

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: Впровадження технології 3D друку в малоповерхове будівництво

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-пцб-1
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)

Скільсара Анатолій Михайлович
(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н., Мішук К.М.
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Рецензент проф., д.т.н. Банах В.А.
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали

Запоріжжя 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр і назва)
Спеціалізація -
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри промислового та
цивільного будівництва
проф. І.А. Арутюнян
" " " 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Скільсара Анатолій Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проєкту) Впровадження технології 3D друку в
малоповерхове будівництво

керівник роботи Мішук Катерина Миколаївна, доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце звання)

затверджені наказом ЗНУ від " " 20 року №

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи грудень 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи аналіз та використання будівельної
продукції 3D-принтера

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ, розділ 1 – аналіз та використання будівельної продукції
3D-принтера, розділ 2 – розробка будівельного блока, розділ 3 – гранично

допустиме навантаження, розділ 4 — соціальна відповідальність, розділ 5.
 Апробація технології будівництва 3D друком
 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 До десяти слайдів презентації в PowerPoint

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видані	завдання прийняті
Розділ 1	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 2	Мішук К.М., доц. кафедри		
Розділ 3	Мішук К.М., доц. кафедри		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз виробництва та використання продукції		
2	Розробка будівельного блока		
3	Гранично допустимі навантаження		
4	Соціальна відповідальність		
5	Апробація технології будівництва 3D друком		

Студент Скільсера А.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) Мішук К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Данкевич Н.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Скільсара Анатолій Михайлович. Впровадження технології 3D друку в малоповерхове будівництво.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Об'єктом нашого проекту є розробка універсального будівельного елемента, який виготовляється з використанням 3D-друку та призначений для використання в будівництві. Предметом дослідження є будівельні блоки.

Основною метою нашої кваліфікаційної роботи є розробка декоративного та універсального будівельного модуля, який може використовуватися як у будівництві, так і в дизайні.

Для досягнення цієї мети ми аналізували форми будівельних блоків і методи їх збору, а також проводили пошук і відбір патентної та науково-технічної інформації, що стосується теми нашого дипломного проекту. У процесі роботи використовувалися методи аналітичного огляду.

В результаті дослідження були розроблені декілька форм будівельного блока з використанням технології 3D-друку

Ключові слова: матеріал, технологія, проектування, блоки, будівництво, 3D — друк, глина.

ABSTRACT

Anatolii Mykhailovych Skilsara. 3D printer in the development of construction products

Qualifying final work for obtaining a master's degree in specialty 192 Construction and Civil Engineering, supervisor K.M. Mishuk. Yuri Potebnyi Engineering Education and Research Institute of Zaporizhzhia National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

The object of our project is the development of a universal building element that is manufactured using 3D printing and is intended for use in construction. The subject of research is building blocks. The main goal of our qualification work is to develop a decorative and versatile building module that can be used in both construction and design.

To achieve this goal, we analyzed the shapes of building blocks and methods of their assembly, as well as searched for and selected patent and scientific and technical information related to the topic of our diploma project. In the process, we used analytical review methods.

As a result of the study, several forms of building blocks were developed using 3D printing technology

Keywords: material, technology, design, blocks, construction, 3D printing, clay.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Визначення.....	9
1 Аналіз виробництва та використання будівельної продукції 3D-принтера.....	10
1.1 Особливості будівельного виробництва.....	10
1.2 Особливості блоків для перегородок.....	11
1.3 Характеристики стінового блока.....	14
1.4 Особливості друку на 3D — принтері.....	16
1.4.1 Історія.....	16
1.4.2 Технологія друку блоків на 3D — принтері.....	19
2 Розробка будівельного блока.....	22
2.1 Вибір матеріалу.....	22
2.1.1 Глина.....	22
2.1.2 Керамічні блоки.....	26
2.1.3 Інші будівельні матеріали.....	30
2.2 Аналіз форм будівельного блока.....	34
2.3 Технологія друку глиною на 3D — принтері.....	35
2.4 Процес виготовлення блока.....	37
2.4.1 Ескізування форм блока.....	39
2.4.2 3D моделювання з блока.....	39
2.4.3 Процес друку блока.....	40
2.5 Гранично допустиме навантаження.....	44
3 Соціальна відповідальність.....	44
3.1 Виробнича безпека.....	45
3.1.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів та заходи по їх усуненню.....	46
3.2 Екологічна безпека.....	52
3.3 Безпека під час надзвичайних ситуацій.....	54
3.4 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки.....	56
4 Впровадження технології будівництва 3-D друком.....	58
4.1 Будівництво школи за допомогою 3D-принтера у місті Львів.....	58
Висновки.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Використання інноваційних технологій у сфері будівництва відіграє ключову роль у розвитку цієї галузі та сприяє підвищенню ефективності та економічної вигідності будівельних процесів. Основними критеріями для визначення інноваційних технологій: спрощення та прискорення будівельних робіт, зниження витрат на будівництво, продовження терміну служби будівель та споруд, забезпечення енергоефективності та звукоізоляції, а також створення легких та комфортних внутрішніх кліматичних умов.

Слід зазначити, що зниження витрат на будівництво та дотримання екологічних норм відіграють найважливішу роль при впровадженні інновацій, оскільки ці аспекти відрізняють сучасні технології від традиційних методів. На сьогоднішній день ринок будівництва пропонує різноманітні матеріали та інструменти, та інноваційні ідеї в даній галузі продовжують активно розвиватися та знаходити практичне застосування. Це робить тему випускної кваліфікаційної роботи з вивчення інноваційних процесів у будівництві особливо актуальною.

Об'єкт дослідження - будівельні організації

Предмет дослідження – інноваційні процеси, пов'язані із застосуванням 3D-друку в малоповерховому будівництві.

Головною **метою роботи** є вивчення досвіду впровадження інноваційних технологій 3D-друку у будівництві низькорозташованих житлових будинків.

Для досягнення цієї мети було сформульовано такі **завдання**:

1. Аналіз сучасних інноваційних технологій, що застосовуються у будівництві;
2. Дослідження практичного використання технології 3D-друку у будівництві;
3. Розгляд досвіду зарубіжних країн, де було успішно впроваджено технологію 3D-друку у будівництві;

4. Оцінка попиту споживачів на можливість 3D-друку будинків.

Апробація. Основні положення роботи докладалися в 2023 році на III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України та соціально-економічного розвитку регіонів України», (Запоріжжя, 2023р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, загальних висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Основною темою текст викладено на 67 сторінках, з них 24 малюнків, 4 таблиці, та містить списки літератури зі 21 найменування праць вітчизняних та зарубіжних авторів.

Визначення

В даній роботі використовуються наступні терміни з відповідними визначеннями:

Будівництво — створення (зведення) будівель та споруд.

Стенові блоки — одні з самих затребуваних будівельних матеріалів.

Блоки для перегородок — це стінові камені, які використовуються для зведення міжкімнатних перегородкових стін.

Модульність — це набір(колекція, бібліотека) стандартизованих частин, які можуть бути використані один з одним або з іншими асетами, для того щоб збудувати більш комплексні структури, які являють собою основну архітектуру рівня(структурна геометрія) та будь-які важкі об'єкти (деталі ігрового оточення).

3D-принтер — це прилад, який дозволяє створювати справжні об'єкти, причому з самих різних матеріалів.

3D-друк — це процес створення реального об'єкта по зразку 3D моделі.

Екструдер — друкувальна головка, яка забезпечує рівномірну подачу матеріала.

Глина — мілкозерниста осадова гірська порода, пилевидна у сухому стані, пластична при зволоженні.

Керамічний блок або керамічний камінь — це штучний керамічний камінь важкої форми, призначений для мурування стін, перегородок, перекриттів, огорожень тощо.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ 3D-ПРИНТЕРА

1.1 Особливості будівельного виробництва продукції за допомогою 3D-принтера

Кожна будівля, споруда, навіть зведена по типовому проекту, має індивідуальні нюанси та деталі по своїй конструкції та методам зведення у відповідності з урахуванням конкретних умов виділеного для даної будівлі ділянки. З такими, як інженерно-геологічні, топографічні, кліматичні та конкретні можливостями матеріально-технічного забезпечення будівництва.

Постійне зміщення робочих місць виконавців будівельних дій та процесів, нерухомість виготовлюваної продукції.

Будівельними працівниками виконується своя робота в умовах, які постійно змінюються такі, як вплив погодних умов та природних кліматичних явищ на виконання будівельних процесів. Адже колосальна частина усіх виконуваних робіт по зведенню будь-якої споруди відбувається на відкритому повітрі, що означає в умовах змінних атмосферних впливів.

Вплив опадів, негативних та високих позитивних температур повітря, та вітру не тільки псують умови роботи працюючих, та крім того в багатьох випадках влечуть за собою майже завжди зміни технології виконання будівельних робіт та процесів. До прикладу, застосовуючи “літні” прийоми при умовах низької температури оточуючого повітря такі роботи, як оштукатурювання та фарбування конструкцій, цегляна кладка, у тому числі та бетонні роботи — виконувати неможна. У ході історичного розвитку будівельної галузі з урахуванням усіх її особливостей, громадського розвитку у нинішньому, сучасному суспільстві, та різних досягнень та прогресу у науково-технічній сфері склалася важлива сфера діяльності. Це і є суть будівельного

виробництва, основа функціонування якого має головні організаційні принципи, такі як системність, ефективність, гнучкість.

Еластичність або гнучкість сучасного будівельного виробництва є закономірним результатом різноманіття видів будівельної продукції, соціальних, природних та технічних факторів, які впливають на вибір технологічних та конструктивних рішень. Ефективність будівельного виробництва обумовлюється прагненням отримання якісної будівельної продукції при найменших витратах матеріальних, трудових, фінансових та часових ресурсів.

У виробництві будівельної продукції системність обумовлюється існуванням приладу інвестиційного будівельного процесу, який включає чітку регламентацію при виконанні усіх етапів та діяльності усіх учасників нормативними документами, розділенням та взаємозв'язком функціонування дозвільно-контролюючих державних органів, проектних та будівельних організацій, інвесторів-замовників і т.д.

Будівельні роботи, які виконуються на конкретному будівельному об'єкті, можна розглядати як важку систему, важкий керований комплекс будівельних процесів, які виконуються у чіткій технологічній послідовності на кожній ділянці будівлі(споруди) — окремо взятому, та на різних ділянках з урахуванням частичного суміщення у часі.

1.2 Особливості блоків для перегородок

Що таке блоки для перегородок? Під цим словосполученням мається на увазі спеціальний матеріал, який необхідний для будівництва перегородок, Їх часто використовують в якості внутрішніх перегородок квартири.

