

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Автоматизована система створення будинків»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-01

Наумко Юрій Юрійович _____

Керівник:

к.т.н., доцент.

Гришанова Ірина Аркадіївна _____

Рецензент:

Ph.D, старший викладач.

Дорожинська Ганна Василівна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ПК 0109.00.00.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	80	
3	A1	ПК 0109.01.00.0000	Алгоритм роботи «Автоматизованої системи створення будинків»	1	
4	A1	ПК 0109.02.00.0000	Структурна схема	1	
5	A1	ПК 0109.03.00.0000	Функціональна схема роботи «Автоматизованої системи створення будинків»	1	

				ДП ПК 0109.00.00.0000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Наумко Ю. Ю.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Гришанова. І. А.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-01	
Н/контр.						
Зав.каф.	Киричук Ю. В.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система створення будинків»

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Наумко Юрію Юрійовичу

1. Тема проєкту «**Автоматизована система створення будинків**», керівник проєкту Гришанова Ірина Аркадіївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. №2121-с

2. Термін подання студентом проєкту «4» червня 2024р.

3. Вихідні дані до проєкту : Буде поетапно створено та розроблено автоматизовану систему створення будинків. Проєкт включатиме використання технології 3D-друку для будівництва ефективних, економічних та екологічних будівель.

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Огляд технологій автоматизованої системи створення будинків.

2. Аналіз роботи 3-D принтеру, огляд середовищ для створення 3-D моделі системи

3. Розробка та впровадження автоматизованої системи

4. Тестування, оптимізація та оцінка ефективності

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Кресленик алгоритму роботи «Автоматизованої системи створення будинків», кресленик структурної схеми, кресленик функціональної схеми роботи «Автоматизованої системи створення будинків», презентація дипломного проєкту на тему «Автоматизована система створення будинків».

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «1» березня 2024р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Формулювання завдання проєкту	1.03.2024	
2	Проведення аналітичного огляду	28.04.2024	
3	Розрахунок акустичного тракту	05.05.2023	
4	Підбір компонентів	10.05.2024	
5	Розробка креслеників	24.05.2024	
6	Попередній захист	28.05.2024	
7	Подання пояснювальної записки на перевірку на плагіат	30.05.2024	
8	Захист дипломного проєкту	17.06.2024	

Студент

Юрій НАУМКО

Керівник

Ірина ГРИШАНОВА

Анотація

У данному дипломному проєкті розглянуто розробку та впровадження автоматизованої системи створення будинків, яка поєднує сучасні технології автоматизації та будівництва для підвищення ефективності, точності та швидкості будівельних процесів. Впровадження робототехніки для виконання будівельних робіт та застосування інноваційних матеріалів, що сприяють зменшенню витрат та часу на будівництво. У ході дослідження було проведено аналіз існуючих технологій та методів автоматизації в будівництві, розроблено 3-D модель автоматизованої системи.

Перший розділ дипломного проєкту присвячений ознайомленню з використанням 3-D принтерів у будівництві та історії розвитку цієї технології. Розглянуто актуальність теми, переваги та недоліки використання автоматизованої системи в будівництві.

Другий розділ дипломного проєкту присвячений обґрунтуванню технологічного процесу та аналізу роботи 3-D принтеру. Порівняння середовищ 3-D моделювання, в якому буде розроблятися креслення “Автоматизованої системи створення будинків”.

Третій розділ дипломного проєкту присвячений основним крокам та процесам створення системи, включаючи вибір технологій, проектування архітектури та розробку програмного забезпечення. Також у цьому розділі аналізуються можливі труднощі та вирішення проблем.

Четвертий розділ дипломного проєкту включає тестування, оптимізацію та оцінку ефективності системи створення будинків. Розглядаються результати тестування, виправлення недоліків та заходи для покращення ефективності. Проводиться оцінка продуктивності і економічної ефективності, а також надаються пропозиції щодо подальшого розвитку проєкту.

Ключові слова: будівництво, 3-D принтер, автоматизація, моделювання, система створення будинків.

Annotation

In this bachelor's project the development and implementation of an automated system for building houses is considered, which combines modern automation and construction technologies to increase efficiency, accuracy, and speed of construction processes. The introduction of robotics for construction work and the use of innovative materials contribute to reducing costs and construction time. During the research, an analysis of existing technologies and methods of automation in construction was conducted, and a 3D model of the automated system was developed.

The first chapter of the diploma thesis is devoted to familiarizing with the use of 3D printers in construction and the history of the development of this technology. The relevance of the topic, as well as the advantages and disadvantages of using an automated system in construction, are considered.

The second chapter of the thesis is dedicated to the substantiation of the technological process and the analysis of the 3-D printer's operation. It includes a comparison of 3-D modeling environments in which the design for the "Automated House Creation System" will be developed.

The third chapter of the diploma thesis is devoted to the main steps and processes of creating the system, including the selection of technologies, architectural design, and software development. This chapter also analyzes possible difficulties and problem-solving strategies.

The fourth chapter of the diploma thesis includes testing, optimization, and evaluation of the efficiency of the house creation system. The results of testing, the correction of shortcomings, and measures to improve efficiency are discussed. An assessment of productivity and economic efficiency is conducted, and suggestions for further project development are provided.

Keywords: construction, 3D printer, automation, modeling, house creation system.

Зміст

Перелік скорочень.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ БУДИНКІВ.....	13
1.1 Актуальність теми.....	13
1.2 Історія та еволюція будівництва.....	15
1.2.1 Традиційні методи будівництва.....	15
1.2.2 Впровадження нових технологій у будівництві.....	15
Помилка! Закладку не визначено.	
1.3 Поява 3-D друку в будівництві.....	17
1.3.1 Історія та розвиток 3D-друку.....	18
1.3.2 Технології 3D-друку в будівництві.....	18
1.3.3 Переваги 3D-друку в будівництві.....	19
1.3.4 Виклики та обмеження.....	20
1.3.5 Приклади успішного застосування.....	21
1.3.6 Додаткові аспекти використання 3D-друку в будівництві.....	22
1.3.7 Ефективне використання 3D-друку у будівництві інфраструктури....	24
Висновки до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РОБОТИ 3-D ПРИНТЕРУ, ОГЛЯД СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3-D МОДЕЛІ СИСТЕМИ.....	27
2.1 Концепція та вимоги до системи.....	27
2.1.1 Цілі дослідження.....	27
2.1.2 Послідовність та процес роботи 3-D принтеру на будівництві.....	27
2.2 Визначення потрібного ПО для подальшої роботи.....	29
Висновки до розділу 2.....	32

					<i>ПК 0109.00.00.000</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Автоматизована система створення будинків</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Наумко Ю. Ю.					8	80
<i>Перевір.</i>		Гришанова І.А						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Гришанова І.А						
						<i>ПБФ, ПК-01</i>		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БУДІВНИЦТВА..... 33

3.1 Проєктування системи..... 33

3.1.1 Вимоги до системи..... 33

3.1.2 Архітектура системи..... 35

3.1.3 Моделювання процесів..... 36

3.2 Розробка 3-D моделі системи..... 38

3.2.1 Процес створення моделі 38

3.2.2 Оптимізація моделі для друку 40

3.3 Тестування і налагодження системи 41

3.3.1 Випробування компонентів..... 42

3.3.2 Налagodження процесів 42

3.4 Інтеграція з будівельними процесами..... 43

3.4.1 Вибір будівельного майданчика 43

3.4.2 Впровадження системи на будівельному майданчику..... 43

3.5 Розробка проєкту..... 44

3.6 Структурна та функціональна схеми 58

Висновки до розділу 3..... 69

РОЗДІЛ 4. ТЕСТУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ 71

4.1 Аналіз якості будівельних елементів. Оцінка ефективності та продуктивності системи 71

4.2 Перспективи подальшого вдосконалення та розширення застосування технології 73

Висновки до розділу 4..... 76

ВИСНОВКИ 77

Список використаних джерел..... 79

Перелік скорочень

3D - Тривимірний

РТ - Робототехніка

ТА - Технологічний аналіз

ПЗ - Програмне забезпечення

ТП - Технологічний процес

МБ - Методи будівництва

ССБ - Система створення будинків

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Автоматизована система створення будинків – це комплекс передових технологій та процесів, спрямованих на автоматизацію всіх етапів будівництва, від проектування до зведення будівель. Ці системи використовують сучасні інструменти, такі як Building Information Modeling (BIM) для детального цифрового проектування, роботизовані будівельні машини для точного виконання будівельних операцій, 3D-друк для швидкого виготовлення будівельних елементів.

Архітектурне та інженерне проектування: Одним з ключових елементів автоматизованих систем є BIM, який дозволяє створювати комплексні цифрові моделі будівель. Ці моделі охоплюють усі аспекти будівництва, включаючи структурні елементи, інженерні системи, матеріали та інші деталі, що дозволяє мінімізувати помилки та забезпечити точність на всіх етапах проекту.

Роботизовані та автоматизовані будівельні машини: Роботизовані машини відіграють важливу роль у сучасному будівництві. Вони здатні виконувати такі завдання, як зведення стін, кладка цегли, нанесення штукатурки, фарбування та інші роботи з високою точністю та швидкістю. Використання роботів знижує ризик помилок і нещасних випадків, а також підвищує продуктивність праці.

3D-друк будівель: Технологія 3D-друку дозволяє швидко виготовляти будівельні елементи або навіть цілі будівлі з різних матеріалів, таких як бетон, пластик тощо. Це забезпечує можливість створення складних конструкцій з мінімальними витратами матеріалів і праці, скорочуючи час на будівництво та знижуючи його вартість.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматизовані системи управління будівництвом: Програмні комплекси для управління будівельними проектами дозволяють ефективно координувати всі етапи будівництва – від закупівлі матеріалів до контролю якості виконання робіт. Вони забезпечують прозорість і контроль над процесом, допомагають уникати затримок та перевищення бюджету.

Впровадження автоматизованих систем у будівництві сприяє створенню більш надійних та екологічно чистих будівель, значно скорочує час реалізації проєктів і знижує витрати. Це важливий крок до більш стійкої та ефективної будівельної галузі, який відповідає сучасним вимогам ринку та сприяє розвитку інноваційних підходів у будівництві.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ БУДИНКІВ

1.1 Актуальність теми

Автоматизація будівельних процесів із використанням 3D-друку стає все більш затребуваною в сучасному світі. Ця технологія надає нові можливості для скорочення витрат, збільшення швидкості будівництва та підвищення якості споруд. Особливо актуальним є застосування 3D-друку в будівництві в умовах урбанізації та зростання населення, коли потрібне швидке зведення доступного житла та інфраструктури. Крім того, застосування автоматизованих систем дозволяє знизити людський фактор, зменшити кількість помилок і поліпшити безпеку на будівельних майданчиках.

Основна мета даного диплома – дослідити можливості та перспективи автоматизованої системи будівництва із використанням 3D-друку. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

Вивчити існуючі технології 3D-друку в будівництві.

Проаналізувати переваги та недоліки автоматизованого будівництва.
Розглянути приклади реалізованих проєктів.

Оцінити перспективи розвитку та впровадження цих технологій у майбутньому.

У першому розділі буде представлений огляд історії та еволюції будівельних технологій, а також поява та розвиток 3D-друку в будівельній галузі.

У другому розділі детально розглянуті технології 3D-друку, процеси автоматизованого будівництва, приклади успішних проєктів і перспективи розвитку цієї області.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У третьому розділі буде зосереджено на процесі розробки та впровадження автоматизованої системи будівництва з використанням 3D-друку. Ми детально розглянемо кроки проєктування системи, встановимо вимоги до неї, розробимо архітектуру та здійснимо моделювання процесів будівництва. Особлива увага буде приділена створенню 3D-моделі системи, його оптимізації для друку та процесам тестування та налагодження.

У четвертому розділі ми проведемо аналіз якості будівельних елементів, їх ефективності та продуктивності системи. Здійснимо оцінку гладкості поверхні виготовлених елементів, рівномірності нанесення матеріалу та швидкості виготовлення. Також розглянемо можливості використання різних матеріалів для друку, їх вартість та якість, а також надамо рекомендації щодо вдосконалення технології друку та підвищення ефективності виготовлення будівельних елементів.



Рис.1.1 Будинок, створений з використаннями 3-D принтера

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Історія та еволюція будівництва

1.2.1 Традиційні методи будівництва

Будівництво завжди відігравало ключову роль у розвитку людської цивілізації. Традиційні методи будівництва, такі як цегляна кладка, бетонне лиття та дерев'яні конструкції, використовувалися протягом тисячоліть. Ці методи вимагають значних часових і трудових витрат, а також великої кількості матеріалів.

Наприклад, будівництво єгипетських пірамід і римських акведуків включало використання складних інженерних рішень і величезної кількості робочої сили.

