

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБІВ З СОЛОМИ В МАЛОПОВЕРХОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

У статті проведено аналіз використання соломи та виробів з неї, як екологічно чистого, доступного та дешевого матеріалу для зведення сучасного та енергоефективного малоповерхового житла. Проаналізовано сучасні способи зведення огорожуючих конструкцій стін з соломи на основі закордонного та вітчизняного досвіду будівництва. Наведено переваги та недоліки різних способів влаштування конструкцій стін з соломи. З'ясовано, що вартість 1 м^2 площі солом'яного будинку значно дешевше середньої ринкової вартості традиційного житла, та коливається в межах від 90 до 150\$. Показано, що питомі витрати на опалення в будинку з солом'яних блоків майже втричі нижче від цегляного будинку та вдвічі від будинку з газосилікатних блоків.

Ключові слова: солом'яний блок, стінова панель, енергоефективний будинок, каркасна технологія, безкаркасна технологія.

Вступ

Малоповерхове будівництво – одна з важливих сфер, що забезпечує населення житлом. Розвиваючись в основному за межами великих міст, малоповерхове будівництво вирішує багато проблем, пов'язаних з урбанізацією [1]. В Україні малоповерхове будівництво має всі перспективи розвитку в зв'язку з тим, що існує певна категорія населення, яка не хоче жити в міських умовах із забрудненим повітрям та в оточенні бетонних багатоповерхівок та щодня дихати вихлопними газами [2].

Постановка задачі

Проаналізувати основні сучасні способи зведення малоповерхового будівництва з використанням природного матеріалу соломи, виявити основні переваги та недоліки.

Виклад основного матеріалу

У країнах Північної Америки та Європі малоповерхова забудова є затребуваною нарівні з багатоповерхівками у великих мегаполісах (рис. 1).

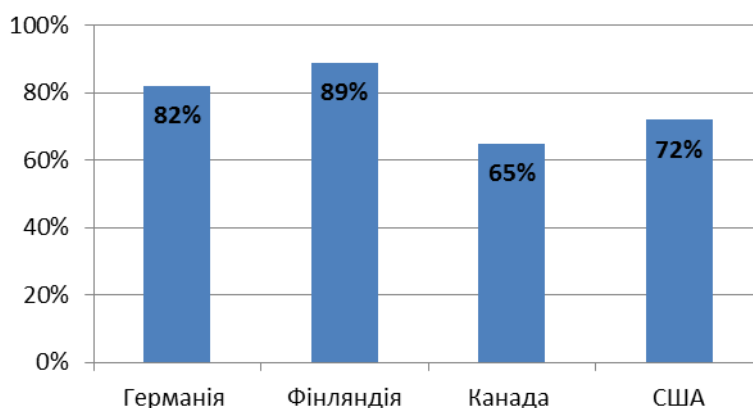


Рис. 1. Затребуваність у малоповерховому житлі [1]

Якщо говорити про основні будівельні матеріали які можна використовувати в малоповерховій забудові, то в Україні сьогодні можна назвати газобетон, дерев'яний брус, останнім часом на ринок вийшли SIP панелі (від англ. Structural Insulated Panel – структурна ізоляційна панель). Також почали з'являтися будинки з соломи, як ефективного утеплювача за каркасною технологією та солом'яні панелі заводського виготовлення. Кожен з вищенаведених матеріалів має свої переваги та недоліки.

Порівнюючи питомі витрати електроенергії $\text{kВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на опалення будинку з звичайної цегли, газосилікатного блоку та солом'яних блоків, то згідно [3] витрати на солом'яний будинок будуть майже втричі меншими від будинку з цегли та вдвічі нижче ніж у будинку з газосилікатного блоку (рис. 2).