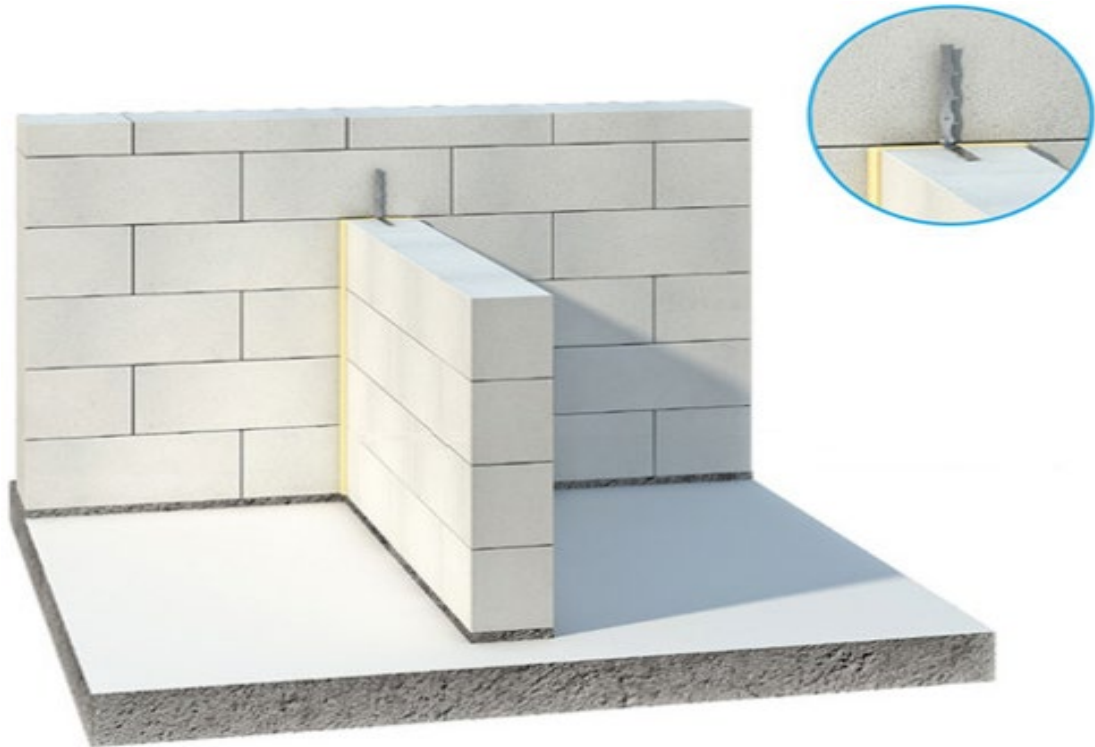


Рисунок 1.1 - Улаштування перегородки з блоків

Подібні вироби використовуються і для зовнішнього будівництва. Вони роблять внутрішні роботи набагато простіше. З їх допомогою ставиться тонка стіна, що володіє високою несучою здатністю.

Основні параметри блоків

Блоки для перегородок відрізняються рівною поверхнею, в якій є великі порожнини. Це дозволяє прокласти прямо в стіні водопровідні труби, зробити невидиму електропроводку. Блоки для перегородок дають можливість укласти керамічну плитку без вирівнювання стіни.

Характерними рисами таких блоків є:

- легкий монтаж;
- чудова геометрія;
- теплоізоляція;
- звукоізоляція;
- тривалий термін експлуатації;
- зберігання початкових властивостей.

Переваги перегородкових блоків.

Варто сказати, що перегородкові блоки можна віднести до універсального матеріалу. Вони знайшли застосування у всіх видах будівництва. Блоки для перегородок дуже легко обробляються, тому потребується мало часу на їх встановлення. Більшу економію містить їх вартість, яка набагато нижче звичайних будівельних матеріалів.

Перегородкові блоки давно показали свою ефективність. Їх структура дає можливість стінам відчувати себе комфортно. Вони починають «дихати», при цьому легко слідкувати за рівнем вологи. В результаті блок перегородковий повністю захищений від утворення плісняви.

В наш час головними факторами при виборі будівельних матеріалів є:

- якість
- вартість.

Перегородки з блоків є тим матеріалом, у якому одночасно злилися чудові експлуатаційні характеристики та більша економічність.

Блоки для внутрішніх перегородок.

Сьогодні різко змінилася архітектура будівництва житла. Більшою популярністю стали користуватися квартири, які мають вільне планування. Компанії, які будують подібні квартири, витрачають на будівництво набагато менше грошових вкладень, адже цілковито не треба встановлювати міжкімнатні перегородки з блоків.



Рисунок

1.2

-

Керамзитобетонні

блоки

Покупців вільне планування приваблює можливістю зробити квартиру такою, як вони задумали. Тепер можна зробити власне планування з урахуванням внутрішніх перегородок. Тим паче зведення перегородок із блоків давно не викликає ніяких складнощів.

Кладка перегородок: особливості.

Перед тим як почати зводити перегородки, робиться розмітка. Проводиться лінія повздовжньої осі, показуються місця дотику з капітальними стінами приміщення, вказується місцезнаходження отвору. Після цього за допомогою розчину проводять вирівнювання основи, монтуються шаблони, закріплюються порядовки.

Цегляна перегородка робиться товщиною, рівною половині цеглини, особливо у кімнатах, де спостерігається висока вологість.

У туалетних кімнатах перегородки кладуть на основі встановлених металічних шаблонів. Після укладання двох перших рядів шаблон прибирається, після цього між перекриттями монтують спеціальні кутові шаблони. Прив'зка швів виконується цементним розчином.

Щоб перегородка була більш міцною та стійкою, горизонтальні шви укріплюються арматурою. Там, де вона стикається з капітальними стінами, встановлюються вертикальні штраби.

Коли товщина встановлюваної перегородки дорівнює четвертині цегли, кладка виконується по шаблону, змонтованому за допомогою інвентарних щитів.

1.3 Характеристики стінового блока

Стінові блоки — одні з самих затребуваних будівельних матеріалів. Являють собою бетонні вироби такі як: шлакоблок, піскоблок, керамзитобетонний блок, арбалітовий блок, цегла. Використовуються у

цивільному та промислового будівництві. Призначені для зведення стін, перегородок, цокольних поверхів будівель, опірних стін та парканів. Підрозділяються на рядові, перегородкові, облицювальні, кутові, пустотілі, повнотілі та можуть мати різні розміри:

- пустотілі блоки використовуються при зведенні внутрішніх та зовнішніх стін в житлових та промислових приміщеннях.

-повнотілі блоки використовуються для зведення стін підвищеної міцності.

-перегородкові блоки та подовжні половинки використовуються для будівництва внутрішніх перегородок та малонавантажених стін.

-облицювальні блоки мають декоративну лицьову частину та призначені для облицювання практично будь-яких будівельних споруд.

Характеристики стінового блока.

Шлакоблок, керамзитобетонний блок, піскоблок та інші стінові бетонні вироби повинні відповідати ДСТУ Б В.2.7-36:2008 «Будівельні матеріали. Цегла та камені стінові безцементні. Технічні умови» та мати наступні основні характеристики:

- марка зносостійкості не менше F15 — F50 (цикли)
- теплопровідність виробу (при щільності рівній 1050-1200 кг/м³, не менш ніж 35-0,48Вт/(м0С)
- марка міності від 50 (кг/см²) до 150(кг/см²)

При використанні важких бетонів (на основі щебню, відсіву, піску), отримують будівельні камені з високими міцними характеристиками, при цьому теплопровідність каменю буде доволі низька. Застосовуючи легкі бетони (на основі шлаку, керамзиту, перліту) отримують будівельні блоки з високими тепловими характеристиками, при цьому міцність стінового каменю буде нижче ніж у виробу, виготовленого з важкого бетону.

Стіновий газобетон AEROC	Розміри мм			Кількість у палеті		Кількість шт. в 1м3
	Ш	В	Д	М3	ШТ.	
	250	200	610	2,135	70	32,79
	280			2,05	60	29,27
	300			2,196	60	27,32
	375			2,288	50	21,86
	400			1,952	40	20,49
	500			1,83	30	16,39
	250			200	610	2,135
	300	2,196	60			27,32
	400	1,952	40			20,49
	300	250	2,196			48

Рисунок 1.3 - «Стінові блоки»

Таким чином, основні характеристики блоків залежать від сировини з якої виробляються будівельні вироби і від обладнання, на якому вони виготовляються.

1.4 Особливості друку на 3D-принтері

1.4.1 Історія

До середини 90-х років минулого століття у світовій економіці склалася цікава ситуація: фірми-конкуренти стали не просто боротися за споживачів продукції, а буквально виконувати будь-які побажання. Саме важливе, що в результаті одноманітну продукцію — наприклад, окуляри та автомобілі — перестали купувати мільйонними партіями. Об'єм продажу з заводів-виробників скоротився до кількох тисяч штук в одній партії. Це був початок епохи мілкосерійного виробництва. В кінцевому результаті компанії виявили, що розробка форм, лекал та прототипів для більш нових та нових моделей обходиться дуже дорого.

Приблизно тоді ж становляться популярні прилади, здатні швидко та з мінімумом витрат виготовляти моделі, - станки з ЧПУ, числовим програмним управлінням. Багато з них так і залишилися в секторі виробництва, але інтенсивний розвиток окремої гілки «еволюції» призвело до появи офісних принтерів об'ємного друку — так почалася історія розвитку 3D-друку.

Самим першим пристроєм для створення 3D-прототипів була американська SLA-установка, розроблена і запатентована Чарльзом Халлом у 1986 році яка використовувала стереолітографію. Само собою, це ще був не перший 3D принтер у сучасному понятті, але саме вона визначила, як працює 3D-принтер: об'єкти нарощуються пошарово.

Халл одразу ж створив фірму 3D Systems, яка виготовила перший прилад об'ємного друку під назвою Stereolithography Apparatus. Першою моделлю цієї машини, яка мала широке поширення, стала розроблена у 1988 році SLA-250.

У 1990 році був використаний новий спосіб отримання об'ємних «печатних відбитків» - метод наплавлення. Його розробили Скотт Крамп, засновник компанії Stratasys, та його жінка, які продовжили розвиток 3D друку. Після цього стали активно використовуватися поняття «лазерний 3D-принтер» та «струменевий 3D-принтер».

Сучасний історичний етап розвитку 3D-друку стартував у 1993 році зі створенням компанії Solidscare. Вона виробляла струменеві принтери, які передували тривимірним. У 1995 році двома студентами Массачусетського технологічного інституту був модифікований струменевий принтер. Він створював відображення не на папері, а у спеціальній ємності, і вони були об'ємними. Тоді ж з'явилося поняття «3D-друк» і перший 3D-принтер. Цей метод був запатентований, та зараз використовується у створеній тими ж студентами компанії Z Corporation, а також ExOne. Z Corp. до сих пір виробляє 3D-принтери, які використовують цю технологію.

Історія створення 3D-принтера продовжилася з появою технології під назвою PolyJet, заснованої на використанні фотополімерного рідкого пластику. При такому способі друку головка «малює» шар фотополімера, який

моментально засвічується лампою. Метод виявився виграшним по багатьом параметрам: ціна його значно нижча, а висока точність дає можливість виготовлення не просто моделей, а готових до використання деталей.

З плином часу розвиток індустрії 3D-друку прискорювався, з'явилися нові фірми виробники 3D-принтерів, які робили свій внесок в її розробку, використовувалися нові матеріали та принципи, розміри та ціни приладів ставали все менше — перші 3D-принтери були величезні, зараз вони вміщуються на столі (виключаючи хіба що промисловий 3D-принтер). Сучасний тривимірний принтер все більше стає схожий на звичайний, який друкує на папері, по зовнішньому вигляду і технології нанесення «фарбуючої» речовини. Друковані ним моделі відрізняються ще і високою міцністю, тому можуть застосовуватися в якості готових виробів.

Зараз 3D-принтер може займати дуже мало місця — звичайно, це залежить від його призначення. На початку розвитку ціна такого принтера була доступна хіба що дуже великим компаніям, зараз же будь-яка людина може придбати 3D-принтер, ціна якого у середньому \$1000. Історія 3D-принтера ще не закінчена, і саме цікаве попереду.



Рисунок 1.4 - Перший в історії приватний будинок, який виставили на продаж



Рисунок 1.5 - Процес відтворення стін будинку

1.4.2 Технологія друку блоків на 3D-принтері

Підхід заснований на розділенні опори на декілька бетонних сегментів, які друкуються окремо та після цього збираються у єдиний монолітний елемент разом зі сталеву арматурою по принципу конструктора Lego. Цей метод призначений полегшити виробництво важких деталей з самим різним профілем, що в свою чергу призведе до більшої свободи творчості інженерів-конструкторів.



Рисунок 1.6 - Бетонні сегменти

Сегменти друкуються по окремої. Як тільки бетон трохи затвердіє, у них вставляються арматурні стрижні, посилюючи балку та об'єднуючі декілька сегментів в цілу опору.

Одночасно з вже налаштованим виробництвом, спеціалісти WASP розробляють технологію одночасного друку армованих опор 3,2 м. З цією ціллю вони використовують бетон з більш низьким показником в'язкості. За нашими плечима більш ніж столітня історія виробництва бетонних виробів. Її просто адаптували існуючі технології під 3D-друк. Сьогодні використовується цемент та інші зв'язуючі компоненти, наприклад, екологічно чисті поєднання на основі глини(геополімери) для створення водонепроникних виробів, які підходять для будівництва водостоків.



