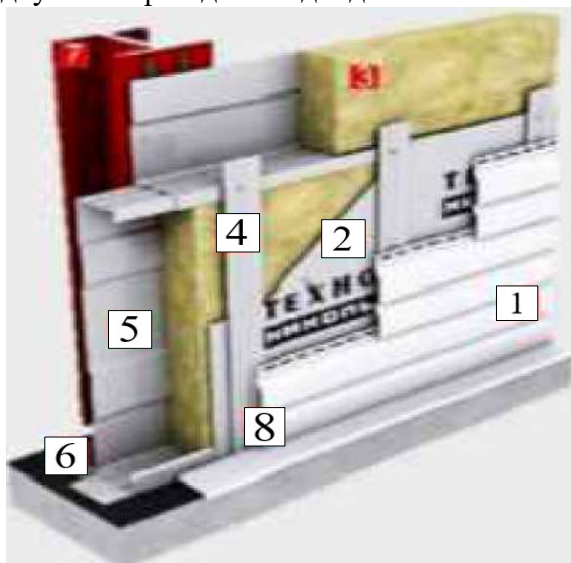


Рис. 13. Система фасаду з облицюванням вініловим сайдингом на кам'яній основі: 1 – вініловий сайдинг; 2 – плівка гідро-вітрозахисна ТехноНІКОЛЬ; 3 – ТЕХНОБЛОК; 4 – контррейка; 5 – каркас під теплоізоляцію 50мм; 6 – несуча стіна.

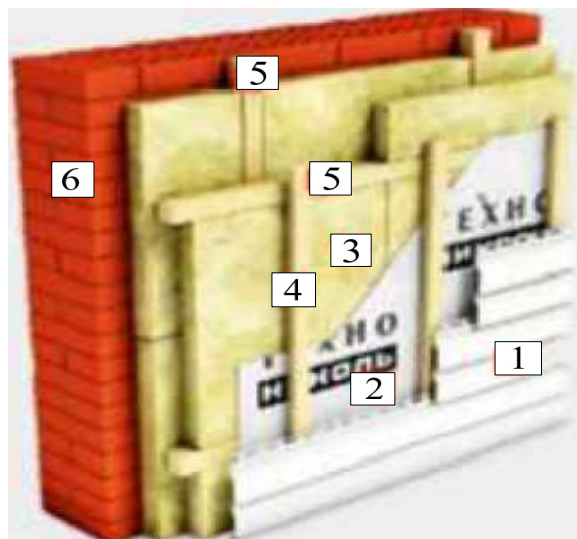


Рис. 14. Система фасаду із збірних сендвіч панелей:

1 – вініловий сайдинг; 2 – плівка гідро-вітрозахисна; ТЕХНОЛАЙТ; 4 – контррейка; 5 – сендвіч профіль; 6 – ущільнювальні стрічки; 7 – несуча рама будівлі; 8 – добірні елементи.

Заслуговує уваги технологія вентильованої системи (рис.15.) розроблена у Швеції ще на початку 60-х років, яка пройшла випробування часом і отримала визнання провідних країн світу.

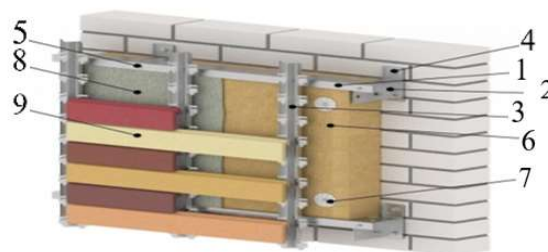


Рис. 15. Система Marmoroc/ HostRock (Швеція):

1 – кронштейн; 2 – горизонтальний профіль (ригель); 3 – вертикальний профіль; 4 – дюбель фасадний з розпірним гвинтом з корозійностійкої сталі; 5 – саморіз; 6 – утеплювач; 7 – тарілчатий дюбель; 8 – супердифузійна мембрана; 9 – плита фасада.

Монтаж вентильованої фасадної системи виготовляється тільки сухим методом. Технологія фасадної системи Marmoroc/HostRock є енергозберігаючою. Вентильована фасадна система відмінно захищає зовнішні стіни будівель від

впливу навколишнього середовища. Стіни будуть сухі, тому з упевненістю можна забути про їх вологість. Навіть побутова волога утепленим стінам за даною технологією не шкодить. Волога не затримується на стінах вона під дією тепла попадає в паропроникний утеплювач, а далі, виводиться повітряним каналом. Вентильована система Marmoroc/HostRock виключає негативну дію «містків холоду» якими є частина будівельної конструкції, яка має прямий контакт з навколишнім середовищем (міжповерхові перекриття та віконні перемички).

