

## **НАЗВА РОБОТИ:**

**«Економічне обґрунтування застосування  
технології 3D-друку у галузі будівництва»**

Шифр «3D printing»

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВИХ СПОРУД У СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ.....	4
1.1 Аналіз стану будівельної галузі України.....	4
1.2 Технології зведення житлових споруд в Україні .....	7
1.3 Проблеми енергоефективності житлового сектору України .....	10
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ СВІТОВІ ТРЕНДИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКОБУДІВНИЦТВА ТА 3D-ДРУКУ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ.....	13
2.1 «Зелене» будівництво як основа довговічності та енергоефективності житлового сектору.....	13
2.2 Найкращі світові практики та перспективи використання технології 3D-друку у будівництві .....	15
РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ В ЕКОНОМІКУ БУДІВНИЦТВА .....	18
3.1 Підвищення економічної ефективності будівництва на основі впровадження технології 3D-друку .....	18
3.2 Економічний та соціальний ефекти впровадження технології 3D-друку у галузь будівництва .....	21
3.3 Перспективи розвитку технології 3D-друку та підвищення ефективності будівництва житлового сектору України у руслі Industry 4.0 .....	24
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	27
ДОДАТОК А. Акт впровадження наукової роботи.....	35

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Галузь будівництва є однією з найстаріших галузей економіки, що постійно розвивається і є одним з індикаторів культурного та технологічного розвитку нації. Тому дослідженню передових технологій в даній галузі в т.ч. й 3D-друку приділяли чимало уваги як зарубіжні, так і вітчизняні науковці, зокрема Андрощук Г.О., Даттон Р., Ванглер Т., Вегер Д., Гелен К., Дилленбургер Б., Дини Э., Кисіль О.В., Лоук Д., Мюллер Ф., Перро А., Хаберт Г., Хак Н., Хошневис Б., Хуан І., Шатов С.В. Сучасні дослідження присвячені більшою мірою аналізу переваг 3D-друку в будівництві великих конструкцій, покращанню складу та підвищенню якості бетону для друку та проблемам його використання, екологічній оцінці життєвого циклу матеріалів для друку. Проте актуальним залишається питання економічної доцільності використання технології 3D-друку як для державних так і для приватних будівельних компаній. Загалом питання переходу на 3D-друк до цього часу не втратило актуальності та потребує подальшого вивчення.

**Метою роботи** є дослідження економічної доцільності застосування технології 3D-друку у галузі будівництва. Реалізація мети роботи обумовила необхідність вирішення таких основних **завдань**:

- проаналізувати переваги та недоліки сучасних технологій та методів зведення житла;
- дослідити найкращі світові приклади використання технологій 3D-друку у будівництві;
- провести оцінку витрат та економічної вигоди використання технології 3D-друку для будівельних компаній України.

**Використана методика дослідження.** *метод стратегічного планування* – при SWOT-аналізі будівельного бізнесу на основі використання 3D-принтеру; *системно-структурний і порівняльний аналіз* – при порівнянні традиційних методів зведення будівель з інноваційною технологією 3D-друку, аналізі витрат тепла будівлею, аналізі складових систем 3D-принтерів; *методи формально-логічного аналізу* – при визначенні напрямів розвитку технології 3D-друку; *економіко-статистичні методи* – при дослідженні

тенденцій розвитку будівельної галузі України, визначенні інвестицій, поточних витрат та строку окупності при реалізації будівельного бізнесу на основі 3D-принтингу.

**Наукова новизна роботи.** Вперше здійснено економічну оцінку організації будівельного бізнесу, що використовує 3D-принтинг як основний засіб будівництва, в умовах економіки України. Обґрунтовано напрями впровадження технології 3D-друку в галузь будівництва України.

**Загальна характеристика роботи.** Наукова робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатку. Обсяг роботи (без літератури та додатків) 30 сторінок. Загальний її обсяг становить 35 сторінок, у тому числі 12 рисунків, 6 таблиць, список літератури з 32 джерел та 1 додаток.

**Ключові слова:** 3D-друк, будівництво, вартість, енергоефективність, енергозбереження, міцність, надійність, реконструкція, технологія.

## РОЗДІЛ 1. ЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛОВИХ СПОРУД У СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ

### 1.1 Аналіз стану будівельної галузі України

На сьогоднішній день галузь будівництва України можна охарактеризувати як таку, що поступово розвивається. Характерною особливістю даного процесу є постійне удосконалення технологій, устаткування та інструментарію зведення будівель. Для успішного ведення бізнесу в будівельній сфері необхідно оптимізувати такі параметри як швидкість зведення будівель та якість виконаних робіт. Дані параметри результативності будівельної компанії допомагають забезпечувати їй високий рівень конкурентоспроможності. Однак, на сьогоднішній день у галузі будівництва назріває кризовий стан. Зважаючи на те, що у 2019 р. спостерігалось зростання за всіма видами будівництва у порівнянні з 2018 р. (табл. 1.1), а середня заробітна плата на будівельному майданчику в цілому по Україні станом на листопад місяць становила 9 554 грн, заборгованість із виплати заробітної плати працівникам будівельної галузі становила 63,7 млн грн. Загальна заборгованість у порівнянні з 01.01.2019 р. зменшилась на 8 млн 436 тис. грн (11,7%) (Розвиток, 2020).

Таблиця 1.1 – Індекси виробленої будівельної продукції (до відповідного періоду попереднього року) (Державна, 2020)

Рік	2015	2016	2017	2018	2019
Будівлі	<b>87,5</b>	<b>117,5</b>	<b>126,4</b>	<b>108,6</b>	<b>123,4</b>
житлові	91,7	120,8	121,5	103,5	119,4
нежитлові	98,9	117,8	116,3	100,9	103,7
інженерні споруди	85,8	123,7	126,1	105,7	133,7

Позитивна динаміка приведених індексів (табл. 1.1) базується на традиційних технологіях будівництва, які на сучасному технологічному етапі

розвитку людства можна вважати застарілими та такими, що потребують великих капіталовкладень для зведення житла.

Основною перепоною на шляху до розвитку галузі будівництва лишається збільшення вартості будівельних робіт через постійне зростання цін на основні будівельні матеріали. Щоб утримати існуючий рівень рентабельності зведення житла, будівельні компанії змушені періодично підвищувати вартість готового житла, що в результаті негативно впливає на попит з боку покупців та веде до зниження прийнятих в експлуатацію житлових площ. На рис. 1.1 представлена динаміка загальної площі житлових будівель, прийнятих в експлуатацію на 1000 осіб населення, яка ілюструє стаціонарність динаміки, ніж явно помітне зростання.

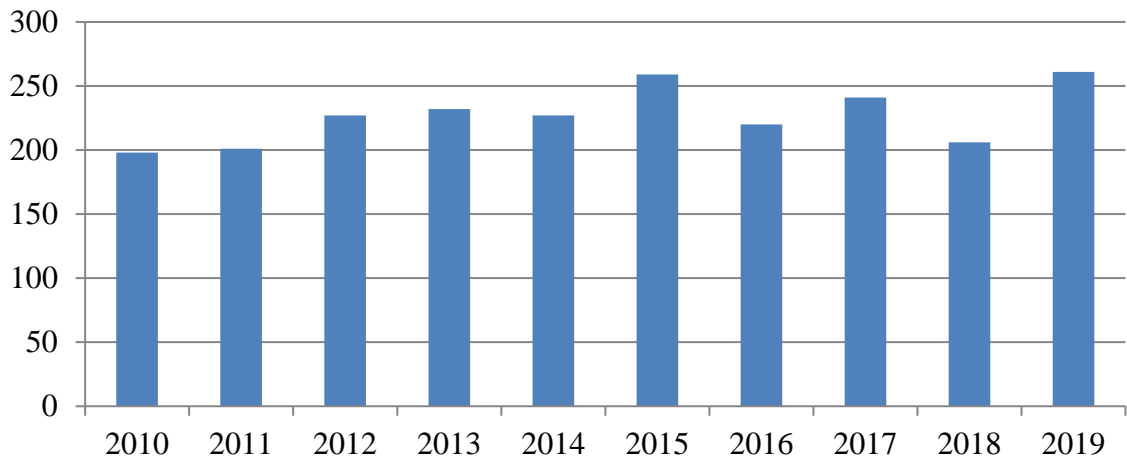


Рисунок 1.1 – Загальна площа житлових будівель, прийнятих в експлуатацію на 1000 осіб населення України, м<sup>2</sup>

У 2019 році кількість збиткових компаній сягала понад 46% від загальної кількості фірм по галузі. Повільне зростання довгострокового кредитування також обмежувало можливості для нарощування фінансування інвестиційних проектів. Значне зменшення обсягів наданих кредитних коштів громадянам і не фінансовим корпораціям на придбання, будівництво чи реконструкцію об'єктів суттєво знизило попит. Сьогодні в розпал кризи держава вимушена значно скорочувати видатки на більшість будівельних проектів, а це означає, що місцеві бюджети не будуть мати коштів на

проведення реконструкції, ремонту чи будівництво доріг, шкіл, лікарень та інших об'єктів соціального призначення.