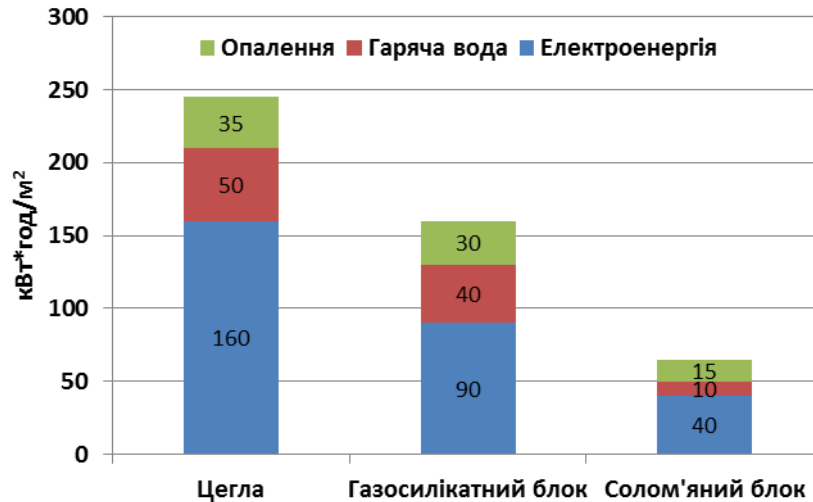


Рис. 2. Питомі витрат електроенергії на опалення будинків з різних матеріалів

Щодо темпів розвитку сучасного, енергоефективного будівництва з соломи, то вони набувають все більшого розмаху у всьому світі, зокрема в країнах Європи, Північній Америці, Австралії, Новій Зеландії тощо. Наприклад в Америці солом'яних будинків зараз таких будинків налічується від однієї до двох тисяч. І зараз важко визначити, чи була технологія цілком запозичена з американського досвіду, чи люди втілювали свої власні ідеї. Група ентузіастів в Квебеку (Канада) захоплено займається будівництвом з солом'яних блоків з початку вісімдесятих років минулого століття [4].

Аналіз закордонних та вітчизняних публікацій на тему соломобудівництва [1,4-7,9,12,16-18] свідчить про те, що наприкінці 80-их років минулого століття будівництво з солом'яних блоків отримало своє друге дихання у всьому світі. На теренах колишнього Радянського Союзу ідея будівництва енергоефективного житла з природних матеріалів почала набувати поширення також з кінця вісімдесятих років минулого століття [5].

Звичайно, що повномастшабне використання природного матеріалу соломи у будівництві зумовлює потребу у дослідженні основних фізико-механічних властивостей виробів з неї для розробки відповідних нормативних документів. В багатьох країнах світу, насамперед у США, Канаді, Австралії, Франції, Німеччині, Польщі, країнах Прибалтики, Білорусії, Росії, а також останнім часом і в Україні ведеться робота по вивченню та узагальненню даних основних фізико-механічних властивостей, а саме модуля пружності, опору на стиск, теплопровідності, вогнетривкості, впливу вологості на стан конструкції, стійкості і т. д., а також досвіду проектування та технології зведення будинків із соломи.

Якщо подивитись на нормативну базу у галузі солом'яного будівництва, то на сьогоднішній день воно узаконено адаптованими будівельними нормами двох штатів та дев'ятьох міст та округів США, у Німеччині, Франції та Білорусії є обмежені будівельні норми [6]. У Білорусії та Росії з 2008 року прийняті технічні умови на солом'яні блоки для малоповерхового будівництва [7].

В Україні поки що малочисельні публікації на тему будівництва з соломи [2,8-12] лише підтверджують факт надзвичайної актуальності та затребуваності досліджень в напрямку розвитку соломобудівництва. В нашій державі, на жаль, такого масового явища ще немає. Стереотипність та шаблонність мислення щодо будівництва з соломи (відома всім з дитинства казка про трьох поросят), скептицизм у використанні виробів з соломи, як конструктивного елементу будівлі, відсутність державної підтримки у розробці вітчизняних норм на соломобудівництво суттєво впливає на кількість зведених будівель з цього природного матеріалу. Деякі, реалізовані ентузіастами екобудівництва будинки з соломи є скоріш винятком, аніж загальною тенденцією (рис. 3, 4).