Сучасні вентильовані фасади, які на сьогоднішній день знайшли широке використання, поділяються на декілька типів які можна класифікувати за використаними видами облицювального матеріалу. А саме, зовнішня поверхня виконана з:

- керамограніту (довговічний, міцний і стійкий до перепаду температур); керамогранітні вентфасади використовуються для житлових, офісних і промислових будинків (рис. 16 а);
- агломератної плитки (штучний камінь) – дуже міцний матеріал з кам'яної крихти та цементного розчину. Переваги такої плитки це її довговічність, вогнестійкість, точна геометрія форми. Але така плита дуже важка і вимагає опори в якості каркасу з нержавіючої сталі (рис. 16 б);
- композитних панелей – це панелі з двох алюмінієвих листів і вогнестійкого мінерального прошарку між ними. Панелі легкі та гнучкі, що дозволяє облицювати фасади будинків складних архітектурних форм. (рис. 16 в);
- фіброцементних плит – екологічний матеріал з цементного розчину, армуючих волокон та мінеральних наповнювачів. Володіє хорошою шумо- та теплоізоляцією, вважається бюджетним варіантом облицювання (рис. 16 г);
- лінеарних панелей – певного виду металевий сайдинг. Це панелі з тонколистового металу з відкритими або закритими торцями. Форма панелі дозволяє ховати кріплення всередині конструкції (рис. 16 д);
- ламінату високого тиску (HPL панелі) дуже популярний матеріал в Європі,

вважається одним з самих найдорожчих облицювальних матеріалів для фасадів будинків. Виготовляють HPL панелі шляхом пресування волокна з деревини та декількох шарів паперу і просочуються термореактивними смолами, які роблять матеріал монолітним і знижують можливість розшарування (рис. 16 е);

- скляних панелей які можуть бути прозорими, кольоровими, напівзеркальними або мати свої специфічні особливості (армування, ламінування тощо). Найчастіше це пуленепробивні, удароміцні і термостійкі склопакети (рис. 16 є);
- об'ємної теракотової кераміки – випалена глина різних кольорів (в залежності від родовища, способу випалювання та результату змішування декількох видів глини). Такий матеріал вважається екологічним, пожежобезпечним і стійким до різних видів стресів (перепадів температур, вологості). Фактура теракоти дуже різноманітна за рахунок способу випалювання: тонка, грубозерниста (рис. 16 ж).

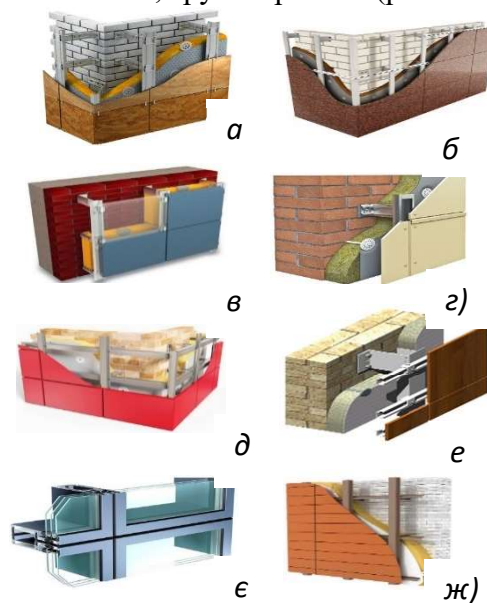


Рис. 16. Сучасні типи вентильованих фасадів, з зовнішньою поверхнею виконаною з: а) – керамограніту; б) – штучного каменю; в) – композитних панелей; г) – фіброцементних плит; д) – лінеарних панелей; е) – ламінату високого тиску; є) – скляних панелей; ж) – теракотової кераміки.

Всі розглянуті види вентильованих фасадів, що активно пропонуються на будівельному ринку без сумніву прості у монтажу, досконалі в експлуатації. Однак

виникає питання стосовно ефективності їх використання з точки зору теплотехнічних характеристик та їх обмежень. Керуючись [13] можна здійснити узагальнений теплотехнічний аналіз таких систем. Так, в якості базової конструкції розглянемо зовнішню стіну з лицьової цегли товщиною 25 мм і конструкцією термоізоляції з умовно загальними характеристиками типовими для інших типів таких систем (табл. 1).

