

**131 ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА**

УДК 624.072,3:64.066:316

doi: 10.31498/2225-6733.47.2023.299991

© Волошин В.С.\*

**СТІНА. УНІКАЛЬНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ**

Вперше звертається увага на дуже поширений елемент багатьох будівельних та інших споруд, що позначається словом «стіна», з точки зору її функціональності і ролі в розвитку інженерної думки, її фундаментальності як технічної споруди в розвитку людини і всього суспільства, а також унікальних властивостей цього елемента, що характерні не тільки для зведення будівель, але і для інших суміжних систем, зокрема, для визначення сфер, призначених для реалізації функцій і потреб людини. Систематизовані основні функції, що виконує стіна на користь людини, і які роблять її соціально корисним об'єктом. Відзначено властивість стіни структурувати житловий простір людини відповідно до виконуваних функцій, яка мало вивчена в сучасній літературі. У такому аспекті елемент будівель і споруд – стіна – відповідає не тільки вимогам життєзабезпечення або безпеки людини, а й представлений як фактор, що має соціально-економічне значення, зокрема, сприяє розвитку землеробства, ремісництва, освіти. Технічні характеристики узагальненої конструкції – стіни – представлені в порівнянні з відомими технічними закономірностями функціонування інших фундаментальних винаходів – важеля, колеса, вогнища тощо. У статті представлено узагальнюючі властивості, які роблять ці об'єкти надзвичайно актуальними для суспільства, тому ж вони і стали поворотними точками в розвитку людства. Показані основні функції, які забезпечує такий елемент, як стіна, для багатьох систем, деякі з них є унікальними і єдино можливими, завдяки конструкції жорсткої вертикальної площини в житловому просторі для людини. Представлені залежності, що описують умови енергетичного обміну, завдяки яким виконуються основні функції стіни – захист від зовнішніх джерел енергії – теплової, акустичної, кліматичної, інформаційної та ін., а також збереження внутрішньої енергії в системі «стіна-житло». Робота має перспективи розвитку, виходячи з того, що сучасні конструкції стіни отримують істотні зміни в напрямку їх подальшої уніфікації, розширення функціональної спрямованості на користь людини.

**Ключові слова:** стіна, важіль, колесо, вогнище, функції, екосистема «людина-житло», структурування житлового простору, безпека людини.

**V.S. Voloshin. Wall. Unique functional properties.** For the first time, attention is drawn to a very common element of many building and other structures designated by the word «wall». Its functions and role in the development of engineering are shown. Its fundamentality as a technical structure in the development of a person and the whole society is shown. We paid attention to the unique properties of this element. They are not only characteristic of the construction of buildings. They make it possible to identify areas intended for the implementation of human functions and needs. The property of the wall to structure the living space of a person according to the functions performed, which has been little studied in the literature, has been noted earlier. In this aspect, an element of buildings and structures – a wall – meets not only the requirements of human life support or safety, but is presented as a factor of socio-economic significance. Представлены технические характеристики обобщенного сооружения – стены. They are compared with the well-known technical regularities of the functioning of other fundamental inventions, such as

\* д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-9922-5618

*the lever, the wheel, the hearth, etc. The paper presents the generalizing properties that make these objects extremely relevant for society. They were turning points in its development. The main functions that are provided by such an element as a wall for many systems are presented. Some of these functions are unique and the only possible ones, thanks to the design of a rigid vertical plane in the living space for a person. Dependencies describing the conditions of energy metabolism are presented. Thanks to these dependencies, the main functions of the wall are fulfilled – protection from external energy sources – thermal, acoustic, climatic, informational, etc., as well as the preservation of internal energy in the «wall-dwelling» system. The possibilities and prospects for the development of the wall in modern society are shown.*

**Key words:** wall, lever, wheel, hearth, functions, «man-dwelling» ecosystem, structuring of living space, human safety.

**Постановка проблеми.** Екосистеми, в яких живе людина, зазнають постійних змін, які є основою розвитку суспільства. Найчастіше корінними факторами таких ключових змін є так звані «глобальні винаходи» людства, які сприяють розвитку продуктивних сил, суспільним відносинам і технічному прогресу. До таких нововведень можна віднести багато технічних систем, таких як комп'ютер, інтернет, а раніше, послідовно, парову машину і телеграф, а ще раніше – колесо, вогнище, гроші. Розширення цього переліку дає можливість по-іншому ставитися до форм розвитку людини і його оточення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Серед відомих і незаперечних винаходів, які відкривали і супроводжували цілі епохи в розвитку людства, таких як важіль, колесо, вогонь у вогнищі, слово і буква, має знаходитися місце для такого винаходу, як стіна. Звичайна стіна, властивості і функції якої відігравали величезну роль в історії людства в усі часи його існування [1-3].

