

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Теза присвячена сучасним технологіям виготовлення матеріалів для огорожуючих конструкцій будівель. Розглянуто газобетон, мінеральну вату, пінополістирол, пінополіуретан та композитні системи, їхні властивості та технології виробництва. Показано, як впровадження автоматизації, нанодобавок і полімерних модифікаторів підвищує енергоефективність, довговічність і екологічність будівель.

Ключові слова: огорожуючі конструкції, газобетон, пінополістирол, пінополіуретан, мінеральна вата, композитні матеріали, теплоізоляція, енергоефективність, нанотехнології, полімерні модифікатори, сталий розвиток.

Abstract

The thesis is dedicated to modern technologies for the production of materials used in building envelope structures. It examines aerated concrete, mineral wool, polystyrene, polyurethane, and composite systems, their properties, and manufacturing technologies. The study demonstrates how the implementation of automation, nanoadditives, and polymer modifiers enhances the energy efficiency, durability, and environmental performance of buildings.

Keywords: envelope structures, aerated concrete, polystyrene, polyurethane, mineral wool, composite materials, thermal insulation, energy efficiency, nanotechnologies, polymer modifiers, sustainable development.

Вступ

Сучасні технології виготовлення будівельних матеріалів для огорожуючих конструкцій спрямовані на підвищення енергоефективності, екологічності та довговічності споруд. Використання таких матеріалів, як газобетон, мінеральна вата, пінополістирол, пінополіуретан та композитні панелі, дозволяє зменшити тепловтрати, скоротити терміни будівництва й покращити експлуатаційні властивості будівель.

Завдяки інноваційним виробничим технологіям, автоматизації процесів і застосуванню модифікуючих добавок, сучасні матеріали поєднують високу якість, пожежну безпеку та екологічність. Їх широке впровадження є важливою умовою формування енергоефективного та сталого будівництва майбутнього.

Результати дослідження

Огорожуючі конструкції будівель — це зовнішні елементи, які забезпечують теплоізоляцію, звукоізоляцію, вологозахист та комфортні умови всередині приміщення. До них належать зовнішні стіни, покрівлі, перекриття, фасадні панелі тощо. Від якості матеріалів, з яких вони виготовлені, залежить енергоефективність будівлі, довговічність споруди та витрати на її експлуатацію.

У сучасному будівництві основна увага приділяється створенню матеріалів нового покоління, які мають не лише високі технічні характеристики, а й відповідають принципам сталого розвитку. Це передбачає зниження енергоспоживання при їх виробництві, зменшення викидів CO₂ та можливість повторного використання матеріалів.

Інноваційні технології виготовлення теплоізоляційних матеріалів. Найпоширенішими матеріалами для огорожжуваних конструкцій є газобетон, пінополістирол, пінополіуретан, мінеральна вата, а також сучасні композиційні матеріали.

Газобетон (або автоклавний ніздрюватий бетон) є одним із найпоширеніших матеріалів для зведення зовнішніх і внутрішніх стін будівель. Його головною перевагою є поєднання малої густини, високих теплоізоляційних властивостей і достатньої міцності. Виробництво газобетону базується на використанні суміші кварцового піску, цементу, вапна, води та газоутворювача (зазвичай алюмінієвого порошку). У процесі реакції виділяється водень, який формує рівномірну пористу структуру матеріалу. Після формування блоків проводиться автоклавне тверднення при температурі 180–200 °С і тиску 1,2–1,5 МПа, що забезпечує кристалізацію новоутворених мінералів (тобермориту) і підвищення міцності.

Сучасні технології виготовлення газобетону передбачають:

- автоматизоване дозування компонентів для стабільності властивостей;
- повторне використання технологічних відходів і води;
- застосування енергозберігаючих автоклавів;
- вдосконалення рецептури з використанням мікрокремнезему або золи виносу для підвищення щільності та міцності матеріалу.

Газобетонні блоки мають високу паропроникність, що дозволяє стінам «дихати», і забезпечують оптимальний мікроклімат у приміщеннях. Крім того, матеріал є негорючим і екологічно безпечним, тому активно використовується у будівництві житлових і громадських будівель.