До того ж проблему перспективного зростання будівельної галузі загострює той факт, що будівельні компанії під час зведення будівель не приділяють належної уваги їх енергоефективності. Це призводить до недоотримання можливої доданої вартості на ринку нерухомості будівельними компаніями та можливої доданої цінності власниками житла, які ще й несуть значні поточні фінансові втрати. Адже більшість новозведених будинків в Україні не мають сертифіката енергоефективності. Забудовників не цікавить, скільки коштів витрачається марно на опалення та вентиляцію будинку, а покупці нерухомості не можуть зорієнтуватися в тому, скільки коштів їм прийдеться сплати за комунальні послуги у майбутніх періодах.

В країнах ЄС дані питання вже врегульовано відповідними законами. З появою директиви EPBD енергетична сертифікація будівель у країнах ЄС стала обов'язковою, а оцінка енергоефективності будівель стала обов'язковою для проєктувальників. В таких країнах як Бельгія, Австрія, Німеччина та Іспанія розрахунки енергоефективності житлових споруд проводять лише ліцензовані фахівці, за спеціальними класами ефективності. Клас енергоефективності фіксується в технічному паспорті будівлі та дає чітке розуміння про рівень енергоспоживання будинку. Наглядним прикладом класів енергетичної ефективності є австрійські нормативи вимог, які умовно можна поділити на п'ять категорій (табл. 1.2).

Приведені в табл. 1.2 класи енергоефективності можна взяти за основу для сертифікації будинків в Україні.

Відсутність маркування класів енергетичної ефективності будівель та при цьому їх висока вартість на тлі пандемії та фінансової кризи в Україні змушує пересічних громадян все частіше відмовлятися від придбання нерухомості, що в майбутній перспективі може призвести до швидкого

Таблиця 1.2 – Маркування класів енергетичної ефективності будівель в Австрії

Клас енерго-ефективності	Енергоспожи-вання кВт·год/м <sup>2</sup>	Характеристика
A++ A+	не більше 10-15	стандарт пасивного будинку
A	не більше 25	будинок з низьким енергоспоживанням
B	не більше 50	будинок з ультра низьким енергоспоживанням
C	не більше 100	будинок, що відповідає будівельним нормам і правилам
D E F G	150-250 і більше	старі будівлі, які не пройшли санацію

занепаду будівельної галузі. Так, за даними Державної служби статистики України внесок будівельної галузі у ВВП у 2019 році склав лише 2,3%. Для порівняння, цей показник в Словаччині становить 7,9%, Польщі – 7,7%, Швеції – 6,8%, Румунії – 6,1% (Мельник Л. Г., 2018). Тож, як бачимо будівельна галузь України має значний потенціал та широкі можливості у розвитку.

## 1.2 Технології зведення житлових споруд в Україні

Перехід на новітні технології будівництва передбачає значні капіталовкладення на розробку спеціальних проектів будівництва та закупівлю необхідних будівельних матеріалів, однак дозволяє зробити будівлю максимально міцною, довговічною, стійкою до зношування та енергоефективною, що в перспективі повністю окупає вкладені кошти та робить експлуатацію будинку максимально вигідною для власника.

Проте за нинішніх умов реальна ситуація є діаметрально протилежною. Основною метою забудовника залишається максимізація прибутку компанії



шляхом максимального зменшення видатків, а можливі перспективи освоєння нових ринків залишаються поза увагою будівельних компаній. Тому технології зведення будинків, що використовуються забудовниками кардинально не змінюються. Адже налагодження нових технологій будівництва потребують значних інвестицій в заміну обладнання та інструментарію компанії, підвищення кваліфікації штатного персоналу, зміни в будівельних нормах та технологічних картах зведення будинків. Тому на даний момент в Україні найпоширенішими методами будівництва залишаються такі, як зведення будівель з цегли, газоблоку (призначений для зведення будівель висотою не більше трьох поверхів), будівництво панельних будинків, монолітних, монолітно каркасних та збірно-монолітно-каркасних (рис. 1.2).



Будинок із цегли



Будинок з газоблоку



Панельний будинок



Монолітно-каркасна будівля



Монолітна будівля



Збірно-монолітно-каркасна будівля

Рисунок 1.2 – Технології зведення житлових будинків в Україні

Для розуміння ефективності даних технологій будівництва, розглянемо кожен з них окремо.

**Цегляна кладка.** Напевно, одна з найдавніших і відомих технологій будівництва. До сьогодні вона вважається найекологічнішою серед

представлених технологій. Цегла має гарну звукоізоляцію, до того ж вона дозволяє будівлі «дихати» й підтримувати необхідну вологість всередині будинку. Насамкінець технологія цегляної кладки дозволяє архітектору втілити в життя майже будь-який геніальний задум.

До недоліків технології цегляної кладки відносять більш тривалі терміни зведення у порівнянні з монолітно-каркасною технологією. Крім того для досягнення необхідних теплоізоляційних властивостей необхідна певна товщина стін.

Наступною за популярністю технологією зведення будівель в Україні залишається зведення **панельних будинків**. З часів СРСР панельні будинки завоювали не найкращу репутацію. В таких панельних будинках майже відсутня тепло- та звукоізоляції, бетонні стіни погано пропускали повітря та надзвичайно швидко втрачали тепло.

Однак сьогодні такі панелі суттєво вдосконалили, її називають сендвіч-панеллю із різних за призначенням матеріалів. Будинки із сучасних панелей мають високі звуко- та теплоізоляційні характеристики. А за рахунок того, що панелі відливаються на заводі, легше здійснювати контроль якості.

До недоліків такого виду будівництва можна віднести те, що повнотілі плити будинку роблять його важким в результаті чого навантаження на фундамент значно зростає. А це означає, що такий будинок прослужить менше з традиційний цегляний. З метою вирішення даної проблеми було розроблено надзвичайно популярну на даний момент **монолітно-каркасну** технологію зведення багатоповерхових будинків. Сутність технології полягає в наступному. У процесі будівництва зводиться міцний залізобетонний скелет будівлі, заповнений легким матеріалом. Це дозволяє зменшити навантаження на фундамент. Міцність такого будинку забезпечується рахунок монолітного каркасу. Комфортабельність проживання у такій будівлі а саме звукоізоляція та термодинамічні процеси маже повністю залежить від матеріалів, з яких будуть стіни, перекриття та перегородки. Оскільки матеріал з якого виготовлено зовнішні стіни і внутрішні

перегородки впливає на баланс між запасом тепла всередині будинку та малою масивністю стін, вибір як правило припадає на газоблок.

**Монолітне будівництво.** Технологія, схожа з монолітно-каркасною, але в таких будинках монолітними є каркас й стіни. Основними недоліками даної технології є висока матеріалоємність та значна масивність будинку.

**Збірно-монолітно-каркасна технологія.** На сучасному етапі будівництва така технологія є найбільш перспективною в сегменті недорогого житла економ-класу адже поєднує в собі панельну й монолітно-каркасну технологію. Панелі для такої будівлі виготовляють на спеціально обладнаному заводі. При цьому основними несущими, як і при монолітно-каркасній технології, є не усі стіни. При з'єднанні плит в даній технології використовується заливання елементів, в результаті чого, будинок в перетворюється на один суцільний моноліт.

Зважаючи на всі переваги, які включають в себе легкість будівлі, доступність житла та його енергоефективність, ця технологія до сьогодні лише набирає популярність на українському ринку.

