

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: « Аналіз автоматизації кам'яної кладки

в промисловому будівництві »

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1922– пцб-з

спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

Триодял Марина Сергіївна

(прізвище та ініціал)

Керівник ст.викладач Пастухова С.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Науковий керівник проф., д.т.н. Арутюнян І.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц.,к.т.н. Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
 Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
 (другий (магістерський) рівень)
 Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
 (шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
 « » 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Триодял Марина Сергіївна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

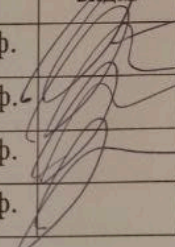
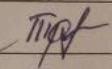
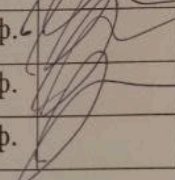
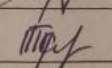
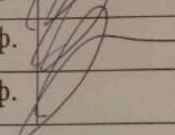
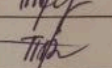
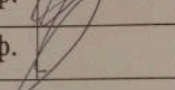
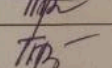
1. Тема роботи (проекту) : Аналіз автоматизації кам'яної кладки в промисловому будівництві
 керівник роботи Пастухова С.В. ст.викладач
 Науковий керівник Арутюнян І.А, професор, д.т.н
 (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 01 " 05 2020 року № 637 – с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.
3. Вихідні дані до роботи технологія використання скляних стін при будівництві цивільних споруд, навчальна, нормативна та періодична література
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Автоматизація будівельних процесів 2. Історія та методи автоматизації кам'яної кладки.
3. Автоматизація кам'яної кладки в промисловості. 4.Поради щодо виконання технологічної карти автоматизації кам'яної кладки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

лістів

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1 | Арутюнян І.А., д.т.н.. проф. |  |  |
| Розділ 2 | Арутюнян І.А., д.т.н.. проф. |  |  |
| Розділ 3 | Арутюнян І.А., д.т.н.. проф. |  |  |
| Розділ 4 | Арутюнян І.А., д.т.н.. проф. |  |  |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1. | Автоматизація будівельних процесів | | |
| 2. | Історія та методи автоматизації кам'яної кладки | | |
| 3. | Автоматизація кам'яної кладки в промисловості | | |
| 4. | Поради щодо виконання технологічної карти автоматизації кам'яної кладки | | |

Студент



 (підпис)

 Триодял М. С.

 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

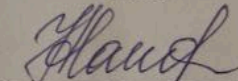


 (підпис)

 Пастухова С.В.

 (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено



 (підпис)

 Данкевич Н.О.

 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Триодял Марина Сергіївна. Аналіз автоматизації кам'яної кладки в промисловому будівництві.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник І.А. Арутюнян. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2023.

В роботі проведено аналіз та порівняння сучасних методів автоматизації будівельних процесів. Існуючі будівельні процеси будівництва такі як кам'яна кладка є застарілими та має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити швидкість виконання процесів, потреба у великій кількості працівників, вплив людських факторів а також велика вартість. . Для вдосконалення будівельних процесів, в межах будівельного виробництва, необхідна автоматизація будівельних процесів.

Обґрунтовано необхідність використання автоматизації будівельних процесів, та детально кам'яної кладки в промисловому будівництві, як інноваційного методу вирішення складних практичних завдань та економічного підходу в будівництві.

Ключові слова: Автоматизація будівництва , якість, ефективність, новітні технології, оптимізація, модернізація, цегляна кладка.

Список публікацій магістранта:

1. Триодял М.С., Пастухова С.В., Арутюнян І.А. Автоматизація будівельних процесів та новітні методи в будівництві Збірник наукових праць II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів УКРАЇНИ». Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2022. С

ABSTRACT

Maryna Serhiyivna Triodyal. Analysis of automation of stone masonry in industrial construction.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor I.A. Harutyunyan. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

The paper analyzes and compares modern methods of automation of construction processes. Existing building construction processes such as masonry are outdated and have significant disadvantages, among which the speed of execution of processes, the need for a large number of workers, the influence of human factors, as well as high cost should be noted. . Automation of construction processes is necessary to improve construction processes within construction production.

The need to use the automation of construction processes and detailed masonry in industrial construction as an innovative method of solving complex practical tasks and an economic approach in construction is substantiated.

Keywords: Construction automation, quality, efficiency, latest technologies, optimization, modernization, brickwork.