Рисунок 1.7 - Спосіб армування блоків

Перевага такого метода полягає в тому, що ви можете перенести виробництво деталей у приміщення і тим самим знизити вплив температури, вологи і т.д. А недоліки — у вартості транспортування та збільшених строках будівництва. Плюс до всього, збірка окремих елементів — технологічно важкий процес, який потребує додаткових рішень по посиленню конструкції.

Армування фундаменту відбувається по стандартній технології, при

цьому використовуються універсальні стяжки для незйомної опалубки, в які дуже зручно укласти прутки арматури. По кутах будівлі робляться випуски арматури для зв'язки з монолітною колоною. Горизонтальне армування стін виконується укладкою стандартної металевої арматури між шарами — через кожні 600 мм по висоті. Вертикальне армування виконується в кутах будівлі після друку опалубки для колони, яка згодом заливається важким бетоном. При цьому використовуються арматура з привареним у кінці бобишкою та спеціальний шаблон для забезпечення співвісності встановлення арматури.

Стіни, виготовлені з використанням будівельного 3D-принтера утеплюються аналогічно стінам з інших матеріалів, наприклад пристроєм вентиляваного фасаду. Також можна надрукувати додаткову камеру та заповнити її пінним утеплювачем.

Схоплювання та твердіння бетонного розчину, використаного для 3D-друку, відбувається на протязі не більш ніж 30 хвилин, при цьому консистенція розчину не дозволяє йому розтікатися та деформуватися під масою верхніх шарів, що дозволяє вести друк безперервно. Час, необхідний для набору міцності до 100% від номіналу, складає 28 діб.



Рисунок 1.8 - Порівняння цін будівельних блоків

3D-друк зробить можливим використання в будівництві важких геометричних форм без збільшення вартості та трудовитрат. Усвідомлення цього факту дасть нове направлення у дизайні. Поява комп'ютерних програм для 3D-моделювання вже змінило естетику архітектури, 3D-друк — наступний крок у цьому направленні.

Крім того, надруковані елементи фізично можуть мати різнорідні шари. В нас ж можливість створювати дуже важкі деталі з градієнтними характеристиками. Тобто готовий предмет може бути м'яким з одної сторони та твердим з іншої завдяки тому, що в багатофункціональний принтер прямо у процесі друку заправляють різні матеріали.

2 РОЗРОБКА БУДІВЕЛЬНОГО БЛОКА

2.1 Вибір матеріалу

Останнім часом на ринку з'являються нові будівельні матеріали та технології зведення будинків. Споживач в основному робить вибір на користь цінової доступності та легкості технології у процесі будівельних робіт.

Найбільш популярним та легкодоступним є будівельна глина.

2.1.1 Глина

Глина- один із самих відомих та розповсюджених матеріалів, які використовуються в будівництві. Вона утворюється в результаті руйнування глинистих порід природнім шляхом або за допомогою механічних та

біохімічних впливів у ході еволюції.

Глина гірська порода доволі важка та непостійна, як по складу, так і по своїм характеристикам. Чиста глина, яка не містить домішок, складається з маленьких частинок мінералів розміром не більше ніж 0.01мм. Зазвичай вони мають пластинчасту форму.

Подібні "глинисті" матеріали представляють собою важкі поєднання з алюмінію, кремнію та води. Вони не тільки містять воду в своїй структурі (така вода називається хімічно пов'язаною) але і утримують її в видів прошарків між частинками (таку воду називають фізично пов'язаною)

Якщо матеріал змочити, вода попаде в простір між шарами матеріалу, в результаті вони легко зсуваються по відношенню один до одного. Завдяки такій особливості глина має високу пластичність.

В глині є домішки таких речовин як карбонат кальцію, кварц, сульфід заліза, гідроксид заліза, оксид магнію, оксид кальцію і т.д. В залежності від хімічного складу, виділяють такі глинясті матеріали, як каолініти, галуазіти, ілліти і монтморилоніти.

Виходячи з призначення сировини, його нормують в залежності від того, який відсоток оксидів заліза, кварцового піску, різних домішок. Ступінь вогнестійкості матеріала залежить вмісту в ньому глинозему. Для виконання вогнестійких виробів використовують глину, яка містить мінімум 28% глинозему.

Технічні характеристики та властивості

Характеристики глини визначаються хімічним та мінеральним складом та розміром частинок.

Об'ємна та питома вага вогнестійкої молотої глини складає 1300-1400 кг/м³, шамотної 1800 кг/м³, сухої глини в порошок 900 кг/м³. Щільність мокрої глини 1600-1820 кг/м³, сухої- близько 100 кг/м³. Теплопровідність сухої сировини складає 0.1-0.3 Вт/(м*К), вологої від 0.4-3.0 Вт/(м*К)

Основні властивості :

1. попадаючи у воду, глина розмокає, ділиться на окремі частинки та

- утворює або пластичну масу, або суспензію;
2. глиняне тісто дуже пластично, у сирому вигляді воно може прийняти будь-яку форму. Пластичні глини називають «жирними», оскільки на дотик вони здаються жирним матеріалом. Глини з невисокою пластичністю називають «худими». Цегла, виготовлена з такої глини, швидко розсипається та володіє поганою міцністю;
 3. після висихання глина зберігає свою форму, трохи зменшуючись у об'ємі, а в результаті обпалювання стає твердою, як камінню. Завдяки такій здібності вона здавна є одним з найбільш популярних матеріалів для виробництва посуду. Також з глини виготовляють цеглу, яка має високу механічну міцність;
 4. володіє клейкістю та зв'язуючою здібністю;
 5. насичуючись визначеним об'ємом води, глина більше не пропускає воду, тобто володіє водостійкістю;
 6. глина володіє покривною здатністю. Тому в давнину її широко використовували для побілки пічок та стін будинків;
 7. глина володіє сорбційною здатністю, тобто поглинає речовини, розчинені в рідині. Це дозволяє використовувати її для очистки продуктів нафтопереробки та рослинних жирів.

Властивості матеріалу забезпечують виробам та будовам з глини довгий строк служби, але тільки в тому випадку, коли за ними здійснюється певний догляд, а в процесі виготовлення не було допущені помилки.

Види та різновиди глини

На землі зустрічається глина самих різних видів, які відрізняються по змісту, характеристам та навіть кольору. Колір матеріалу залежить від хімічного складу. Глина може бути білою, жовтою, червоною, блакитною, коричневою, зеленою та навіть чорною.

Різновиди глини виділяють за різними ознаками: пластичності, спікаємості, вогнетривалості, вразливості до сушки і т.д.

Існують наступні її види:

1. бентонітова — використовується виключно для очистки рослинних жирів, продуктів нафтопереробки, у процесі буріння скважин, рідше — у виробництві літійних форм;
2. природна червона — містить в собі багато заліза, більша еластичність дозволяє використовувати її для робіт з глиняними пластинами або для моделювання невеликих скульптур;
3. обпалена — відрізняється підвищеною міцністю;
4. абразивна — використовується для чистки полірування металів;
5. будівельна — підходить для фундаментів, відмосток та розчинів;
6. керамічна — використовується для виготовлення посуду та декоративних виробів;
7. порошкова — зручна для приготування різних розчинів та сумішей;
8. тугоплавка — підходить для виробництва шамотної цегли;
9. монтморилонітова — використовується як відбілюючий матеріал для очистки патоки, сиропів, пива, вин, фруктових соків, рослинних олій, нафтопродуктів, як додаток до мила, який підвищує його якість; також у виробництві лікувальних пілюль та засобів боротьби з шкідниками сільськогосподарства;
10. шамотна — її часто використовують для зовнішнього оздоблення будівель. Суміш готують, додаючи в порошок воду. Щоб отримати потрібну консистенцію, її настоюють на протязі трьох днів, періодично помішуючи.

Бентонітова глина утворюється при хімічному розпаді вулканічного попелу. Така глина добре розбухає у воді та володіє високою відбілювальною здатністю порівняно з іншими видами. Вона може мати різне забарвлення.

Яка ціна.

Вартість глини може суттєво варіюватися в залежності від її різновиду і властивостей. Ціна на неї починається від 200 грн/м³. Продаж глини доволі популярний. Це пов'язано з мінімальними витратами по видобутку і доволі

великим її запасом у надрах землі.

Шамотна глина являє собою глину, обпалену при високій температурі (більше 340 градусів) та перемелену в порошок.

Переваги та недоліки

В наш час глина використовується в будівництві переважно як допоміжний матеріал або сировина для виробництва інших матеріалів (цегли, кераміки). Матеріали, виготовлені на основі глини, володіють масою переваг, та сама глина може використовуватися для будівництва та оздоблення.

Основними перевагами глини у якості будматеріала можна враховувати:

1. повну екологічність;
2. стійкість до дії високої температури;
3. гіпоалергенність;
4. підтримка рівня вологості на оптимальному рівні;
5. вільне проходження повітря через стіни;
6. абсорбування шкідливих речовин;
7. безвідходне виробництво;

Серед недоліків матеріала варто відмітити вагому усадку, деформацію стін після висихання, необхідність додаткової гідроізоляції споруди.

2.1.2 Керамічні блоки

Для виготовлення керамічних блоків використовується така ж червона глина, як і для звичайної кладочної цегли. Основна їх відмінність у розмірах та сировині. Для виробництва керамоблоків у глину додаються мілка дерев'яна тирса. Після того, як сирі блоки сформовані, вони піддаються обпаленню. В результаті цієї операції тирса вигорає, а глина стає більш схожою на камінь.

По закінченню обробки виходить міцний стіновий блок з хорошими

теплоізоляційними властивостями. Вага керамічного блока суттєво знижується за рахунок утворення щільових пустот. Показник може доходити до 50%. Розміри керамоблока набагато перевищують розміри звичайної цегли, тому трудоемність роботи зменшується у декілька разів.

Характеристики керамічних блоків

Характеристики керамоблоків багато в чому залежать від конструкції будівлі та наявності утеплення стін. Оскільки пористий керамоблок буває різних розмірів, звідси і варіанти характеристик будуть відрізнятися. Для того, щоб мати початкове уявлення про них, можна розглянути особливості одношарової стіни з мінімальним оздобленням.

Керамічні блоки мають наступні характеристики:

1. Низька теплопровідність. Її забезпечує наявність пустот та пор, які мають оплавлену поверхню та замкнутий об'єм.
2. Теплова інертність. Одношарова стіна з керамічних блоків не потребує утеплення, структура матеріала така, що підтримує як тепловий, так і повітряний баланс в приміщенні.
3. Простота у зведенні. Оскільки керамічні блоки мають великий розмір, відповідно, і укладка стін проходить у високому робочому темпі.
4. Керамічні блоки відрізняє довговічність у використанні. У порівнянні з цеглою, строк використання якої коливається у межах від 25 до 50 років, керамоблоки з 50 років тільки починають свій відлік.
5. Керамічні блоки мають великий формат. В наслідок цього будівельний процес спрощується та прискорюється — укладка одного керамічного блока заміняє укладку 15 звичайної цегли. Розміри поризованих та лицьових блоків не дуже відрізняються та частіше залежать від фірми виробника та особливостей виробництва.
6. Невелика вага будівельного матеріалу. Керамічні блоки не обтяжують конструкцію та не створюють додаткове навантаження на фундамент.
7. Економічність. Розчин, який використовується при кладці, хоча і

підготовлюється звичайним способом, але його треба набагато менше. До прикладу пазогребневий стик не заповнюється розчином взагалі, за рахунок цього також спостерігається економія.