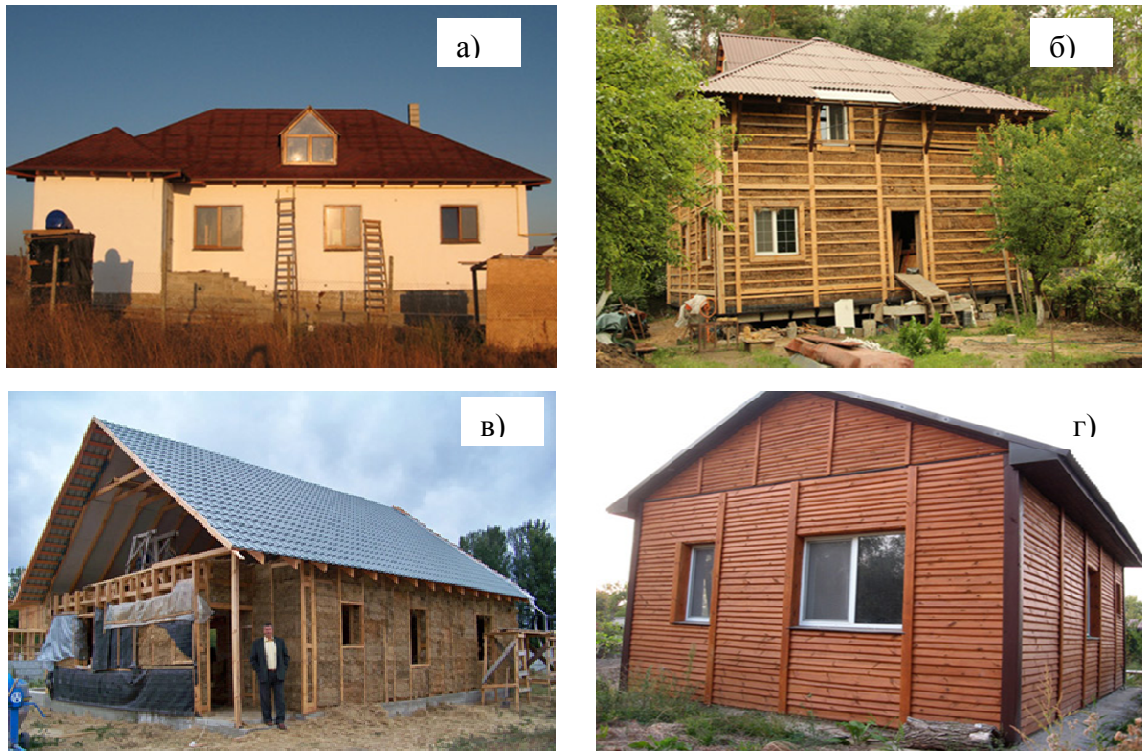


Рисунок 3 – Деякі реалізовані будинки із соломи [13]: а) Будинок під Одесою. Господар будинку та автор проекту - Анатолій Лукіяч б) Будинок з тюків соломи під Києвом. Господар будинку і автор проекту - Артем Домашенко в) Каркасний будинок з утепленням соломою під Полтавою. Над проектом будинку і його будівництвом працювали: Андрій Конюк, Радіон Хованець, Олег Іваненко г) Солом'яний будинок під Херсоном. Автор проекту і господар будинку - Юрій Вайсблат

Сьогоднішній потенційний приватний забудовник, молода сім'я або замовник перш за все хочуть отримати енергоефективне та недороге житло. Саме такі критерії висуваються до сучасних матеріалів для зведення будівель житлового, та й мабуть комерційного призначення. Будівлі з солом'яних блоків дають змогу побудувати недороге, енергоефективне та білопозитивне (з яскраво вираженим оздоровчим ефектом) житло [14].

Які ж головні переваги будівництва з соломи?



Рис. 4. Солом'яний будинок, що зводиться за каркасно-панельною технологією загальною площею біля 640 м² під Харковом [12]

1. **Екологічність.** Використання біоматеріалів, таких як солома, а також чистих технологій зменшують викиди вуглекислого газу у повітря при проектуванні та зведенні будівель. За даними [15] 1 м² стіни з солом'яних тюків потребує для зведення лише 104,83 МДж первинної енергії, проте стіна з цегли вже 985,65 МДж, що приблизно в десять разів більше (рис. 5).