Для пізнього палеоліту таке явище в людському існуванні, як відмова від печерного житла на користь штучного, означало відхід від прив'язки лише до певних місцевостей і виникнення можливості заселення і створення житла у будь-якому місці земної поверхні, задля занять землеробством, а не збиральництвом, скотарством, а не тільки полюванням, і, нарешті, ремеслами на більш високому рівні, а не примітивною обробкою кам'яних виробів. У майбутньому це буде обробка заліза, скульптурне та образотворче мистецтво, а не примітивні наскальні малюнки. Все це стало допустимим завдяки зведенню стінових конструкцій як основи житла.

Поява штучної стіни означала величезний крок у зміні типу житла для людини. В епоху неоліту з'явилися перші штучні споруди, що звільняють людину від територіальної прив'язаності до печер, збіднілих кам'яних територій, розширюють площі його проживання, головним чином заради землеробства і професійних ремесл. Перші будинки з'явилися приблизно одинадцять тисячоліть тому на Близькому Сході [4]. Це були примітивні стіни в вигляді покладених на підлогу кам'яних плит, річкових валунів, як це було в горах Загрос. Це могли бути перегородки, гілки, конструкції з кісток, шкури великих тварин. Пізніше стіни були покриті зовнішніми перекриттями найпростішої форми. Все це забезпечувало захист від погодних умов і проникнення ззовні в житло.

Для доантичного світу і пізніше створення стінових будівель означало не більше і не менше, як виникнення цілих міст, коли житла великої кількості неродинних людей розташовувалися неподалік від місця застосування їх праці, що сприяло подальшому розвитку землеробства, виникненню вузькоспеціалізованих професій, зародженню ремесл і т. д., становленню і послідовному розвитку суспільства. Майстерність, в цілому, зобов'язана своїм розвитком саме містам з їх типовою стінною конструкцією житла. Крім того, стіна будинку сприяла відходу від племінного, родового поселення на користь сімейного, розвитку соціальності.

Далі з'ясувалося, що античний світ і Середньовіччя не могли існувати без міцних фортечних стін, які захищали міста від пограбування та руйнування [4]. Стіни господарських будівель ставали захистом для домашніх тварин, приручаючи їх до єдиного місця проживання. Стіна в'язниці стає бар'єром для злочинців і неугодних людей. Функціональність стін була значно розширена.

**Мета роботи** – визначити місце узагальненої технічної споруди – стіни, як одного з фундаментальних елементів системи «людина-навколишнє середовище», що забезпечило можливість соціально-економічного розвитку людського суспільства.

**Виклад основного матеріалу.** У найпростішому вигляді *стіна* – це штучна, жорстка, вертикальна, плоска або наближена до площини, технічна конструкція, призначена для просторового поділу території людського існування на окремі зони за функціональними ознаками. Цим формулюванням ми підкреслюємо *функціональну особливість* стіни, що робить її унікальним винаходом, нарівні з іншими, які зробили значний вплив на розвиток людства.

Але стіна існує і як частина більш загального поняття «дім». Вона є складовою фундаментальної потреби людини у виживанні, забезпеченні особистої безпеки, захисту від недуг, хвороб, стихійних лих. Пізніше вона стає фактором гідності людини, що мешкає тут, її захищеності, статусу в суспільстві. У цьому сенсі слід розглядати систему «стіна-житло». Синоніми до терміну «стіна»: паркан, огорода, вигоролок, частокіл, парапет, амбразура, палісадник, тин, дюваль, брандмауер. До стін належать перегородки, вали, фасадні поверхні тощо.

Нижче наведені функції та особливості, пов'язані з поняттям «стіна» (табл. 1). Очевидні фундаментальні властивості цих споруд, які зіграли вирішальну соціальну роль в історії розвитку людства на планеті Земля. Перелік таких функцій дає уявлення про значимість цього винаходу, ставлячи його в один ряд з іншими подібними епохальними винаходами людства, такими як, наприклад, колесо або писемність.