З наведених прикладів можемо чітко побачити, що переважна більшість технологій при зведенні житлових будинків основана на використанні бетону який без утеплення сприяє значним тепловтратам.

### **1.3 Проблеми енергоефективності житлового сектору України**

На даному етапі житловий сектор України знаходиться у кризовому стані. Станом на перше півріччя 2020 року загальний борг за житлово-комунальні послуги становив близько 56,1 млрд грн, 90% цього боргу складають кошти за використаний газ та електроенергію. Зважаючи на те, що українців які живуть за межею бідності за даними Державної статистики України в 2020р. в порівнянні з 2017 р. стало менше на 26% пересічні українці сьогодні не в змозі сплачувати постійно зростаючі рахунки на енергоресурси (Скільки, 2020; Петришин, 2019).

Зважаючи на дану статистику, постає питання про те, яким чином забезпечувати власні оселі доступним недорогим теплом та енергією або принаймні хоча б сплачувати меншу ціну за енергоресурси. Виходом з даної ситуації може стати якнайшвидше впровадження інноваційних енергоефективних технологій використання природних ресурсів для енергозабезпечення житлового сектору. Наразі одним із найкращих методів вирішення даної проблеми може стати використання альтернативних джерел енергії. Якщо проаналізувати та розглянути звичайну середньостатистичну українську оселю, то можна побачити, що при її експлуатації мають місце значні втрати тепла, більшість з яких припадає на стіни, вікна, вентиляцію та дах (рис. 1.3) (Вайцзеккер, 2013).



Рисунок 1.3 – Втрати тепла у традиційному домі, у % вираженні

Розглянемо простий приклад: візьмемо традиційний приватний будинок з автономним газовим опаленням площею 100 квадратних метрів. Матеріал стін – цегла. Середньомісячний обсяг спожитого газу – 450 м<sup>3</sup>. Вартість 1 м<sup>3</sup> газу в Україні станом на грудень 2020 року дорівнює 8,87 грн. Тобто, лише за газ домогосподарство має сплатити 3 991 грн/місяць. Беручи до уваги мінімальний відсоток втрат тепла через стіни (20%), вікна (15%) та

дах (10%), можна порахувати, що 45% тепла (1 796 грн), а відповідно спалюваного газу йде на «опалення» навколишнього середовища.

Першим кроком, який можна зробити для підвищення енергоефективності будинку – це теплоізоляція. Вона використовується для зменшення тепловтрат при експлуатації. Її застосування дозволяє робити стіни та інші огорожувальні конструкції більш тонкими і зменшити витрати найдорожчих основних матеріалів. Теплоізоляційні матеріали стійкі до вологості, вогню, хімічних препаратів, тепла, впливу гризунів і мікроорганізмів. Витрати на утеплення швидко окупаються, тому це можна вважати вигідною інвестицією.

Наступним кроком, який використовують задля підвищення ефективності енергозабезпечення будинку, є заміна звичайних вікон на енергозберігаючі. Енергозбереження полягає в тому, що покриття скла перешкоджає проникненню в кімнату частини ультрафіолетових і виходу з нього інфрачервоних променів від нагрівальних приладів і батарей. За рахунок цього взимку тепло зберігається в приміщенні.

Проте, як правило на утеплення та встановлення ВДЕ у пересічних громадян країни не вистачає коштів а програми стимулювання переходу на енергоефективні технології окрім «Зеленого тарифу» та «Теплих кредитів» в Україні не працюють.

## РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ СВІТОВІ ТРЕНДИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКОБУДІВНИЦТВА ТА 3D-ДРУКУ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

### 2.1 «Зелене» будівництво як основа довговічності та енергоефективності житлового сектору

Умовно можна виділити ряд основних напрямів розвитку «зеленого» будівництва:

- *екологічна модернізація*, коли сестейнізація відбувається в побудованих раніше будівлях (найчастіше це будівлі сторічної давності чи навіть старіші);
- *екохайтек* – «зелене» будівництво з використанням найбільш передових технологій та матеріалів, як правило, достатньо дорогих, що відображається на ціні об'єктів, що будуються;
- *«зелене» будівництво економкласу (еколаутек)* – будівництво, розраховане на менш забезпечене населення; як правило, оптимізуються розміри об'єктів, що будуються, використовуються недорогі матеріали, зазвичай місцевого походження.

**Екологічна модернізація.** Даний напрям пов'язаний з екологічним удосконаленням будівель, побудованих у попередні роки. Автори доповіді Римському клубу «Фактор п'ять» називають цей процес екологічною *санацією* старих будівель.

Так, наприклад, енергоефективність штаб-квартири Бартон-Груп в Глен-Фолз, США, яка була побудована у 1865 р., стала вище на 49%, ніж сучасні рекомендовані норми штату Нью-Йорк. Потрібну енергію будівля отримує від вітру. Використовується геотермальна система управління мікрокліматом всередині приміщення. Дах будівлі став зеленим, в прямому значенні цього слова: відбулося засадження біомасою. Також працює система

повторного використання «сірої» води та перший в США ліфт з низьким використанням енергії.

**Екохайтек.** При будівництві та експлуатації використовуються новітні матеріали та технології, незважаючи на їх ціну. Комфортне середовище всередині приміщення створюється за рахунок максимально складних комп'ютеризованих інженерних систем, які керують використанням енергії і води. Такі будівлі є дуже затратними при будівництві та в ході експлуатації. Їх можуть собі дозволити не всі, а лише замовники з достатком.

**«Зелене» будівництво економ класу,** або простіше кажучи, **еколоукост** має за ціль мінімізацію вартості як будівництва будівель, так і її експлуатації. У значній мірі це досягається за рахунок використання природних матеріалів (дерево, глина, солома). Так, у Німеччині та США значного розповсюдження досягло будівництво каркасних домів, основним будівельним матеріалом яких є соломenni блоки (90% – солома та 10% – розчин глини з антигорючими і просанітарними додатками). До переваг даних матеріалів відносять те, що вони добре «дихають» (здатні до природної вентиляції), значно краще традиційних матеріалів (в тому числі цегли) утримують тепло, легко утилізуються після закінчення строку експлуатації. При правильному захисті та експлуатації такі будинки можуть слугувати до ста років.

Тип будівництва **еколоукост** є найбільш вигідним для українських реалій. Так, наприклад, український стартап «PassiveDom» представив новітню технологію виготовлення еколоукост-будинків. Каркас дому виготовляють за допомогою 3D-принтеру із сучасних матеріалів: фібергласа, карбону, поліуретану. Стіни будинку не іржавіють та не гниють. На даху знаходяться сонячні панелі, також дім має накопичувачі та резервуари для зберігання води, а також системи контролю мікроклімату.

## **2.2 Найкращі світові практики та перспективи використання технологій 3D-друку у будівництві**

Протягом довгого часу будівельний сектор залишався без помітних проривних інновацій. Поява 3D-друку є однією з найбільш революційних інновацій, що з'явилися за останні два десятиліття. В результаті спроби професора Бехроха Хошневіса з Університету Південної Кароліни вперше було створено стіну, надруковану на 3D-принтері. Впровадження 3D-друку в будівництво почало набувати значної популярності. Все більше зацікавлених сторін усвідомлюють справжній потенціал цієї технології. Це значно стимулювало використання 3D-друку на будівельному ринку протягом останніх років.

Сьогодні провідні будівельні компанії світу мають можливість зводити житлові будинки за декілька днів і вже не приховують технологій будівництва та навіть діляться ними.

В якості основного компонента для 3D-друку як правило використовується суміш бетону однак для задоволення зростаючого попиту на екологічно чисті продукти можна використовувати целюлозу – стійку і практично невичерпну полімерну сировину. Целюлозні волокна мають переваги, зумовлені широкою доступністю, низькою вартістю та високою гнучкістю (Dai, 2019). До целюлози можемо віднести, ще ряд екологічних компонентів для 3D-друку, наприклад глина з соломою (саман). Дану технологію не так давно представило Італійське бюро Mario Cucinella Architects. Ними був розроблений та втілений в життя інноваційний будинок (рис. 2.2), сконструйований за принципом осинового гнізда і видрукований на 3D-принтері з глини з додаванням соломи. Такий будинок складається з двох основних модулів, загальною площею 55 кв. метрів і максимальною висотою стель 4 метри. Використання натуральних сумішей в такому будинку дозволяє будівельникам досягти високого ступеня теплоізоляції і мінімізувати вплив на навколишнє середовище.