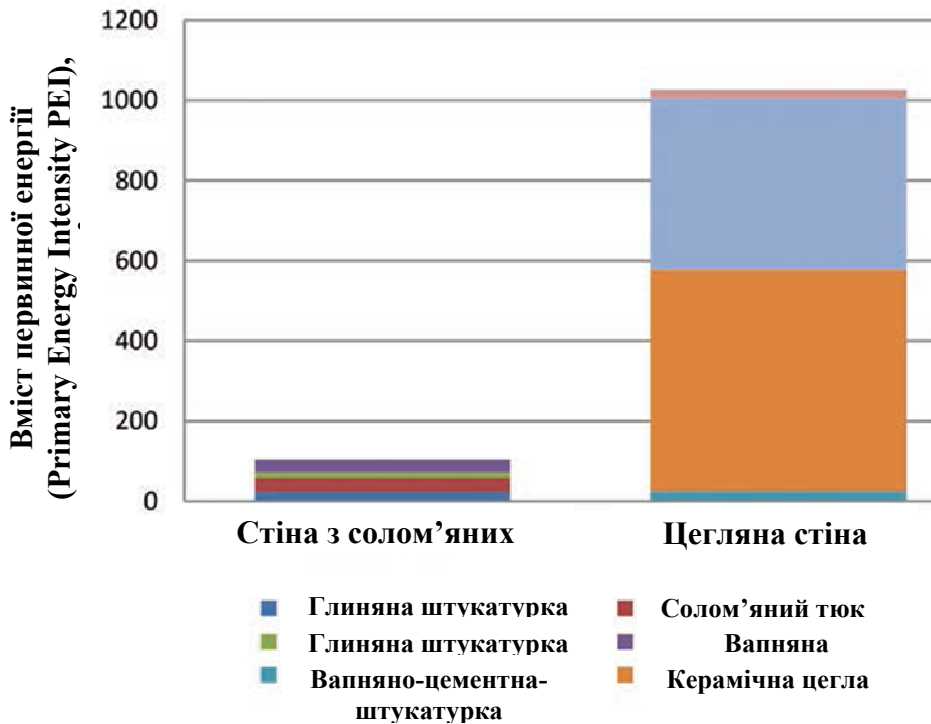


Рис. 5. Порівняння енергоємності спорудження стін з цегли та солом'яних тюків

2. **Енергоефективність.** За рахунок низької теплопровідності матеріалу соломи ($\lambda = 0,045 - 0,060$ Вт/м²К). Для повністю готової солом'яної стіни $\lambda = 0,1355$ Вт/м²К). Солома проводить тепло ще гірше, ніж дерево ($\lambda = 0,018 - 0,023$ Вт/м²К) і тим більше, ніж цегла ($\lambda = 0,56 - 0,7$ Вт/м²К). Будинки з соломи мають приблизно в 3-4 рази менші витрати на опалення, ніж аналогічні в середньому по Україні [8]. Можуть бути навіть з «нульовим» використанням енергії [1]. В результаті енергоспоживання на обігрів виявляється незначним, навіть в умовах суворої зими.

3. **Доступність матеріалу.** Матеріал доступний і коштує дешево (ціна за блок варіюється від місця розташування поля, наявності техніки, витрат на транспорт і т. д.). Блоки можна формувати з соломи будь-яких злакових культур, а також сіна. В результаті вартість одного солом'яного блоку виявляється набагато нижче, ніж цегельного.

Як будь-якому будівельному матеріалу, соломі притаманні й недоліки:

1. Солома – надзвичайно горючий матеріал, є потреба у суворому дотриманні правил техніки протипожежної безпеки на будівництві;
2. При недотриманні технології будівництва в соломі можуть завестись комахи та гризуни;
3. При рівні вологості більш ніж 20% всередині соломи починаються процеси гниття, що можуть пошкодити весь будинок;
4. Настабільність фізико-механічних характеристик (міцність на стиск, на згин, жорсткість) , які залежать від типу соломи, вологості ;
5. Є потреба у періодичному догляді зовнішніх стін (оштукатурення та побілка);
6. На стадії будівництва слід попередньо розпланувати розташування підвісних меблів, для установки додаткових брусів. Стіна з глини та соломи без додаткового зміцнення не витримує навісні меблі (маленька щільність матеріалу).

Незважаючи на вищенаведені недоліки, будівництво з соломи стає все більш популярним та ефективним. При чому спостерігається зміщення акценту від приватної забудови до громадських будівель а також будівель комерційного використання. Так, за даними авторів [15] у Європі окрім приватних будинків останнім часом зводиться багато великомасштабних будівель комерційного призначення. Наприклад сюди можна віднести Gateway Building у Ноттингемському університеті Великобританії (3100 м²) (рис. 6), Центр сталого будівництва північної Германії (1800 м²) та будівлю Sanierung Comlemedis AG у Швейцарії (3145 м²).



Рис. 6. Корпус Gateway Building університету Ноттингенма виконаний з солом'яних тюків

Кількість вже збудованих солом'яних будівників в Європі можна проаналзувати на рис. 7.