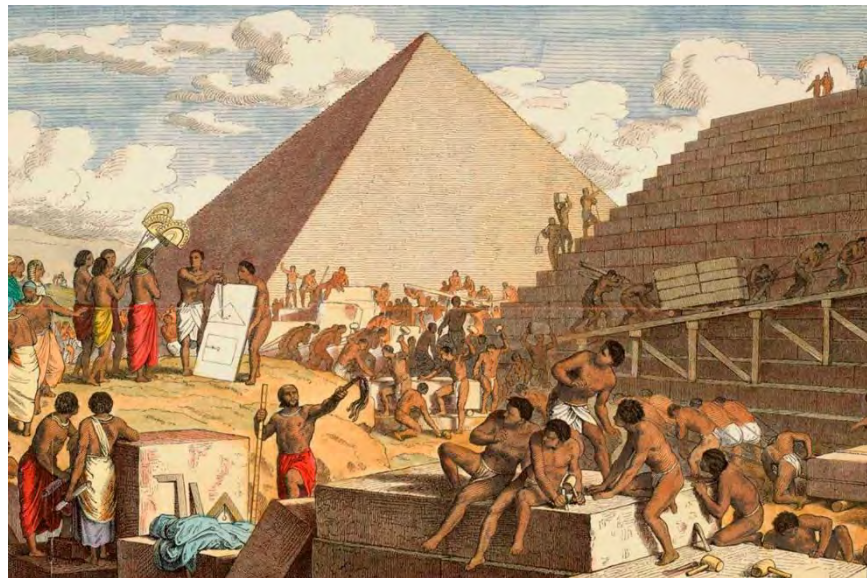


Рис.1.2. Будівництво Єгипетських Пірамід

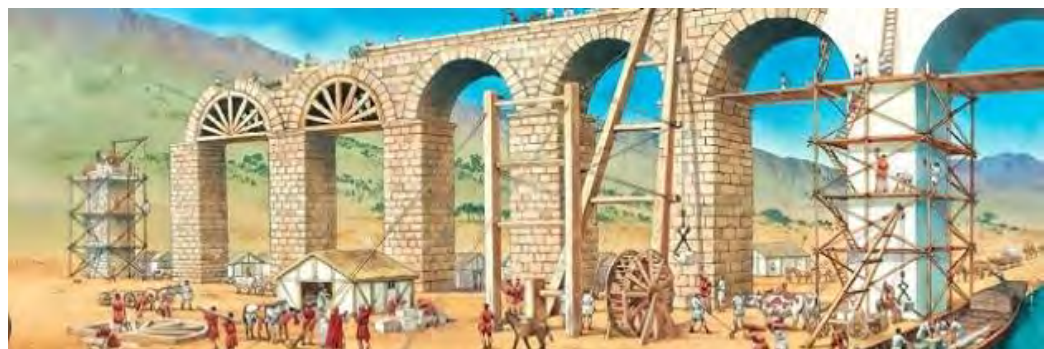


Рис.1.3. Будівництво Римських Акведуків

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 0109.00.00.0000

Арк.

15

1.2.2 Впровадження нових технологій у будівництві

З розвитком технологій будівельна галузь почала змінюватися. Поява нових матеріалів, методів та інструментів дозволила значно спростити і прискорити процес зведення будівель.

Наприклад, впровадження сталевих каркасів і залізобетону на початку 20 століття дозволило будувати більш високі і стійкі будівлі. Сучасні технології, такі як використання композитних матеріалів і модульного будівництва, продовжують трансформувати будівельну галузь, роблячи її більш ефективною і стійкою.

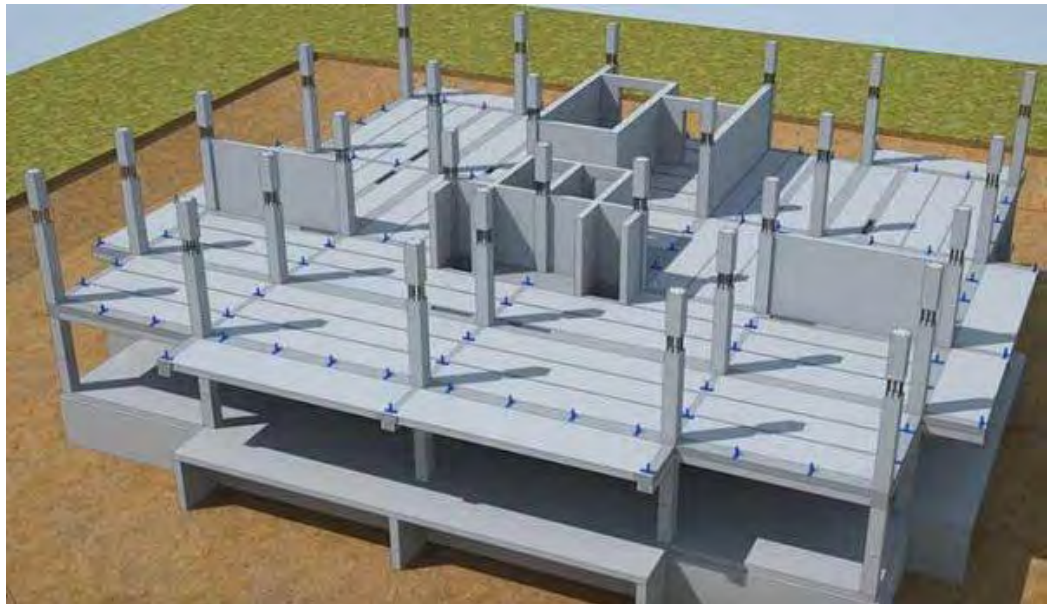


Рис.1.4. Залізобетонний каркас

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.5. Зведений каркас збірних залізобетонних конструкцій

1.3 Поява 3-D друку в будівництві

З найбільш революційних новацій останніх десятиліть стала технологія 3D-друку, яка поступово інтегрується у будівельну сферу. Вона відкриває нові можливості для створення складних архітектурних форм, скорочує витрати та час на будівництво, а також сприяє розвитку екологічно чистих будівельних практик.

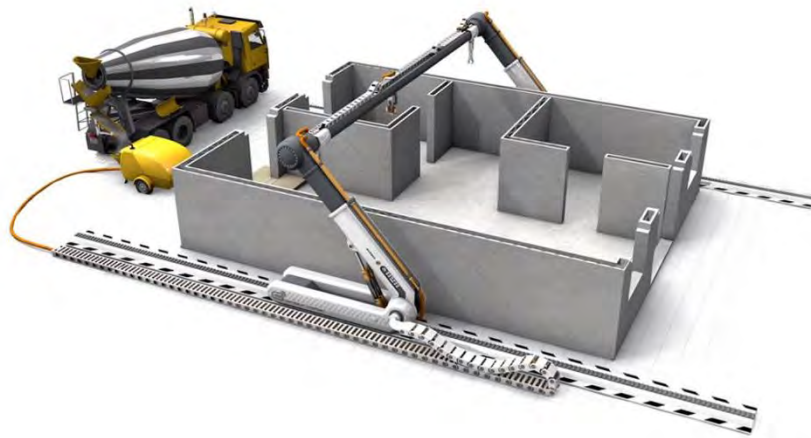


Рис.1.6. Застосування 3-D друку в будівництві

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 0109.00.00.0000

Арк.

17

1.3.1 Історія та розвиток 3D-друку

Технологія 3D-друку бере свій початок з 1980-х років, коли Чак Халл розробив перший стереолітографічний апарат (SLA). Спочатку ця технологія використовувалася переважно для створення прототипів у промисловості. Проте з часом можливості 3D-друку розширилися, і він почав застосовуватися в різних галузях, включаючи медицину, автомобілебудування та, зрештою, будівництво.

1.3.2 Технології 3D-друку в будівництві

У будівництві використовується кілька технологій 3D-друку, кожна з яких має свої переваги та обмеження:

- 1. Екструзія бетону:* Найбільш поширена технологія, при якій бетон або інші будівельні матеріали видавлюються через сопло для створення шарів, які формують конструкцію будівлі. Цей метод дозволяє створювати міцні та стійкі до зовнішніх впливів конструкції.
- 2. Зв'язувальне будівництво:* Ця технологія використовує порошкові матеріали, які зв'язуються між собою за допомогою спеціальних рідин. Вона дозволяє створювати більш детальні та точні елементи, проте має обмежену міцність порівняно з екструзією бетону.
- 3. Метод наплавлення металу:* Використовується для створення металевих конструкцій, що особливо корисно для виготовлення складних інженерних елементів, які потребують високої міцності та точності.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.3.3 Переваги 3D-друку в будівництві

- **Швидкість будівництва:** Завдяки автоматизації процесу друку час на зведення будівлі значно скорочується. Автоматизація будівництва дозволяє суттєво знизити витрати на робочу силу і матеріали. 3D-принтери можуть використовувати менш дорогі матеріали і мінімізувати кількість відходів. Наприклад 3D-принтери здатні використовувати будівельні суміші на основі цементу, які дешевші за традиційні матеріали і можуть бути отримані з перероблених відходів.
3D-друк значно прискорює процес будівництва. Замість кількох місяців або навіть років на зведення будівлі може знадобитися всього кілька днів або тижнів. Приклади успішних проєктів демонструють, що будинок площею 100 квадратних метрів можна побудувати за 24 години безперервного друку.
- **Економія матеріалів:** 3D-друк дозволяє точно контролювати кількість використовуваних матеріалів, що значно скорочує кількість будівельних відходів і негативний вплив на навколишнє середовище. Це особливо важливо в умовах глобального прагнення до стійкого розвитку і мінімізації екологічного сліду.
- **Гнучкість дизайну:** Ця технологія дозволяє створювати складні архітектурні форми, які були б неможливі або дуже дорогі при використанні традиційних методів.
- **Екологічність:** Завдяки точності друку та можливості використання екологічно чистих матеріалів, 3D-друк сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Виклики та обмеження

Незважаючи на численні переваги, 3D-друк у будівництві стикається з кількома викликами:

- Високі початкові інвестиції: Вартість 3D-принтерів для будівництва та витратних матеріалів все ще залишається високою.
- Регуляторні бар'єри: Багато країн ще не мають нормативної бази для регулювання будівель, створених за допомогою 3D-друку.
- Обмеження розмірів: Поточні технології 3D-друку мають обмеження щодо розмірів друкованих елементів, що може вимагати додаткових зусиль для зведення великих будівель. Технічні складнощі включають обмежені розміри друкованих областей, складність у забезпеченні міцності і довговічності матеріалів, а також необхідність точної калібрування і налаштування обладнання.
- Логістичні складнощі можуть виникнути при транспортуванні і установці великих 3D-принтерів на будівельних майданчиках, особливо у віддалених або важкодоступних районах.
- Соціальні та законодавчі аспекти. Також варто враховувати соціальні та законодавчі аспекти впровадження автоматизованих систем будівництва. Питання сертифікації і стандартизації 3D-друкованих будівель, а також необхідність навчання робітників новим навичкам можуть стати додатковими бар'єрами на шляху широкого поширення цієї технології.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.5 Приклади успішного застосування

У світі вже існують численні приклади успішного використання 3D-друку в будівництві:

- Проект "Apis Cor": Компанія "Apis Cor" побудувала будинок площею 38 квадратних метрів за 24 години, використовуючи технологію 3D-друку.
- "The Dubai Future Foundation": У Дубаї було збудовано перший у світі офісний будинок за допомогою 3D-друку, що продемонструвало можливості цієї технології у масштабних проектах.
- "New Story" та "ICON": У Латинській Америці компанії "New Story" та "ICON" співпрацювали для створення житла для малозабезпечених родин, використовуючи 3D-друк, що дозволило значно знизити витрати та час будівництва.



Рис.1.7 Приклад дома побудованого з використанням технологій 3-D принтеру

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.6 Додаткові аспекти використання 3D-друку в будівництві

- Застосування 3D-друку у відновленні та реконструкції. 3D-друк виявляється корисним не лише для нового будівництва, але й у відновленні та реконструкції історичних об'єктів. Завдяки цій технології можна відтворити зі збереженням деталей складні архітектурні елементи або навіть відновити об'єкти, які пошкоджені чи знищені.

Приклади:

Східна Україна: Українські дослідники використали 3D-сканери та друк для реконструкції стародавніх пам'яток, зруйнованих під час війни. Вони відтворили деталі будівель та скульптури, допомагаючи зберегти культурну спадщину регіону.

Нотр-Дам де Парі: Після пожежі 2019 року команда дослідників використала 3D-сканування, щоб зібрати дані про будівлю. Ці дані потім використовувалися для відновлення пошкоджених частин катедрального комплексу.

- Роль 3D-друку у створенні житла для безхатченків та екстремальних ситуацій. Технологія 3D-друку може стати допоміжною у створенні житла для безхатченків або для людей, що опинилися в екстремальних ситуаціях, наприклад, під час природних катастроф. Завдяки швидкому виготовленню та низьким витратам, 3D-друк дозволяє швидко забезпечити людей надійним житлом у складних умовах.