Рисунок 2.2 – Прототип саманного будинку TECLA (TECLA, 2020)

Прототип такого будинку, побудований в Болоньї і отримав назву TECLA, позиціонується як житло майбутнього з мінімізованим негативним впливом на навколишнє середовище (TECLA, 2020).

Схожу модель будинку розробила некомерційна організація New Story, яка використала технологію 3D-будівництва для зведення житла бездомним та малозабезпеченим сім'ям в Латинській Америці (рис. 2.3). Перший етап проекту, був реалізований в мексиканському штаті Табаско. До теперішнього часу за допомогою промислового 3D-принтера Icon Vulcan II було зведено вже два будинки, куди поселили дві сім'ї. Власники таких будинків в якості оплати нового житла, будуть сплачувати всього 20 доларів США на місяць, протягом 7 років, що покриває суму коштів затрачених на зведення будинку.



Рисунок 2.3 – Надрукований будинок для малозабезпечених в штаті Табаско (В Італії, 2019)

Зведення таких бюджетних будинків здійснюється всього за 24 години. Потім до процесу долучаються працівники, які монтують дах, вставляють вікна та двері. Готові будинки площею 47 м<sup>2</sup> включають в себе дві спальні, вітальню, кухню і ванну кімнату. Електрика і система водопостачання розроблені у відповідності з усіма вимогами безпеки.

Такі приклади є свідченням того, що 3D-принтер цілком здатний впоратись з задачею забезпечення значної кількості населення, що мають проблеми з коштами, доступним житлом. Однак в перспективі є ризик того, що кількість ділянок для забудов буде зменшуватися, що в свою чергу призведе до підвищення ціни і друк будинків необхідно буде перенести з горизонтальної площини у вертикальну. Для зведення більш високих об'єктів цілком можливо використовувати вже запатентовану технологію, яка полягає в наступному.

Пристрій, що містить рухому платформу у вигляді безпілотного квадрокоптера 1 з гвинтами 2 та системою автоматичного комп'ютерного керування (рис. 2.4). Під квадрокоптером 1 встановлений приймальний бункер 3 з головою друку 4, який зв'язаний з жорстким 5 та гнучким 6 трубопроводами подачі будівельної суміші. На квадрокоптері 1 встановлений дистанційний приймач 7 електроживлення (Патент, 2017).

Пристрій обслуговують: джерело 8 дистанційного електроживлення; насос 9 подачі будівельної суміші з бункером 10; транспортний засіб 11 доставки будівельної суміші до будівельного майданчика. Насос 9 зв'язаний з гнучким трубопроводом 6.

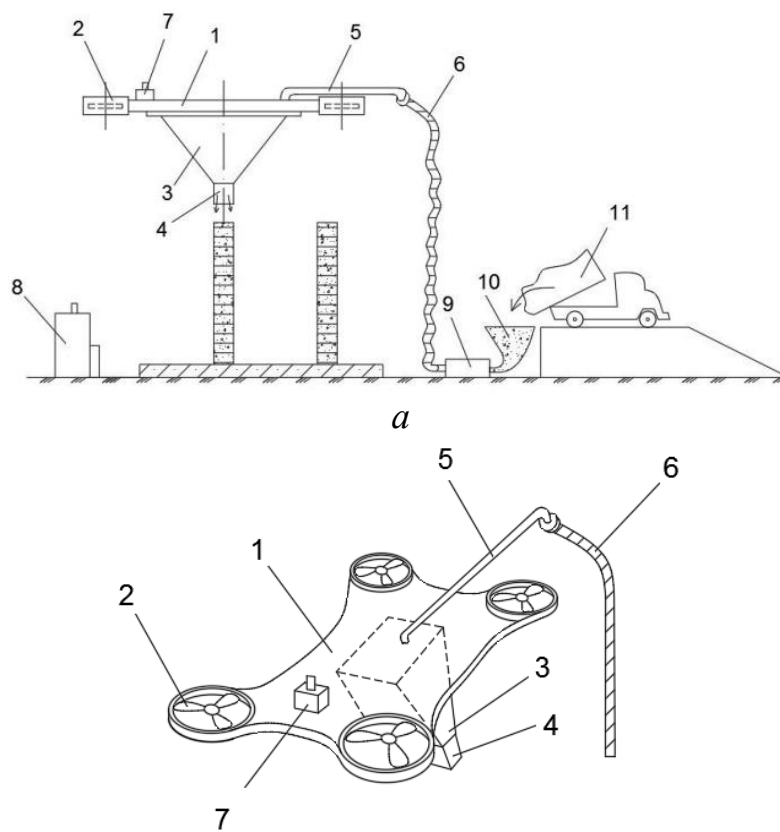


Рисунок 2.4 – Пристрій для 3D-друку будівельних об'єктів:

а – схема розташування обладнання; б – загальний вигляд пристрою.

1 – квадрокоптер; 2 – гвинти; 3 – бункер; 4 – головка друку; 5, 6 – трубопроводи;  
 7 – дистанційний приймач електроживлення; 8 – джерело електроживлення;  
 9 – насос; 10 – бункер; 11 – транспорт (Патент, 2017)

Пристрій працює таким чином. Квадрокоптер 1 піднімається у повітря над будівельним майданчиком. Насос 9 з бункера 10, до якого транспортний засіб 11 завантажує будівельну суміш, подає її по трубопроводам 5 і 6 у приймальний бункер 3. Відповідно до програмного забезпечення, квадрокоптер 1 переміщується, а головка друку 4 подає суміш і формує окремі будівельні конструкції 9, 10 або споруду повністю. Наявність декількох гвинтів 2 забезпечує стабільність польоту квадрокоптера 1 та точність друку будівельних об'єктів. Тривалість роботи пристрою забезпечується використанням безпроводного живлення між джерелом 8 електропостачання та приймачем 7. Виконання пристрою для 3D-друку об'єктів у вигляді безпілотного квадрокоптера, дозволяє розширити технологічні можливості обладнання (Патент, 2017).

## **РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ В ЕКОНОМІКУ БУДІВНИЦТВА**

### **3.1 Підвищення економічної ефективності будівництва на основі впровадження технології 3D-друку**

Значні досягнення в області 3D-друку відкрили можливості для гравців в області 3D-друку на будівельному ринку, оскільки 3D-друковані матеріали все частіше використовуються для зведення будинків. Очікується, що в найближчі роки 3D-друк на будівельному ринку набере обертів завдяки цілому ряду переваг, включаючи зниження витрат на матеріали, більш швидке будівництво, значно меншу кількість травм і покращання форм. Очікується, що завдяки цим перевагам обсяг будівництва на основі 3D-друку виросте на будівельному ринку в десять разів протягом прогнозованого періоду і до 2027 року досягне 280 млн дол. США у порівнянні з 29 млн дол. США у 2019 році (3D printing, 2020).

На сьогоднішній день існує два підходи до будівництва за допомогою 3D-принтерів. За першим принтер розташований на будівельному майданчику і процес зведення відбувається пошаровим нанесенням бетонної суміші відповідно до проекту. А за другим об'ємні елементи друкуються в заводських умовах і доставляються на майданчик, де монтуються традиційними методами будівництва (Andriichuk, 2015).

Також є дві основні відмінності будівельного 3D-принтера від аналогів, які застосовуються в інших галузях.

По-перше, розміри тривимірного будівельного принтеру можуть коливатися, в залежності від масштабу об'єкту будівництва, і бути порівняними з розміром невеликого вантажного автомобіля або досягати габаритів потужного автокрана (рис. 3.1) (Pro zastosuvannia 3D, 2020).