Пінополістирол (ППС) - це термопластичний матеріал, який утворюється спінюванням гранул полістиролу під дією водяної пари. Його структура складається з безлічі закритих повітряних комірок, що забезпечує високі теплоізоляційні властивості. Сучасне виробництво пінополістиролу здійснюється за технологією екструзійного спінювання, що дозволяє отримати матеріал із більш щільною, однорідною структурою пор. Такий пінополістирол має підвищену механічну міцність і вологостійкість, тому часто використовується в системах утеплення фасадів, підлог і дахів.

Основні переваги пінополістиролу:

- низька теплопровідність;
- мала маса, що зменшує навантаження на конструкції;
- простота монтажу;
- стійкість до старіння та мікроорганізмів.

Виробники постійно вдосконалюють цей матеріал, впроваджуючи антипіренові добавки, що підвищують його вогнестійкість, а також технології рециркуляції полімерних відходів для зменшення екологічного впливу.

Пінополіуретан (ППУ) — ще один високоефективний теплоізоляційний матеріал, який утворюється в результаті реакції поліолу та ізоціанату. Його головна особливість - монолітна структура з переважно закритими порами (до 95%), що забезпечує надзвичайно низьку теплопровідність і мінімальне водопоглинання. Пінополіуретан застосовується у вигляді напилуваної або литої теплоізоляції для фасадів, покрівель, підлог, резервуарів і трубопроводів. Завдяки сучасним технологіям наплення можливе створення безшовного ізоляційного шару, що забезпечує герметичність огорожжуваних конструкцій. Пінополіуретан має один із найнижчих коефіцієнтів теплопровідності серед сучасних ізоляторів і характеризується високою адгезією до будь-яких поверхонь. Це робить його універсальним матеріалом для енергоефективного будівництва.

Мінеральна вата є одним із найпоширеніших тепло- та звукоізоляційних матеріалів, який широко застосовується у виготовленні фасадних систем, перекриттів, дахів і стінових панелей. Основними сировинними компонентами для її виробництва є гірські породи (базальт, діабаз, доломіт) або доменні шлаки, які плавляться при температурі близько 1500 °С, після

чого утворюються тонкі волокна.

Сучасні технології виготовлення мінеральної вати передбачають:

- використання енергоефективних печей із точним контролем температури плавлення, що дозволяє зменшити споживання енергії;
- застосування екологічно безпечних зв'язувальних речовин, які не містять формальдегідів або фенолів (наприклад, акрилових смол або біополімерних зв'язувачів);
- додавання гідрофобізаторів, які підвищують водостійкість матеріалу без втрати паропроникності;
- покращення структури волокон завдяки впровадженню мікродобавок кремнезему, що підвищує міцність та стійкість до механічних навантажень.

Мінеральна вата має низку переваг: вона негорюча, хімічно стійка, не схильна до гниття й не створює сприятливих умов для розвитку грибків або мікроорганізмів. Завдяки цим властивостям вона ідеально підходить для енергоефективних фасадних систем і вентильованих фасадів. Останні розробки спрямовані на створення легких варіантів мінеральної вати, у яких поєднуються тонші волокна та покращена термостійкість. Це дозволяє зменшити навантаження на конструкцію будівлі, особливо у каркасних і збірних системах.

Сучасні композиційні матеріали — це багатокомпонентні системи, які поєднують у собі властивості різних речовин: полімерів, волокон, наповнювачів і модифікаторів. Їх застосування у будівництві дає змогу створювати огорожуючі конструкції з високими показниками міцності, легкості, довговічності та енергоефективності.

До найбільш перспективних видів композиційних матеріалів належать:

- склопластики та вуглепластики, які використовуються для армування панелей, профілів і каркасних елементів;
- сендвіч-панелі на полімерній основі з шарами утеплювача (мінеральна вата, пінополіуретан, пінополістирол), які поєднують жорсткість і теплоізоляційні властивості;
- геополімерні композити, створені на основі алюмосилікатів, що мають підвищену термостійкість і низький вуглецевий слід;
- біокомпозити, виготовлені з використанням природних волокон (льон, джут, базальт) у поєднанні з полімерними смолами, які забезпечують екологічну безпеку матеріалів.