8. Хороша звукоізоляція. Структура керамічних блоків така, що у пустотах маються камери, які покращують звукоізоляційні властивості будівельного матеріала.
9. Керамічні блоки абсолютно негорючі. При впливі вогню не виділяють ніяких шкідливих речовин.
10. Екологічність. Оскільки для виготовлення пористого керамоблока використовується тільки натуральні компоненти, безпека для організму людини

Розміри (ДхШхВ)	120x380x238 мм	380x248x238 мм
Еквівалент умовної цегли	5,6 шт	11,5 шт
Об'ємна маса виробу	785 кг/м ³	780 кг/м ³
Маса виробу	8,77 кг	17,5 кг
Морозостійкість	F-25	F-25
Водопогінання	12%	12%
Паропроникність	0,14 м ² /м·ч·Па	0,14 м ² /м·ч·Па
Шумоізоляція	41 дБ	53,5 дБ
Пустотність	50%	50%
Коефіцієнт теплопровідності	–	0,24 Вт/м·К
Марка міцності	M-100	M-100
Тепловий опір стіни *	–	1,03 м ² ·К/Вт
Кількість на піддоні **	120 шт	60 шт
Розмір піддону	1×1,2×1,4 м	1×1,2×1,4 м
Маса піддона з блоками	1052 кг	1075 кг
Кількість блоків на машині ***	2400 шт	1200 шт
Кількість блоків для 1 м ²	11 шт	10,5 шт
Кількість блоків для 1 м ³ ****	83 шт	42 шт
Витрата розчину на 1 м ³	0,07-0,1 м ³	0,07-0,1 м ³

Рисунок 2.1 - Основні характеристики керамічних блоків

Переваги керамічних блоків:

1. Оскільки трудомісткість роботи муляра з цеглою очевидна, кладка стін з керамічного блока економить не тільки сили робітника, але і його час.
2. Керамоблоки володіють хорошими енергозберігаючими властивостями. При їх коефіцієнті теплоізоляції 0,018 — 0,22 Вт/м буде достатнім провести кладку зовнішніх стін, які мають товщину від 0,4 метра.
3. Керамічні блоки підходять для зведення міжкімнатних перегородок. Це оптимальне рішення у багатоквартирних будинках, так як вони успішно поглинають звуки.
4. Густина керамоблоків можна порівняти з густиною сухої деревини. Вона знаходиться у межах від 750 до 850 кг/м. Вага, відповідно, також менша порівняно зі звичайною кладковою цеглою. Ці параметри дозволяють «полегшувати» конструкцію та не потребують укладки потужного фундаменту.
5. Поризовані керамоблоки мають високу паропроникність, тому вологість у приміщенні регулюється.
6. Використання керамічних блоків для будівництва будівлі помітно прискорює процес, при цьому економія розчину досягає 15-20%.

Недоліки керамічних блоків

При усіх своїх позитивних властивостях керамоблоки мають і суттєві недоліки, на які варто звернути увагу:

1. Оскільки керамоблоки мають щільну структуру, їх тонкі стінки дуже тендітні. Особливу увагу треба приділяти обережному вантажу, розвантаженню та транспортуванню цього будівельного матеріалу.
2. Поризовані керамоблоки мають властивість активно впитувати вологу, тому їх укладання має вестися таким чином, щоб вони були захищені від ґрунтових вод. Оберігати від атмосферних опадів керамоблоки варто і в період зберігання.
3. Достатньо високий відсоток міцності, вказаний виробником, ще не дає гарантії, що вона такою є. При укладанні керамоблоків краще підстрахуватися та взяти матеріал з більш високими показниками, так як лабораторні

дослідження показали, що не завжди марка у сертифікати відповідає фактичній. Для того, щоб себе убезпечити на 100%, можна відвезти керамічні блоки в будлабораторію для визначення якості.

2.1.3 Інші будівельні матеріали

Окрім доступного матеріалу — глини, також існують і інші легкодоступні та не дорогі матеріали, за допомогою яких можна зробити найбільш міцний блок. А якщо використовувати арматуру та заповнити пустоти блоків, то можна за допомогою них будувати будинки.

Види будівельного матеріалу:

1. Полістеролбетон

Чотири десятиліття назад був розроблений матеріал, рецептура якого у нашій країні регламентується ГОСТом Р 51263-99. Він вказує, що при змішуванні цементу, води, деяких присадок для міцності розчину, а також пенополістирольних гранул виходить матеріал, який називається полістеролбетон. У нього одна з самих низьких густин — в районі 150 кг/м^3 . Він легше більшості будівельних кладкових матеріалів. Наприклад, його вага, як мінімум, у два рази менша пінобетону, але, головне, по зберіганню тепла він цілком може замінити кладку стіни з утеплювачем.

Практично, немає заборони на використання цього матеріала. Він доречний всюди. Тільки варто орієнтуватися на його теплофізичні показники.

Таким чином, полістеролбетон — хороший будівельний матеріал, який не тільки легко можна використовувати, але і доволі просто виготовити.

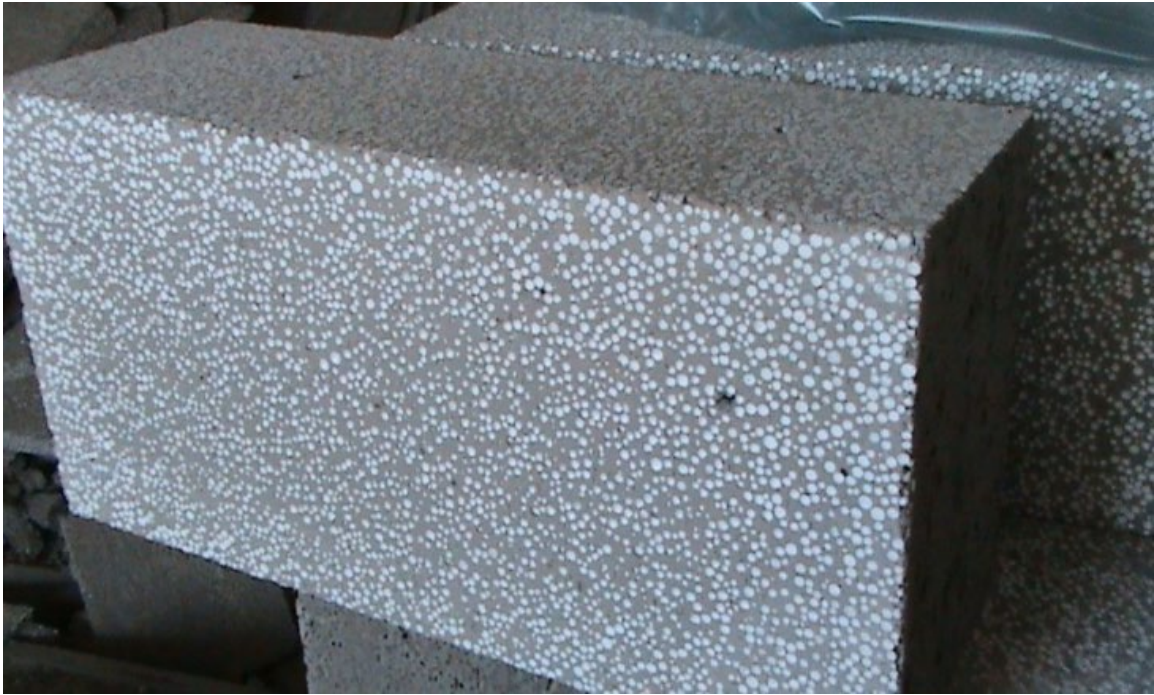


Рисунок 2.2 - Полістеролбетонний блок

Для виготовлення полістерольних блоків знадобиться:

1. Бітонозмішувач.
2. Подрібнений полістерол.
3. Цемент.
4. Пісок.
5. Вода.
2. Шлакоблок

Шлакоблок — один з затребуваних матеріалів на сьогоднішній день. Його використовують для будівництва об'єктів різного призначення і самих різних розмірів. Це можуть бути невеликі господарські побудови або будівлі промислового призначення.

Останнім часом на ринку з'являються нові будівельні матеріали та технології зведення будинків. Споживач в основному робить вибір на користь цінової доступності та легкості технології у процесі будівельних робіт. Шлакоблок як раз є одним з подібних матеріалів. Всі будівлі з його використанням звуко- та теплонепроникні. Таким чином, бізнес по виробництву шлакоблоків є економічно вигідним, так як попит на готову продукцію буде

завжди. Не менш важливим є той факт, що шлакоблоки (рівно як і віброформовочне обладнання) не підлягає обов'язковій сертифікації.

3. Піскоблоки

Спосіб виготовлення піскоблоків доволі простий, що дозволяє виробляти їх у великій кількості. Тому і ціну на цей будматеріал не можна назвати високою.



Рисунок 2.3 - Піскоблоки

Виробництво піскоцементних блоків.

Піскоблоки виходять шляхом змішування цементу, піску та води. Це стандартний склад. Однак, не тільки відчутна економія робить їх настільки популярними. Вони користуються великим попитом за рахунок ряду позитивних властивостей та якостей, використовуються у різних будівлях та спорудах, є доволі здібним до конкуренції матеріалом. Виготовлення піскоцементного блока відбувається за рахунок вичавлювання суміші, під спеціальним пресом. Потім вироби піддають інфрачервоному впливу для того, щоб матеріал був просушений, але свою головну властивість — міцність - вони здобудуть по закінченні 28 днів, при кімнатній температурі та вентиляції. Піскобетонні блоки відповідають основним потребам: стабільність, надійність, міцність, жорсткість. Їх міцність гарантує строк служби до 75 років та більше, це дозволить не здійснювати витрати на ремонт приміщення ще довгий час

після його споруди.

4. Керамзитові блоки

Керамзитові блоки — це матеріал, який прийшов на заміну шлакоблокам. Керамзит або керамзитовий гравій має пористу структуру, яка дозволяє покращити показники шумо- та теплоізоляції стін. Вони зменшують водопоглинання, роблячи мікроклімат в середині будівлі більш комфортним. Матеріал різних виробників має різні показники по вазі та густині, а значить, володіє різними технічними характеристиками.



Рисунок 2.5 Керамзитобетонний блок

Будівництво стін з блоків ведеться швидше, ніж з цегли. Як правило у 2 — 2,5 рази. Причому, при правильній організації робіт, темп будівництва стіни може досягати одного метра квадратного кладки за годину. Але такі показники у приватному будівництві, особливо, якщо роботи виконуються своїми руками, краще не брати за орієнтири. Куди важливіше забезпечити якість, та виконати

роботу не поспішаючи, але з гарантією. Починається ж будівництво стіни з керамічних блоків з підготовки цоколя будівлі.

Зробивши огляд матеріалів можна підвести підсумок. Найбільш придатним та доступним є глина. Речовий склад глини включає глинисті мінерали та домішки. Глиниста речовина — це найбільш дисперсна фаза розміром менш 1 мкм. Ця фаза надає глинистій породі властивість пластичності, зданості формуватися.

2.2 Аналіз форм будівельного блока

Види стінових блоків, які сьогодні випускають, відрізняються між собою не тільки матеріалом, із якого вони виготовлені, але і геометричною формою. В залежності від виробника та сфери застосування випускаються стінові блоки різних типорозмірів.

Так, наприклад, їх товщина може знаходитися у діапазоні від 100 мм (для міжкімнатних стін) до 500мм (для будівництва несучих стін). Більшість компаній, які займаються їх виробництвом, також пропонують можливість виготовлення блоків на замовлення (довільних розмірів).

Деякі виробники стінових блоків з особо точними розмірами випускають продукцію пазогребневої форми. Така форма значно ускорює будівництво та підвищує тепло та звукоізоляційні властивості стінової конструкції в цілому.

Більшість видів стінових блоків випускаються, як повнотілі, так і пустотілі. У пустотілих блоків відсоток пустот може сягати до 40% від загального об'єма.

Таким чином, обмежень по формі блока немає.