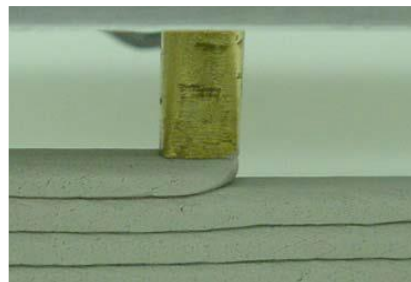
*a*



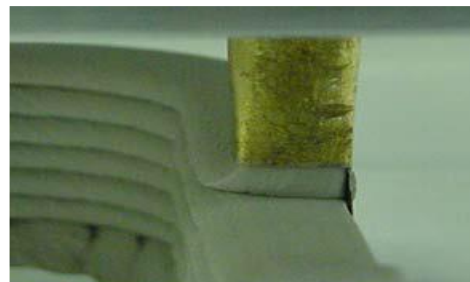
*б*

Рисунок 3.1 – Будівельні принтери

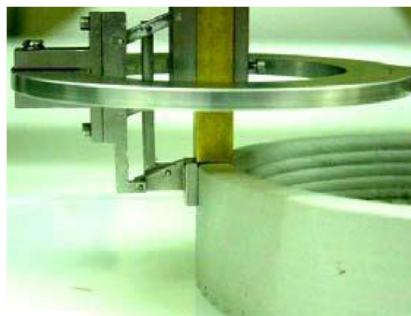
По-друге, в будівельному 3D-принтері в якості основного матеріалу використовується бетонна пластикна суміш, подачу якої забезпечує головка принтера (рис. 3.2), яка працює наступним чином (рис. 3.3). При переміщенні корпусу 1 по направляючій 3, у корпус 1 подається будівельна суміш 15, яка за рахунок обертання шнека 5 та скребка 14 забезпечує нагнітання суміші 15 у екструдер 2.



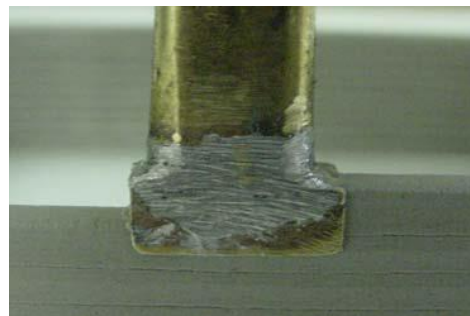
*a*



*б*



*в*



*г*

Рисунок 3.2 – Процес друкування об'єкта:

*a, б, г* – переміщення екструдера; *в* – головка принтера

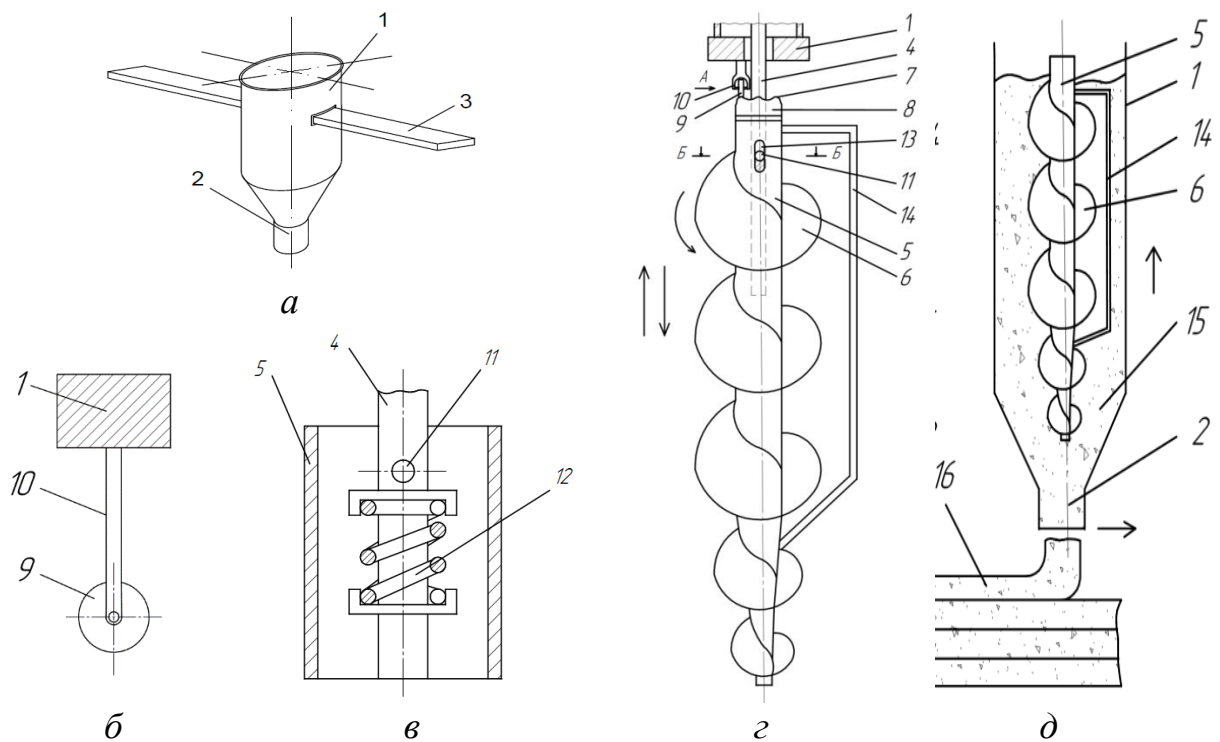


Рисунок 3.3 – Головка друку із декількома екструдерами:

а – загальний вигляд; б – вигляд А; в – переріз Б-Б; г – шнек з механізмом його вертикального переміщення; д – процес укладання будівельної суміші при різних положеннях шнека. 1 – корпус; 2 – екструдер; 3 –направляюча; 4 – вал; 5 – шнек; 6 гвинтова лопать; 7 - кулачкова поверхня; 8 – верхня частина; 9 – ролик; 10 – важіль; 11 – обмежувач; 12 – пружний елемент; 13 – паз; 14 – скребок; 15 – суміш; 16 - шар бетону (Патент, 2020)

При цьому, за рахунок контакту ролика 9 та кулачкової поверхні 7 відбувається вертикальне переміщення (колювання) шнека 5 (рис. 3.3, д, е). Це забезпечує інтенсивне нагнітання сировини 15, яка може мати заповнювач великої фракції, в екструдер 2, а потім укладання її в шар 16 будівельного об'єкта (Патент, 2020).

Виконання шнека з можливістю вертикального переміщення відносно валу та корпусу, забезпечує укладання бетону із заповнювачами різних фракцій в залежності від технологічних вимог будівництва, що підвищує ефективність 3D-друку будівельних об'єктів.

Слід зазначити, що будівельні 3D-принтери можуть відрізнятися за конструкцією, та методами зведення стін. Найбільш поширеними є конструкції 3D-принтерів з двома та чотирма опорами (рис. 3.4) – так звані козлові принтери.

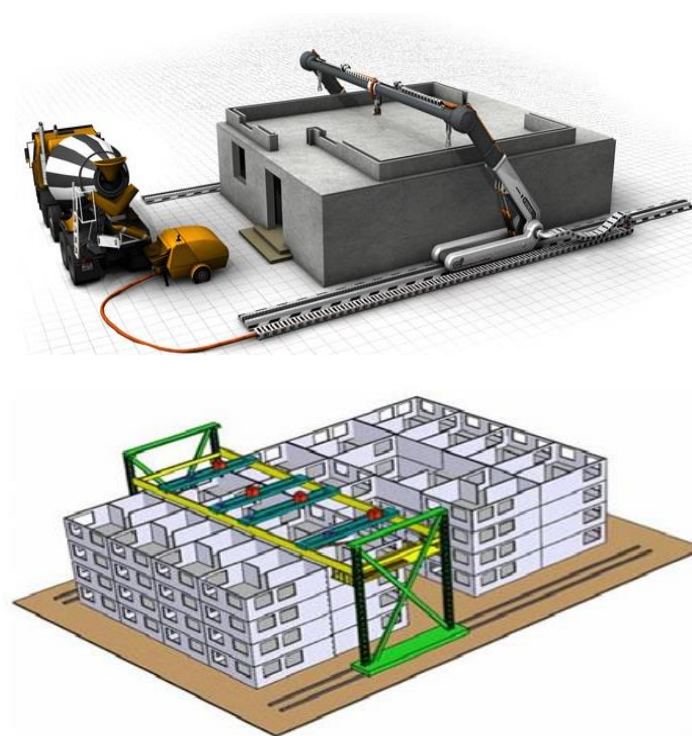


Рисунок 3.4 – Конструкції 3D-принтерів з двома та чотирма опорами

За методами зведення будівель розрізняють принтери, які друкують будівлю повністю (рис. 3.5 а, 3.5 б), і такі, що друкують окремі конструктивні елементи (рис. 3.6 в). Дане обладнання дозволяє створювати архітектурні форми та елементи конструкцій для їх подальшого складання на місці або друкувати будівлю в цілому на будівельному майданчику. Висота та розміри будівлі для друку залежать від технічних характеристик принтера, що використовується.