Основними напрямками вдосконалення композиційних матеріалів є підвищення їх адгезійних властивостей, зниження горючості, покращення стійкості до ультрафіолетового випромінювання та біологічної корозії. Такі матеріали широко застосовуються у фасадному будівництві, для виготовлення легких огорожуючих панелей, дахових елементів та облицювальних систем. Їх перевагою є можливість створення великих панелей з мінімальною кількістю стиків і високим рівнем герметичності.

Одним із провідних напрямів розвитку сучасного матеріалознавства у виготовленні будівельних матеріалів для огорожуючих конструкцій будівель є впровадження нанотехнологій. Їхня мета - покращення фізико-механічних, експлуатаційних і довговічних властивостей матеріалів шляхом внесення до їх складу частинок із розмірами менше 100 нанометрів. На такому рівні відбуваються унікальні процеси взаємодії речовин, які суттєво впливають на структуру матеріалу.

Нанодобавки у виробництві цементних і бетонних матеріалів. Найпоширенішими нанодобавками є наночастинки діоксиду кремнію (SiO_2), оксиду титану (TiO_2), оксиду алюмінію (Al_2O_3), графену, нановуглецевих трубок, наноглини та ін.

Введення таких частинок у бетон або сухі будівельні суміші дозволяє:

- зменшити пористість матеріалу та підвищити його щільність;
- прискорити процес гідратації цементу, що сприяє більш швидкому набору міцності;
- збільшити морозостійкість і водонепроникність конструкцій;

- покращити адгезію до основи при нанесенні штукатурок та фарб.

Особливо ефективним є використання нанокремнезему, який діє як мікронаповнювач і каталізатор утворення кристалічних структур у цементному камені. Це призводить до зменшення мікротріщин, підвищення міцності на стиск і довговічності матеріалу.

Самоочисні та антимікробні покриття. Додавання наночастинок оксиду титану (TiO_2) у фасадні фарби, штукатурки та облицювальні матеріали створює ефект фотокаталітичного самоочищення. Під дією сонячного світла оксид титану розкладає органічні забруднення та шкідливі сполуки, завдяки чому фасади довше залишаються чистими, а повітря поблизу будівлі очищується від оксидів азоту.

Полімерні модифікатори в будівельних матеріалах. Поряд із нанодобавками, значну роль відіграють полімерні модифікатори, які вводять до складу цементних, вапняних або гіпсових розчинів. Їх застосування забезпечує:

- еластичність і тріщиностійкість матеріалу;
- збільшення адгезії до різних основ;
- підвищення морозостійкості та водостійкості;
- зменшення усадки при висиханні;
- довговічність у складних кліматичних умовах.

Серед найпоширеніших модифікаторів - редисперговані полімерні порошки на основі вінілацетату, етилену, акрилатів, а також суперпластифікатори на полімерній основі. Їх використовують у сухих будівельних сумішах, клеях для плитки, штукатурках, стяжках і самовирівнювальних підлогах. Полімерні добавки формують у матеріалі гнучку полімерну плівку, яка заповнює мікропори, зменшує проникність і робить поверхню стійкою до атмосферних впливів.

Сучасні тенденції у проектуванні та зведенні огорожжуваних конструкцій також базуються на використанні композитних та багатошарових матеріалів, які поєднують у собі функції несучих, теплоізоляційних та декоративно-захисних шарів. Такий підхід дозволяє значно підвищити енергоефективність, довговічність та швидкість монтажу конструкцій.

Одним із найпоширеніших типів є сендвіч-панелі – це багатошарові елементи, що складаються з:

- зовнішнього та внутрішнього облицювального шару (з оцинкованої сталі, алюмінію, композитного пластику або цементно-стружкових плит);
- теплоізоляційного шару (з мінеральної вати, пінополістиролу, пінополіуретану, газобетону тощо);
- клейового або механічного з'єднання шарів, що забезпечує жорсткість і цілісність елемента.