Таблиця 1

Функціональність стіни, її особливості та опис функцій

№.№	Функція стіни	Опис, приклади
1	Територіальна варіабельність (на відміну від печерного житла)	1.1. Можливість установки стіни в будь-якому необхідному місці поселення людини
		1.2. Наближення дому до місця професійної діяльності
		1.3. Підвищення активності землеробства та ремесл
		1.4. Створення умов для торговельної діяльності
		1.5. Один із способів досягнення осілості
2	Значення просторового розділення	2.1. Структурування простору на окремі осередки для соціальних та індивідуальних цілей
		2.2. Захист від припливу зовнішньої енергії різного типу і потужності
		2.3. Захист від впливу непотрібної інформації
3	Обособлення території	3.1. Розподіл функціонального призначення території в залежності від потреб людини (кухня, спальня, сарай, хлів, аудиторія)
		3.2. Перешкода для обміну інформацією між просторами, розділеними стіною. Житло, яке обнесене стіною, захищене від зовнішнього спостереження. Тюремна стіна не дозволяє ув'язненому контактувати із зовнішнім середовищем
		3.3. Прикордонний поділ території (Корейська стіна, Іспано-марокканська стіна, Індійсько-Кашмірська стіна, Нікосійська (Кіпрська) стіна, Іудео-Самарійська стіна Ізраїлю, Берлінська стіна, Стіна Адріана в Північній Англії та ін.)
4	Конструктивні функції	4.1. Опора, несуча конструкція
		4.2. Наявність допоміжних конструктивних елементів, що підвищують функціональність стіни
		4.3. Аеродинамічний опір
		4.4. Механічна міцність
		4.5. Естетична площина

Продовження таблиці 1

№№	Функція стіни	Опис, приклади
5	Технологічні функції	5.1. Акустичний, світловий, тепловий захист
		5.2. Захист від попадання вибухових речовин або твердих балістичних предметів (міські стіни)
6	Гігієнічні функції	6.1. Захист від погодних умов, вітру, опадів, зовнішньої температури та ультрафіолетових впливів
7	Обмежувальні функції	7.1. Обмеження природного доступу всередину приміщення
		7.2. Обмеження доступу зсередини назовні, включаючи всі типи суден, в'язниць, темниць.
		7.3. Забезпечення організованого доступу в приміщення або місто через двері, ворота в стіні
		7.4. Утримання ворога поза зони доступу до міської стіни
		7.5. Перешкода для міграції народів і товарів між країнами. За останні 20 років між державами світу було зведено 56 прикордонних стін, що запобігають нелегальній імміграції, тероризму та транзиту заборонених товарів. Загальна протяжність таких стін на сьогоднішній день становить понад 24 000 км. Для порівняння, Велика Китайська стіна має довжину 8 800 км
8	Естетичні функції	8.1. Декоративний або естетичний дизайн простору
		8.2. Розміщення картин на стіні для перегляду
9	Психологічні функції	9.1. Почуття безпеки, яке не збігається з реальною небезпекою
		9.2. Поділ за ступенем комфорту, предмети оздоблення стін
10	Символізм як властивість стіни	9.1. Культове призначення стіни, ритуали, звичаї (вівтар, Стіна плачу, стіна Цоя)
		10.2. Символ порога, перешкода, подолання якої є способом переходу від зовнішнього і буденного до символічного і стоїчного
		10.3. Алегоричність характеру терміну (в літературі: стіна – р оз'єднання, мости - об'єднання)

Всі надані показники, як і багато інших, пов'язаних з предметом дослідження – стіною, можна співвідносити з декількома універсальними функціями стіни. Перша з них несе в собі одне з фундаментальних значень для розвитку людини на етапі переходу від збиральництва і полювання до землеробства, скотарства та ремесл, а саме територіально пов'язує житло і місце професійної діяльності: будинок і поле, житло і ремесло, культ і натовп. І однією з головних функцій тут є просторовий поділ території проживання або зони існування людини за допомогою стіни. Таким чином, стіна стала технічним забезпеченням для організації саме осмисленого людського побуту в цьому світі. Особливість, яка і на цей час повністю себе виправдовує.