Різні принтери для 3D-друку будівель працюють з різними будівельними матеріалами та на різному програмному забезпеченні. Однак, принцип роботи у них дуже схожий: екструдер видавлює швидкоотвердуючу речовину, як правило, це бетонна суміш з різними добавками. Кожен наступний шар наноситься на попередній, завдяки чому утворюється вертикальна структура.

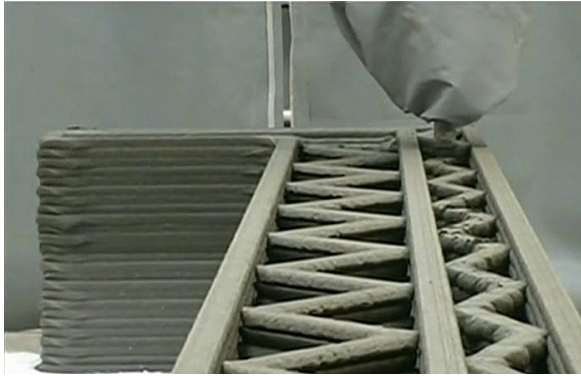
Накладені один на один шари ущільнюються, тим самим збільшуючи здатність витримувати наступні шари бетонної суміші, а отже, і всю вагу конструкції. Для зміцнення конструкції виконується її армування, яке може бути як вертикальним, так і горизонтальним. Горизонтальний арматурний пояс прокладається між шарами, вертикальний арматурний монтаж встановлюється в кінці затвердіння складу, а потім заливається бетоном.



*а*



*б*



*в*



*г*

Рисунок 3.5 – 3D-друк будівельних об'єктів: а, б – зведення будівель; в – друкування конструкцій; г – монтаж друкованих будівельних конструкцій

До переваг 3D-друку можна віднести покращання наступних параметрів:

1) Екологічність. За допомогою 3D-друку можна будувати будівлі з екологічно чистих матеріалів. Більше того, деякі 3D-принтери використовують сонячну енергію для будівництва будинків і викидають дуже мало CO<sub>2</sub>.

2) Швидкість. На основі 3D-друку вдалося побудувати будинок площею 38 м<sup>2</sup> лише за 24 години машинного часу, інші роботи – установка, покрівля, встановлення вікон, внутрішня і зовнішня обробка – близько трьох тижнів. В результаті було побудовано повноцінний одноповерховий будинок з вітальнею, кухнею, санвузлом, системами опалення та електропостачанням. Бетонна суміш, з якої зроблений будинок, може служити до 175 років (Levinskaya, 2017).



3) Доступність. 3D-принтери для будівництва будинків можуть бути використані для реалізації програми «Доступне житло», для надання допомоги малозабезпеченим людям або постраждалим в результаті стихійних лих.

Собівартість «друкованого» будинку під ключ площею 38 м<sup>2</sup>, за даними компанії Apis Cor, складає 8 115 дол. США, або 218 дол. США/м<sup>2</sup>. Для порівняння, за традиційної технології будівництва, тільки на будівельно-монтажні роботи для звичайного таунхаусу піде 396 дол. США/м<sup>2</sup>, а з урахуванням вартості дизайну, чорнової обробки, інженерії та ін. – до 464,83 дол. США/м<sup>2</sup>. Тобто 3D-друк будівель вдвічі вигідніший за традиційну технологію їх зведення (Levinskaya, 2017). В табл. 3.1 представлено SWOT-аналіз будівельної компанії, яка в якості основного засобу будівництва зможе використовувати 3D-принтер.

Таблиця 3.1 – SWOT-аналіз будівельного бізнесу на основі використання 3D-принтеру

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Порівняно просто керувати будівництвом об'єкту. 2. залучення меншої кількості працівників. 3. Відносно низька вартість зведення житла. 4. Висока швидкість зведення. 5. Довговічність надрукованої будівлі. 6. Будівництво будинків не прив'язане до певних геометричних та архітектурних норм	1. Друк будинків обмеженої площі. 2. Постійний контроль оператора. 3. Відносно висока вартість принтера. 4. Друк будинків при низьких температурах тягне за собою збільшення витрат на будівництво
Можливості	Загрози
1. Можливість будувати високоповерхові будівлі 2. Можливість друку будинків з екологічних матеріалів	У разі збою програми або хакерської атаки може зупинитися будівництво на невизначений строк, що тягне за собою значні збитки для компанії

SWOT-аналіз (табл. 3.1) наочно демонструє всі переваги та недоліки використання 3D-принтеру в будівництві. Перелік переваг вказує на доцільність використання 3D-принтеру будівельними компаніями.

### 3.2 Економічний та соціальний ефекти впровадження технології 3D-друку у галузь будівництва

Перелік переваг 3D-друку житлових будинків, особливо економічних, вказують на доцільність оцінки основних фінансових показників використання 3D-друку, середньостатистичною будівельною компанією України. Тому даний підрозділ присвячено фінансовому обґрунтуванню створення будівельної компанії в Україні, що здійснює зведення житлових споруд за допомогою технології 3D-друку.

В табл. 3.2 наведено необхідний штат працівників для оптимальної роботи та обслуговування 3D-принтеру а також приведена їх заробітна плата.

Таблиця 3.2 – Визначення витрат на заробітну плату будівельної компанії, що експлуатує 3D-принтер

Персонал	Кількість робітників, осіб	Щомісячні витрати на заробітну плату, грн
Директор	1	12 500
Оператор-механік	2	30 000
Водій вантажного авто	1	9 000
Охоронець	1	7 000
В цілому	5	<b>58 500</b>

Отже, сума щомісячних витрат на заробітну плату персоналу компанії складе близько 60 тис. грн (табл. 3.2). Для подальшого розрахунку необхідно визначити одноразові витрати на організацію будівельної компанії (табл. 3.3).

Таким чином, більшу частину витрат на відкриття будівельного бізнесу складе придбання 3D-принтеру та вантажного автомобіля для його транспортування.

Оцінимо орієнтовні місячні поточні витрати на зведення одного будинку за допомогою 3D-принтеру Vector 110-110-2 3D, що зводить типовий одноповерховий будинок площею в 100 м<sup>2</sup> за 1 місяць (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Початкові інвестиції для відкриття будівельного бізнесу на основі 3D-принтингу

Стаття витрат	Сума інвестицій, тис. грн
Реєстрація компанії, включаючи отримання всіх дозволів	50
Створення сайту компанії	10
Придбання 3D-принтеру та необхідного додаткового обладнання	616
Автомобіль для перевезення принтеру	200
Інші витрати	25
<b>Разом</b>	<b>901</b>

Таблиця 3.4 – Поточні витрати будівельної компанії на місяць, тис. грн

Стаття витрат	Оцінка	Сума
Заробітна плата	58,5	58,5
Будівельний матеріал для 3D-друку: екологічний бетон (3 грн/кг) та армувальна сітка (50 тис. грн)	Для коробки будинку з перекриттям в 100 м <sup>2</sup> необхідно 68 т бетону (3*68 + 50)	254,0
Податок за 3 групою ФОП (5% від доходу)	50,0	50,0
Електроенергія для живлення принтеру та допоміжного обладнання	12,5 кВт*год×24 год× ×1,68 грн/кВт*год×30 днів	15,12
Інші витрати	15,0	15,0
<b>Всього</b>		<b>392,62</b>

З урахуванням поточних витрат та середньої рентабельності близько 25% річний прибуток будівельної компанії, що використовує 3D-принтер як основний засіб будівництва, складе 1 178 тис. грн. Строк окупності інвестицій в такий бізнес складе менше року (не більше 10 місяців), що свідчить про високу інвестиційну привабливість даного проекту.