Таблиця 1 Термофізичні властивості вентильованого фасаду

Назва шару	Товщина, м	Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м·К)
Зовнішній облицювальний – цегла лицьова	0,12	1600	0,4
Теплоізоляційний – мінеральна вата	0,1	75	0,04
Вентиляційний шар – повітряний простір	0,15	-	0,56
Стіна будинку – пустотіла цегла	0,25	1200	0,3

Для порівняння розглянемо два варіанти конструктивного рішення вентиляційної системи. В першому варіанті фасадна система кріпиться до стіни будинку з утворенням замкненого повітряного прошарку стандартною товщиною 15 мм, у другому варіанті виконується таке ж саме кріплення але з утеплювачем (мінераловатною плитою) товщиною 0,1 мм. Опір теплопередачі по основному полю для першого варіанту становить $1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а для другого варіанту з утеплювачем досягає величини $3,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ достатньої за вимогами нормативних документів [13]. Тобто, за теплотехнічними характеристиками (опір теплопередачі) конструкція вентильованої фасадної системи з повітряним прошарком і утеплювачем придатне для

застосування в кліматичних умовах України.

Тепла штукатурка (ТШ) представлена сумішшю на основі звичайного цементного розчину, але замість звичайного піску до її складу входять: перлітовий пісок, керамзитова крихта, порошок з пемзи, спучений вермикуліт, гранули пінополістиролу тощо.

Рекомендують теплу штукатурку для теплоізоляції і оздоблення фасадів; додаткового утеплення і звукоізоляції зовнішніх і внутрішніх стін існуючих будівель; утеплення відкосів віконних і дверних блоків в місцях їх примикання до стін; утеплення стін при колодязній кладці; для внутрішніх оздоблювальних робіт в якості утеплювача; утеплення підлог і перекритті стелі. Найбільшого розповсюдження здобула тепла штукатурка до складу якої входять гранули пінополістиролу. Наносити таку штукатурку, можна як на фасади будинків, так і на поверхні всередині приміщення. Вермикулітові системи мають антисептичні властивості та можуть застосовуватись як для внутрішньої, так і для зовнішньої обробки приміщень. Тирсова штукатурка, яка складається з тирси, цементу, глини та паперу є небажаною для фасадів будинку, і навпаки, вона відмінно підходить для утеплення стін всередині приміщення. Тирсовою штукатуркою можна покривати як бетонні (цегляні), так і дерев'яні поверхні.

Користуються попитом теплі штукатурки за рахунок швидкості виконання робіт (оскільки матеріал не вимагає ідеального вирівнювання стін при підготовці поверхні, роботи виконуються максимально швидко); високої адгезії (тепла штукатурка добре лягає на будь-яку стіну і створює монолітне теплоізоляційне покриття, без містків холоду); стійкості до біологічних впливів (грибків, гризунів і комах); екологічності; енергоефективності; негорючості, можливості застосування як на фасадах, так і на поверхні всередині приміщення. Однак висока вартість; необхідність додаткової обробки стін (для завершення роботи потрібно провести грунтування, фарбування або покриття декоративними штукатурками) стримує

максимальне їх використання, проте деякі види теплих штукатурок можуть відразу утворювати фактурне покриття.

Розглянемо, наскільки цей матеріал є ефективним при зовнішньому опорядженні будинку і з якими матеріалами коректно проводити таке порівняння. Застосовуючи ТШ, промодельємо систему утеплення – стіна, ТШ, фінішний шар штукатурки (рис. 17 б). Тому, порівнювати будемо систему утеплення «теплою штукатуркою» з системою утеплення «легким мокрим методом» з нанесенням штукатурного шару по утеплювачу (рис 17 а).

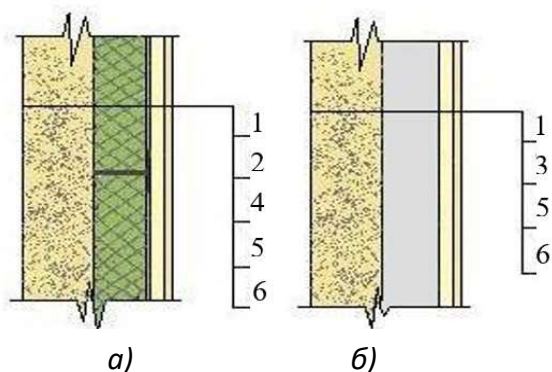


Рис. 17. Система утеплення фасаду:

а) – легким мокрим методом;

б) – «теплою» штукатуркою.