Приклади:

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

"ICON" у США: Компанія "ICON" співпрацює з неприбутковою організацією "New Story" для будівництва доступного житла за допомогою 3D-друку. Це житло створюється за кілька днів і може бути використане для розміщення безхатченків у різних частинах світу.

- Технологія 3D-друку також має потенціал для застосування у міжпланетних місіях. Ідея використання 3D-друку полягає у створенні будівельних матеріалів з місцевих ресурсів на інших планетах, таких як Марс. Це дозволить значно знизити витрати та скоротити час, необхідний для побудови житла або інфраструктури на інших планетах.

Приклад:

Проект "Mars Ice House": Архітектори та інженери працюють над концепцією створення житла на Марсі з використанням льодових ресурсів планети. Це може забезпечити не лише житло, але і джерело води для майбутніх місій на Червону планету.

- Ще одним напрямком розвитку є використання 3D-друку у великому масштабі. Деякі компанії вже працюють над розробкою великих 3D-принтерів, які можуть будувати цілі будівлі або структури, такі як мости чи водопровідні труби, безпосередньо на місці будівництва.

Приклади:

"Apis Cor": Компанія "Apis Cor" побудувала цілий будинок за 24 години, використовуючи великий 3D-принтер. Цей проєкт демонструє потенціал 3D-друку у великому масштабі для швидкого та ефективного будівництва.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Технологія 3D-друку в будівництві стає все більш розвиненою завдяки постійному вдосконаленню матеріалів, які можна використовувати для друку. Інженери та дослідники активно працюють над розробкою нових матеріалів, які були б більш міцними, екологічно чистими та ефективними для використання у будівництві.

Приклади:

Гео-полімерні композити: Ці матеріали виготовляються з відходів виробництва та засновані на різних типах полімерів. Вони володіють високою міцністю та стійкістю до руйнування, що робить їх ідеальними для використання у будівництві через 3D-друк.

Біопластики: Виготовлені зі стійких до розкладання матеріалів, таких як кукурудзяні крохмалі або біополімери з використанням мікроорганізмів. Вони можуть бути використані для друку більш екологічно чистих та стійких до впливу навколишнього середовища будівельних матеріалів.

1.3.7 Ефективне використання 3D-друку у будівництві інфраструктури

Приклади використання 3D-друку у будівництві інфраструктури:

- Будівництво мостів: Компанії вже експериментують з використанням 3D-друку для будівництва мостів. Ця технологія дозволяє створювати мости зі складними геометричними формами та оптимізувати їх структурну міцність.
- Друк дренажних труб для водопроводу: Використання 3D-друку для виготовлення дренажних труб може значно спростити процес будівництва водопроводу та зменшити його вартість.
- Виготовлення архітектурних елементів для дорожньої інфраструктури: 3D-друк дозволяє створювати архітектурні деталі для дорожньої інфраструктури,

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

такі як бар'єри та освітлювальні стовпи, збільшуючи їх функціональність та естетичний вигляд.

- Економія витрат: Використання 3D-друку може знизити витрати на будівництво завдяки ефективному використанню матеріалів та зменшенню відходів.
- Можливість створення складних конструкцій: Завдяки можливостям 3D-друку, можна легко створювати складні топології та форми, які були б важко або неможливо виготовити іншими способами.

Поява 3D-друку в будівництві знаменує нову еру в галузі, відкриваючи численні можливості для інновацій та покращення ефективності будівельних процесів. Незважаючи на певні виклики та обмеження, потенціал цієї технології є величезним, і вона, безсумнівно, буде відігравати ключову роль у майбутньому будівництві. Важливо продовжувати дослідження та розробки в цій сфері, щоб максимально використати її переваги та подолати існуючі перешкоди.



Рис.1.8. В Німеччині за допомогою 3D-друку, створили перший багатоквартирний будинок

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до першого розділу

Перший розділ дипломного проєкту привертає увагу до сучасних інструментів та технологій, які використовуються в автоматизованій системі 3-D будівництва. Зокрема, було проведено глибокий аналіз будівельних 3-D принтерів, їхнього потенціалу та викликів, пов'язаних з їхнім впровадженням у виробничий процес.

Розглянуті аспекти охоплюють широкий спектр застосувань цієї системи, включаючи виробництво будівельних елементів, швидке прототипування та індивідуалізацію будівельних проєктів. Автоматизована система 3-D будівництва не лише забезпечує підвищену продуктивність та ефективність будівельних робіт, але й сприяє впровадженню новаторських дизайнерських рішень та екологічно чистих технологій у будівництві.

Застосування цих технологій може змінити уявлення про традиційні будівельні практики, прискорити темпи будівництва та забезпечити більшу доступність інновацій у сфері будівництва. Однак для досягнення повного потенціалу автоматизованої системи 3-D будівництва потрібно провести додаткові дослідження, вирішити питання, пов'язані з надійністю та стандартизацією, а також розробити ефективні стратегії впровадження цих технологій у будівельну практику.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						26
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РОБОТИ 3-D ПРИНТЕРУ, ОГЛЯД СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3-D МОДЕЛІ СИСТЕМИ

2.1 Концепція та вимоги до системи

Від реалізації данного проєкту очікується отримання працездатної мініатюрної системи, здатної, в подальшому, з появленням потрібного фінансування, автоматично будувати житлові будинки з використанням технології 3-D друку. Результати дослідження також нададуть інформацію про можливості впровадження цієї технології на практиці та її вплив на будівельну галузь.

2.1.1 Цілі дослідження

Основною метою данного проєкту є розробка та створення автоматизованої системи, аналогічного 3-D принтеру, призначеного для будівництва житлових будинків. Дослідження спрямоване на вивчення технічних аспектів цієї технології, а також на визначення оптимальних матеріалів та процесів для ефективного функціонування системи.

2.1.2 Послідовність та процес роботи 3-D принтеру на будівництві

1. Підготовка Дизайну: Першим кроком у процесі є створення детального 3-D моделі будинку за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для дизайну, такого як AutoCAD або SketchUp. Ця модель визначає форму та розміри будинку, а також розташування вікон, дверей та інших елементів.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Передача Даних до Принтера: Після створення 3-D моделі вона передається до програмного забезпечення, яке керує роботою 3-D принтера. Це програмне забезпечення розбиває модель на шари і генерує команди для принтера щодо руху друкарської головки та нанесення матеріалу.
3. Нанесення Матеріалу: Для друку будинків зазвичай використовуються будівельні матеріали, такі як бетон або цементна суміш. 3-D принтер нагріває цей матеріал до потрібної температури і наносить його на будівельну платформу шар за шаром, дотримуючись точних координат, визначених програмним забезпеченням.
4. Формування Структури: Під час нанесення матеріалу 3-D принтер також може враховувати внутрішню структуру будинку, таку як стіни, перекриття та фундамент. Це дозволяє принтеру створювати міцну та стійку конструкцію, яка відповідає всім будівельним стандартам.
5. Додавання Додаткових Елементів: Під час друку 3-D принтер може автоматично вставляти двері, вікна, труби та інші будівельні елементи. Це дозволяє створити готову для життя будівлю з мінімальною потребою в додаткових роботах після завершення друку.
6. Завершення Роботи: Після завершення друку будинку будівельна платформа знижується, а будівельний матеріал затверджується. Після цього будинок готовий до використання.

Цей процес дозволяє створювати будинки швидко, ефективно та з високою точністю, використовуючи мінімальну кількість ресурсів.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Визначення потрібного ПО для подальшої роботи

Огляд та порівняння середовищ 3D моделювання є важливим етапом для вибору оптимального програмного забезпечення для конкретних потреб:

- **AutoCAD:**

Огляд: AutoCAD є одним з найбільш відомих та широко використовуваних програмних засобів для 3D моделювання. Він відомий своєю потужністю та широким спектром функцій для проектування будівель та інших об'єктів.

Переваги: Велика кількість інструментів для точного моделювання, підтримка широкого спектру файлових форматів, можливість спільної роботи з іншими користувачами через хмарні сервіси.

Недоліки: Висока вартість ліцензії, складний для освоєння для новачків.

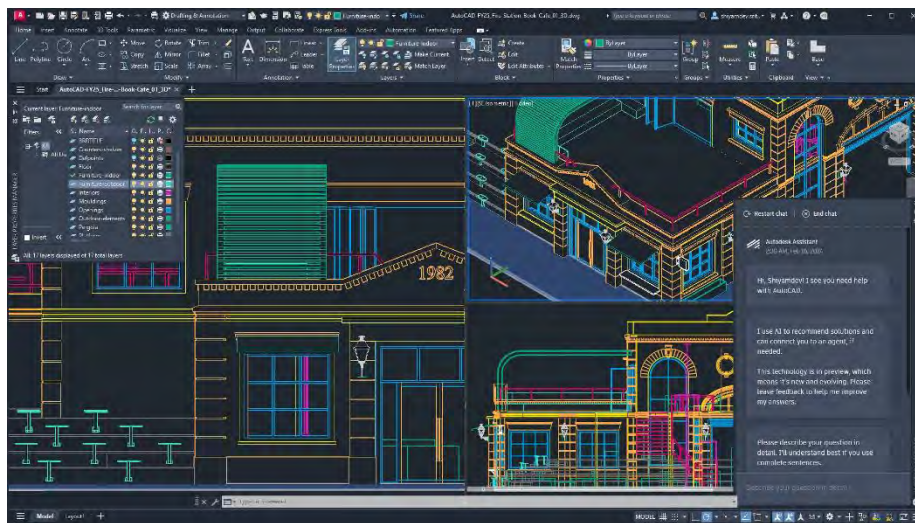


Рис.2.1 Середовище розробки AutoCAD

- **Blender:**

Огляд: Blender - це безкоштовне та відкрите програмне забезпечення для 3D моделювання, анімації та візуалізації. Він володіє потужними інструментами та гнучким інтерфейсом.

Переваги: Безкоштовність, велика спільнота користувачів, широкі можливості для анімації та візуалізації.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки: Деяка складність у використанні для початківців, менша підтримка файлових форматів порівняно з комерційними програмами.



Рис.2.2 Середовище розробки Blender

- SolidWorks

Огляд: SolidWorks відомий своєю потужністю та зручним інтерфейсом, спеціалізованим на проектуванні та інженерії виробів. Він володіє широким спектром інструментів для створення складних 3D моделей та інженерних креслень. SolidWorks також має підтримку для візуалізації, аналізу та інших інженерних завдань.

Переваги: Потужні інструменти для інженерного проектування та моделювання. Інтегровані можливості для аналізу та візуалізації. Зручний інтерфейс та швидка швидкість роботи.

Недоліки: Висока вартість ліцензії та обмеження доступу для окремих користувачів. Деяка складність у використанні для початківців, особливо без відповідної підготовки.

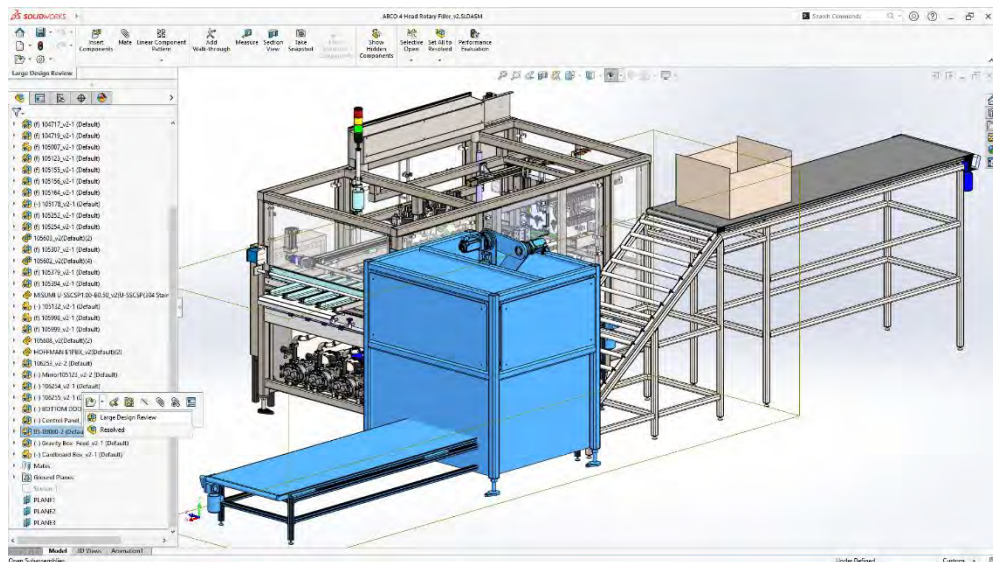


Рис.2.3 Середовище розробки SolidWorks

Порівняно з іншими програмами, такими як AutoCAD або Blender, SolidWorks спеціалізується на інженерному проектуванні та має більше функцій для цієї конкретної галузі. Він часто використовується в промисловості та виробництві для створення складних та точних моделей виробів.