Соціальним ефектом впровадження друкованих будинків є доступ до комфортабельних та дешевих помешкань, а також підвищення рівня якості життя населення. Економічним ефектом впровадження 3D-друку будівель є зменшення витрат на будівництво, економія коштів на утримання будинку, адже такі будівлі добре утримують тепло.

### **3.3 Перспективи розвитку технології 3D-друку та підвищення ефективності будівництва житлового сектору України у руслі Industry 4.0**

Однією з проривних інновацій Industry 4.0 став 3D-друк. Вихід 3D-друку на будівельний ринок може трансформувати цей сектор, так як все більше зацікавлених сторін використовують цю нову технологію. 3D-друк в будівельному секторі пропонує кілька переваг, включаючи скорочення відходів матеріалів, рентабельність, оскільки значно знижуються витрати на будівельні матеріали, зростає швидкість виробничого циклу.

На даний момент ця технологія в будівельній галузі є революційною. Виявилось, що тривимірний друк будівель є досить ефективним: технологія допомагає зберегти 30...60 % будівельних відходів, зменшує витрати праці на 50...80 % та в цілому знижує вартість будівництва на 50...60 %. Також знижується потреба у великогабаритному підйомному обладнанні. Станом на сьогодні за такою технологією по всьому світу вже надруковано сотні будинків, різними комерційними та не комерційними організаціями, які мають на меті повноцінне впровадження технології до будівельної галузі. Однак на даний момент технологія має значний недолік, що полягає в обмеженому масштабі друку. Дане питання можна вирішити шляхом симбіозу з іншою технологією, яка була розроблена в КНР і представляє собою машину для будівництва хмарочосів (рис. 3.6).

Така будівельна машина має масу в 2000 т і пропонує робочу платформу для зведення будівель вгору і може залишатися стійкою, навіть на висоті більше 500 метрів над землею. Ця самонесуча платформа може утримувати вагу до 2000 т та витримувати ураганний вітер. Машина може прискорити процес будівництва на 20 %.

За допомогою двох гусениць з кожної сторони та 12 гідравлічних домкратів машина може рівномірно підніматися вгору як тільки завершується зведення певного поверху та дає можливість будувати наступний. В даний час ця машина використовується для будівництва Ухань-Грінленд-Сентер у столиці провінції.

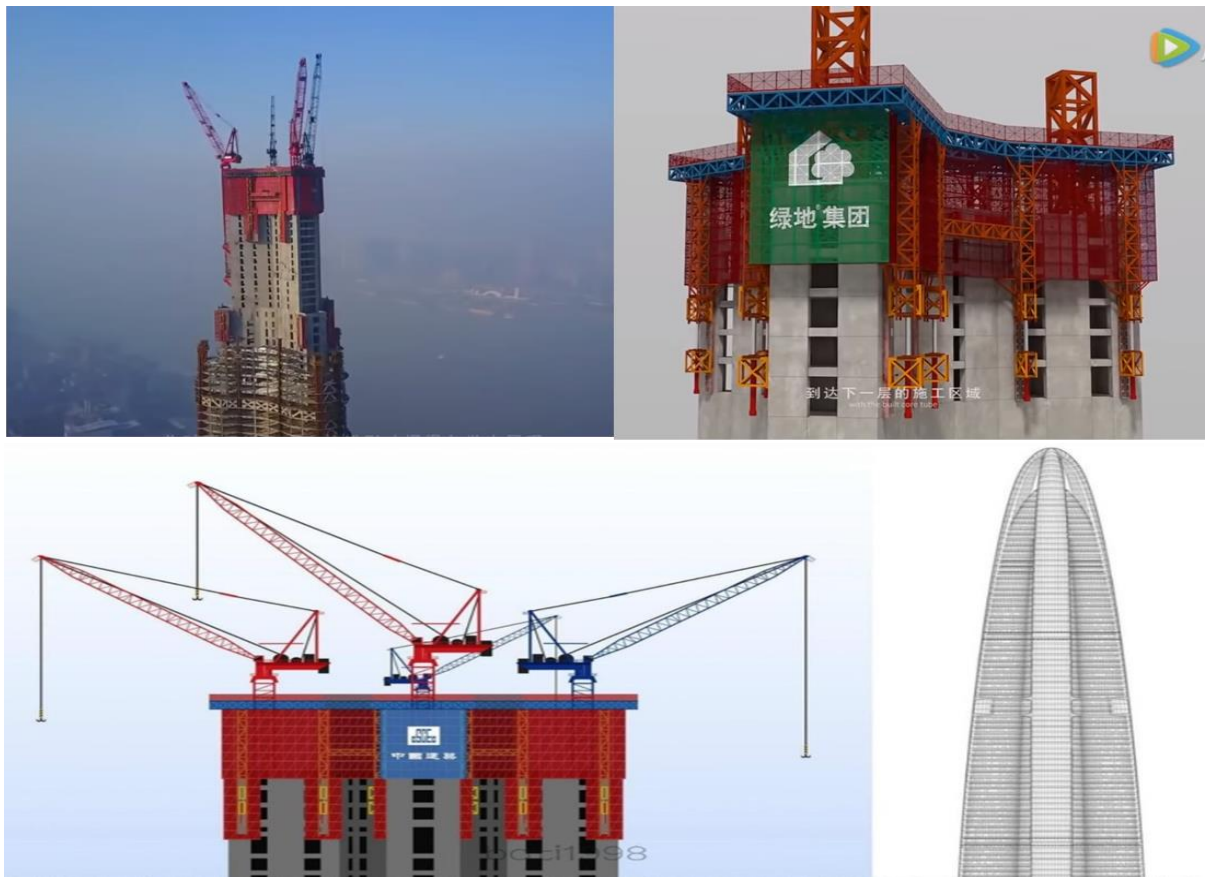


Рисунок 3.6 – Механізм зведення хмарочосів (Строительная, 2020)

Очікуваний економічний ефект від використання приведеної технології поточного будівництва хмарочосів можна значно підвищити шляхом інтеграції технології 3D-друку до машини зі зведення хмарочосів із застосуванням запатентованої технології, що може використовуватись одночасно при будівництві для опоряджувальних робіт. В основі технічного рішення покладено вдосконалення 3D-принтеру для друкування поверхонь будівельних об'єктів, в якому за рахунок особливостей встановлення конструктивних елементів досягається підвищення продуктивності 3D-друку поверхонь будівельних об'єктів при укладанні будівельної суміші. Досягається дана задача тим, що у 3D-принтері друкування поверхонь будівельних об'єктів, який містить корпус для будівельної суміші та екструдер, вертикальні напрямні, привод переміщення корпусу, екструдер виконаний з нерухомої та зовнішньої рухомої частини, яка має привод. Це дозволяє регулювати шар будівельної суміші, яка укладається на поверхню будівельного об'єкту в залежності від вимог будівництва.

## ВИСНОВКИ

На даному технологічному етапі галузь будівництва України знаходиться у передкризовому становищі через застарілі та високовитратні технології будівництва. Значна частина будівельних компаній, які були надзвичайно успішними розпочинають процедуру банкрутства. Так, у 2019 р. кількість збиткових компаній сягала понад 46% від загальної кількості фірм галузі. Однак більшість забудовників віддають перевагу застарілими технологіям зведення житла. Це зумовлено значними витратами в заміну обладнання та інструментарію компанії, підвищення кваліфікації штатного персоналу. Зводячи будинки за застарілими технологіями забудовники пропонують ринку житло за надзвичайно високими цінами, яке не можуть собі дозволити пересічні Українці. Однак якщо поглянути на перспективу використання технології 3D-друку будівельними компаніями, можна побачити, що завдяки даній технології можна здешевити вартість будівництва вдвічі. Наприклад, собівартість «друкованого» будинку під ключ площею 38 м<sup>2</sup>, складає 8 115 дол. США, або 218 дол. США/м<sup>2</sup>. Для порівняння, за традиційної технології будівництва, тільки на будівельно-монтажні роботи для звичайного таунхаусу піде 396 дол. США/м<sup>2</sup>, а з урахуванням вартості дизайну, чорнової обробки, інженерії та ін. – до 464,83 дол. США/м<sup>2</sup>.