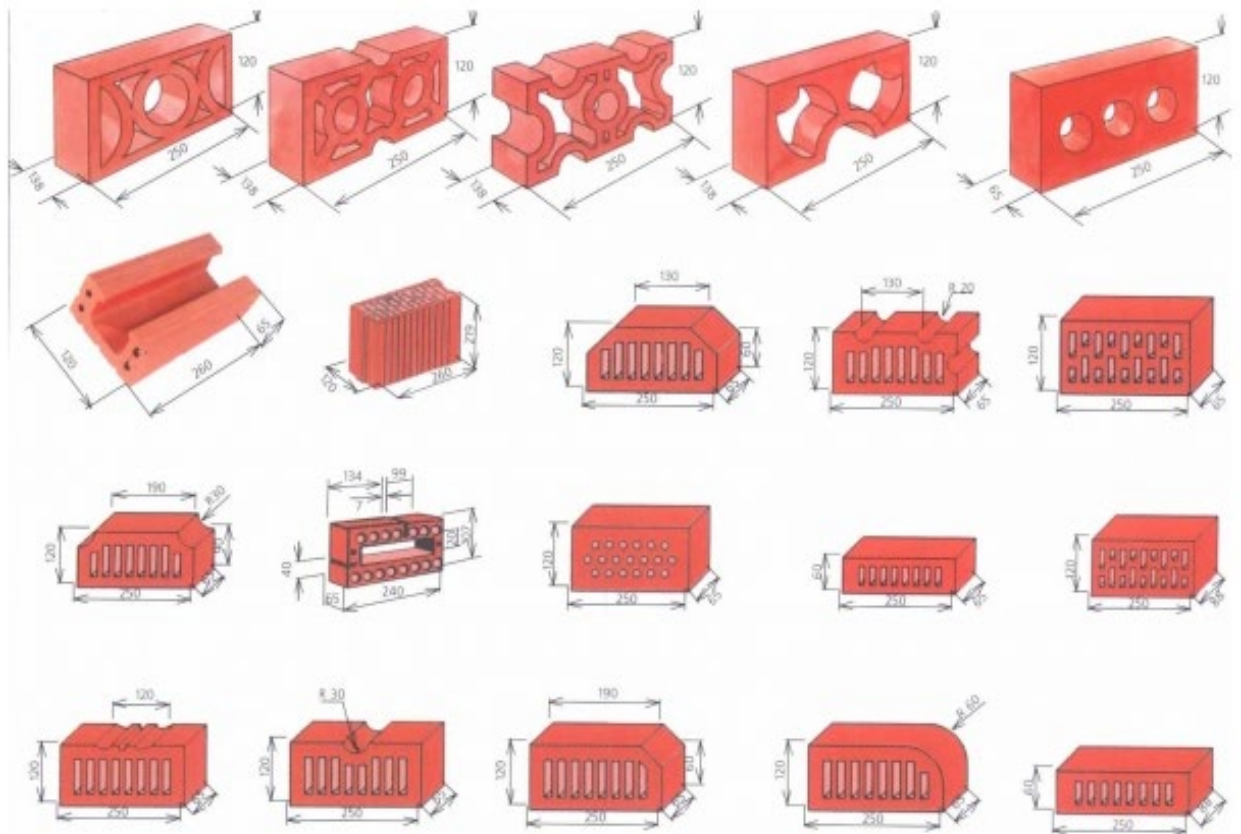


Рисунок 2.6 - Форми будівельного блока

2.3 Технологія друку глиною на 3D-принтері

В наш час, коли всесвіт заповнений електронними приладами, все більше уваги приділяється розробці програмного забезпечення та розвиненню технологій.

Використання керамічних матеріалів в якості сировини для 3D-друку є прогресуючою тенденцією у зв'язку з можливістю формування об'єктів, які практично не піддаються відтворенню за допомогою традиційних методів. 3D-друк глиною дає можливість керамістам цілковито нові способи створення дивовижних виробів. Адже завдяки попередній побудові 3D-моделі з'являється можливість обійти багато складнощів при практичному виготовленні виробу.

Створення об'єкта починається з вибору типу, кольору та складу глини. Потім готується спеціальний файл на комп'ютері, а в основі спеціального поршня, розміщується жорстка глина. Глина буде випущена через спеціальний шланг, розміщений у друкувальній головці, яка складається з трьох гілок.

Друкувальна головка принтера називається екструдером (від extrude – вичавлювати), що відображає її принцип дії: екструдер створює об'єкт пошарово, вичавлюючи пом'якшений матеріал через сопло. Тюбик з зубною пастою, клеючий пістолет, шприц з силіконовим герметиком — діють за аналогічною схемою.

Частіше всього, для друку в пристроях використовуються термопластики ABS і PLA у виді філаменту (нитки).

Зазвичай екструдери для друку такими субстанціями являють собою шприц, шток якого управляється степер-двигуном або стиснутим повітрям.

Система постачання двоступінчата. Вона складається з друкувальної головки з кроковим двигуном, який знаходиться на принтері, та пневматичного циліндра з основною масою матеріалу, який подається на друкуючу головку з поршня по трубці.

Але, нажаль, 3D друк глиною пока не є досконалим процесом. У ньому присутні деякі ризики, проблеми та обмеження, з якими не можна зіткнутися у найбільш застосовуваних технологіях виробництва. Причиною цьому є своєрідні особливості глиняного матеріалу, такі як зайва м'якість та тривалість необхідного для висихання часу.

Більшість об'єктів знаходяться під загрозою усадки або тріскання, перш ніж вони зазнають обпалення. Також 3D друк глиною має на увазі значні обмеження у геометрії. Причина криється у використанні допоміжних матеріалів, які не підходять для глиняної сировини. А це може призвести до руйнування надрукованих об'єктів.

3D друк глиною по технології LDM дозволяє жорстко контролювати потік глиняного матеріалу, який подається на екструдер. Процес суворо синхронізований з кроковим двигуном, який гарантує послідовну подачу

матеріалу. Це запобігає утворенню повітряних пазирів, деформації та інших вад, які у кінцевому результаті можуть викликати руйнування керамічних виробів.

2.4 Процес виготовлення блока

У даній роботі використовувався будівельний 3D-принтер «ТА-1». Дана модель принтера є прототипом, створеним для розробки нової технології друку будинків.

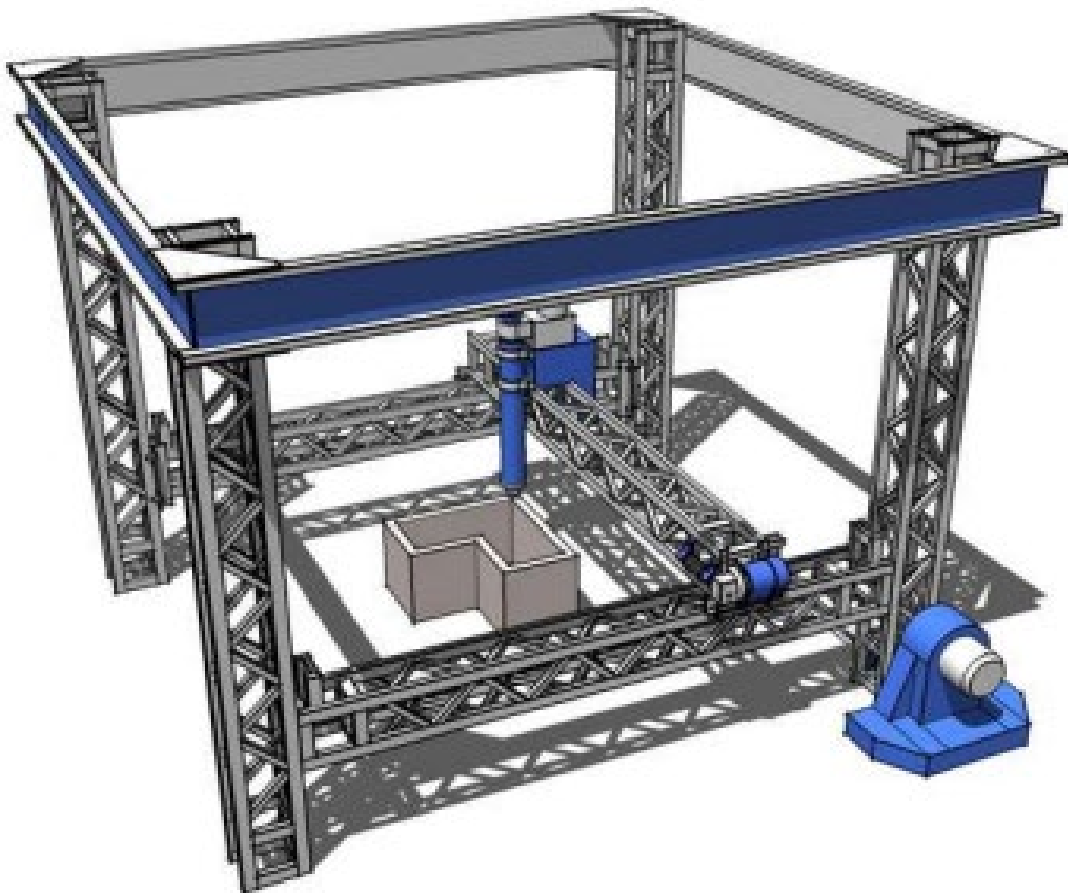


Рисунок 2.7 - Прототип будівельного принтера

У даному прототипу використовуються асинхронні двигуни, так як вони дешевше та простіші у виготовленні, але при цьому важкі в управлінні, в якості

трансмисії (обертання двигуна призводить у рух) використовуються троси. Ця установка має 4 двигуни, з яких 3 керуються 3-ма частотними перетворювачами 50 Гц, а четвертий двигун вичавлює глину зі шприца.

Каркас створений з 4-ох вертикальних колон (ферм), уздовж яких здійснюється рух, щоб не бовталися вони пов'язані металевим поясом, з 3-х горизонтальних довжина яких 2 метра 10 сантиметрів. Точність позиціонування на прототипі є ± 1 мм, так як використовується тросовий привід, щоб великий будівельний принтер не був сильно дорогим.

Екструдер являє собою частину труби з високотехнічного поліетилену, з діаметром сопла 1 см. Поршень, який чавить масу, виготовлений з дерева. У данний момент використовується ручне завантаження маси у екструдер. Але також ведеться розробка змішувача безперервної дії, який можливо розташовувати у друкувальній голівці, куди подавати окремо воду та суху суміш (так можна скоротити строк твердіння суміші та спростити обслуговування змішувача).

При друкуванні виробу на цьому прототипі будівельного 3D-принтера є ряд певних обмежень:

1. Розмір виробу обмежений розмірами дійсного прототипу та складає 1,5x1,5 метра.
2. Кут нахилу моделі не повинен перевищувати 30 градусів, так як це може призвести до обвалу маси у процесі друкування.
3. Мінімальна товщина стінки виробу складає 2,5 см, так як діаметр сопла 1 см, а при вичавлюванні маси вона розтікається під власною вагою.
4. Точність позиціонування складає ± 1 мм, що не дозволяє надрукувати мілкі деталі для декорування виробу.

Таким чином, задача полягає у тому, щоб змоделювати та виготовити виріб, який буде задовільняти всі ці умови.

Першим етапом створення блока є ескізування. У ході роботи були розроблені декілька варіантів форм та способи їх компанування.

2.4.1 Ескізування форми блока

Блок призначений для створення стін перегородок, щоб візуально розділяти приміщення на зони. Конструкція буде порожня, тим самим блок буде нести функцію зберігання. Форма блока несе декоративну функцію, тим, що при складанні блоків у стінку буде створюватися певний рисунок або орнамент. Але так як виготовлятися блок буде на 3D-принтері, який буде друкуватися глиною, то існує багато обмежень по формі.

Обрані форми

Будівельний модуль буде виготовлений за допомогою 3D-принтера методом екструзії з глини.

Імовірно, з вибраного модуля будуть конструюватися не тільки декоративні стіни, візуально огорожуючі приміщення у інтер'єрі, але і вуличні огороження, також можуть використовуватися для будівництва невисокого будинку, якщо додати заповнені форми та арматуру. Також форму блока можна використовувати для клумби у ландшафті.

Недоліком будівельного модуля є обмеженість у трансформації конструкції модуля з площини у простір, яка можлива лишень у площині утворення арок, що не тільки обмежує варіативність у отриманні об'ємних форм з одного типу будівельного модуля, але і потребує додатково інших типів будівельних модулів для завершення об'ємних форм будівель та споруд.