Рис. 7. Наближена карта кількості зведених солом'яних будинків в Європі на 2010 р. за даними професора Burkard Rueger (FASBA – the German Straw Bale Association www.fasba.de) [16]

Малоповерхове будівництво – одна з важливих сфер, що забезпечує населення житлом. Розвиваючись в основному за межами великих міст, малоповерхове будівництво вирішує багато проблем, пов'язаних з урбанізацією [1]. У країнах Північної Америки та Європі малоповерхова забудова є затребуваною нарівні з багатоповерхівками у великих мегаполісах (рис. 8).

В Україні малоповерхове будівництво має всі перспективи розвитку в зв'язку з тим, що існує певна категорія населення, яка не хоче жити в міських умовах із забрудненим повітрям та в оточенні бетонних багатоповерхівок та щодня дихати вихлопними газами [2].

Альтернативою будівництва з соломи для забудовників та замовників малоповерхового житла на сьогодні можна назвати газобетон, дерев'яний брус, СІП панелі. Кожен з вищенаведених матеріалів має свої переваги та недоліки.

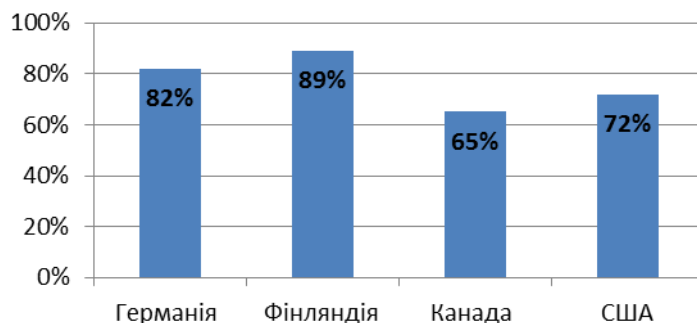


Рис. 8. Затребуваність у малоповерховому житлі [1]

На сучасному ринку солособудівництва розрізняють три основні технології зведення будівель:

1. **З несучими стінами (loadbearing wall)**. Будівництво огорожувальних конструкцій з тюків різних розмірів (розмір тюків в середньому становить 90 см в довжину, 45 см в ширину і 35 см у висоту) спресованої соломи без застосування каркасу (рис. 9).

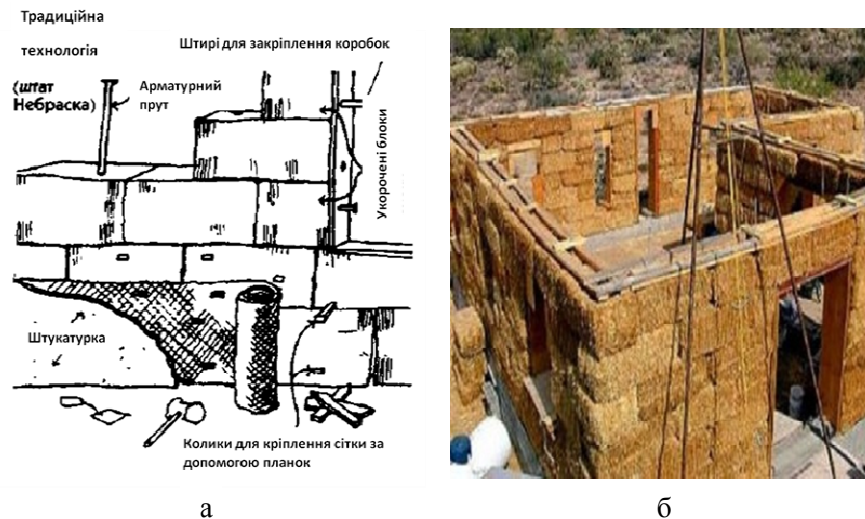


Рис. 9. Класична технологія будівництва несучих стін з соломи.
а) Схема влаштування елементів стіни; б) приклад будівлі

2. **З самонесучими стінами (non-loadbearing wall).** Створення огорожувальних конструкцій за допомогою дерев'яного каркаса з запресованої всередину соломи (рис. 10).



Рис. 10. Приклади зведення стін будинків з соломи за каркасною технологією (фото з мережі Інтернет)

3. **Панельно-каркасна технологія заводського виготовлення (prefab panel).** Створення огорожувальних конструкцій з готових солом'яних панелей, зібраних попередньо на заводі. За допомогою дерев'яних рейок створюють каркас майбутньої панелі, всередину запресовують солому, верх і низ панелі закривають фанерою (рис 11).



