

ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТІН ІЗ СОЛОМ'ЯНИХ БЛОКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано дослідження несучої здатності стін із солом'яних блоків при різних початкових умовах (вологість блоку, висота стіни, спосіб закріплення, нанесення штукатурного шару, тощо). Виявлені основні фактори, які впливають на несучу здатність стін.

Ключові слова: солом'яні блоки, жорсткість, деформативність, стисливість, заповнювач, несуча стіна.

Abstract

Study analyzes the bearing capacity of the walls of straw blocks with different initial conditions (humidity, the height of the wall, fixing method, applying plaster layer, etc.). The basic factors that affect the carrying capacity of the walls has been detected.

Keywords: straw blocks, rigidity, deformability, compressibility, infill, load bearing wall.

Вступ

Сьогодні в Україні є дуже актуальною проблема витрати великої кількості енергоносіїв на обігрів будинку та збереження тепла в ньому. При цьому, будівельні матеріали, які використовуються для побудови будинку, на сьогоднішній день потребують влаштування ефективного утеплювача для забезпечення нормативного значення термічного опору огорожуючої конструкції [1]. Останнім часом в світі, а також у нашій державі набирає великої популярності будівництво будинків з природних матеріалів, а саме – будівництво будинків з солом'яних блоків [2-7]. Вони мають відмінні теплоізоляційні властивості – влітку в будинку із солом'яних блоків прохолодно, взимку тепло. За даними [8,9] будинок з соломи має виражений біопозитивний вплив на людину, має чудовий обмін повітрям з зовнішнім середовищем – будинок дихає. В контексті зростання попиту на житло з природних енергоефективних матеріалів, до яких можна віднести і будинки з солом'яних блоків, виникає потреба в дослідженні фізико-механічних характеристик таких матеріалів, а саме несучої здатності стін, виконаних з солом'яних блоків.

Метою роботи є оцінка несучої здатності стін із солом'яних блоків.

Основна частина

Для аналізу несучої здатності стін з солом'яних блоків використано матеріали дослідження [10-12].

Для експерименту [10] використано сталеву раму, розроблену для випробування залізобетонних колон під навантаженням до 100 тон.

Підготовча частина.

Розміри стіни становили: висота – 404,5 см (11 блоків), довжина – 260 см (3 блоки). Солом'яні блоки один за одним накладались на залізний стержень, діаметром 12 мм. Після того, встановлювалась 2 планки з деревини, розміром 125 на 75 мм зверху по краям, та одна по центру для рівномірного розподілення навантаження від двох циліндричних поршнів, які будуть створювати навантаження. Далі блоки додатково ущільнювали, за допомогою дроту 2,5 мм, який попередньо натягнули. Для запобігання перерізанню солом'яних блоків, додатково на кутиках був влаштований пластиковий захист. Стіну оштукатурено розчином з цементу, піску та вапна і відношенні 1:4:0,5. Солом'яні блоки мали розміри 84×46×36 см. Вміст вологи становив 12,11%, що знаходиться в межах норми. Були встановлені датчики переміщення для визначення осідання в двох різних точках.

Експериментальна частина.

Стіну почали поступово навантажувати з інтервалом в 2,5-3,5 хв з навантаженням в 5 кН на кожний циліндр.

Протягом 14 хв не відбувалось ніяких змін. На 40-ій хвилині на середині стіни почалась проявлятися опукла частина, що свідчить про значні деформації по вертикалі. Далі, права частина стіни почала деформуватись більше, і на 57 хвилині було вирішено припинити експеримент. Відносна деформація стіни з лівої та правої сторони, відповідно, наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Відносна деформація стіни під впливом навантаження [10].

Навантаження(кН)	Вертикальна деформація		
	Зліва	Справа	Середнє
0	0,00	0,00	0,00
4.266	0,00	0,00	0,00
8.885	0,00	0,00	0,00
19.818	0,00	2,00	1,00
29.836	-1,00	4,00	1,50
39.292	-2,00	7,00	2,5
50.416	0,00	12,00	6,00
60.389	9,00	17,00	13,00
72.931	19,00	23,00	21,00
80.491	37,00	39,00	38,00
90.425	69,00	102,00	85,5
100.556	69,00	117,00	93,00
110.681	72,00	127,00	99,5
120.717	73,00	137,00	105,00
125.786	77,00	147,00	112,00

За цими даними було побудовано графік (рис.1).