List of publications of the master's student:

1. Триодял М.С., Пастухова С.В., Арутюнян І.А. Автоматизація будівельних процесів та новітні методи в будівництві Збірник наукових праць ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів УКРАЇНИ». Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2022. С

ЗМІСТ

| | | |
|-------------|--|----|
| ВСТУП | Ошибка! Закладка не определена. | |
| 1 | АВТОМАТИЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ | 8 |
| 1.1 | Методи автоматизації | 8 |
| 2 | ІСТОРІЯ ТА МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ | 15 |
| 2.1 | Історія кам'яної кладки | 15 |
| 2.2 | Автоматизація та матеріали кам'яних кладок | 19 |
| 2.3 | Машина для автоматизації цегляних кладок | 21 |
| 2.4 | Технологія виконання роботизованої цегляної кладки | 34 |
| 3 | АВТОМАТИЗАЦІЯ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ В ПРОМИСЛОВОСТІ | 45 |
| 3.1 | Використання цегляної кладки в промислових будівлях | 45 |
| 3.2 | Порівняння автоматизованої та ручної роботи | 46 |
| 3.3 | Переваги та недоліки автоматизації кладки | 48 |
| 4 | ПОРАДИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ | 50 |
| 4.1 | Загальні відомості про робота SAM 100 | 50 |
| 4.3 | Загальні відомості та умови виконання | 57 |
| 4.4 | Обсяги робіт, склад бригади та ТЕП | 58 |
| 4.6 | Схема операційного контролю якості виконання та приймання робіт | 63 |
| 4.7 | Охорона праці | 64 |
| | ВИСНОВОК | 68 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 71 |

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: На сьогодні все більш актуальним питанням є пошук інновацій в автоматизації процесів за для полегшення праці, пришвидшення будівництва, та економії ресурсів. Прогрес економік України і світу залежить від визначення новітніх стратегій інновацій, порівнянний досягненням інновацій науково-технічного прогресу. Розвиток інноваційних процесів в будівельній галузі нерозривно пов'язаний з пошуком і реалізацію нових напрямів і форм впровадження досягнень НТП в практику вдосконалення виконання технологічних операцій.

В усьому світі, автоматизація є безумовним трендом, що сприяє замінити ручну працю на більш досконалу автоматизовану.

Застосування автоматизації, яка формує нове будівництво, за рахунок оптимального використання матеріальних та людських ресурсів в цілях вдосконалення і ефективності будівельних робіт.

Порівняння будівництва минулих років та будівництва з застосуванням автоматизації процесів показує, що автоматизація виробництва дозволяє вивести будівництво на новий рівень, прискорити процеси, заощаджує фінансові та людські ресурси та дозволяє підвищити ефективність.

Спираючись на досвід західних країн, аналізуючи досвід застосування автоматизації, можна з упевненістю сказати що застосування даних технологій дозволить вивести будівництво в Україні на новий рівень. Протягом останніх десятиліть накопичено чималий досвід автоматизації будівельних процесів та розробці новітніх технологій.

Автоматизація як науковий і практичний напрям розвитку сучасного будівництва піддався значним змінам і трансформацій. Автоматизація будівництва впродовж ряду років піддаються постійним вдосконаленням, що обумовлюються економічними та технологічними тенденціями у суспільстві.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності та ефективності автоматизації будівельних процесів кам'яної кладки в промисловому виробництві.

Об'єкт дослідження є аналіз методів та новітніх технологій в будівництві та економічної ефективності від їх застосування .

Предмет дослідження методи автоматизації будівельних процесів та їх економічна ефективність.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені наступні завдання:

1) Аналіз наукових праць та літературних джерел в розрізі новітніх технологій та автоматизації будівельних процесів з метою необхідності вдосконалення будівництва в Україні.

2) Обґрунтувати доцільність вивчення новітніх технологій та автоматизації в сучасному будівництві ;

3) Визначення проблем в будівельних процесах які вирішує автоматизація ;

4) Економічне порівняння будівельних процесів та визначення ефективності залучення новітніх технологій в будівництві.

Методи дослідження. Аналітичні підходи, економічні порівняння методів будівництва, що сприяють визначенню доцільності використання автоматизації будівельних процесів з удосконаленням та модернізацією застарілих підходів в будівництві.