У моєму проєкті ми будемо використовувати програмне забезпечення SolidWorks для створення 3D-моделей моєї автоматизованої будівельної системи. SolidWorks надає широкий спектр інструментів для створення складних 3D моделей та креслень, що дозволяє детально опрацювати кожен частину системи.

Програмне забезпечення легко інтегрується з іншими інженерними та виробничими інструментами, що спрощує процес розробки та виготовлення прототипів.

SolidWorks має вбудовані функції для проведення різноманітних аналізів, таких як структурний аналіз, термічний аналіз та динамічні симуляції. Це дозволить нам перевірити надійність та ефективність системи у різних умовах.

Програмне забезпечення має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє швидко освоїти роботу з ним навіть новачкам. Також доступна широка база навчальних матеріалів та підтримки від користувацької спільноти та виробника.

Висновки до другого розділу

На початку роботи ми визначили мету проєкту – створення автоматизованої системи, аналогічного 3D-принтеру, для будівництва житлових будинків. Першим кроком було вивчення існуючих технологій 3D-друку в будівництві та вибір відповідного програмного забезпечення для створення 3D-моделей. Для цього ми обрали SolidWorks, завдяки його потужним інструментам для інженерного проєктування, аналізу та симуляції.

SolidWorks відіграє ключову роль у моєму проєкті, забезпечуючи точне та ефективне моделювання всіх компонентів мого 3D-принтера. Завдяки цьому програмному забезпеченню ми змогли створити детальні моделі, провести необхідні аналізи та симуляції, що дозволило оптимізувати конструкцію системи та забезпечити її надійність.

Результати мого дослідження показують, що технологія 3D-друку має величезний потенціал для революційних змін у будівельній галузі. Створення автоматизованої системи, здатної будувати житлові будинки, може значно підвищити ефективність будівництва, зменшити витрати та вплив на навколишнє середовище.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ БУДІВНИЦТВА

3.1 Проектування системи

3.1.1 Вимоги до системи

Для успішного проектування автоматизованої системи будівництва важливо чітко визначити вимоги до системи. Ці вимоги можна поділити на кілька категорій:

Функціональні вимоги: Автоматизована система повинна мати можливість працювати з різними типами будівельних матеріалів, такими як бетон, пластик, композити.

Економічні вимоги: Система повинна бути економічно вигідною, з низькими витратами на обслуговування та експлуатацію. Необхідно мінімізувати витрати на матеріали, енергію та людські ресурси.

Екологічні вимоги: Використовувані матеріали та технології повинні бути екологічно безпечними. Система повинна забезпечувати мінімальні викиди шкідливих речовин та відходів, а також підтримувати можливість переробки відходів.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпека: Автоматизована система повинна відповідати всім нормам і стандартам безпеки. Це включає забезпечення безпеки оператора та інших працівників на будівельному майданчику, наявність аварійних зупинок та системи моніторингу стану обладнання.

Гнучкість: Система повинна бути здатна адаптуватися до різних умов будівництва і потреб замовника. Це включає можливість налаштування обладнання для виконання специфічних завдань, інтеграції з іншими системами та можливість масштабування.

Надійність: Обладнання повинно мати високу надійність і довговічність. Це включає використання високоякісних матеріалів, проведення регулярного технічного обслуговування та забезпечення підтримки від виробника.

3.1.2 Архітектура системи

Архітектура автоматизованої системи будівництва складається з кількох ключових компонентів, кожен з яких виконує певну функцію:

Механічна частина: Основними елементами механічної частини є роботизовані руки, 3D-принтер, системи подачі матеріалів, платформи для друку та механізми для переміщення. Ці елементи забезпечують точність та стабільність процесу будівництва.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Електроніка: Включає контролери, сенсори, системи управління та моніторингу. Контролери відповідають за керування всіма механічними компонентами, сенсори забезпечують зворотний зв'язок та моніторинг стану системи, а системи управління координують всі процеси.

Програмне забезпечення: Складається з ПЗ для проєктування, оптимізації та контролю процесу друку. Це включає інтерфейси для взаємодії з користувачем, алгоритми для управління рухом та контролю якості, а також модулі для обробки даних сенсорів.

Система управління: Центральна частина системи управління відповідає за координацію всіх підсистем. Вона включає ПЗ для планування завдань, моніторингу виконання робіт та аналізу даних. Важливим компонентом є алгоритми штучного інтелекту, які допомагають оптимізувати процес будівництва і приймати рішення в реальному часі.

Інтерфейси користувача: Зручні і зрозумілі інтерфейси для операторів і інженерів забезпечують легкість управління системою, проведення налаштувань і контроль за виконанням робіт. Важливо, щоб інтерфейси були інтуїтивно зрозумілими і дозволяли швидко навчитися працювати з системою.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Модульність: Архітектура системи повинна бути модульною, що дозволяє легко замінювати або оновлювати окремі компоненти без необхідності повної зупинки системи. Це підвищує гнучкість і дозволяє швидко адаптувати систему до нових вимог або технологій.

3.1.3 Моделювання процесів

Моделювання процесів є важливим етапом у проєктуванні автоматизованої системи будівництва. Воно включає:

Створення віртуальних моделей будівель: Використання CAD-програм для створення детальних 3D-моделей будівельних об'єктів. Ці моделі враховують всі архітектурні та конструктивні особливості майбутньої будівлі.

Симуляція процесу друку: Віртуальне моделювання процесу друку дозволяє визначити оптимальні параметри друку, такі як швидкість подачі матеріалу, температура, тиск та інші. Це також допомагає виявити потенційні проблеми та розробити шляхи їх усунення.

Аналіз результатів: Після проведення симуляційного друку результати аналізуються для виявлення можливих покращень та оптимізації процесу. Це включає оцінку якості друку, витрат матеріалів та енергії, а також часу, необхідного для завершення друку.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Оптимізація виробничих процесів: Моделювання дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшуючи час та витрати на будівництво. Це включає оптимізацію траєкторій руху роботів, вибір оптимальних параметрів друку та зменшення відходів матеріалів.

Віртуальне тестування: Перед впровадженням системи на будівельному майданчику проводиться віртуальне тестування для перевірки всіх компонентів системи та їх взаємодії. Це дозволяє виявити потенційні проблеми і провести необхідні корективи до початку реального будівництва.

Візуалізація процесів: Використання технологій віртуальної та доповненої реальності для візуалізації будівельних процесів. Це допомагає інженерам та архітекторам краще зрозуміти та планувати будівельні роботи, а також демонструвати проекти замовникам.

Аналіз і прогнозування: Після моделювання і тестування процесів проводиться детальний аналіз отриманих даних для визначення ефективності системи. Це включає аналіз продуктивності, витрат матеріалів та енергії, а також прогнозування можливих ризиків та проблем.

Таким чином, проектування автоматизованої системи будівництва є комплексним процесом, який включає визначення вимог, розробку архітектури та детальне моделювання всіх процесів. Це дозволяє створити

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ефективну, надійну та безпечну систему, яка відповідає сучасним вимогам будівельної галузі.

3.2 Розробка 3-D моделі системи

3.2.1 Процес створення моделі

У процесі створення 3-D моделі автоматизованої системи будівництва ми почали з визначення всіх вимог до моделі, включаючи технічні характеристики, габарити, функціональні можливості та інші параметри. Це дозволило створити базові ескізи та визначити загальні контури майбутньої системи.

Потім ми розробили концептуальні 3-D моделі, які відображають основні функціональні частини системи та їх розміщення. Для цього використовувалися програма для тривимірного моделювання SolidWorks.

Концептуальні 3-D моделі, які ми розробили, є візуальним відображенням системи будівництва. Вони включають у себе основні елементи системи, такі як будівельні блоки, робочі механізми та управляюче обладнання. Моделі детально показують розміщення та взаємодію кожної частини, що дозволяє зрозуміти їх функціональність та ефективність в контексті будівельного процесу. Вони мають чітко визначені просторові параметри, відображають масштаб та пропорції системи, щоб забезпечити правильне розуміння її роботи та можливостей.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						38
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Після затвердження концептуальної моделі ми перейшли до її деталізації, що включає розробку всіх механічних, електронних та інших компонентів системи з особливою увагою до точності деталей, їх сумісності та можливості виготовлення.

Розпочали процес деталізації.

Наприклад, для механічних компонентів ми вивчали їх конструкцію та взаємодію з іншими елементами системи, забезпечуючи оптимальну сумісність та ефективність роботи. Щодо електронних компонентів, ми розробляли електричні схеми та враховували їхню взаємодію з механічними елементами, а також забезпечували відповідність стандартам безпеки та надійності.

На цьому етапі ми провели аналіз створеної моделі з метою виявлення можливих помилок або неточностей, використовуючи симуляції для перевірки роботи окремих компонентів та їх взаємодії.

Після виявлення помилок вони були виправлені, і модель коригувалася відповідно.

Після завершення моделювання створювалися креслення для кожного компонента системи.

Завершальний етап процесу створення моделі включав підготовку 3-D файлів до друку. Це включало конвертацію файлів у формати, які підтримуються 3-D принтерами, такі як STL або OBJ, а також проведення перевірки моделей на наявність помилок, що можуть вплинути на якість друку.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Оптимізація моделі для друку

Оптимізація 3-D моделі для друку була важливим етапом, який забезпечив високу якість та ефективність друку.

Ми провели аналіз структури моделі для визначення можливих слабких місць, які могли б спричинити деформації або інші проблеми під час друку. Це включало перевірку товщини стінок, наявності підтримок та інших елементів.

Далі ми модифікували геометрію моделі з метою зменшення об'єму матеріалу та часу друку, видаляючи зайві елементи, зменшуючи товщину стінок та застосовуючи структурні оптимізації, такі як решітчасті або пористі структури.

Ми підбирали оптимальні параметри друку для кожної частини моделі, включаючи вибір типу матеріалу, температури друку, швидкості подачі матеріалу, параметрів охолодження та інших налаштувань, враховуючи особливості кожного матеріалу та вимоги до якості друку. У разі необхідності ми додавали до моделі підтримки, що допомагали забезпечити стабільність під час друку та запобігти деформаціям. Після завершення друку підтримки видалялися, що дозволяло отримати чистий і точний виріб.

Детальна перевірка моделі на наявність помилок, таких як невірні геометричні елементи, відсутність деталей або некоректне розміщення частин, проводилася за допомогою спеціальних програм для аналізу 3-D моделей. У разі друку великогабаритних моделей ми проводили їх

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розбиття на окремі частини, які згодом з'єднувалися, що дозволяло оптимізувати процес друку та забезпечити високу якість деталей. Завершальний етап оптимізації включав створення файлів для друку, що враховували всі внесені зміни та оптимізації, підготовку принтера, налаштування параметрів друку та тестування на невеликих зразках для перевірки якості.

Оптимізація моделі для друку дозволила забезпечити високу якість кінцевого продукту та ефективність процесу будівництва. Це включало не лише технічні аспекти, але й врахування економічних і екологічних факторів, що сприяло створенню надійної та економічно вигідної системи.

3.3 Тестування і налагодження системи

Після успішного завершення проектування та розробки системи будівництва ми переходили до важливого етапу - тестування та налагодження компонентів.

3.3.1 Випробування компонентів

На цьому етапі ми ретельно перевіряли кожен компонент системи, виконуючи серію тестів для визначення їхньої працездатності та відповідності вимогам проекту. Серед компонентів, які було випробувано:

- Система приводу: забезпечує рухомі механізми системи будівництва. Ми перевіряли її здатність до плавного і точного керування, стабільність роботи при різних навантаженнях та впливі зовнішніх факторів.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Контрольно-вимірвальні пристрої: забезпечують вимірювання та контроль параметрів системи. Ми перевіряли їхню точність, надійність та відповідність стандартам метрології.

3.3.2 Налагодження процесів

Після успішного завершення випробувань компонентів ми перейшли до налагодження робочих процесів системи в цілому для досягнення оптимальної ефективності та надійності. На цьому етапі ми:

- Калібрували систему координат: для забезпечення точного руху механізмів системи.
 - Оптимізували алгоритми керування: налаштовували алгоритми керування системою для максимальної швидкості та точності виконання робочих операцій.

3.4 Інтеграція з будівельними процесами

Завершальний етап впровадження автоматизованої системи будівництва - це її інтеграція з основними будівельними процесами.

3.4.1 Вибір будівельного майданчика

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Першим кроком у цьому напрямку є вибір оптимального будівельного майданчика, де буде впроваджена моя система. Для цього ми проводили комплексний аналіз потенційних майданчиків, враховуючи їхню доступність, географічне розташування, інфраструктуру та специфіку будівельних проєктів, що планується виконати.

У результаті цього аналізу ми вибирали майданчик, який найкращим чином відповідає вимогам та потребам моєї системи, забезпечуючи оптимальні умови для її впровадження та функціонування.