2.4.2 3D-моделювання з блока

За допомогою спеціальної програми були змодельовано кілька об'єктів, що складаються з модулів.

У даних конструкціях передбачена вставка арматури, на яку будуть

насаджуватися блоки та кріпитися за допомогою стопорних кілець зі стопорними гвинтами.

Між собою блоки будуть зкріплюватися за допомогою цементно-полімерної основи або монтажної піни. Для міцності установки блоки по боках будуть кріпитися на штифтах.

Для хорошого уявлення була зроблена візуалізація моделей у середі.

2.4.3 Процес друку блока

Для виготовлення були обрані два варіанти форми блока. Моделі треба імпортувати у спеціальну програму, за допомогою якої відбувається генерація коду для друкування.

Етапи створення блока:

Перший етап:

Спочатку промислові шматки глини подрібнюються в щоківній дробарні.



Рисунок 2.8 - Подрібнення глини у щоківній дробарні

Другий етап:

З подрібненої глини потрібно приготувати суміш для друку.

Змішуємо глину з водою у пропорції: на 1 кг глини 300 мл води.



Рисунок 2.9 - Зважування глини

Консистенція повинна бути густою, але не сильно. Глина не повинна прилипати до рук.



Рисунок 2.10 - Підготування суміші

Після цього слід відбити глину для того, щоб з неї вийшли бульбашки повітря. Якщо цього не зробити то при друкуванні може з'явитися дефект на видавлюваному шарі у вигляді нерівності.



Рисунок 2.11 - Відбивання глини

Третій етап:

Після цього завантажуюємо отриману масу в екструдер. Ущільнюємо її всередині, щоб не було повітря і при цьому друкування буде рівномірним.



Рисунок 2.12 - Завантаження суміші в екструдер

Четвертий етап:

Встановлюємо завантажений екструдер в установку та можна починати друк. Генеруємо та перевіряємо G-код та запускаємо 3D-принтер. Дані блоки по часу друкуються 15 хвилин кожний.



Рисунок 2.13 - Установка экструдера в принтер

П'ятий етап:

Після того, як блок був надрукований його треба накрити вологими тряпками та дати підсохнути один день.

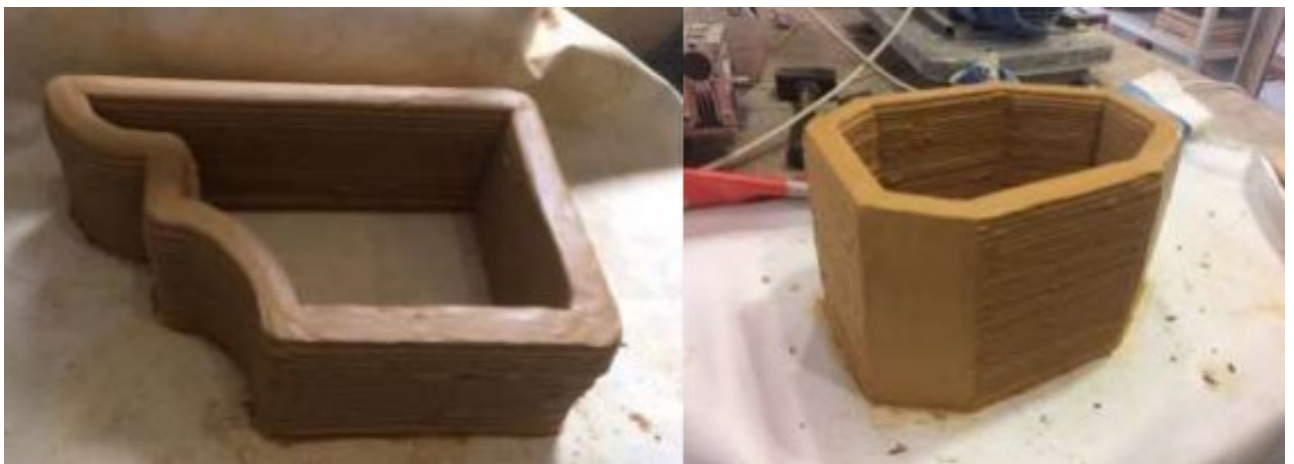


Рисунок 2.14 - Надруковані блоки

Потім виконується сушка у духовій шафі протягом 10 годин при температурі 900 °С. Коли виріб повністю висох його потрібно обпалити у пічці при температурі 800-900 °С протягом 7 годин, щоб він набув міцності.

2.5 Гранично допустиме навантаження

Так як блок використовується у будівництві, то потрібен розрахунок навантаження яке можуть витримати блоки.

За допомогою спеціальної програми була здійснена перевірка блока на міцність.

Сама вага блока складає 3 кілограми.

Виходячи з проведених досліджень можна зробити висновок, що блок витримає навантаження у 4 рази більше прикладеної сили, а його деформація при силі у 1000Н складе 0,0005 мм.

3 СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ

Введення

У даному розділі розглянуті питання, пов'язані з організацією робочого місця майстра, який працює з проектуванням та подальшим виробництвом глиняних декоративних будівельних блоків на будівельному 3D-принтері, з нормами виробничої санітарії, техніки виробничої безпеки та охорони навколишнього середовища.

Робочим місцем майстра є приміщення, де виконуються такі роботи як: проектування виробу на комп'ютері за допомогою спеціального програмного забезпечення, підготовка сировини для роботи, друк блоків на будівельному принтері та його обпалювання у пічках.

Ціллю розділу є виявлення можливих шкідливих та небезпечних факторів технологічного процесу виробництва даних блоків з глини, а також розробка заходів по запобіганню негативного впливу на здоров'я людей, створення безпечних умов праці для працівників, перерахування організаційних та

технічних заходів, передбачених для надзвичайних ситуацій, а також вивчення питання охорони навколишнього середовища.

Питання виробничої та екологічної безпеки розглядаються з позиції виконавця, безпосередньо пов'язаного з усіма процесами виробництва блоків.

Виробнича среда, організація робочого місця повинні відповідати загальноприйнятим та спеціальним вимогам техніки безпеки, ергономіки, нормам санітарії, екологічної та пожежної безпеки.

3.1 Виробнича безпека

Відповідно до ГОСТ виділені основні елементи, які формують можливі небезпечні та шкідливі фактори у ході процесу виготовлення глиняних декоративних форм на будівельному 3D-принтері.

До машин та механізмів що рухаються, які впливають на працюючого, відноситься шокова дробарка, будівельний принтер. Фізичний небезпечний фактор такий як підвищена температура поверхні обладнання виражається у вигляді пічок для обпалення виробу та нагрітих в наслідок тертя обробляючих поверхней шокової дробарки.

Крім підвищених температур дане обладнання передбачає гострі або шороховаті робочі органи, що може призвести до травмування. Крім того, дані механізми викликають шуми та вібрації, що також відноситься до шкідливих факторів виробництва.

При сушінні, подрібненні (дробленні, помолі), розсіві, змішенні та переміщенні сировини відбувається викид тонкодисперсного пилу, що призводить до запиленості повітря.

До хімічних факторів виробництва можна віднести газоподібні з'єднання, які виділяються з сировинних матеріалів у ході сушіння, проколювання та обпалення, а також при спалюванні пального. Типовим газоподібною

забруднюючою речовиною у технології кераміки є фтор.

Сидяча одноманітна робота при модулюванні виробів відноситься до психофізіологічних факторів.

Виробнича безпека забезпечується, технікою безпеки, якої повинен дотримуватися кожний робітник.

3.1.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів та заходи по їх усуненню

У цьому розділі розглядаються можливі шкідливі виробничі фактори про реалізації проекту виробництва друку з глини малих декоративних форм на будівельному принтері: мікроклімат виробничих приміщень, стан повітряної середи, освітлення, шум та вібрація.

При розробці блока необхідна робота за комп'ютером. Довготривале незмінне положення тіла може призвести до захворювань опорно-рухового апарату, тому для робочого місця важливо дотримуватися ергономічних показників. Під час роботи за комп'ютером важливу роль грає освітлення приміщення та робочої зони, так як основне навантаження сприймається на очі. Від правильного освітлення приміщення та дисплея монітора залежить сприйняття інформації та дратливість, стійкість до психофізіологічних навантажень, що суттєво впливає на робітника.

Недостатнє освітлення робочої зони

Призводить до перенапруження органів зору, у результаті чого знижується гострота зору, та людина швидко втомлюється. Причиною поганого освітлення у цеху є зниження рівня природної освітленості у зв'язку з забрудненням застелених поверхонь світлових прорізів, стін та стель. Штучне освітлення повинне забезпечувати у майстерні освітленість, яка дозволяє виконувати операції та налагодження обладнання без виробничих дефектів та травматизму,

виникаючих по причині недостатньої освітленості.

Крім того, освітленість на кожній ділянці цеху має бути такою, при якій виключається можливість надмірного втомлення, працюючого в результаті зорової напруги.

Майстру дуже важливо зберігати зір, щоб продовжити собі строк служби, тому дуже важливо мати чудове освітлення, так як подібне освітлення не створює кольори та дозволяє отримувати якісніші вироби.

Норми освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях встановлюють в залежності від характеристики зорової роботи.

Майстерню можна віднести до VI класу зорової роботи, так як робота пов'язана деталями більше 5мм. Засіб колективного та індивідуального захисту — встановлення джерел освітлення по ДБН В.2.5-28:2018. Природне та штучне освітлення. Норми освітлення для високої точності обробки вказані у таблиці 1.

Таблиця 1 - Норми освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення					Природне освітлення		Суміщене освітлення	
						Освітленість, лк		Сукупність нормованих величин показника засліпленості і коефіцієнта пульсації	КПО, D _в , %					
						При системі комбінованого освітлення	При системі загального освітлення		Середнє Dсер ^{н пр}	Мінімальне Dmin ^{н пр}	Середнє Dсер ^{н сум}	Мінімальне Dсер ^{н сум}		
													Всього	У т.ч. Від загального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Груба) дуже малої точності)	Більше ніж 5	VI	-	Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном		-	-	200	40	10	3	1	1,8	0,6

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання

При довготривалому постійному впливу електромагнітного поля (ЕМП) радіочастотного діапазону при роботі на ПЕОМ (персональна електрообчислювальна машина) на організм людини спостерігаються порушення серцевосудинної, дихальної та нервової систем, характерні головні болі, втома, погіршення самопочуття, гіпертонія, змінення провідності

серцевого м'язу. ЕМП впливає на організм теплом. Перехід ЕМП в теплу енергію викликає підвищення температури тіла, локальний виборче нагрівання тканин, органів та кліток.

Крім того, тимчасові допустимі рівні електромагнітних полів, які створюються ПЕОМ не повинні перевищувати значення, які вказані у таблиці 2.

Для дисплеїв на ЕПП (електропроменеві прилади) частота оновлення зображення має становити не менше ніж 75 гц при усіх режимах розширення екрану, які гарантує нормативна документація на конкретний тип дисплея, та не менш 60 Гц для дисплеїв на плоских дискретних екранах (рідкокристалічних, плазмових і т. д.)

Таблиця 2 - Тимчасові допустимі рівні ЕМП, створюваних ПЕОМ

Назва параметрів		ТДР ЕМП
Напруженість електричного поля	У діапазоні частот 5 Гц — 2 кГц	25 В/м
	У діапазоні частот 2 Гц — 400 кГц	2,5 В/м
Густина магнітного потоку	У діапазоні частот 5 Гц — 2 кГц	250 нТл
	У діапазоні частот 2 Гц — 400 кГц	25 нТл
Електростатичний потенціал екрану відеомонітора		500 В

Згідно з ДСН 239-96 виділяють наступні засоби захисту від ЕМП :

1) Організаційні заходи. Раціональне використання обладнання, яке виключає знаходження персоналу у зоні дії ЕМП під час, не передбачене для роботи за ПЕОМ;

2) Інженерно-технічні заходи. Правильне розміщення обладнання, яке передбачає наявність засобів, обмежуючих розповсюдження ЕМП на робочі місця співробітників;

3) Лікувально-профілактичні заходи. Періодичні медичні огляди, для попередження, ранньої діагностики та усунення захворювань персоналу;

4) Засоби індивідуального захисту. Окуляри для роботи за комп'ютером.