Наукова новизна. Нами запропонована аналітика новітніх технологій в будівництві, яка дає можливість оцінити вплив новітніх технологій на будівництво побачити економічний ефект та визначити доцільність в застосуванні. Щоб зробити порівняння, необхідно детально ознайомитись з методами автоматизації будівельних процесів та порівняти економічний ефект.

Апробація результатів дослідження. Основні положення роботи докладалися в 2022 році на всеукраїнської науково-практичної конференції за

участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, 2022р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 70 сторінок тексту, у тому числі 33 рисунків, 2 таблиці. Список використаних джерел містить 12 найменувань.

1 СУЧАСНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

1.1 Методи автоматизації

Автоматизація — впровадження високоефективних систем машин і устаткування із використанням прогресивних технологій і організаційних заходів, що звільняють людину від участі у процесах отримання, перетворення, передавання і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій.

Сучасні методи автоматизації будівельних процесів включають в себе використання передових технологій та інновацій з метою підвищення продуктивності, ефективності та безпеки у галузі будівництва.

Ось деякі з основних сучасних методів автоматизації в будівництві:

- Будівельна Інформаційна Модель (BIM):

Інформаційне моделювання будівель або скорочено BIM (від [англ. Building Information Modeling](#)) — це процес оптимізації проектування і будівництва. За допомогою BIM-технології створюється інформаційна модель, яка забезпечує точне бачення проєкту в цілому.

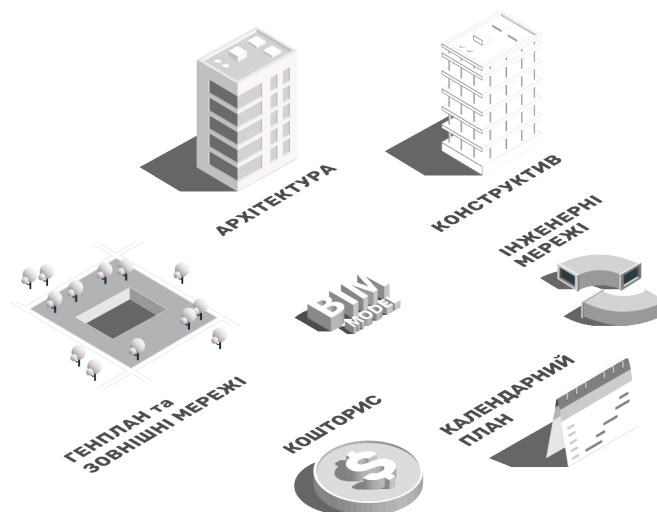


Рисунок 1.1 – Складові технології BIM

ВІМ є цифровою репрезентацією фізичних та функціональних характеристик будівлі чи будівельного об'єкту. Вона дозволяє створювати, управляти та аналізувати інформацію про будівельний об'єкт протягом всього циклу життя проекту.

Технологія інформаційного моделювання будівель полягає в побудові тривимірної віртуальної моделі будівлі в цифровому вигляді, яка несе в собі повну інформацію про майбутній об'єкт. Застосування ВІМ-технології в проєктуванні будинків включає в себе збір та комплексну обробку технологічної, архітектурно-конструкторської, економічної інформації про будівлю, завдяки чому будівельний об'єкт і все, що до нього відноситься, розглядаються як єдине ціле.

- Інтернет речей (IoT):

Інтернет речей (IoT) – це мережа підключених пристроїв, таких як датчики, електронне обладнання, камери і багато іншого. Вони запрограмовані таким чином, що Інтернет речей забезпечує автоматизацію підключених пристроїв. Використання датчиків та з'єднання обладнання з Інтернетом запрограмовані таким чином, що Інтернет речей забезпечує автоматизацію підключених пристроїв та дозволяє збирати та аналізувати дані з будівельного майданчика. Нам просто потрібно дати команди для цих пристроїв, використовуючи комп'ютерне забезпечення, це полегшує моніторинг та керування енергоспоживанням, безпекою та обслуговуванням об'єктів.

Інтернет речей (IoT) створює середовище конвергенції в суспільстві. Ця технологічне середовище приносить з собою зміну парадигми в нашій професійному та особистому житті. Пов'язана серед інтернет речей підвищує цінність і лояльність клієнтів технологіям майбутнього. Сьогодні Інтернет речей впроваджується всюди, що викликає заклопотаність людей, наприклад, розумне місто, розумна среда, безпеку, розумний бізнес-процес, розумне сільське господарство, домашньої автоматизації та охорону здоров'я.