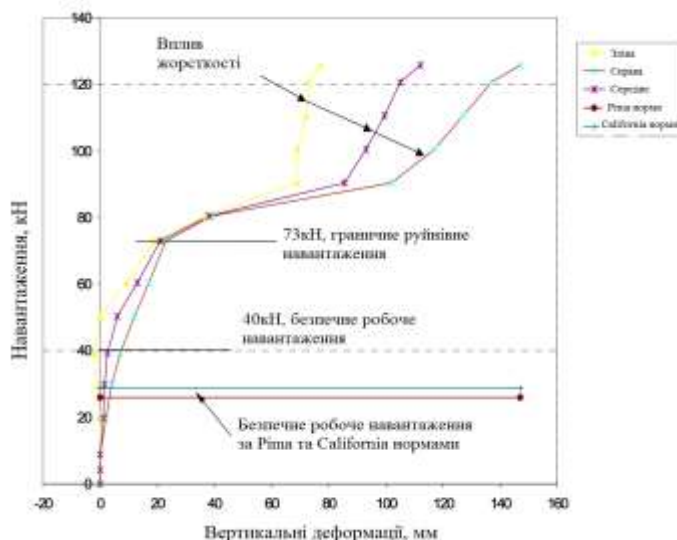


Рисунок 1 – Залежність вертикальних деформацій від прикладеного навантаження [10]

Виходячи з рис. 1, можна встановити, що при навантаженні до 40кН спостерігається безпечне, робоче навантаження, а при 73кН – граничне, кінцеве руйнівне навантаження. При безпечному навантаженні в 40кН, осідання становить 5мм, що є в межах допуску для того, щоб влаштувати двохповерхову будівлю з солом'яних блоків. Для цього необхідно краще спресувувати блок та зробити його більш сухим.

Аналіз проведеного дослідження [11]

Підготовка частина

У цьому дослідженні було розглянуто поведінку двох стін під навантаженням, далі, стіна А та стіна Б. Матеріалом слугували солом'яні блоки розміром 150×36×50 см та 100×36×50 см, вміст вологи 18,3%, з середньою густиною 125 кг/м³. При створенні стіни, блоки чергували між собою. Перед тим як штукатурити стіни, проводили попереднє їхнє попереднє ущільнення. Після цього ці стіни були оштукатурені розчином з цементу, піску та вапна у відношенні 1:6:1, відповідно. Протягом 28 днів стіни залишили висихати. Розміри стін становили 360×200×50 см.

Експериментальна частина

Стіна А

Для вимірювання навантаження 5 точок виміру були розміщені вздовж стіни на відстані 0,43 м один від одного. Ними слугували стержні, які були вставлені в стіну на висоті 0,3 м (рис.2).



Рисунок 2 – Стіна А до випробувань [11]

Навантажували стіну А наступним чином: встановили дерев'яну балку вздовж стіни і почали навантажувати мішками з цементом. Осідання стіни після навантаження 1 т становило в середньому 1,5 мм, а після 2 т – 3,8 мм наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Осідання стіни під дією навантаження в 5-ти різних точках [11].

Точка виміру	Після прикладання 1 тонни	Після прикладання 2 тонн
1	1.0	3,5
2	1.0	5
3	2.0	3,5
4	1,5	4
5	2	3
Середнє	1,5	3,8

Навантаження в 2,5 т було руйнівним (рис. 3). Це можна пояснити нерівномірною передачею навантаження на конструкцію стіни.



Рисунок 3 – Руйнація стіни А внаслідок нерівномірного навантаження [11]

Стіна Б

Основна відмінність від стіни А полягала у зміні способу навантаження стіни. Навантаження відбувалось не вздовж стіни, а було прикладено в двох точках за допомогою гідравлічних пресів, як були встановлені під дерев'яною платформою на відстані, на якій було розміщене компенсуюче навантаження, для більш кращої передачі ваги на стіну [11].

Навантажування відбувалось поступово в 4 фази. Фаза складалась з поступового збільшення навантаження з кроком 0,4 т. та поступового розвантаження. 1-ша фаза становила навантаження до 1,6 т, а наступні три фази до 2 т. Максимальне осідання при цьому становило: в 1-ій фазі – 10 мм, 2-ій – 9мм, 3-ій та 4-ій – 7 мм.