Підвищена або знижена температура повітря робочої середи

Мікроклімат виробничих приміщень — це клімат внутрішньої середи цих приміщень, який визначається тим що діє на організм поєднанням температури, вологи та швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Норми оптимальних та допустимих метеорологічних умов встановлені системою стандартів безпеки праці та вказані у таблиці 3. При урахуванні інтенсивності праці усі види робіт, виходячи з загальних енерговитрат організму, поділяються на три категорії. Дані роботи можна віднести до робіт середньої важкості з витратою енергії 175...232 Вт (категорія II а), пов'язаним з постійною ходьбою, які виконуються стоячи або сидячи, але не потребуючі переміщення важких предметів.

Мікроклімат приміщення напряму впливає на дієздатність та здоров'я людини, при підвищеній вологості та зниженій температурі скоріше проходять різні процеси по руйнуванню та запаленню суглобів; при підвищеній температурі проявляється рясне потовиділення, що може призвести до зневоднення організму.

Таблиця 3 - Допустимі та оптимальні норми мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Оптимальна, не більше	Допустима на робочих місцях постійних та непостійних	Оптимальна, не більше
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
		Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних					
Холодний	IIa	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не більше 0,3
Теплий	IIa	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2-0,4

Підвищений рівень шуму на робочому місці

Нормований параметрами шуму служать рівні у децибелах (дБ) середньоквадратичних звукових тисків, які вимірюються на лінійній характеристиці шумоміра (або шкалі С) у октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц. Для орієнтовної оцінки шуму варто виміряти його загальний рівень по шкалі Ашумоміра у дБА. Допустимі норми шуму у виробничих приміщеннях не більше 80 дБА (згідно ДСТУ ISO 4872:2019). Потік функціональних змін може мати різні стадії. Короткочасне зниження гостроти слуху під впливом шуму зі швидким відновленням функції після припинення дії фактора розглядається як проява адаптаційної захисно-приспосувальної реакції слухового органу. Адаптацією до шуму прийнято враховувати тимчасове зниження слуху не більше ніж на 10-15 дБ з відновленням його на протязі 3 хв після зупинення дії шуму. Довготривалий вплив інтенсивного шуму може призводити до подразнення кліток звукового аналізатора та його втомі, а після цього до стійкого зниження гостроти слуху.

Таблиця 4 - Гранично допустимі рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях трудової діяльності різних категорій важкості та напруженості у ДСТУ ISO 4872:2019

Категорія напруженості трудового процесу	Категорія важкості трудового процесу				
	Легке фізичне навантаження	Середнє фізичне навантаження	Важка праця 1 ступіні	Важка праця 2 ступіні	Важка праця 3 ступіні
Легкої ступені	80	80	75	75	75

Підвищений рівень вібрації

На виробництві джерелом вібрації є шокова дробарня.

Вібрації, впливаючи на організм людини, можуть стати причиною функціональних розладів нервової та серцево-судинної системи, а також

опорно-рухового апарату. Систематичний вплив загальних вібрацій у резонансній або навколорезонансній зоні може стати причиною вібраційної хвороби, порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно впливом вібрацій на центральну нервову систему. Ці порушення проявляються у вигляді головної болі, запаморочення, поганого сну, зниженої працездатності, поганого самопочуття, порушень серцевої діяльності.

Нормування вібрацій проводиться у залежності від категоріях робочого місця, оцінка майстерні проводиться по 3 «а» категорії згідно з СН 2.2.4-2.1.8.566-96

Категорія 3 — технологічна вібрація, яка впливає на людину на робочих місцях стаціонарних машин або та яка передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації.

Також встановлені гранично допустимі величини параметрів вібраціях на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях в залежності від середньгеометричних та граничних частот октавних смуг та амплітуди (пікового значення) переміщень при гармонічних коливаннях. Гранично допустимі середньоквадратичні значення коливальної швидкості лежать у інтервалі 92 дБ.

Таблиця 5 - Гранично допустимі значення вібрації робочих місць категорії 3-технологічної типу «а» СН 2.2.4-2.1.8.566-96

Середньгеометричні частоти смуг, Гц	Гранично допустимі значення по вісях X_0 , Y_0 , Z_0							
	віброприскорення				віброшвидкості			
	М/с ²		дБ		М/с * 10 ⁻²		дБ	
	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ	1/3 ОКТ	1/1 ОКТ
Кореговані та еквівалентні кореговані значення та їх рівні		0,1		100		0,2		92

Велике значення має рівень шуму та вібрації на робочому місці: важливо знизити рівень шуму та вібрації, якщо це можливо а якщо ні, то забезпечити захист — віброзахисне взуття, рукавиці. Та шумоізоляційні навушники проти шуму.

3.2 Екологічна безпека

Джерела небезпеки, які впливають на людину та природу, можуть бути: природні, техногенні та антропогенні. Природні джерела небезпеки впливають як на навколишнє середовище, так і на людину, але не можуть бути змінені по бажанню людини. Аналізуючи взаємодію людини та техносфери, можна виділити, що на людину негативно впливає змінення клімату, міська среда, відходи що виділяються. На природу ж взаємодіють відходи усіх цих середовищ та антропогенного втручання людини.

Основним завданням є скорочення смертності населення, зменшення негативного впливу шкідливих факторів на навколишнє середовище.

Щоб забезпечити захист, необхідно дотримуватися норм допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферу та гідросферу по ГОСТ 17.2.3.02-2014.

Для забезпечення безпеки підприємства, робочих та навколишнього природного середовища від антропогенних небезпек необхідно забезпечити на підприємстві пожежну безпеку по ДСТУ 8828:2019; електробезпеку по НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98).

Екологічне завдання виробництва заключається у раціональному використанні сировини та електроенергії, надійному зберіганні різних хімікатів, заміні шкідливих для навколишнього середовища технологічних процесів на більш екологічні.

Забруднень повітряного басейну, гідросфери та літосфери при роботі безпесередньо за комп'ютером не виявлено.

Матеріал, який використовується для виготовлення виробів це кераміка — матеріал який підлягає вторинній переробці; кераміка може використовуватися у якості матеріала — основи у виробничому процесі, або може використовуватися як цінна сировина у інших галузях.

Переробка глини та іншої керамічного сировини, особливо сухої, неминуче веде до утворення пилу. Сушка (включаючи розпилювальну),

подрібнення (дроблення, помол), розсів, змішення та транспортування сумішей призводять до утворення особливо тонкого пилу. Деяка кількість пилу виділяється при декоруванні та обпалюванні виробів, а також при післяобпалювальній обробці. Викиди пилу можуть бути пов'язані не тільки з сировинними матеріалами, але і з згорянням палива.

Прийоми та міри запобігання неорганізованих та організованих викидів пилу:

1. проведення технологічних операцій, які супроводжуються появою пилу, у закритому об'ємі;
2. оснащення змішувачів захисними кожухами та витяжними установками;
3. фільтрація повітря, яке витісняється при завантаженні дозованого або змішувального обладнання;
4. переміщення пилу сировини за допомогою закритих конвеєрів;
5. циркуляція повітря;
6. зниження витоків повітря та усунення їх джерел, герметизація установок;
7. Газоподібні сполуки в основному виділяються з сировинних матеріалів при сушінні та обпалюванні.

Для запобігання викидів газоподібних забруднюючих речовин запропоновані першочергові та додаткові міри та прийоми, які можуть бути впроваджені як по окремоті, так і спільно, та включають:

1. зниження подачі джерела забруднюючих речовин
2. введення багатих на кальцій добавок
3. оптимізацію процесу
4. ділянка сорбції (адсорбери, абсорбери)
5. допалювання відхідних газів

Вода витрачається в основному при розпусканні глинистих матеріалів у процесі виробництва або при промиванні обладнання, викиди у воду також мають місце при роботі скрубберів мокрогочиснення газів. Вода, яка додається безпосередньо у сировинну суміш, випаровується при сушінні та обпалюванні.

Мінімізація водоспоживання — один з основних заходів по захисту

навколишнього середовища, та для її реалізації можуть бути запропоновані наступні способи оптимізації технологічного процесу:

1. модифікація водяного контуру, встановлення автоматичних клапанів для запобігання витоків води, коли немає необхідності у її подачі;
2. встановлення на підприємстві промивної системи, яка працює під високим тиском;
3. роздільний збір стічних вод з різних стадій технологічного процесу;
4. повторне використання стічних вод на тій самій стадії процесу, зокрема, багаторазове використання промивної води після відповідної чистки.

При виробництві кераміки енергія у першу чергу витрачається на обпалювання, у багатьох випадках сушка напівфабрикатів або відформованих заготовок також виявляється дуже енергоємною.

Нижче приведені основні методи зниження енерговитрат, які можна застосовувати як разом, так і окремо:

1. модернізація пічок та сушарок
2. використання залишкового тепла пічки
3. сумісне виробництво/когенерація тепла та енергії
4. оптимізація форми заготовок.

Відходи виробництва у відповідності до вимог виробничого процесу або специфікації на готову продукцію можуть бути використані повторно. Ті матеріали, які завод не в змозі переробити самостійно, передають у інші галузі або відправляють на сторонні підприємства по переробці відходів або на полігони.

3.3 Безпека під час надзвичайних ситуацій (НС)

Захист від надзвичайних ситуацій є основним завданням при забезпеченні безпеки населення та навколишнього середовища. До природних та найбільш

небезпечних НС відносяться:

1. землетрус
2. природні пожежі
3. повінь
4. сильні дощі

Техногенні НС призводять до великої кількості жертв та втрат.

Джерелом НС техногенного походження є аварії на промислових об'єктах. До небезпечних відносяться об'єкти, на яких здійснюється використання токсичних речовин, вибухових та горючих речовин, речовин які відтворюють з повітрям вибухові суміші, обладнання, яке працює при великому тиску та температурі. Вірогідність виникнення НС на небезпечних виробничих об'єктах необхідно враховувати, як при проєктуванні, так і на усіх стадіях експлуатації.

Ліквідація НС здійснюється силами та засобами підприємств, установ та організацій суб'єктів України, на території який сталася НС, при проведенні аварійно-рятувальної та інших невідкладних робіт.

Із можливих надзвичайних ситуацій техногенного характеру може бути виділено займання у цеху/виробничій ділянці при недотриманні приписаних норм пожежної безпеки або ж у наслідок короткого замикання або проблем з струмопровідним обладнанням.

Тому слід:

- 1) Проводити профілактичні заходи, інструктажі робочих.
- 2) У кожному цеху мають бути передбачені міри евакуації, наприклад, запасні виходи, пожежні проходи.
- 3) Забов'язані бути засоби пожежогасіння (у якості первинних засобів пожежогасіння пінні вогнегасники, вуглекислотні вогнегасники 1 штука на 700м² площини, ящики з піском 1 на 500м² площини)
- 4) У доступному місці мають висіти інструкції щодо дій при пожежі з вказівками послідовності дій, а також планів евакуації з телефонами спецслужб, куди варто повідомити про виникнення НС.
- 5) Обов'язково наявність звукової пожежної сигналізації

б) Система пожежної сигналізації включається у загальнозаводську/ загальноцехову систему пожежних сповіщувачів кільцевого типу. Оповіщення робочих відбувається через місцевий зв'язок (радіозв'язок).

3.4 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

Для кожної галузі встановлені свої вимоги по організації робочих місць з урахуванням специфіки трудової функції, яка виконується робітниками.

Вимоги встановлені до приміщень. Визначеним вимогам має відповідати освітленість робочих місць, а також оснащеність обладнанням та інструментом.

Так, для робочих місць, обладнаних персональними електроннообчислювальними машинами (ПЕОМ) вимоги до освітлення на робочих місцях встановлені ДСанПІН 3.3.2.007-98:

- робоче місце повинне бути розташоване так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва;
- штучне світло у приміщеннях для роботи ПК повинне забезпечуватися загальною рівномірною системою освітлення;
- в якості джерел штучного освітлення варто використовувати люмінісцентні лампи типу ЛБ та компактні люмінісцентні лампи (КЛЛ).