3.4.2 Впровадження системи на будівельному майданчику

Після вибору будівельного майданчика ми переходимо до фази впровадження системи. Цей процес включає в себе:

- Підготовку майданчика: забезпечення необхідних комунікацій, інфраструктури та ресурсів для встановлення та функціонування системи.
- Монтаж та налаштування обладнання: установка всіх компонентів системи на майданчику та налаштування їх для оптимальної роботи.
- Навчання персоналу: проведення навчальних курсів для персоналу з експлуатації та обслуговування системи.
- Перевірку та тестування: виконання серії тестів для перевірки працездатності та відповідності системи вимогам та очікуванням.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Запуск в експлуатацію: після успішного завершення всіх попередніх етапів система вводиться в експлуатацію та починає свою роботу на будівельному майданчику.

3.5 Розробка проєкту

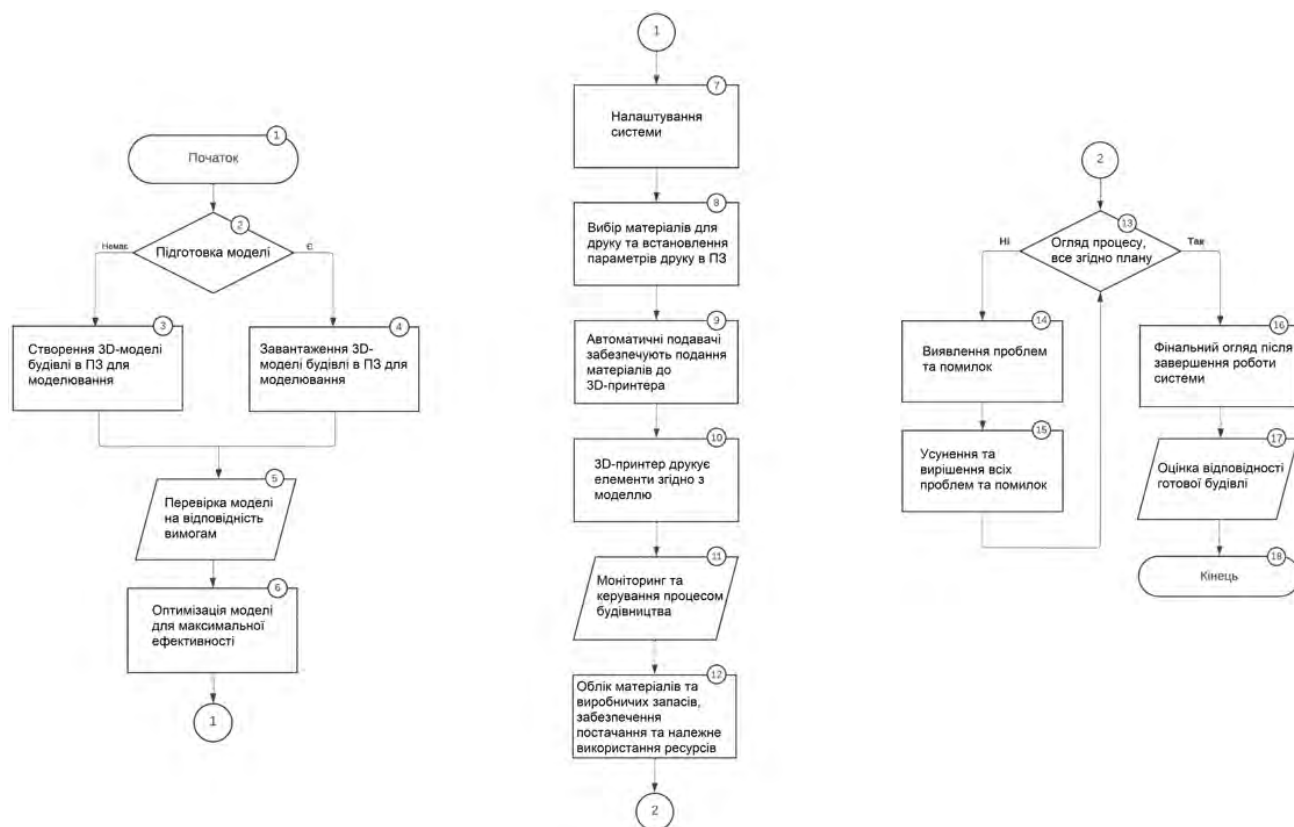


Рис 3.5 Алгоритм роботи «Автоматизованої системи створення будівнків»

- **Підготовка моделі:** Оператор створює або завантажує 3D-модель будівлі в програмне забезпечення для моделювання. В цьому етапі може бути важливо враховувати не лише візуальний аспект моделі, але й її технічну придатність для будівництва. Модель перевіряється на відповідність вимогам, таким як стійкість, безпека та ефективність будівництва, та оптимізується для максимальної ефективності.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 0109.00.00.0000

Арк.

44

- **Налаштування системи:** Під час налаштування системи вибираються матеріали для друку та встановлюються параметри друку в програмному забезпеченні. Важливо враховувати властивості матеріалів та їхню сумісність з друкарським обладнанням для досягнення оптимальних результатів.
- **Друк будівельних елементів:** Під час друку автоматичні подавачі забезпечують безперервне подання матеріалів до 3D-принтера, а сам принтер друкує будівельні елементи відповідно до попередньо створеної моделі.
- **Моніторинг та керування процесом будівництва:** Система постійно моніторить процес будівництва, виявляючи можливі проблеми та вживаючи заходів для їх вирішення. Це може включати автоматичне виявлення та корекцію помилок або втручання оператора у випадках надзвичайних ситуацій.
- **Управління матеріалами та запасами:** Система веде облік матеріалів та виробничих запасів, щоб забезпечити постачання та належне використання ресурсів під час будівництва. Ефективне управління матеріалами може допомогти уникнути затримок у виробництві та забезпечити стабільний процес будівництва.
- **Транспортування та монтаж:** Роботизовані маніпулятори відповідають за транспортування та монтаж будівельних елементів на будівельному майданчику. Важливо забезпечити точний та безпечний монтаж відповідно до плану будівництва для запобігання недолікам та забезпечення якості побудови.
- **Фінальний огляд та оцінка:** Після завершення будівництва виконується кінцевий огляд побудованої структури, а також проводиться оцінка відповідності готової будівлі до заданих стандартів та специфікацій. Цей етап допомагає забезпечити високу якість та безпеку готового об'єкту будівництва.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- **Обладнання:**

Принтерний модуль: Він потрібні для друку будівельних елементів з різних матеріалів, таких як бетон, пластик або метал.

Рама і конструкція: Зазвичай це міцна металева рама або конструкція, яка підтримує всі інші частини принтера та забезпечує стійкість та точність руху.



Рис. 3.5.1 Металева балка 8 штук (Дві по 10 метрів, чотири по 5 метрів та дві по 2 метри)

Технічні характеристики: Двотавр №16, Вуглецева, 10,0 м



Рис. 3.5.2 Алюмінієві профілі SOLARL02800600270A

Технічні характеристики: алюміній, Стандарт SOLAR, вага 3.45 кг, 2800x60x27

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.3 Болт метричний

Технічні характеристики: Expert Fix, сталь, Крок різьби 2,0, Відповідність стандарту DIN 933, 14x100

- **Система переміщення:** Це механізм, який відповідає за переміщення друкарської головки або робочої платформи в тривимірному просторі.

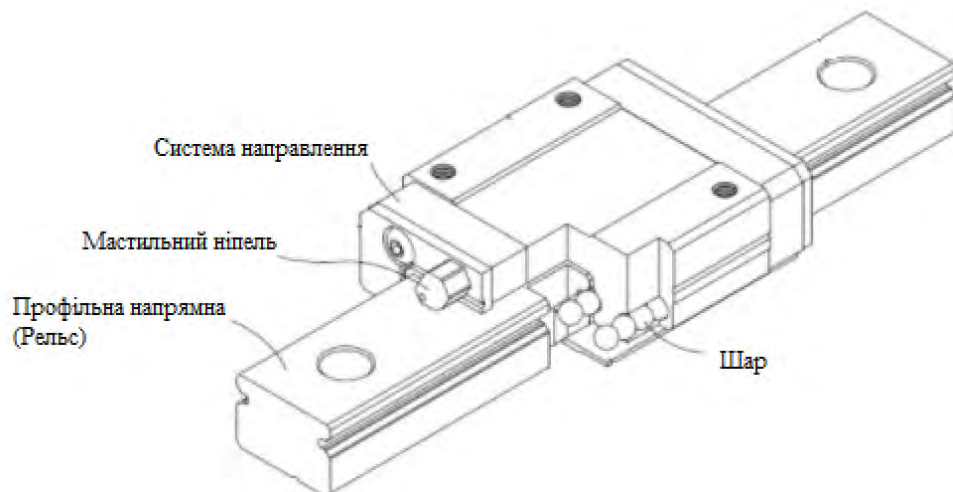


Рис. 3.5.4 Лінійна рейкова напрямна MGN12H

- **Екструдер (друкарська головка):** Це пристрій, який відповідає за витягування матеріалу та його нанесення на платформу. Для будівельних принтерів це може бути екструдер для друкованих бетонних елементів, шарувати, наносити інші будівельні матеріали.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.5 Екструдер FDM 0401

Технічні характеристики: FDM 0401, метал, сфера застосування: промисловий принтер

- **Насадки (диспенсери):** Деякі 3D-принтери використовують спеціальні насадки для нанесення бетону, цементу або інших будівельних матеріалів на платформу.



Рис. 3.5.6 Насадки для принтерного модулю із загартованої сталі

Технічні характеристики: різьба М6, 50 мм, сумісність із витратними матеріалами: бетон, пластик, метал.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Система контролю температури:** Для деяких матеріалів, таких як полімери або композитні матеріали, може бути потрібна система нагріву або охолодження, щоб керувати температурою під час друку.



Рис. 3.5.7 Термистор датчик температури NTC герметичний для 3D-принтера

Технічні характеристики: Значення с точністю $\pm 1\%$, мінімальна вимірювана температура: -45°C , максимальна вимірювана температура: $+200^{\circ}\text{C}$

- **Бак для матеріалу:** Деякі 3D-принтери можуть мати спеціальні резервуари або баки для матеріалу, які забезпечують постачання будівельних матеріалів до друкарської головки.



Рис. 3.5.8 Ємність Рото Європласт

Технічні характеристики: Поліетилен, 500 л, 14,6 кг.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.9 Будівельний міксер Т. І. Р ЕМ 2050

Технічні характеристики: напруга живлення 230 В, максимальна споживана потужність 2000 Вт, діапазон швидкостей 0-700 об/хв, змішувач: \varnothing 120 мм.



Рис. 3.5.10 Шланг для подачі бетону, розчину, гіпсу і цементу

Технічні характеристики: діаметр DN65, внутрішній шар - SBR/NR/BR, зовнішній шар - SBR, антистатичний, робоче тиск - 40 бар.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.11 Датчик рівня рідини ІЛТС0Х

Технічні характеристики: температура робочого процесу: $-20...+70^{\circ}\text{C}$, потужність 3Вт, ступінь захисту: IP66, частота обертання лопаті: 1 об/хв, вихідний сигнал: макс.250В АС, 2А, 500 Вт; макс.300 В DC, 2 А, 60 Вт

На вершині бочки з бетоном монтується міксер, який забезпечує змішування складових матеріалів. Після досягнення оптимальної консистенції бетону, контролер запускає процес подачі матеріалу. Кран відкривається, і готова рідина починає поступати до принтерного модуля через шланг. Технологічний процес керується відповідальною людиною, яка забезпечує правильність кожного етапу виробництва. Після завершення подачі матеріалу кран закривається та, після очистки, система готова до наступної операції. Якщо рідина закінчується, то датчик рівня передає сигнал на монітор.

Але для забезпечення подачі цементу до будівельного 3D-принтера не обов'язково використовувати спеціалізовану установку. Альтернативним варіантом є використання автобетоносмесителя КАМАЗ. Підключивши до нього шланг потрібного розміру, можна подавати цементний розчин до принтера. Такий підхід є мобільним і простим у реалізації.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.12 Автобетоносмесителя «КАМАЗ»

- **Інтерфейс інтеракції з користувачем:** Програмне забезпечення, яке дозволяє оператору встановлювати параметри друку та контролювати процес будівництва.



Рис. 3.5.13 Мини-монитор KEPIFO

Технічні характеристики: 1024x600, 60 Гц, 16:10, ЖК-дисплей.

Інтерфейс «Автоматизованої системи створення будівнків»

Графічний інтерфейс (GUI):

- Меню для вибору режимів роботи та функцій системи.
- Вікна для відображення 3D-моделей будівлі, параметрів друку, статусу виробництва тощо.
- Кнопки та інші елементи керування для виконання різних операцій.

Панель керування:

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зручна панель зі скороченими кнопками для швидкого доступу до основних функцій.
- Можливість налаштування параметрів друку та інших опцій.