В стіні А максимальне осідання становило 3,8 мм при навантаженні, його не можна брати до уваги, оскільки у верхній частині стіни була недосконало зроблена штукатурка та навантаження прикладалось нерівномірно.

В стіні Б, осідання при поступовому навантаженні- розвантаженні становили 10-7 мм без видимих тріщин ззовні, стіна витримує навантаження в 2 т.

Аналіз проведеного дослідження [12]

Було досліджено 5 різних конструктивних вирішень для побудови стіни з солом'яних блоків:

А) Звичайна стіна

Розміри стіни 225×99×50 см. Розміри солом'яного блоку 37,5×99×50 см. Густина 125 кг/м³. Вміст вологи 13,5 %. Через блоки встановлено 2 залізні стержні. Не була оштукатурена.

Б) Попередньо стиснута стіна

Відмінність від попередньої в тому, що її поступово вертикально навантажували до 16,6 кН/м² протягом 74 днів. Результатом цього є зміцнення конструкції та стиснення її до 22 мм по вертикалі до початку випробувань. Не була оштукатурена.

В) Стіна з напівблоків

1-ий, 3-ій, 5-ий ряди складались з цілих солом'яних блоків 37,5×99×50 см 2-ий, 4-ий, 6-ий ряди являли собою половину блоку 37,5×99×50 см. Окрім вище зазначеного, відмінності від звичайної стіни немає. Не була оштукатурена.

Г) Стіна без стержнів

Стержні надають стіні вертикальної стабільності. Їхня відсутність суттєво спрощує конструкцію та реалізацію в життя. Не була оштукатурена.

Д) Стіна оштукатурена вапняним розчином

Стіну попередньо було навантажено до 16,6 кН/м². Потім нанесено вапняний розчин у відношенні 1:3(Вапно:Пісок) в два шари з інтервалом в 29 та 90 днів, для досягнення мінімального вмісту вологи – 1,1%.

Навантаження відбувалось за допомогою двох 5-ти тонних гідравлічних домкратів поступово, кроком в 0,3-0,7 кН/хв.

Результати наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати дослідження [12]

Стіна	Початкова жорсткість стіни, кН/мм	Максимальне прикладене навантаження, кН	Осідання при максимальному навантаженні, мм
Звичайна	0,11	27,6	220
Попередньо стиснута	0,22	19,2	120
З напівблоків	0,09	10,9	140
Без стержнів	0,08	11,7	165
Оштукатурена	5,62	41,1	55

Графік залежності навантаження-деформації наведено на рис.4.

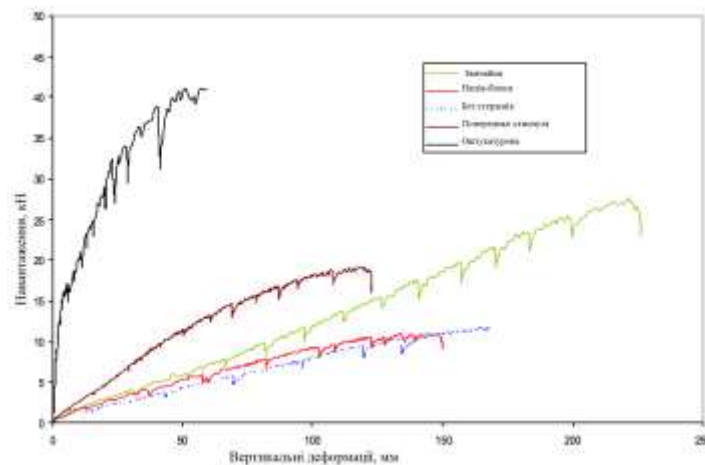


Рисунок 4 – Графік залежності вертикальних деформацій від прикладеного навантаження [12]

Аналізуючи рис. 4 можна помітити, що звичайна стіна з солом'яних блоків витримала навантаження до 27,6 кН, що майже в 3 рази перевищує найбільш розповсюджене навантаження в 9,6 кН. Попередньо стиснуті солом'яні блоки витримали навантаження до 19,2 кН. Стіна з напівблоків та стіна без стержнів показали найгірший результат в 10,9 кН та 11,7 кН відповідно, що більше за стандартне навантаження всього на 13%. Очевидно, що при розрізі блоку навпіл він дещо втрачає свої міцнісні характеристики. Найкращий результат виявила стіна з оштукатуренням вапняно-піщаним розчином – 41,1 кН.