1 – несуча стіна; 2 – утеплювач; 3 – «тепла» штукатурка; 4 – сітка; 5 – ґрунтовка; 6 – декоративна штукатурка.

В якості утеплювача в такій системі (рис. 17 а) може використовуватись мінеральна вата, пінопласт, екструдований пінополістирол (ЕППС). Так як перший шар (несуча стіна) і фінішний шар (декоративна штукатурка) в цих системах (а і б) однакові, то логічно порівнювати між собою шари утеплення за технічними характеристиками (табл. 2.).

Порівнюючи наведені в таблиці 1 дані можемо констатувати, що утеплення з ТШ важче від всіх інших видів, що можливо потребувати під таку стіну більш міцний (потужний) фундамент. В конструкції утеплення фасаду з штукатурним шаром по утеплювачу товщина шару утеплювача знаходиться в межах від 50 мм до 100 мм (в залежності від товщини несучої стіни, кліматичної зони та бажаної температури

всередині будинку). Якщо дивитись на значення коефіцієнта теплопровідності то виходить що для отримання тих же теплових показників шар ТШ повинен бути в 1,5-2 рази товстіший, Виходить що шар ТШ потрібно робити товщиною від 100 мм до 200 мм. А максимально можна наносити 50 мм інакше штукатурка відвалиться не буде триматися. Або таке утеплення необхідно робити з обох сторін стіни.

Таблиця 2 Технічні характеристики систем утеплення фасаду з використанням різних утеплювачів

	Мінеральна вата	Пінопласт	ЕППС	ТШ
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	0,041-0,044	0,033-0,037	0,028-0,032	0,063
Щільність, кг/м ³	30,40,60	11-35	30-45	200-340
Водопоглинання, % за масою	70	1,5-3,5	0,1 – 0,4	70
Група горючості	негорючий	Г1-Г4	Г1-Г4	Г1

Висновки. Можна стверджувати, що під час вибору системи утеплення фасадів необхідно керуватись обраним критерієм ефективності будівельно-монтажних робіт та прогнозованих експлуатаційних характеристик в кожній конкретній ситуації. Аргументовані переваги та/або недоліки, які сформульовані в результаті аналізу в табл.3, дають можливість будівельникам відстоювати свої прихильності до кожного з видів утеплення зовнішніх стін. Однак, при виборі системи утеплення, необхідно керуватися принципами надійності і довговічності, як бажаного результату утеплення фасадів, що говорить на користь вентильованих фасадів. Інші проаналізовані системи такі як теплі штукатурки та фасади отримані за мокрою технологією можуть бути бюджетним варіантом в кожному конкретному випадку.

Таблиця 3 Відмінності технологій утеплення зовнішніх стін

«Мокра» технологія	Вентилювані фасади	«Тепла» штукатурка
Вимоги до основи поверхні		
1. Ретельно вирівняна основа 2. Максимально укріплена основа 3. Забезпечення гідроізоляції основи і захист від ушкодження грибками і бактеріями під шаром утеплювача	1. Попереднє вирівнювання не потребується 2. Достатньо укріплена основа 3. Менший обсяг робіт по гідроізоляції внаслідок провітрювання	1. Можливість нанесення теплої штукатурки на будь-яку стіну внаслідок високої адгезії; 2. Ідеальне вирівнювання стін не потрібно; 3. Необхідність додаткової обробки стін (грунтування, фарбування)
Вимоги до готового опорядження		
1. Оздоблення штукатурними складами, що добре протистоять механічним впливам; 2. Штукатурка не повинна відшаровуватись від основи; 3. Поверхня не повинна тріскатись	1. Фасади повинні монтуватись з мінімальними зазорами між елементами опорядження; 2. Забезпечення можливості заміни елементів опорядження при їх ушкодженні; 3. Забезпечення захисту від корозії металевих деталей	1. Відсутність «містків холоду» внаслідок відсутності металевих зв'язків 2. ТШ не є фінішним покриттям – необхідно наносити ґрунтовку і шар декоративної штукатурки
Сфера застосування		
1. При опорядженні приватних малоповерхових будівель; 2. При бюджетному утепленні багатоповерхових будівель; 3. При опорядженні цивільних споруд з метою максимального зниження їх тепловтрат	1. Оформлення новобудов в галузі багатоповерхового будівництва 2. Приватна забудова; 3. Оформлення комерційних об'єктів	1. Теплоізоляція і оздоблення фасадів 2. Утеплення відкосів віконних і дверних блоків в місцях їх примикання до стін; 3. Утеплення підлог і перекриттів стелі
Вартість		
Порівняно низька	Порівняно висока	Висока
Довговічність		
До 25 років	До 50 років	До 25 років