Відображення статусу виробництва:

- Індикатори стану системи, такі як "в режимі очікування", "друк", "обробка", "монтаж" тощо.
- Поточний статус виробництва та інформація про завершеність завдань.

Журнал подій та повідомлення:

- Відображення повідомлень про стан системи, помилки, сповіщення тощо.
- Журнал подій для запису історії дій користувача та системних подій.

Менеджер файлів:

- Можливість завантаження та збереження 3D-моделей будівлі.
- Управління файлами проектів та іншими даними.

Додаткові інструменти:

- Можливість налаштування параметрів системи.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

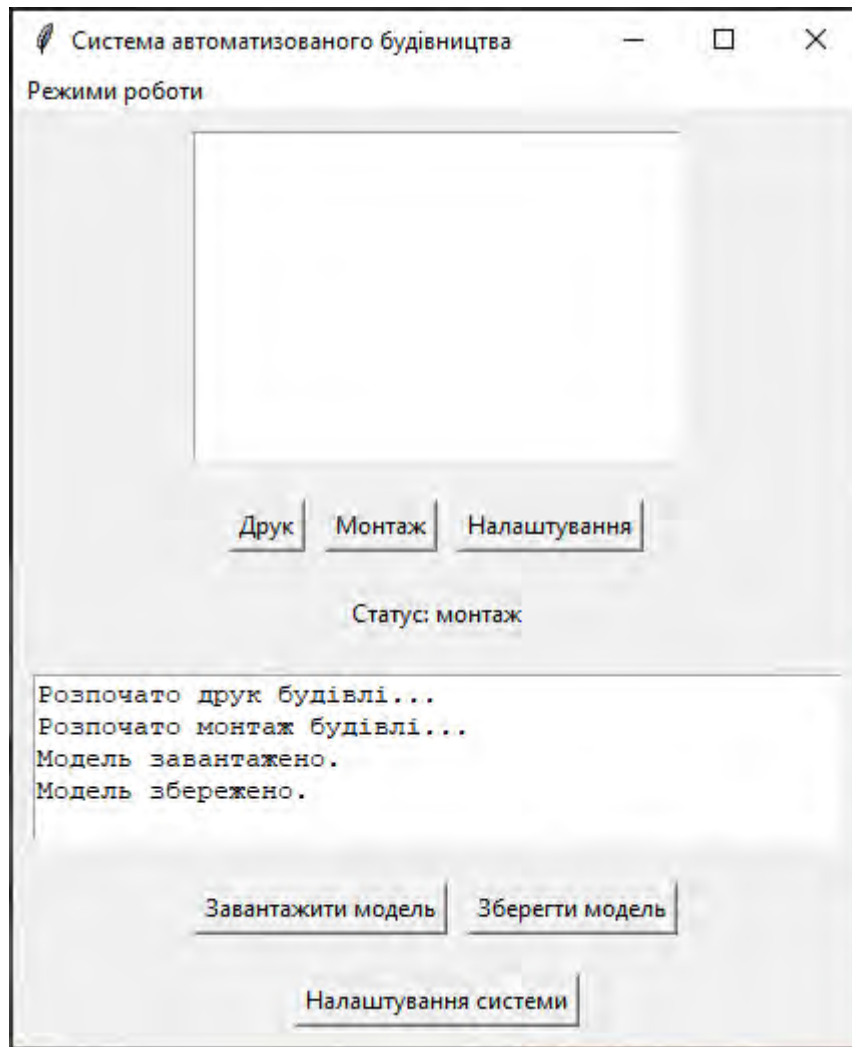


Рис. 3.5.14 Інтерфейс «Автоматизованої системи створення будівнків»

Код Python:

```
import tkinter as tk
```

```
class GUI(tk.Tk):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.title("Система автоматизованого будівництва")

        # Меню
        self.menu = tk.Menu(self)
        self.config(menu=self.menu)
```

```

# Меню для вибору режимів роботи та функцій системи
self.mode_menu = tk.Menu(self.menu, tearoff=0)
self.menu.add_cascade(label="Режими роботи", menu=self.mode_menu)
self.mode_menu.add_command(label="Режим друку")
self.mode_menu.add_command(label="Режим монтажу")
self.mode_menu.add_command(label="Режим налаштувань")

# Вікно для відображення 3D-моделей будівлі
self.building_window = tk.Text(self, height=10, width=30)
self.building_window.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)

# Панель керування
self.control_panel = tk.Frame(self)
self.control_panel.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)
self.print_button = tk.Button(self.control_panel, text="Друк",
command=self.print_building)
self.print_button.pack(side=tk.LEFT, padx=5)
self.assemble_button = tk.Button(self.control_panel, text="Монтаж",
command=self.assemble_building)
self.assemble_button.pack(side=tk.LEFT, padx=5)
self.settings_button = tk.Button(self.control_panel, text="Налаштування",
command=self.open_settings)
self.settings_button.pack(side=tk.LEFT, padx=5)

# Відображення статусу виробництва
self.status_label = tk.Label(self, text="Статус: очікування")
self.status_label.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)

# Журнал подій та повідомлення
self.log_text = tk.Text(self, height=5, width=50)
self.log_text.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)

# Менеджер файлів
self.file_manager = tk.Frame(self)
self.file_manager.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)
self.load_button = tk.Button(self.file_manager, text="Завантажити модель",
command=self.load_model)
self.load_button.pack(side=tk.LEFT, padx=5)
self.save_button = tk.Button(self.file_manager, text="Зберегти модель",
command=self.save_model)
self.save_button.pack(side=tk.LEFT, padx=5)

```

```

# Додаткові інструменти
self.settings_button = tk.Button(self, text="Налаштування системи",
command=self.open_settings)
self.settings_button.pack(side=tk.TOP, padx=10, pady=10)

def print_building(self):
# Логіка для друку будівлі
self.log_text.insert(tk.END, "Розпочато друк будівлі...\n")
self.status_label.config(text="Статус: друк")

def assemble_building(self):
# Логіка для монтажу будівлі
self.log_text.insert(tk.END, "Розпочато монтаж будівлі...\n")
self.status_label.config(text="Статус: монтаж")

def open_settings(self):
# Відкриття вікна налаштувань
settings_window = tk.Toplevel(self)
settings_window.title("Налаштування системи")
# Додаткові налаштування...
settings_label = tk.Label(settings_window, text="Налаштування системи")
settings_label.pack()

def load_model(self):
# Логіка завантаження моделі
self.log_text.insert(tk.END, "Модель завантажено.\n")

def save_model(self):
# Логіка збереження моделі
self.log_text.insert(tk.END, "Модель збережено.\n")

if __name__ == "__main__":
app = GUI()
app.mainloop()

```

- **Джерела живлення та електроживлення:** Для забезпечення енергії пристроям та обладнанню потрібні різні джерела живлення, такі як генератори або акумулятори.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.5.15 Генератор бензиновий Husqvarna G3200P

Технічні характеристики: Однофазний, напруга генерації 230, частота генерації 50, Спосіб запуску ручний, Робочий об'єм двигуна, см куб 212, Бензин, розміри 625X495X495



Рис. 3.5.16 Загальний вигляд змодельованої версії «Автоматизованої системи створення будинків»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 0109.00.00.0000

Арк.

57

3.6 Структурна та функціональна схеми

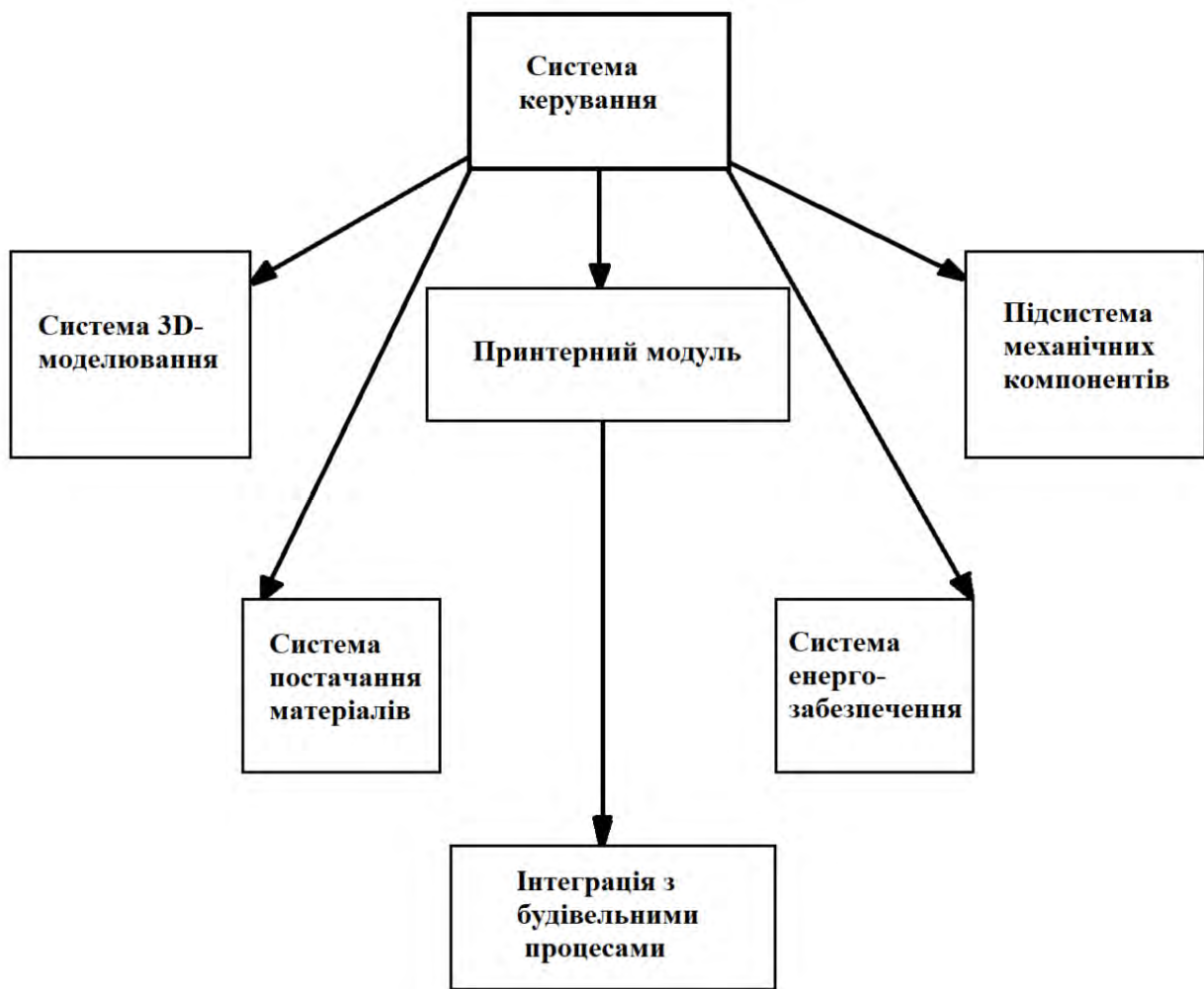


Рис. 3.6.1 Структурна схема «Автоматизованої системи створення будинків»

1. Система керування

Центральний контролер: Головний мозок системи, який координує всі інші компоненти.

Програмне забезпечення для керування: Інтерфейс для оператора та система управління для автоматизації процесів.

2. Система 3D-моделювання

Програмне забезпечення для 3D-моделювання: Використовується для створення та редагування 3D-моделей будівель.

3. Принтерний модуль

3D-принтер: Основний пристрій для друку будівельних елементів.

Матеріали для друку: Біоматеріали, металеві сплави, бетон тощо.

4. Підсистема механічних компонентів

Роботизовані маніпулятори: Виконують точні дії під час друку.

Рейкові направляючі: Забезпечують точне переміщення 3D-принтера.

5. Система постачання матеріалів

Автоматичні подавачі: Забезпечують безперервне подавання матеріалів до принтера.

Контейнери для зберігання матеріалів: Місце зберігання будівельних матеріалів.

6. Система енергозабезпечення

Джерела живлення: Генератори, акумулятори для забезпечення роботи системи.

Кабельні з'єднання: Забезпечують постійне постачання електроенергії до всіх компонентів.

7. Інтеграція з будівельними процесами

Система планування будівництва: Координує процеси будівництва на об'єкті.