Під цією функцією мається на увазі структурування території, на яку претендує людина. Наприклад, житло повинно мати зони, де готується і споживається їжа. І ця територія повинна бути відокремлена від території для професійної діяльності або для сну. Таким чином, стіни дозволяють структурувати житло, будинок, передбачивши приміщення для кухні, кабінету, вітальні, спальні тощо. Але стіни дозволили структурувати й інші потреби людини, зокрема, потреби соціального, професійного, економічного чи військового характеру. Зокрема, міські оборонні стіни, культові споруди тощо. Структурування території людського існування не обмежується лише стінами житла чи міста. Структурування здійснюється і в русі, коли людина використовує

в поході повозку, автомобіль, купе вагона, каюту пароплава, намет і т. д. Все це забезпечується людиною стінами або їх функціональними аналогами.

Структурування за допомогою стін здійснюється за певними ознаками, наприклад, потреби людини, його безпека, умовності присутності, обзорність території. Стіна дає можливість уніфікувати функції людини, просторово розділити їх на ті, які відрізняються інформативністю, особливою значимістю і обладнанням, видами виконуваних робіт або відпочинку, наявністю поруч інших людей і т. д. Це своєрідні стільники, осередки, що призначені для локалізації окремих людей та їх групи в певній місцевості, яка виявилася зручною для життєзабезпечення та виконання певних, в тому числі професійних і соціальних, функцій.

Друга основна функція стіни полягає в наступному. Для житлового приміщення стіна виступає способом локалізації енергії та організації теплопостачання для людини. Стіна (зрозуміло, разом з підлогою та верхньою стелею приміщення) бере участь в організації теплообміну, не дозволяє теплу виходити з приміщення. При цьому стіна прогрівається і стає другорядним джерелом акумульованого тепла, підтримуючи мікрокліматичний режим цього приміщення. Селянська хата, яранга, чум, кибитка, вігвам, дерев'яний, глинобитний або цегляний будинок – всі вони мають специфічні особливості для збереження внутрішнього тепла і забезпечення потрібного для людини мікроклімату житла.

Ще одна частина цієї важливої функції стіни пов'язана із захистом від проникнення зовнішньої енергії (прямих сонячних променів, світла, звуку, тепла тощо) всередину приміщення. У тому числі, із захистом від проникнення сторонніх, що забезпечує прояв індивідуальності життєвого простору для людини.

Але було б неправильно ототожнювати стіни тільки з житлом людини. Функції стіни набагато ширші. Просте перерахування творів рук людських, які дозволили їй піднятися на сучасний рівень розвитку, і пов'язані з використанням стін у найрізноманітніших варіаціях, змусить ставитися до стіни, цього творіння, з великою повагою. Універсальність самого феномена «стіни» підтверджується широким охопленням найрізноманітніших сторін людського життя, в яких вона бере участь. Ось деякі з цих прикладів.

1. Одомашнення тварин як етап переходу від мисливсько-збірницького до повного або часткового осілого життя було неможливим без будівництва загонів (прообразів стінових конструкцій), корівників для утримання худоби та захисту її від негоди. Потрібні були несучі, огорожувальні та ізоляційні стіни. Далі – більше.

2. Стінки в резервуарах будь-якого розміру і конструкції для зберігання продуктів харчування, води, вина, масл та інших рідин, зерна, корисних копалин дозволили в довгостроковій перспективі зберігати продукти і товари і транспортувати їх, не припускаючи їх висипання.

3. Гребля на річці – це також стіна, яка перешкоджає стоку води і призначена для зміни гідравлічного режиму річок. Здатність такої стінки обмежувати потік води призводить до збільшення її гідравлічного напору та засвоєнню потенціалу падаючої води, тобто енергії.

4. Саме стінам люди зобов'язані виникненням цілої індустрії конструкцій, що функціонально виконують роль тимчасового порушення цілісності стіни, а саме:

- для проходу людини через стіну (двері, петлі, ручки);
- для забезпечення можливості зовнішнього спостереження через існуючу стіну (вікна, рами, скляні конструкції);
- для підтримки замкнутості площини стіни з тимчасовим відкриванням дверей (замки, затвори, жалюзі, тріскачки).

5. Більшість стародавніх і сучасних культових споруд не відбулися б за своєю функціональністю, якби не було стінових конструкцій. Знову ж таки, можливості стіни дозволяли людині будувати культові споруди відповідно до своїх територіальних потреб, наприклад, в містах або, навпаки, в далеких монастирях.