Тому 3D-друк будівель має значні перспективи для розвитку будівельної галузі України. Для більшості забудовників дана технологія є революційно новим методом швидкого та дешевого зведення будівель. Раніше подібна швидкість будівництва могла досягатися лише завдяки збільшенню чисельності працюючих робітників на об'єкті, що в свою чергу призводило до збільшення вартості будинку. За нашими підрахунками питомі витрати на 1 м<sup>2</sup> 3D-будівництва в умовах економіки України складуть близько 4 тис. грн. В перспективі, з розвитком технології 3D-друку, витрати на 3D-друк в будівельній галузі будуть знижуватися, а швидкість і якість будівництва – зростати.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 3D Printing in Construction Market. (2020). URL: <https://www.transparencymarketresearch.com/3d-printing-construction-market.html>
2. Andriichuk O. V., Olasiuk P. Ya. Застосування технології 3D-друку в будівництві Zastosuvannia Tekhnolohii 3D-Druku V Budivnytstvi [Application of 3D printing technology in construction]. *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunku v budivnytstvi* [Modern technologies and methods of calculation in construction]. 2015. Issue 3. Pp. 11–18. [in Ukrainian].
3. Baiani, S., & Altamura, P. (2018). Waste materials superuse and upcycling in architecture: Design and experimentation. *Techne*, 16, 142–151. <https://doi.org/10.13128/Techne-23035>
4. Dai, L., Cheng, T., Duan, C. at al. (2019). 3D printing using plant-derived cellulose and its derivatives: a review. Elsevier Ltd, pp 71–86. URL: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.027>
5. Jo, J. H., Jo, B. W., Cho, W., & Kim, J. H. (2020). Development of a 3D Printer for Concrete Structures: Laboratory Testing of Cementitious Materials. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0388-2>
6. Kleer, R., & Piller, F. T. (2019). Local manufacturing and structural shifts in competition: Market dynamics of additive manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 216(September 2018), 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.04.019>
7. Levinskaya A. Stroyka 3D [Building 3D]. (2017). URL: <https://www.rbc.ru/magazine/2017/06/592567559a7947e1bb4b7ea9> [in Russian].
8. Melnyk, L., Matsenko, O., Dehtyarova, I. & Derykolenko, O. The formation of the digital society: social and humanitarian aspects. *Digital economy and digital society*. T. Nestorenko & M. Wierzbik-Strońska (Ed.). Katowice : Katowice School of Technology, 2019. P. 71–77.

URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74570>

9. Paritala, P. K., Manchikatla, S., & Yarlaga, P. K. D. V. (2017). Digital Manufacturing- Applications Past, Current, and Future Trends. *Procedia Engineering*, 174, 982–991. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.250>

10. Pro zastosuvannya 3D tekhnolohii u budivnytstvi [About application of 3D technologies in construction]. (2020). URL: <http://www.n-zodchie.com/ua/articles/pro-zastosuvannya-3d-tehnologiy-u-budivnyitstvi.html> [in Ukrainian].

11. Sobotka, A., & Pacewicz, K. (2016). Building Site Organization with 3D Technology in Use. *Procedia Engineering*, 161, 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.582>

12. Tarkhov, P. V., Matsenko, A. M., Krugliak, A. P. & Derkach, Z. V. Provision of integrity and reliability in hygienic examination of investment projects for human capital development. *Gigiena i sanitariia*. 2012. 5. P. 91–94. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74619>

13. TECLA – глиняный дом, созданный на 3D-принтере по принципу осинового гнезда. (2020). URL: <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/4764-tecla-glinyanyj-dom-sozdannyj-na-3d-printere-po-printsipu-osinogo-gnezda.html>

14. Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90–95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>

15. Андрійчук О. В., Оласюк П. Я. Застосування технології 3D-друку в будівництві. *Сучасні технології та методи розрахунку в будівництві*. 2015. Вип. 3. С. 11–18.

16. бюл. №20.

17. В Италии запущен проект по строительству жилого дома из глины с помощью технологии 3D-печати. (2019). URL: <https://www.vzavtra.net/stroitelnye-texnologii/v-italii-zapushhen-proekt-po-stroitelstvu-zhilogo-doma-iz-gliny-s-pomoshhyu-texnologii-3d-pechati.html> (дата звернення: 26.01.21).



18. Вайцзеккер Э. Фактор пять. / Э. Вайцзеккер // Формула устойчивого роста. Доклад Римского клуба. – Москва : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 368с.
19. Державна служба статистики. (2020). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
20. Дериколенко О. М., Маценко О. М., Скрипка Є. О. Економічні основи формування менеджменту енергоефективності житлового сектору. *Сучасні тренди розвитку урбанізованих територій* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 22–24 травня 2019 р. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. С. 93–94. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80407>
21. Застосування 3D технологій у будівництві - статті компанії Нові Зодчі. (2020). URL: <http://www.n-zodchie.com/ua/articles/pro-zastosuvannya-3d-tehnologiy-u-budivnyitstvi.html> (дата звернення: 26.01.21).
22. Мельник Л. Г., Маценко О. М. Інноваційний досвід підприємств у сфері енергозбереження: енергетика, будівництво, транспорт, агровиробництво. *Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера* : монографія / під заг. редакцією О. М. Теліженка та М. І. Сотника. Суми : видавничо-виробниче підприємство «Мрія-1», 2018. С. 106–140. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/77293>
23. Патент України на корисну модель № 117773, E04, 10.07.2017. Бюл. № 13.
24. Патент України на корисну модель № 141735. Бюл. №8, опубл. 27.04.2020 р.
25. Патент України на корисну модель № 137564, опубл. 25.10.2019,
26. Петришин О. За даними Держстату, майже 34% українців живуть за межею бідності. (2019). URL: [https://zaxid.net/za\\_danimi\\_derzhstatu\\_mayzhe\\_34\\_ukrayintsiv\\_zhivut\\_za\\_mezhe\\_yu\\_bidnosti\\_n1472988](https://zaxid.net/za_danimi_derzhstatu_mayzhe_34_ukrayintsiv_zhivut_za_mezhe_yu_bidnosti_n1472988)
27. Позитивні ефекти проривних технологій / Л. Г. Мельник та ін. *Проривні технології в економіці і бізнесі (досвід ЄС та практика України у світлі III, IV і V промислових революцій)* : навчальний посібник ; за ред. Л. Г. Мельника та Б. Л. Ковальова. Суми : Сумський державний університет,

2020. С. 18–23. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80619>

28. Промышленные революции : учебное пособие / Л. Г Мельник, А. М. Маценко, И. Б. Дегтярева, А. В. Кубатко. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2017. 160 с.

URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74779>

29. Розвиток будівельної галузі та детінізація ринку праці у будівництві. (2020). URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/rozvitok-budivelnoyi-galuzi-ta-detinizatsiya-rinku-pratsi-u-budivnitstvi>

30. Скільки українці заборгували за послуги ЖКГ за перше півріччя 2020-го. (2020). URL:

<https://www.slovoidilo.ua/2020/08/03/infografika/suspilstvo/skilky-ukrayinczi-zaborhuvaly-posluhy-zhkh-pershe-pivrichchya-2020-ho>

31. Современная модель обеспечения конкурентоспособности человеческого капитала / П. В. Тархов и др. *Общество и экономика постсоветского пространства*. 2013. Выпуск II. С. 163–173.

URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80589>

32. Строительная машина в Китае на 20% ускоряет строительство. (2020). URL: <https://www.ua-bud.com.ua/ru/kitayskaya-stroitel'naya-chudo-mashina/>

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "НПП БУДРЕСУРС"  
52071, Дніпропетровська обл., Дніпровський район, селище Дослідне, вул. АВІАТОРІВ, буд.5  
тел. +380567361869; +380676342572  
Єл.пошта stroyconsult.dnepr@gmail.com  
ЄДРПОУ 40007407 ІПН 400074004179  
Р/р 26000050264576; МФО: 305299; ПАТ КБ "ПРИВАТБАНК"

---

**АКТ**

впровадження наукової роботи

Науково-виробниче підприємство «Будресурс» при плануванні, організації та виготовленні будівельних конструкцій методом 3D-друку використовує результати дослідження, отримані в науковій роботі «Економічне обґрунтування застосування технології 3D-друку у галузі будівництва» в розділах економічних показників та удосконалення робочого обладнання 3D-принтерів.

Директор науково-виробничого підприємства «Будресурс»

С. Ю. Леушин