ЛІТЕРАТУРА:

- Тесленко В. А. [Використання перероблених будівельних матеріалів при проектуванні архітектурних будівель і споруд. (Екологічний аспект)] {Usage of recycled building materials in civil and structural design. (Ecological aspect)} 186-191
- Кропивницька Т. П., Саницький М. А., Семенів Р. М., Камінський А. Т. [Підвищення експлуатаційних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін огорожувальних конструкцій] {Increase of brick masonry operational properties of external walls} 146-151
- Плахотніков К. В., Деденьова О. Б., Дьоміна О. І., Бондаренко О. І. [Вплив водоутримуючих добавок на адгезійну міцність тонкошарових теплоізоляційних покриттів на основі мінеральних в'язучих] {Influence of watercontaining additives on the adhesion period of thincovered heat insulation coatings based on mineral binder} 152-156
- Плугін О. А., Касьянов В. В., Плугін А. А., Плугін Д. А., Борзяк О. С. [Вплив структури та компонентів на електрофізичні властивості композицій на основі портландцементу] {Influence of structure and components to electrophysical properties of compositions based on portlandcement} 156-163
- Тесленко В. А., Асланова О. Д. [Новейшие тенденции технологий переработки и использования вторсырья в строительстве] {The latest trends in technologies of recycling and reuse of waste in civil engineering} 118-124
- Хорошенко В. Д., Демина Г. А. [Энергосберегающие технологии в архитектуре жилых зданий Украины] {Energysaving technology in the architecture of residential buildings of Ukraine} 138 -145
- Шинкевич О. С., Бондаренко Г. Г., Ческий Ю. В., Койчев О. О., Олійник Т. П. [Енергоефективні силікатні композити підвищеної тріщиностійкості] {Energy-efficient silicate composites of increased crack resistance} 189-197
- Гаджисв Е. Н. [Підвищення екологічної безпеки при виробництві теплоізоляційних матеріалів шляхом зниження викидів забруднюючих речовин з

використанням дисперсійного аналізу пилу] {Increase environmental safety on production of thermal insulating materials by reduce emissions using analysis of variance dust} 305-312

9. Сопов В. П., Долгий В. П. [Вплив хімічних добавок на реологічні властивості багатокомпонентних бетонних сумішей] {Влияние химических добавок на реологические свойства многокомпонентных бетонных смесей} 312-318

10. Джалалов М. Н., Коломієць Ю. В., Компанієць А. О. [Ефективність теплоізоляційних матеріалів при виконанні ремонту та реконструкції будівель та споруд] 147-149

10. Конструкції будівель і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ В 2.6-34:2008. [Чинний від 2009-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).

11. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим прошарком. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-35:2008 – [Чинний від 2009-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 25с. – (Національний стандарт України).

12. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 46 с. – (Національний стандарт України).

13. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В 2.6-31:2006. [Чинний від 2006-09-09]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 71 с. – (Національний стандарт України). Зі Зміною №1 від 01.07.2013 р.

14. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 71 с. – (Національний стандарт України)

Майстренко А.А., Амеліна Н.О., Бердник О.Ю., Рижанкова Л.М., Яковлева О.М. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИБОРУ СИСТЕМИ УТЕПЛЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН. В статті виконано технологічний аналіз вибору системи утеплення наружних стен от воздействия агрессивной внешней среды. Проранжированы факторы, влияющие на выбор системы, архитектурную выразительность, надежность и долговечность. Предложены рекомендации по созданию систем утепления, и принципиальные факторы к оценке свойств таких систем.

Ключевые слова: «мокрые» штукатурки, системы вентилируемых фасадов, утепление, «теплые» штукатурки.

Maistrenko AA, Amelina NO, Berdnik OY, Ryzhankova L.N., Yakovleva O.M. TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF CHOICE OF WINDOW WINDOWING SYSTEM The article analyzes the technological analysis of the choice of the system of insulation of the outer walls from the effects of an aggressive external environment. The factors influencing the choice of the system, architectural expressiveness, reliability and durability are ranked. The recommendations on creation of systems of warming are offered, and the basic factors to an estimation of properties of such systems.

Keywords: "wet" plasters, systems of ventilated facades, warming, "warm" plasters.