База даних будівельних проектів: Зберігає всю інформацію про проекти, що реалізуються.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

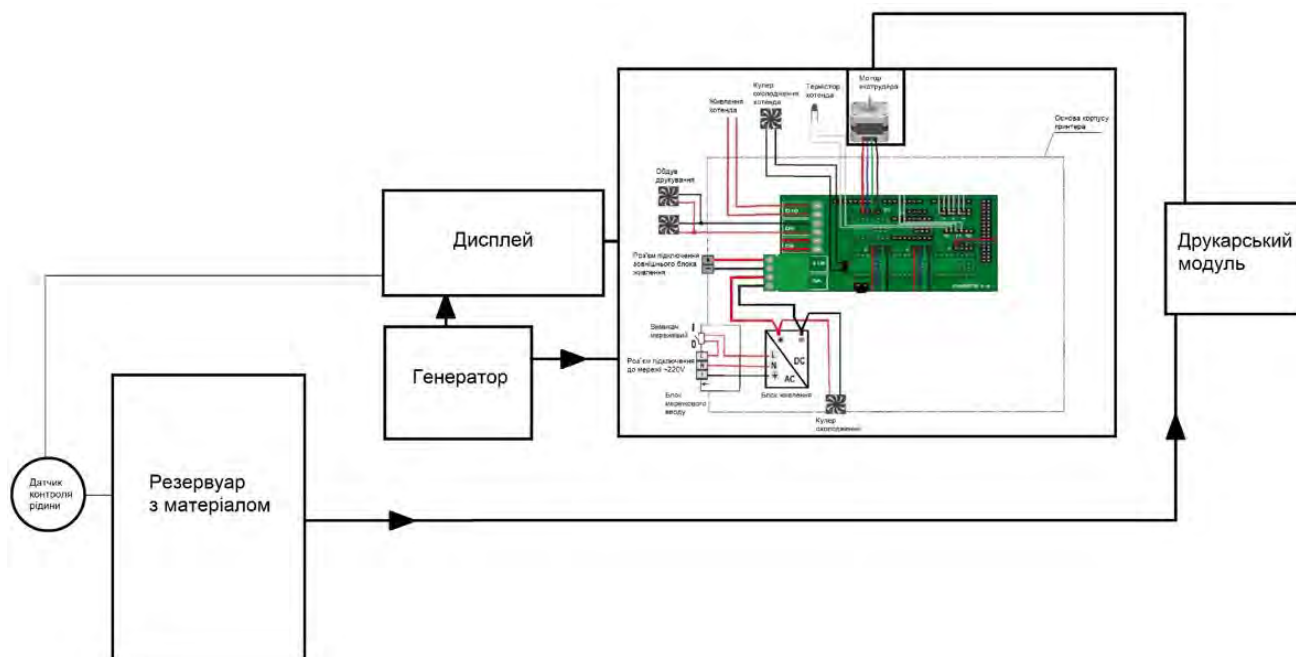


Рис. 3.6.2 Функціональна схема «Автоматизованої системи створення будинків»

1. Датчик контролю рівня матеріалу

- Контролює рівень матеріалу в резервуарі, забезпечуючи автоматичну подачу матеріалу при досягненні мінімального рівня.

2. Резервуар з матеріалом

- Зберігає матеріал, який буде використовуватися для друку. Матеріал подається з резервуара до друкарського модуля.

3. Генератор

- Відповідає за забезпечення електричної енергії для системи, включаючи друкарський модуль, дисплей та інші компоненти.

4. Дисплей

- Використовується для візуалізації параметрів та стану системи. Має спеціальний інтерфейс, що дозволяє користувачеві налаштовувати систему, відстежувати статус роботи, завантажувати моделі, зберігати моделі, обрати режим матеріалу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 0109.00.00.0000

Арк.

60

5. Друкарський модуль

- Основний компонент, який безпосередньо виконує процес друку, використовуючи матеріал з резервуара.

6. Основний контролер

- Центральний контролер, який керує всіма компонентами системи. Він отримує дані з датчиків, обробляє їх і забезпечує координацію роботи генератора, дисплея та друкарського модуля. Має додаткові налаштування для управління процесом друку та взаємодії з користувачем.

Додаткові деталі основного контролера:

1. Мікроконтролер

- Основний мікроконтролер, Ramps1.4, відповідає за управління всією системою, обробку сигналів з датчиків та взаємодію з користувачем через дисплей.



Рис 3.6.2. Основний мікроконтролер Ramps1.4

RAMPS 1.4 є оптимальним вибором для автоматизованих систем створення будинків завдяки своїй високій сумісності з Arduino Mega 2560 та підтримці

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стандартних драйверів крокових двигунів, таких як A4988 та DRV8825. Його модульна конструкція дозволяє легко замінювати та додавати нові компоненти, що забезпечує гнучкість та розширюваність системи. Простота використання і широка підтримка спільноти користувачів і розробників забезпечують легкий доступ до численних ресурсів та документації. Крім того, RAMPS 1.4 є відносно недорогим рішенням, що робить його доступним для реалізації складних і масштабованих проектів автоматизації будівництва.

Встановлюємо його на металевий корпус нашої автоматизованої системи

2. Пам'ять

Є декілька варіантів встановлення пам'яті та зберігання інформації. Власне я у своєму дипломному проєкті буду використовувати EEPROM пам'ять, але нижче перераховані ще пару непоганих варіантів:

- EEPROM для зберігання налаштувань користувача та моделей друку.



Рис 3.6.3 EEPROM пам'ять

Пам'ять EEPROM є ідеальним рішенням для зберігання даних у нашій автоматизованій системі будівництва. Вона забезпечує надійне та довговічне зберігання інформації, яка залишається доступною навіть при втраті

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення. Вона легко програмується та має малу споживану потужність, що робить її ефективним вибором для зберігання налаштувань, історії роботи, або будь-яких інших важливих даних нашої системи. Її компактний розмір і інтеграція з різними мікроконтролерами забезпечують простоту впровадження і сумісність з існуючим обладнанням.

- Flash-пам'ять для зберігання прошивки та програмного забезпечення системи.



Рис 3.6.3 Flash-пам'ять SmartBuy V-Cut 64 Gb USB 2.0

Flash-пам'ять об'ємом 64 Гб ідеально підходить для зберігання великих обсягів даних у системах автоматизованого будівництва. Вона забезпечує швидку передачу і надійне зберігання ваших файлів, програм і інших важливих даних. Завдяки компактному розміру і високій ємності, Flash-пам'ять SmartBuy V-Cut 64 Гб є ефективним рішенням для інтеграції у будь-яку систему будівництва, забезпечуючи надійність і високу продуктивність. Її завжди можна забрати з собою та під'єднати до іншого пристрою, тому в цьому є і свої плюси.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Адаптер для Ramps 1.4

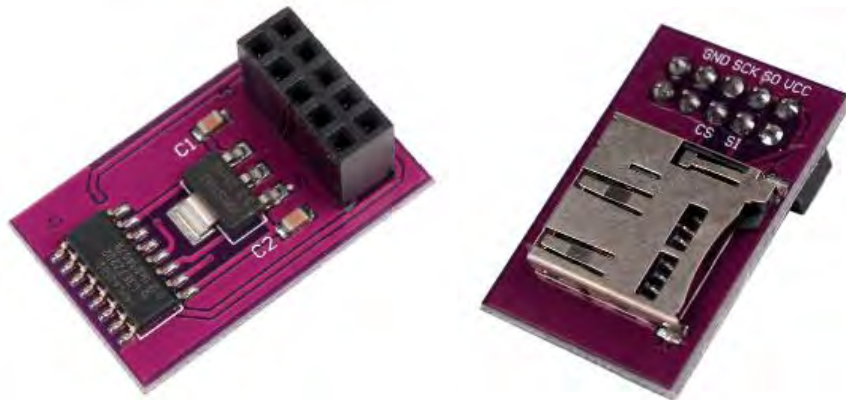


Рис 3.6.4 Адаптер для Ramps 1.4

Адаптер для Ramps 1.4 призначений для зручного підключення і використання карти пам'яті SD. Він дозволяє легко вставляти карту пам'яті SD і забезпечує зручний доступ до збережених на ній файлів, таких як налаштування, програми чи дані проекту. Цей адаптер розширює можливості контролера Ramps 1.4, дозволяючи зручно взаємодіяти з інформацією і забезпечує збереження даних безпечно і надійно.

3. Інтерфейси зв'язку

- USB для завантаження моделей з комп'ютера.



Рис 3.6.5 USB-A UJ2-АН-4-ТН 2.0

4. Датчики та моніторинг

- Температурні датчики для контролю температури друкарського модуля.

5. Інтерфейс користувача

- Спеціальний інтерфейс на дисплеї, який включає:
 - **Налаштування системи:** дозволяє користувачу встановлювати параметри друку, налаштовувати режим роботи.
 - **Статус роботи:** відображає поточний стан системи, наприклад, статус друку, помилки, рівень матеріалу.
 - **Завантаження моделі:** дозволяє користувачеві завантажувати моделі для друку з USB-накопичувачів.
 - **Зберігання моделі:** функція збереження моделей у внутрішню пам'ять для подальшого використання.
 - **Обирання режиму матеріалу:** дозволяє обрати тип матеріалу для друку, що оптимізує параметри друку під конкретний матеріал.

6. Кулера

- Кулер охолодження хотенду



Рис 3.6.6 Кулер охолодження Vambu Lab P1 сери

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Кулер охолодження



Рис 3.6.7 Кулер охолодження безшумний PWM P9JB

7. Термістор



Рис 3.6.8 Термістор Prusa Hotend MK3/S

8. Роз'єм підключення до мережі 220

Мережеві роз'єми живлення IEC 320 – це надійні та зручні конектори для ланцюгів з навантаженням до 10А та напругою до 250В. Вони зручні у використанні та мають доступну ціну. Відразу оснащені вмикачами і вимикачами з цього я використовуватиму їх.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи системи:

1. Зберігання та подача матеріалу

- Матеріал зберігається в резервуарі, де контролюється його рівень за допомогою датчика. При необхідності, матеріал автоматично подається до друкарського модуля.

2. Живлення системи

- Генератор забезпечує електроенергію для роботи всіх компонентів системи.

3. Контроль та візуалізація

- Дисплей відображає інформацію про стан системи та параметри процесу друку. Він також використовується для налаштування системи користувачем через інтерфейс.

4. Процес друку

- Друкарський модуль отримує матеріал з резервуара і виконує процес друку відповідно до заданих параметрів, які можуть бути налаштовані через інтерфейс користувача на дисплеї.

5. Управління системою

- Основний контролер координує роботу всіх компонентів, забезпечуючи точне виконання процесу друку та взаємодію з користувачем через дисплей.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						68
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки до третього розділу

У цьому розділі було проведено детальний аналіз, розробка та впровадження автоматизованої системи будівництва. Починаючи з проєктування системи та розробки 3-D моделі системи, ми працювали над створенням повноцінного та ефективного інструменту для автоматизації будівельних процесів.

Проєктування системи дозволило нам визначити всі вимоги до неї, розробити архітектуру та моделювати процеси будівництва. Результатом цієї роботи стала деталізована 3-D модель системи, яка відображає всі його функціональні частини та дозволяє налаштовувати їх для оптимальної роботи.

Після затвердження концептуальної моделі ми перейшли до її деталізації, розробляючи всі механічні, електронні та інші компоненти системи з особливою увагою до їхньої точності, сумісності та можливості виготовлення.

Налагодження системи включало проведення випробувань компонентів, налаштування процесів та інтеграцію з будівельними процесами. Результатом цього етапу стала повноцінна автоматизована система, готова до впровадження на будівельний майданчик.

Вибір будівельного майданчика, впровадження системи та її подальша інтеграція дозволили нам створити ефективний інструмент, який спростить та оптимізує будівельні процеси. Ми зібрали та смодельовали повністю робочу модель, яка може функціонувати на будь-якому будівельному майданчику, аналогічно до 3-D принтера, принцип якого вона використовується.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час тестування системи було виявлено, що швидкість та точність будівельних процесів значно збільшилися, завдяки автоматизованому підходу. Випробування компонентів показали високу надійність та стабільність роботи кожного елемента системи. Налагодження процесів дозволило досягти оптимальної продуктивності та ефективності в роботі системи.

Також можна висловити очікувані переваги та користь від впровадження цієї автоматизованої системи на будівельний майданчик, наприклад, зменшення витрат на робочу силу, підвищення якості та точності будівельних робіт, скорочення строків виконання проєктів, і т. д.

Не менш важливим є план подальшого розвитку системи, який включає постійне вдосконалення функціоналу, врахування нових технологій та вимог ринку, а також розширення сфери застосування для максимальної користі в майбутньому.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						70
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4. ТЕСТУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Аналіз якості будівельних елементів. Оцінка ефективності та продуктивності системи

Проведено детальний аналіз якості будівельних елементів, включаючи різноманітні матеріали, їх структуру та технічні характеристики. Для оцінки ефективності та продуктивності системи були визначені ключові показники, такі як час виготовлення, витрати матеріалів, точність виконання та надійність роботи.

Один із ключових аспектів аналізу стосується якості друкованих елементів. Отримано позитивну оцінку гладкості поверхні, рівномірності нанесення матеріалу, а також стійкості друку під час різних умов експлуатації. Наприклад, досліджено вплив зміни температури та вологості на якість друку.