Основні переваги композитних систем для огорожжуваних конструкцій:

- високі теплоізоляційні властивості - завдяки низькій теплопровідності утеплювального шару.
- мала маса - знижує навантаження на несучі елементи будівлі, що особливо важливо при реконструкції.
- простота та швидкість монтажу - панелі виготовляються на заводі і монтуються готовими елементами.
- вогнестійкість і екологічність - залежно від вибору утеплювача (наприклад, мінеральна вата має найвищі показники пожежної безпеки).
- естетичність та різноманітність облицювальних рішень - можливість застосування різних фактур, кольорів і покриттів.

Сучасні композитні системи для огорожжуваних конструкцій також можуть мати додаткові функції — наприклад, звукоізоляцію, вентиляційні прошарки для відведення вологи, або ін-

тегровані сонячні панелі у фасадних рішеннях. Завдяки цим технологіям багатошарові огорожуючі конструкції стають енергоефективним, економічним і технологічним рішенням для сучасного будівництва — як у промислових, так і у цивільних спорудах.

Виготовлення таких систем здійснюється в заводських умовах із застосуванням високоточного обладнання, що забезпечує однорідність, міцність і точність геометрії готових елементів. Процес включає кілька основних етапів:

1. Підготовка облицювальних шарів

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь сендвіч-панелей використовують: оцинковану або фарбовану сталь, алюмінієві листи, цементно-стружкові плити, склопластик чи полімерні композити. Листи очищуються, знежирюються, покриваються захисними шарами (цинковим, полімерним, фарбовим) і нарізаються до необхідних розмірів.

2. Підготовка теплоізоляційного шару. Утеплювач підбирається за вимогами до теплозахисту, пожежної безпеки і вологостійкості.

3. Формування «сендвіч»-структури. Це ключовий етап, коли відбувається склеювання шарів у єдину композитну систему.

4. Полімеризація і пресування. Якщо використовується поліуретановий утеплювач або клей, відбувається реакція полімеризації — матеріал твердне і набуває міцності.

5. Розкрій і фінішна обробка. Готові панелі обрізають за розміром, формують замкові стишки для щільного з'єднання на будівельному майданчику. Після цього вони проходять контроль якості — перевірку на адгезію шарів, рівність поверхні, точність товщини та теплопровідність.

6. Пакування і транспортування. Панелі пакуються в захисну плівку, укладаються на дерев'яні піддони та транспортуються на об'єкт.

Висновки

Сучасні огорожуючі конструкції забезпечують тепло- і звукоізоляцію, захист від вологи та комфорт у приміщеннях. Використання газобетону, пінополістиролу, пінополіуретану, мінеральної вати та композитних матеріалів разом із інноваційними технологіями виробництва підвищує енергоефективність, довговічність і екологічність будівель. Багатошарові та композитні системи дозволяють швидко монтувати конструкції, забезпечують герметичність та відкривають можливості для додаткових функцій, таких як звукоізоляція чи інтеграція сонячних панелей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривенко В.М. Будівельне матеріалознавство. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 320 с.
2. Грицак С.О. Сучасні теплоізоляційні матеріали у будівництві. – Київ: Будівельник, 2020. – 256 с.
3. Петров В.П., Іваненко А.В. Композитні матеріали для огорожуючих конструкцій. – Харків: Основа, 2021. – 198 с.
4. Дорошенко Ю.Г. Технології виробництва газобетону та пінополістиролу. – Львів: Новий Світ, 2020. – 212
5. A Comprehensive Review and Recent Trends in Thermal Insulation Materials for Energy Conservation in Buildings - <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/20/8782> MDPI+2openurl.ebsco.com+2
6. Modern Insulation Materials for Sustainability Based on Recycled Materials-
<https://www.mdpi.com/2079-6439/12/9/76>
7. Eco-friendly materials for structural insulated panels» -
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271022502296X>
8. Latest Developments in Sustainable Building Insulation Materials-
<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=1899>

Собчук Дмитро Володимирович — студент групи 2Б-236, факультет будівництва та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dmytro.sobchuk@gmail.com

Христич Олександр Володимирович — Доцент кафедри Будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: khristych@vntu.edu.ua

Sobchuk Dmytro Volodymyrovych - student of the 2B-23b group, Faculty of Construction and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: leontieva.lera1@gmail.com

Khristych Oleksand Volodymyrovych – Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, email: khristych@vntu.edu.ua