6. Стіна – це обмежувач вільного пересування людини, насильницьке обмеження її волі. В'язниці та темниці неможливі без міцних стін. Ця функція стіни використовувалася у всі століття аж до нашого часу та є однією з найактуальніших для обслуговування будь-якого державного устрою. Тут стіна виступає фізичним і моральним стабілізатором громадянських обов'язків і прав кожного з людей, будучи інструментом насильницького обмеження свободи пересування для порушників державних правил і законів на певний визначений час.

7. Житла людей піддавалися постійним руйнуванням. Від старості, але частіше від воєн. Загальне правило для будь-якого віку: якщо ще є стіни, будинок можна відреставрувати. Якщо стіни зруйновані, будинок відбудовують, починаючи від фундаменту, і частіше, в іншому місці, але це буде вже інший будинок. Така роль стіни в будь-якій будівлі.

Список прикладів, які стосуються предмета вивчення, стіни, нескінченний. Всі вони підкреслюють різноманіття конструкцій і спільність функціональності стін, їх нескінченну потребу в призначенні, незалежно від епох, форм соціальної організації життя, соціальної системи або формації, технологічного укладу, в якому живуть люди. Перелічимо закони або закономірності, що лежать в основі подібних «доленосних винаходів» для людини (табл. 2).

Таблиця 2

Закони і закономірності, що лежать в основі деяких класичних «винаходів» людини

№№ п/п	Тип винаходу	Закони, що лежать в основі Дії	Параметри за- безпечення
1	Важіль	Закон рівноваги двох плечей $F$ – сила, що прикладена; $r$ – плече прикладення сили	$F_1/F_2 = r_2/r_1$
2	Колесо	Гіроскопічний ефект і умови тертя кочення та ковзання. $\vec{M}$ – момент сили; $\vec{L}$ – момент імпульсу; $\vec{\omega}$ – кутова швидкість	$\vec{M} = [\vec{\omega} \times \vec{L}]$
3	Вогнище	Закони спрямованого теплообміну. $u$ – щільність теплового потоку; $a$ – коефіцієнт Фур'є	$du/d\tau = a^2 \Delta u = f(r, \tau)^*$
4	Мова, слово	Закони соціального та біологічного напрямку права спілкування	-
5	Писемність	Впорядковане співставлення позначок і звуків (слів, зображень)	-
...	...	...	...

\* - стосується закону теплопровідності Фур'є, але тут також можуть знаходитися рівняння конвективного теплообміну і закон Кірхгофа.

Стіна в цьому ряду також повинна відповідати основним законам, за якими вона може виконувати свої універсальні функції. Беручи до уваги, що однією з основних функцій стіни є ізоляція двох різних частин простору від зовнішніх джерел енергії та інформації, правильно показати, що основою її функціональної діяльності є закони збереження енергії. Не виключаючи при цьому її міцнісних якостей тощо.

Однією з найважливіших структурних і технологічних властивостей стіни є її відношення до зовнішньої енергії та інформації, які можуть проходити крізь стіну і для якої вона є штучною перешкодою.

Енергією, яка може бути заблокована стіною (див. табл. 1), найчастіше є енергія вітру (п. 4.3), енергія звуку або світлової хвилі (п. 5.1), атмосферні опади (п. 4.4), зовнішнє тепло сонця (п. 6.1) або внутрішнє тепло, що використовується для обігріву житла (пп. 4 і 6). Для міських стін – це кінетична енергія каменів, бомб і снарядів і т. д. (п. 5.2) В якості інформації може йти річ про запобігання проникненню звукових сигналів різного призначення, обмеження прямої видимості інтер'єру приміщення в системі «стіна-житло», зовнішнього освітлення (п. 3.2) і т. д.

Припустимо, що в існуючому наборі структурних типів стін  $X$ , що складаються з декількох підмножин  $x_k \subset X$  за матеріалами та формами (бетон, камінь, глина, дерево, плоский, складної конфігурації, ...), кожен з яких, в свою чергу, включає в себе параметричний ряд  $a_{kj}$  із  $j$  – значень, що відповідають фізичним параметрам, для захисту від яких конструкція призначена. При цьому в кожній підмножині  $x_k$  існує, як мінімум, один параметр переваги  $a_{kj}^*$ , який є основним, заради якого ця стіна була зведена. Такий параметр переваги відноситься до власного розподілу енергії, від якого в основному «захищає» ця стіна, не пропускаючи її, або, навпаки, не випускаючи назовні. Та частина енергії, з якою «впоралася» стіна, – це енергія, що розсіюється, підвищуючи певну частку ентропії системи «стіна-житло». І ця ж характеристика визначає якість стіни, тобто її резистентність до проникаючої енергії, її механічні, теплозахисні, акустичні та