Рис. 11. Приклади зведення стін будинків за допомогою готових панелей з пресованої соломи (а) та приклад готової стінової панелі (б)

В результаті проведеного аналізу зазначених вище технологій зведення солом'яних будинків у таблиці 1 наведено основні переваги й недоліки кожного.

Таблиця 1

Основні переваги та недоліки технологій зведення солом'яних будинків

Технологія зведення	Переваги	Недоліки
Класичний спосіб («Стиль Небраска», несучі стіни)	<ul style="list-style-type: none"> • Мінімальна потреба у механізованій праці; • дешевизна сировини (1-2\$/тюк соломи); • Відносна швидкість зведення (3-4 місяці); • Різномайття проектування форм; • Низька вартість житла (90-150\$/ м²) [5,14]; • Рівномірний розподіл навантаження стін на конструкцію фундаментів; 	<ul style="list-style-type: none"> • Значна частка ручної праці; • потреба в швидкому укритті при наявності опадів; • Стислі строки будівництва (не можна лишати на наступний рік незавершену «коробку») • Відсутність оперативного контролю якості однорідної щільності блоків; • Обмеження кількості, місця розташування, ширини і висоти прорізів; • Потреба у витримці невизначеного періоду часу перед нанесенням захисної штукатурки системи покрівля-стеля-стіни для стабілізації усадки; • Обмеження по навантаженню (8,76...11,67) кН/м та довжині стін (нерозкріплених не більше 6м) [6].
Каркасна технологія	<ul style="list-style-type: none"> • Можливість зведення багато-поверхових будівель (вище 3-ох поверхів та вище з корисною площею 1000 м² та більше); • Схожість з традиційними проектами (кредитування, страхування); • Можливість гнучкого планування та ведення робіт під час дощу за рахунок сухого місця складування матеріалів, включаючи блоки під покритим покриттям будівлі; • Можливість оштукатурення стін паралельно зі зведенням, оскільки каркас не стискається; • Можливість використання блоків меншої щільності, укладання на ребро; • Скорочення обмежень у розмірах, кількості та розташуванню прорізів; 	<ul style="list-style-type: none"> • Додаткові витрати часу, коштів, ресурсів на влаштування системи несучого каркасу; • Необхідність влаштування більш складного фундаменту під розподілене навантаження від ваги стін та зосереджене від стійок каркасу;
Каркасно-панельна технологія зведення	<ul style="list-style-type: none"> • висока заводська якість структурних елементів; • простота та швидкість у зведенні (монтаж огорожуючої стіни 100м² бригадою з 4-5 чоловік ≈ 3 дні [17]). 	<ul style="list-style-type: none"> • висока вартість (від 900 грн/м² стіни або від 2900 грн/м² чорнової обробки [17]).

Висновки

– Для масового використання та узаконення в Україні солом'яного будівництва існує нагальна потреба у проведенні ґрунтовних досліджень та розробці державних будівельних норм (в світі на сьогоднішній день два штати США та ще дев'ять міст та округів мають адаптовані