Додатково, було проведено порівняльний аналіз витрат матеріалів для друку різних елементів. З'ясовано, які матеріали найбільш ефективно використовувати з точки зору вартості та якості. Наприклад, виявлено, що для деяких елементів оптимальним може бути використання біоматеріалів, а для інших – металевих сплавів.

Для друку невеликих, легких елементів, які не потребують великої міцності, найбільш вигідним може бути використання біоматеріалів, таких як PLA (полімолочна кислота) або ABS (акрилонітрил, бутадієн, стирол).

З іншого боку, для структурно складних або великих деталей, де потрібна велика міцність і термостійкість, металеві сплави, такі як алюміній або нержавіюча сталь, можуть бути більш практичним вибором з точки зору якості та довговічності.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім того, проведено аналіз точності виконання будівельних елементів залежно від різних параметрів друку, таких як швидкість друку, товщина шару, інтенсивність охолодження тощо. Встановлено оптимальні параметри друку для досягнення максимальної точності при мінімальних витратах матеріалу та часу.

Наприкінці розділу надано рекомендації щодо вдосконалення технології друку та підвищення ефективності виготовлення будівельних елементів. Зокрема, запропоновано використання нових матеріалів, оптимізацію процесу друку та впровадження додаткових контрольних механізмів для забезпечення якості та надійності виготовлених елементів.

1. Використання нових матеріалів: Розгляньте можливість використання передових біоматеріалів, що мають відмінні технічні характеристики та сприяють зменшенню впливу на навколишнє середовище. Наприклад, використання біополімерів, таких як PLA або ABS, може знизити викиди та витрати енергії.
2. Оптимізація процесу друку: Вдосконалення налаштувань друку, таких як швидкість друку, температура екструзії та товщина шару, може покращити якість та точність друку, зменшити час виготовлення та витрати матеріалів.
3. Впровадження додаткових контрольних механізмів: Розгляньте можливість встановлення додаткових сенсорів та камер для контролю процесу друку. Це дозволить вчасно виявляти та виправляти будь-які несправності, підвищуючи якість та надійність виготовлених елементів.
4. Вдосконалення програмного забезпечення: Постійно вдосконалюйте програмне забезпечення, що керує процесом друку. Додавання нових функцій, таких як автоматичне виявлення та коригування дефектів друку, може значно полегшити роботу та підвищити ефективність системи.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. Навчання персоналу: Надайте своєму персоналу можливість проходити регулярне навчання та підвищення кваліфікації з питань обслуговування та експлуатації автоматизованої системи. Відповідно підготовлений персонал забезпечить більш ефективну роботу та запобіжить можливим проблемам у майбутньому.

4.2 Перспективи подальшого вдосконалення та розширення застосування технології

- **Вдосконалення матеріалів:** Подальше дослідження матеріалів може включати роботу з більш міцними та стійкими сплавами металу, а також використання нових біокомпозитних матеріалів, які поєднують в собі міцність та екологічну чистоту. Наприклад, можна досліджувати використання відходів від рослинних виробництв для створення нових біопластиків, які можуть бути використані для друку будівельних елементів.
- **Розробка більш продуктивних систем:** Подальший розвиток технології друку може включати створення більш швидких та точних друкуючих головок, що дозволить збільшити швидкість виробництва будівельних елементів. Наприклад, розробка нових методів охолодження може допомогти уникнути деформації матеріалу та підвищити точність друку.
- **Застосування в нових галузях:** Технологія друку будівельних елементів може бути успішно застосована в галузях, що вимагають виготовлення складних та унікальних деталей. Наприклад, у виробництві автомобілів можна використовувати друковані компоненти для створення легких та міцних каркасів, що підвищить ефективність автомобіля.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Автоматизація будівельних процесів:** Подальший розвиток автоматизованих систем може включати в себе розробку систем штучного інтелекту для автоматичного контролю якості друку, що дозволить уникнути помилок та покращити точність виготовлення елементів. Наприклад, використання систем машинного навчання для виявлення дефектів у реальному часі.
- Створення більш складних конструкцій:** За допомогою технології друку можна буде виготовляти більш складні та нетрадиційні будівельні елементи, такі як геометрично складні форми, що не можуть бути виготовлені традиційними методами. Наприклад, друкування великих архітектурних споруд, які складаються зі складних геометричних форм, які було б важко або навіть неможливо виготовити за допомогою класичного будівельного обладнання.
- Вдосконалення матеріалів:** Подальше дослідження матеріалів може включати роботу з більш міцними та стійкими сплавами металу, а також використання нових біокомпозитних матеріалів, які поєднують в собі міцність та екологічну чистоту. Наприклад, можна досліджувати використання відходів від рослинних виробництв для створення нових біопластиків, які можуть бути використані для друку будівельних елементів.
- Розробка більш продуктивних систем:** Подальший розвиток технології друку може включати створення більш швидких та точних друкуючих головок, що дозволить збільшити швидкість виробництва будівельних елементів. Наприклад, розробка нових методів охолодження може допомогти уникнути деформації матеріалу та підвищити точність друку.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Застосування в нових галузях:** Технологія друку будівельних елементів може бути успішно застосована в галузях, що вимагають виготовлення складних та унікальних деталей. Наприклад, у виробництві автомобілів можна використовувати друківані компоненти для створення легких та міцних каркасів, що підвищить ефективність автомобіля.
- **Автоматизація будівельних процесів:** Подальший розвиток автоматизованих систем може включати в себе розробку систем штучного інтелекту для автоматичного контролю якості друку, що дозволить уникнути помилок та покращити точність виготовлення елементів. Наприклад, використання систем машинного навчання для виявлення дефектів у реальному часі.
- **Створення більш складних конструкцій:** За допомогою технології друку можна буде виготовляти більш складні та нетрадиційні будівельні елементи, такі як геометрично складні форми, що не можуть бути виготовлені традиційними методами. Наприклад, друкування великих архітектурних споруд, які складаються зі складних геометричних форм, які було б важко або навіть неможливо виготовити за допомогою класичного будівельного обладнання.

Звичайно, крім зазначених напрямків, існує ще безліч інших можливостей використання технології друку будівельних елементів. Від створення мініатюрних моделей для архітектурних проєктів до виробництва запчастин для авіаційної промисловості. Справді, обмеження тут визначаються лише нашою уявою та творчим підходом. Крім того, розвиток технологій та постійне вдосконалення процесів друку відкривають нові горизонти можливостей. Таким чином, лише фантазія та бажання експериментувати можуть обмежувати наш потенціал у цій сфері.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до четвертого розділу

Четвертий розділ дипломного проєкту був розрахований на детальну оцінку якості будівельних елементів та ефективності автоматизованої системи будівництва принесла лише позитивні результати. Відмінна гладкість поверхні та рівномірне нанесення матеріалу свідчать про високу якість вироблених елементів. Аналіз продуктивності підтвердив, що система працює стабільно та швидко, забезпечуючи високу швидкість виготовлення та економічність у використанні матеріалів.

Порівняльний аналіз витрат матеріалів дозволив виокремити оптимальні варіанти з точки зору вартості та якості. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення технології друку та впровадження додаткових контрольних механізмів є важливими кроками для подальшого покращення системи.

Проте варто зауважити, що це лише початок. На шляху подальшого розвитку технології будівництва за допомогою автоматизованих систем відкрито безліч можливостей. Це вимагатиме додаткових досліджень, творчого підходу та співпраці з іншими галузями. Насамкінець, результати мого проєкту створюють міцну основу для подальшого розвитку автоматизованих систем будівництва та їх успішного впровадження у практичне використання.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						76
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Завершенням мого дипломного проєкту хочу відзначити, що вона є важливим кроком у напрямку впровадження інноваційних технологій у будівельну сферу. Результати моїх досліджень вказують на потенціал автоматизованих систем будівництва для підвищення ефективності та якості будівельних процесів. Розроблена система створення будівель має можливість значно зменшити витрати часу та ресурсів, покращити точність та надійність будівельних конструкцій і в цілому зробити будівництво більш швидким, безпечним та стійким.

Основна мета мого проєкту полягала у вивченні та аналізі потенціалу автоматизації у будівництві, а також у розробці та впровадженні концепції автоматизованої системи створення будівель. В ході роботи ми досліджували різні аспекти цього питання, починаючи від аналізу існуючих технологій та методів автоматизації в будівництві і закінчуючи розробкою та тестуванням конкретної системи. Результати моїх досліджень демонструють, що впровадження автоматизованих систем будівництва може стати ключовим фактором для покращення ефективності та якості будівельних проєктів у майбутньому.

У моєму проєкті ми також звернули увагу на перспективи подальшого розвитку та вдосконалення автоматизованих систем будівництва. Є багато можливостей для впровадження нових технологій, вдосконалення існуючих методів та розробки нових стратегій для оптимізації будівельних процесів. Мій проєкт відкриває шлях для подальших досліджень у цьому напрямку та надає підґрунтя для реалізації нових ідей та концепцій у практичній діяльності.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						77
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Важливо підкреслити, що успіх впровадження автоматизованих систем будівництва залежить не лише від технологій та інженерних рішень, але й від культури та організаційних змін у будівельних компаніях. Для успішної реалізації цих ідей необхідна співпраця та взаєморозуміння між фахівцями різних галузей, а також готовність до постійного вдосконалення та адаптації до змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі.

У цьому дипломного проєкту ми подолали численні виклики та досягли значних результатів у напрямку впровадження автоматизованих систем будівництва. Продовжуючи цей шлях, ми віримо в безмежні можливості новаторських ідей та технологій для створення більш стійких, ефективних та якісних будівельних проєктів у майбутньому.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						78
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаних джерел

1. Wu, P., Wang, J., & Wang, X. "A Critical Review of the Use of 3-D Printing in the Construction Industry". *Automation in Construction*, 68, 2016.
2. Ghaffar, S. H., Corker, J., & Fan, M. "Additive Manufacturing Technology and Its Implementation in Construction as an Eco-Innovative Solution". *Automation in Construction*, 93, 2018.
3. Lim, S., Buswell, R. A., Le, T. T., Austin, S. A., Gibb, A. G., & Thorpe, T. "Developments in Construction-scale Additive Manufacturing Processes". *Automation in Construction*, 21, 2012.
4. Perrot, A., Rangeard, D., & Pierre, A. "Structural Built-up of Cement-based Materials Used for 3D-Printing". *Cement and Concrete Research*, 112, 2018.
5. "3D Printing in Construction: State-of-the-art and Future Perspectives". *Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 2017.
6. "Construction 3D Printing Market Size, Share & Trends Analysis Report by Construction Method (Extrusion, Powder Bonding), By Material Type (Concrete, Metal), By End-use (Building, Infrastructure), By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028". Grand View Research, 2021.
7. All3DP. "3D Printing in Construction: How It's Being Used in 2023".
8. Construction Dive. "The Future of Construction: 3D Printing in 2023".
9. "Автоматизація в будівництві: сучасний стан та перспективи розвитку", журнал "Будівництво та інфраструктура".
10. "Інноваційні технології у будівництві", веб-сайт Державного агентства з питань будівництва та житлово-комунального господарства України.
11. "Впровадження 3D-друку в будівництво: від теорії до практики", науково-практичний семінар "Інноваційні технології в будівництві", Київський національний університет будівництва і архітектури.

					ПК 0109.00.00.0000	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. "Цифрові технології в будівництві: поточний стан і перспективи", конференція "Сучасні технології в будівництві", Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут".
13. "Роль Інтернету речей у вдосконаленні будівельних процесів", науково-технічний журнал "Сучасні технології в будівництві".
14. "Будівництво майбутнього: тенденції та інновації", конференція "Інновації в будівництві", Національний університет "Львівська політехніка".
15. "Ефективність використання BIM-технологій у будівництві", дослідницький проєкт Інституту будівництва та архітектури Національної академії наук України.
16. "Автоматизовані системи управління будівельним процесом", науковий журнал "Автоматизація, управління та адміністрування в технічних системах".
17. "Використання інтелектуальних технологій у будівництві", інформаційний портал "Будівельний світ".
18. budinfo.com.ua - сайт, присвячений будівництву та новітнім технологіям у цій галузі.
19. construction.ua - веб-ресурс, де можна знайти актуальні новини та статті про будівництво та інновації.
20. buildingtechnologies.com.ua - сайт, що пропонує інформацію про сучасні будівельні технології та рішення.
- 21.1. Муравйов О. В. Сучасний стан та перспективи розвитку адитивних технологій / О. В. Муравйов, Ю. М. Нижник, В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов, К. М. Серий // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2021. – Том 32 (71), №5. – С. 114-119.
22. Галаган Р. М. Виявлення дефектів бетонних конструкцій на основі аналізу зображень за допомогою згорткових нейронних мереж / Р. М. Галаган, С. М. Андреєв, В. Ф. Петрик, В. Г. Баженов, Ю. Ю. Лисенко // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Том 34 (73), № 2, с. 1-7, 2023.

					<i>ПК 0109.00.00.0000</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		