інші властивості, кожна з яких, найчастіше, залежить від лінійних розмірів стіни: її висоти, товщини, довжини по відношенню до потоку енергії. По відношенню до сумарного потоку енергії лінійні параметри стіни є найбільш важливими і використовуваними (табл. 3). Наявність інших фізичних параметрів стіни робить її більш функціональною і універсальною.

Таблиця 3

Опосередковані параметри енергетичного впливу на конструкцію типу «стіна»

№№ п/п	Вид енергії	Найменування параметра $M_j$	Деякі формули для позначення $M(\Delta L)$	Одиниця вимірювання
1	Механічна	Коефіцієнт вигину $\mu$ , міцність на вигін, щільність $\rho$ .	$\mu = -\frac{\Delta d}{d} \frac{l}{\Delta l}$ $\rho = \frac{M}{v}$	МПа кг/см <sup>2</sup> кг/см <sup>3</sup>
2	Теплова	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$	$\lambda = \lambda_0(1 - b(T - T_0))$	Дж/(м·с·К)
3	Акустична	Коефіцієнт звукопоглинання $\alpha$ і щільність $\rho$	$\alpha = E_{\text{пр}}/E_{\text{пад}};$ $\rho = M/v$	Безрозмірна д. від 0 до 1; кг/м <sup>3</sup>
4	Енергія вітру	Коефіцієнт аеродинамічного опору	$X = C_x \frac{\rho V^2}{2} S$	Безрозмірна величина
5	Волога	Коефіцієнт дифузії води	$\frac{dM}{dt} = -DC \frac{dC}{dx}$	см <sup>2</sup> /с
6	Інформація	Коефіцієнт доступності	$\varepsilon = I_{\text{пр}}/I_{\text{пад}}$	Безрозмірна од. від 0 до 1

Потік енергії  $i$ -го типу  $e_i$ , що падає на стіну, приведений до одиниці її площини (кДж/м<sup>2</sup>), поділяється на ту його частину  $e_i^{(1)}$ , яка проникає через конструкцію на протилежну поверхню стіни, ту частину  $e_i^{(2)}$ , яка відбивається від стіни і повертається назовні, проти вектора основного потоку енергії, і ту його частину  $e_i^{(3)}$ , яка поглинається матеріалом стіни таким чином, що  $e_i = e_i^{(1)} + e_i^{(2)} + e_i^{(3)}$ .

З точки зору функціональності стіни енергія  $e_i^{(1)}$  є найбільш негативною, проникнення якої ззовні в житло стіна, як захисна споруда, не змогла запобігти. Тому її масштабоване одиничне відношення до загальної падаючої енергії  $\frac{e_i^{(1)}}{e_i}$  є своєрідним показником проникності стіни по відношенню до  $i$ -го джерела енергії, а в співвідношенні  $k_i = 1 - \frac{e_i^{(1)}}{e_i} = \frac{e_i^{(2)} + e_i^{(3)}}{e_i}$  – коефіцієнтом енергетичної ефективності стіни по відношенню до енергетичного потоку  $e_i$ , що падає на неї. Але цей же коефіцієнт (вимірюється в долях одиниці від 0 до 1,0) дає уявлення про те, яка частина енергії ( $e_i^{(2)} + e_i^{(3)}$ ), не проникаючи через стіну, втрачається у вигляді розсіяної енергії  $i$ -го роду, що падає на стіну. Ця енергія розсіюється в просторі і опосередковано відноситься до ентропії системи «стіна-навколишнє середовище». Коефіцієнт  $k_i$  дає можливість оцінити розподільні якості такої споруди, як стіна, приймаючи до уваги позитивні процеси зовнішнього розсіювання будь-якого виду енергії від стіни (одна з її основних функціональностей) і пов'язаних з цим явищ зростання ентропії для частини енергії  $e_i^{(3)}$ , що розсіюється в системі «стіна-навколишнє середовище». До цього слід додати, що енергія, що проникає через стіну, стає пов'язаною з мінімальною ентропією для того ж енергетичного потоку  $e_i$  з внутрішньої сторони стіни. У динаміці це представляється як мінімізація ентропії всередині житла і її зростання за його межами.