При влаштуванні відбитого освітлення у виробничих та адміністративних громадських приміщеннях дозволено використовуватися металогалогенні лампи.

Для того, щоб забезпечити нормовані значення освітленості у приміщенні з ПЕОМ повинні проводитися прибирання з чисткою скляних вікон та світильників не рідше ніж два рази на рік. Вікна у кімнатах, в яких працюють з комп'ютерами повинні бути переважно орієнтовані на північ та північний-схід.

- монітор, корпус комп'ютера та клавіатура повинні знаходитися прямо перед оператором; висота робочого стола з клавіатурою повинна знаходитися у межах від 680 до 800 мм над рівнем підлоги, а висота нижньої межі екрану від 900 до 1280 мм;

- монітор варто розташувати на відстані 60-70 см на 20 градусів нижче рівня очей оператора.

Простір для ніг повинен відповідати наступним вимогам: висота — не менш ніж 600 мм, ширина — не менш ніж 500 мм, глибина — не менш ніж 450мм. Варто також передбачити підставку для ніг працюючого шириною не менш ніж 300 мм з можливістю регулювання кута нахилу. При роботі ноги повинні бути зігнуті під прямим кутом.

Так як виробництво керамічних виробів має на увазі можливу наявність загроз для життя (таких як робота у запиленому приміщенні, робота з рухомими частинами механізмів), варто забезпечити робітника усіма необхідними мірами захисту — окулярами, для виключення потрапляння чужорідних тіл в очі та область очей; спеціальним одягом, як мірою індивідуального захисту робітника, а також іншими засобами захисту у залежності від роботи, яку виконує робітник.

Кожному робітнику має бути надано робоче місце з урахуванням специфіки роботи, рівень світла також має бути достатнім для роботи, щоб співробітнику не доводилося підключати інакші джерела світла, перед станком повинна бути рівна та зручна поверхня.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА 3D ДРУКОМ

4.1 Будівництво школи за допомогою 3D-принтера у місті Львів

У Львові вперше в Україні за допомогою 3D-принтера будують школу на вул. Варшавській, 126. Це буде новий корпус для початкових класів школи №23. Тут зможуть навчатися близько 100 учнів. Завершити будівництво планують вже у червні, а запустити корпус в експлуатацію – з початку нового року.

Організаторами та ініціаторами проекту будівництва 3D-школи є гуманітарний фонд Team4UA за підтримки міжнародного технологічного гуманітарного фонду Humanitarian Innovative Technologies (HIT). Технологічні партнери проекту – данська компанія-розробник технології 3D-друку Cobot та будівельна компанія 3DCP Group, яка керує роботою принтера.

Будівництво навчального корпусу розпочалося у листопаді 2022 року. На першому етапі команді проекту вдалося закласти фундамент майбутньої школи, але згодом процес будівництва довелося зупинити через масовані ракетні обстріли України, нестачу електропостачання та нестабільні погодні умови. Тому активну фазу робіт вирішили відновити навесні 2023 року. Для продовження робіт до Львова спеціально доставили 3D-принтер. Він формує стіни зі спеціальної суміші на основі цементу. У принтер закладені точні координати.

«Він зводить стіни шар за шаром. За допомогою цієї технології Україна може бути відбудована набагато швидше, дешевше і екологічніше, ніж без неї. На цю суміш не впливає погода, вона дуже схожа на традиційну, ми лише кілька елементів додали», – сказав засновник Cobod International Генрік Люнд-Нільсен.

«Ми привезли цю технологію 3D-друку в Україну для того, щоб всі побачили її переваги. Це вперше ми використовуємо 3D-технологію в Україні. Цей корпус матиме площу 500 м². Те, що ви бачите сьогодні перед собою, було

надруковано за 48 годин. За традиційною методикою це зайняло б тижні», – розповів засновник гуманітарного фонду Теат4UA Жан-Крістоф Боні.

У планах організаторів завершити будівництво вже в червні. Вартість нового корпусу – 800 тис. доларів. Загалом школа мала б запрацювати вже з 1 січня 2024 року. За концепцією проекту, навчальний корпус матиме один поверх, де будуть розміщені класні кімнати, учительська, санвузли та хол з інклюзивним простором для всіх категорій учнів, зокрема, з особливими потребами. Це буде корпус для початкової школи, де працюватимуть чотири класи. Загалом тут навчатиметься до 100 дітей.

Модель принтера, який використовували безпосередньо для друку школи, має назву «BOD2».

Площа друку складає 12.09М x 11.53М x 8.54М

Матеріал для друку : бетон

Бетон для даного будівництва незвичайний. Це спеціальна суміш бетону для будівельного 3D друку. Традиційний бетон посилений 2 спеціальними компонентами.

Перший робить бетон більш текучим та гнучким.

Другий інгредієнт прискорює твердіння бетону, щоб він був достатньо міцним, щоб підтримувати наступний шар бетону.



Рисунок 4.1 - Демонстрація виготовлення суміші для друку

Цей проєкт будувався у два етапи. Коли перша частина готова, команда приступає до перенесення принтера на прилеглу територію, щоб надрукувати другу частину будівлі.



Рисунок 4.2 - Перенесення конструкції принтера

Для переміщення та налаштування принтера може знадобитися до одного дня. Але це не повинно бути так: існують набагато більші принтери, ніж цей, які можуть друкувати набагато більші будівлі за один рух.



Рисунок 4.3 - Процес друку

Також на шляху роботи виникали деякі випробування, а саме:

- Новий локальний матеріал, з яким майстри друку не працювали до цього моменту. Цемент, гравій і тд.

- Комунікація. Іноземним майстрам було не дуже зручно спілкуватися з місцевими, через мовний бар'єр, давати команди, щось підказувати та просто обговорювати робочі моменти.

-Погода. Через постійні дощі було важко працювати, так як матеріал погано накладался.

ВИСНОВКИ

У ході роботи були систематизовані та закріплені знання у сфері професійної діяльності, яка включає совокупність засобів, способів та методів проектування художньо-промислових виробів, обробки різних матеріалів. Основна ціль проєкта досягалася шляхом послідовного рішення поставлених завдань.

У даній роботі розглянуті аналіз застосування модульних конструкцій не тільки у будівництві, але і у дизайні. Представлені варіанти збірок з модуля.

У ході художнього проектування елементів виробів було виконано наступні етапи:

1. Ескізування;
2. Комп'ютерне моделювання виробів;
3. Виготовлення форм на 3D-принтері.

А також, були визначені найбільш відповідні матеріали при обраному способі виробництва. Для даного метода отримання будівельного модуля, етапи підготовки та виготовлення з наступним обпаленням.

Підсумком проведеної роботи став проєкт, який задовільняє технологічні та художні потреби, а також потребу виробничої та екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ільїнова В.В., Міцевич В.Д. Міжнародний досвід використання BIM-технології в будівництві. *Російський зовнішньоекономічний вісник*. 2021. № 6. С. 79–93.
2. Пермяков М.Б., Пермяков А.Ф., Давидова А.М. Адитивні технології в будівництві. *European research*. 2017. № 1(24). С. 14–15.
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації: : Закон України від 17 лютого 2021 р. № 152-р / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-> (дата звернення: 13.10.2021).
4. Луньова Д. А., Кожевнікова Е.О., Калошина С.В. Застосування 3D-друку в будівництві і перспективи його розвитку. *Вісник ПННПУ. Будівництво та архітектура*. 2017. № 1. С. 90–101.
5. Вакуров А.Є., Абросімов І.П. Опис і переваги технології виробництва бетону з діоксиду вуглецю в будівництві. *Бюлетень науки і практики*. 2018. № 8. С. 148–153.
6. Історія створення 3D-друку
<https://www.prostranstvo.media/uk/zd-druk-dovga-istoriya-tehnologiyi-majbutnogo/>
7. 3D-друк у будівництві: 6 прикладів та тематичні дослідження
<https://neuroject.com/3d-printing-in-construction>
8. Скорочення витрат, економія часу та зменшення відходів — чи може 3D-друк змінити архітектуру житлових будинків. URL: <https://pragmatika.media/skorochennia-vytrat-ekonomiia-chasu-ta-zmenschennia-vidkhodiv-chy-mozhe-3d-druk-zminyty-arkhitekturu-zhytlovykh-budynkiv>
9. Технологія виготовлення полістеролбетону. URL: <http://www.ctpp.com.ua/index.php/ru/glavnaya/16-ukr/korisna-informatsiya/28-tekhnologiya-vigotovlennya-polistirolbetonu>

10. Керамоблок або цегла що обрати? URL: <https://klinker-stone.com.ua/ua/keramoblok-ili-kirpich-%E2%80%93-cho-vybrat>
11. Керамічні блоки, опис, властивості. URL: <https://keraterm.com.ua/docs>
12. Характеристика керамічних блоків. URL: https://ukr-cegla.com.ua/blog/kharakterustuku_keramighnuh_blokiv
13. Керамоблоки або газоблоки, що краще? URL: <https://stroitel-list.ru/bloki-i-plity/gazobeton/cho-luchshe-vybrat-keramobloki-ili-gazobloki.html>
14. Скільки коштує надрукувати будинок на 3D-принтері? URL: <https://moladi.blogspot.com/2021/04/what-is-cost-to-3d-print-house.html>
15. 3D-будинки це майбутнє? URL: <https://www.houzz.co.uk/magazine/are-3d-printed-houses-the-future-stsetivw-vs~59662412>
16. Блок для перегородок, особливості та призначення. URL: <https://miidvir.ua/product/blok-betonnyi-dlia-perehorodky>
17. Стіновий блок. URL: <https://t-b-k.com.ua/ua/bloki.html>
18. Досвід використання кераміки у будівництві. URL: <https://skol.if.ua/2014/02/dosvid-vikoristannya-keramiki-u-budivnictvi/>
19. Стандартні розміри шлакоблоку. URL: <https://atorg.in.ua/shlakobloki.html>
20. Особливості будівництва будинку з керамзитобетону. URL: <https://vbud.in.ua/budinok-z-keramzitobetonnih-blokiv-shho-tse-take-i-yak-montuvati-material-svoyimi-rukami/>
21. Освітлення робочих приміщень та місць. URL: <https://svetoteh.com.ua/novyny/osvitlennia-robochikh-prymishchen/>

Нормативні посилання

В даній роботі були використані посилання на нормативи:

1. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 01.05.2015]. Вид. офіц. Київ : ННДПБООП, 2014. 13 с.
2. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони. МОЗ від 14.07.2020 № 1596. *Офіційний вісник України*. 2020. № 4. С. 530 – 543.
3. ДСТУ ISO 4872:2019 Шум. Вимірювання шуму будівельного обладнання, що працює просто неба. Метод визначення відповідності нормам шуму. [Чинний від 01.05.2015]. Вид. офіц. Київ : ННДПБООП, 2014. 13 с.
4. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 01.01.2020]. Вид. офіц. Київ : ННДПБООП, 2020. 87 с.
5. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. [Чинний від 01.12.2007]. Вид. офіц. Київ : НДІБП, 2007. 25 с.
6. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок користувачів. [Чинний від 20.02.1998]. Вид. офіц. Київ : ДКУЗНТОП, 1998. 13 с.
7. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. [Чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : УНДІДЕ НАУ, 2015. 9 с.
8. ГОСТ 17.2.3.02-2014 Правила встановлення припустимих викидів забруднюючих речовин промисловими підприємствами. [Чинний від 01.07.2015]. Вид. офіц.: ВАТ «НДІ Атмосфера», 2014. 12 с.
9. ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. Київ : НДІБК, 2018. 137 с.
10. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Чинний від 01.12.1999]. Вид. офіц. Київ : МОЗ, 1999. 26 с.
11. ДСН 239-96 Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. [Чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : УНДІДЕ НАУ, 2015. 9 с.