Висновки

Узагальнюючи проаналізовані дослідження несучої здатності стін виконаними при різних початкових умовах (вологість блоку, висота стіни, спосіб закріплення, нанесення штукатурного шару, тощо) можна зробити наступні висновки:

- несуча здатність стіни з солом'яних блоків буде вищою при її попередньому ущільненні, заданим будь-яким способом;
- для збільшення жорсткості стіни (зменшення деформацій в площині та поза площиною прикладання вертикального навантаження) в масиві блоків необхідно влаштовувати армуючі вертикальні стержні, якими пронизувати стіну через декілька рядів кладки;
- вплив оштукатурення має однозначний позитивний ефект на збільшення несучої здатності стін, причому міцність стіни залежатиме від міцності штукатурного розчину;
- деформативність стіни з солом'яних блоків обернено пропорційна щільності блоку. Чим більше щільність блоку тим менша деформативність стіни під навантаженням.
- стіни з солом'яних блоків мають велику деформативність, однак навіть при збільшеному навантаженні руйнування стіни відбувається поступово, відсутнє крихке руйнування. Це надзвичайно актуально при будівництві в сейсмічних районах.

Подальше вивчення фізико-механічних та реологічних властивостей природного будівельного матеріалу соломи для зведення огорожуючої конструкції індивідуальних будинків, яке сьогодні проводиться в багатьох країнах світу, дозволить визначити науково обґрунтовані та експериментально підтверджені оптимальні та допустимі параметри габаритів стін та величини навантаження при проектуванні індивідуального житла з солом'яних блоків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплова ізоляція будівель. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-31:2016. – Офіц. вид. – К. : Мінбуд України. 2016. – 38 с. – (Нормативний документ Мінбуду України).
2. Малоэтажное строительство. Виды строительных материалов для возведения зданий / Д.О. Карасев, Н.А. Шипилова, М.С. Арутюнян // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» – 2016. – Том 8, №3. – С. 1 – 8. – Режим доступу до журн. : <http://naukovedenie.ru/PDF/91TVN316.pdf>.
3. Малоповерховое будівництво має всі перспективи розвитку в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.biznews.com.ua/malopoverhove-budivnitstvo-maye-vsi-perspektivi-rozvitku-v-ukrayini/>
4. Сравнение экотехнологий строительства [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://rodonews.ru/news_1398741708.html
5. House of Straw – Straw Bale Construction Comes of Age [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/strawbale.html>.
6. Соломенный Донецк. Как переселенцы строят под Киевом эко-городок [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.ostro.org/general/society/articles/508341/>.
7. Доброноженко О. В. Перспективы возведения экодому в Украине как приоритетное направление в энергосбережении / О. В. Доброноженко // Вісник Сумського національного аграрного університету – 2012. – № 5(16). – С. 152 – 155.
8. Широков Е. И. Экодом нулевого потребления: реальный шаг к устойчивому развитию / Е. И. Широков // Архитектура и строительство России – 2009. – № 2. – С. 35 – 39.
9. Строительство биопозитивных домов из соломенных блоков в Волгоградской области и во всем ЮФО : сб. статей общегородской науч.-практ. конф. ["Волжский: история, культура, образование"], (Волжский, 19-20 дек. 2013 г.) / Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т (Волгоград). – Волгоград : Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2014 – С. 114 – 117.
10. A pilot study examining the strength, compressibility and serviceability of rendered straw bale walls for two storey load bearing construction : proceedings of First International Conference on Ecological Building Structure / California : Santa Sabina Centre, San Rafael, 2001. – P. 1–14.
11. Displacement in load bearing straw bale walls due to concentric compressive loading / Garas Gihan L. K., Allam M. E., Abdel Gawad A. K., Abdel Moneim M. // International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) – 2013. – Vol. 3, № 6. – P. 3767–3773.
12. Walker P. Compression load testing straw bale walls: papers / Peter Walker. – University of Bath. – 2004. – P. 1–10.

Капишненко Артур Всеволодович — студент групи Б-146, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: artemon_96@inbox.ru;

Науковий керівник: **Бікс Юрій Семенович** – к. т. н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Artur V. Kapshienko— Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail: artemon_96@inbox.ru;

Supervisor: **Biks Yuri Semenovich** – Ph. D., assistant professor, Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.