Для потоку теплової енергії  $e_T$ , яка генерується всередині приміщення, обмеженого стінами, наприклад, для його обігріву, ця пропорція витримується у вигляді  $e_T = e_T^{(1)} + e_T^{(2)} + e_T^{(3)}$  (кДж/м<sup>2</sup>). У цьому випадку коефіцієнт енергетичної ефективності теплового потоку, що нас

цікавить, розраховується як  $k_T = (e_T^{(1)} + e_T^{(3)})/e_T$ . Ми маємо справу з процесами теплообміну, та й взагалі, з процесами обміну енергією в системі «стіна-середовище», які сформульовані як основні закони, що лежать в основі функціонування стіни. І тут узагальнююча ентропія системи пов'язана з втратою енергії чи за однією, чи за іншою сторонами стіни, в залежності від її функціональності.

Зміна узагальненої ентропії, що включає в себе її енергетичну та інформаційну складові, має вигляд  $\Delta S_{\text{заг},i} = \sum \Delta S_{e,i} + \sum \Delta H_{и,i}$ .

З точки зору ентропії системи «стіна-житло» енергія  $e_i^{(1)}$  будь-якого виду, в тому числі інформаційна, проникаючи ззовні в приміщення, є похідною такого конструктивного елемента, як стіна, і є зайвою або шкідливою для людини. Чим її більше, тим нижче якість стіни. Тому в першому наближенні коефіцієнт  $k_i$  опосередковано характеризує зміну ентропії системи «стіна-житло»  $\Delta S_i$  як міру її неупорядкованості по відношенню до основної функції – захисту житла.

Те ж можна підкреслити і до інших енергетичних потоків, що впливають на стінові конструкції, в залежності від їх призначення.

Енергетичний обмін через стіну, як одна з її головних функцій, в даний час зазнає значних перетворень, пов'язаних з розширенням властивостей і можливостей цього унікального винаходу. Стіни сучасних споруд стають менш несучими, більш енергозахисними в плані функцій, максимально естетичними і мінімально матеріалосьмними. Їх функціональний спектр і матеріальне наповнення постійно розширюються. Вони, в свою чергу, вимагають поглибленого дослідження і систематизації.

### Висновки

Подібні дослідження лише підтверджують, що стіну і як структурну споруду, і як об'єкт соціальних, військових, політичних та економічних амбіцій, необхідно розглядати з найрізноманітніших позицій величезного впливу на умови життя людини в усі періоди її існування і розвитку. Дивно, але невидима узагальнена стіна поряд з колесом та іншими епохальними винаходами пережила тисячоліття, зазнала нескінченних трансформацій заради епох і стилів, і до сих пір не втратила, а навпаки, розширила діапазон своєї необхідності для людини і вимагає свого більшого визнання. Такий підхід завжди дозволяв і надалі буде дозволяти не тільки розвивати конструктивні особливості цього винаходу, а й суттєво підвищити його функціональність для людини.

### Перелік використаних джерел:

1. Breeze D.J. *Hadrian's Wall: A Study in Archaeological Exploration and Interpretation*. Oxford : Archaeopress Publishing Ltd, 2019. 174 p.
2. Adams A. *The Evolution of Urban Society: Early Mesopotamia and Prehispanic Mexico*. Chicago, 1966. 231 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315131900>.
3. Yuval Noah Harari. *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Dvir Publishing House Ltd, 2011. 570 p.
4. Rybczynski W. *Home: A Short History of An Idea*. London : Penguin, 1987. 272 p.

### References:

1. D.J. Breeze, *Hadrian's Wall: A Study in Archaeological Exploration and Interpretation*. Oxford, UK: Archaeopress Publishing Ltd, 2019.
2. A. Adams, *The Evolution of Urban Society: Early Mesopotamia and Prehispanic Mexico*. Chicago, 1966. doi: 10.4324/9781315131900.
3. Yuval Noah Harari, *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Dvir Publishing House Ltd, 2011.
4. W. Rybczynski, *Home: A Short History of An Idea*. London, UK: Penguin Publ., 1987.

Рецензент: В.В. Суглобов  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 10.07.2023  
Стаття прийнята 28.08.2023