- будівельні норми, у Германії, Франції та Білорусі є обмежені будівельні норми, в Росії та Білорусі на солом'яні тюки випущені ТУ (ТУ 5768-001-85608424-2008);
- Виконані розрахунки для умов СНД показують, що вартість 1 м² житла з солом'яних блоків як мінімум вдвічі дешевше цегляного будинку аналогічної площі;
 - Будівництво будинку з соломи скорочує питомі витрати електроенергії в середньому втричі у порівнянні з будинком з цегли та вдвічі у порівнянні з газосилікатним блоком;
 - Величезна кількість зведених за останні 25 років будинків різного призначення з використанням соломи по всьому світу взагалі, та в Україні зокрема, є підтвердженням того, що стереотип «солом'яного будиночку» з казки про трьох поросят поступово розвінчується та сучасні технології будівництва дозволяють побудувати енергоефективне, недороге та біопозитивне житло використовуючи природний матеріал соломи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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 доступа до журн. : <http://naukovedenie.ru/PDF/91TVN316.pdf>.
2. Малоповерхове будівництво має всі перспективи розвитку в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.biznews.com.ua/malopoverhove-budivnitstvo-maye-vsi-perspektivi-rozvitku-v-ukrayini/>
3. Сравнение экологических технологий строительства [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://rodonews.ru/news_1398741708.html.
4. House of Straw – Straw Bale Construction Comes of Age [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.eren.doe.gov/buildings/documents/strawbale.html>.
5. Широков Е. И. Экодом нулевого потребления: реальный шаг к устойчивому развитию / Е. И. Широков // Архитектура и строительство России – 2009. – № 2. – С. 35 – 39.
6. ASTM Straw Standard Draft [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.ecobuildnetwork.org/images/straw_bale_papers/irc_strawbaleconstruction_proposedappendix_final.2.27.13f.pdf
7. ТУ 5768-001-85608424-2008. Тюки соломенные прессованные строительные теплоизоляционные. Волжский: ООО «Соломинка – Дом», 2008.
8. Соломенный" Донецк. Как переселенцы строят под Киевом эко-городок [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.ostro.org/general/society/articles/508341/>.
9. 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.
10. Экопоселок в Днепропетровске: Хоббитания в Мордоре? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://mobile.gorod.dp.ua/news/71241>.
11. Фирсик А. Ю. Устройство и функционирование систем экодому (автономный экодому) / А. Ю. Фирсик, Л. Н. Бармашина // Сучасні проблеми архітектури та містобудування – 2010. – № 25. – С. 376 – 379.
12. Строится Дом из соломенных панелей 34x19 метра под Харьковом! [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.biohouse.com.ua/2013/10/3419.html>.
13. Профессиональное строительство домов из соломы [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://toloka.info/ecoukraine/dom-soloma.html>.
14. 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.
15. Brojan L. Advantages and disadvantages of straw-bale building // L. Brojan, Peggi L. Clouston // Architecture, research – 2014. – №1. – pp. 21-26.
16. Atkinson C. Why build with straw? / Carol Atkinson. – Nuffield Farming Scholarships Trust, 2010. – 62 p.
17. Соломенные панели [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://eco-bud.com/solomennye-paneli-2>.
18. The Woodlouse. Blogging about strawbale selfbuild, sustainable building, adaptation to climate change, and associated ramblings [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://thewoodlouse.blogspot.cz/2015/09/embodied-and-disembodied-carbon.html>.
19. Бруй А. Е. Анализ возможных конструкций стен с использованием соломенных блоков для климатических условий Алтайского края // А. Е. Бруй, И. В. Харламов // Ползуновский вестник – 2014. – № 1. – С. 39 – 42.
20. Мирман М. Дом из соломенных блоков / М. Мирман, Макдонал С. – Solar Energy International. – 1996 – 60 с.
21. Strawbale Building in Poland [Електронний ресурс] / Режим доступу:
22. http://osbn.pl/sites/default/files/pliki/Strawbale%20building%20in%20Poland_Maciej%20Jagiela_0.pdf.

Бікс Юрій Семенович – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

PERSPECTIVES OF USE OF SOLVES IN SMALL-CONSTRUCTION BUILDING

Vinnytsia National Technical University

The article analyzes the use of straw and its products as environmentally friendly, accessible and cheap material for the construction of modern energy efficient and low-rise housing. The modern methods of construction of the walls enclosing structures made of straw on the basis of foreign and domestic experience in construction were analyzed. An pros and cons of different ways of placing construction walls with straw were listed. It was found that the cost of 1m² space straw house much cheaper than the average market price of traditional housing ranging from 90 to 150 \$. It is shown that the specific cost of heating a house with straw blocks almost three times lower than brick house and half the house with silicate blocks.

Keywords: straw block, wall panel energy efficient house, timber frame, in fill or non-structural bale.

Biks Yuri Semenovich – candidate of technical sciences, associate professor the Department of construction, urban management and architecture of Vinnytsia national technical university.

Ю. С. Бикс

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СОЛОМЫ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Винницкий национальный технический университет

В статье проведен анализ использования соломы и изделий из нее, как экологически чистого, доступного и дешевого материала для возведения современного и энергоэффективного малоэтажного жилья. Проанализированы современные способы возведения ограждающих конструкций стен из соломы на основе зарубежного и отечественного опыта строительства. Приведены преимущества и недостатки различных способов устройства конструкций стен из соломы. Выяснено, что стоимость 1м² площади соломенного дома значительно дешевле средней рыночной стоимости традиционного жилья, и колеблется в пределах от 90 до 150 \$. Показано, что удельные затраты на отопление в доме из соломенных блоков почти в три раза ниже кирпичного дома и вдвое от дома из газосиликатных блоков.

Ключевые слова: соломенный блок, стеновая панель, энергоэффективный дом, каркасная технология, бескаркасная технология

Бикс Юрий Семенович - к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.