Рисунок 1.2 – Використання Інтернет речей

- Машинне навчання та Штучний інтелект:

Штучний інтелект (Artificial intelligence, AI) – різні технологічні та наукові рішення і методи, які допомагають зробити програми за подобою інтелекту людини.

Машинне навчання (Machine learning, ML) – звід методів в області штучного інтелекту, набір алгоритмів, які застосовують, щоб створити машину, яка вчиться на власному досвіді. В якості навчання машина обробляє величезні масиви вхідних даних і знаходить у них закономірності.

Алгоритмів машинного навчання використовують для прогнозування ризиків, оптимізації графіку робіт, аналізу великих обсягів даних та автоматизації деяких будівельних процесів.

- Дрони та Аерозйомка:

Використання дронів для візуалізації будівельного майданчика, зйомка та картографування місцевості, а також для моніторингу будівельних процесів та безпеки. Дрони досить перспективні в будівельній індустрії. Наприклад, для інспекції великих будівельних майданчиків потрібно кілька днів для цілої команди людей, в той час як безпілотники здатні зробити це за

кілька годин під керівництвом одного оператора.



Рисунок 1.3 – Дрон для моніторингу будівництва



Рисунок 1.4 – Приклад аерозйомки будівельного процесу

- Робототехніка в будівництві:

Застосування роботів для виконання рутинних завдань, таких як розгортання цегли, фарбування чи різання матеріалів, що допомагає підвищити продуктивність та зменшити ризики для робітників.

Деякі роботи вже здатні замінити будівельників. Швейцарські вчені розробили мобільного робота In Situ Fabricator¹, який будує об'єкти за допомогою різних інструментів з точністю до 5 мм, дістає до високих стін і працює в напівавтомному режимі. Для навігації робот використовує набір камер і кілька потужних вбудованих процесорів.

Тенденція використання робототехніки у сфері будівництва продовжує зростати, адже складність будівництва збільшується. Відповідно, інвестиції у робототехніку зростають, а її роль в будівельній індустрії наразі надважлива.



Рисунок 1.5 – Приклади використання робототехніки в будівництві

- Системи Керування Енергоспоживанням:

Системи керування енергоспоживанням (СКЕ) в будівництві спрямовані на ефективне використання енергії та оптимізацію енергетичних процесів в будівлі. Ці системи дозволяють знижувати витрати енергії, підвищувати енергоефективність, виконують автоматичний контроль та оптимізації споживання енергії в будівлі, допомагають у зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище.



Рисунок 1.6 – Система обліку енергоспоживання в будинку

- Мобільні Додатки та Клієнтські Портали:

Використання мобільних додатків та клієнтських порталів у будівництві може значно полегшити і удосконалити процеси управління

проектами, контролю якості, забезпечення безпеки на будівництві та може значно покращити ефективність та комунікацію на будівельному проекті.

Ось деякі аспекти використання цих технологій:

Управління проектом: За допомогою мобільних додатків та порталів можна створювати та оновлювати розклад робіт, відслідковувати їх виконання та здійснювати необхідні корекції.

Звітність: Робочі бригади можуть здійснювати введення звітів про виконану роботу, фіксувати проблеми та успіхи, що дозволяє швидко вирішувати нагальні завдання.

Комунікація та спілкування: Клієнти можуть взаємодіяти з будівельною командою, залишати коментарі, слідкувати за ходом робіт та отримувати сповіщення. Використання мобільних додатків дозволяє легко долучати та обмінюватися документами, такими як малюнки, специфікації тощо.

Контроль якості та безпеки: За допомогою мобільних додатків можна ведення інспекцій та аудитів для контролю якості виконання робіт, а спеціальні додатки можуть використовуватися для ведення журналу безпеки, фіксації інцидентів та виробничих нарад.

Управління матеріалами та ресурсами: Зручність ведення замовлень та відстеження їх статусу в мобільному додатку забезпечує ефективне управління матеріалами, визначення ресурсів, ведення обліку працівників, обладнання та інших ресурсів, вести облік витрат, контролювати бюджет та генерувати звіти.

Навчання та підтримка. Використання мобільних додатків для тренінгу працівників та надання інструкцій з безпеки та виконання робіт.

- Розумні Будівлі та Автоматизовані Системи Управління:

Використання технологій "розумних будівель" для автоматизації систем опалення, кондиціонування повітря, освітлення та інших аспектів комфорту та безпеки в будівлі.

Ці технології спрощують та покращують різні аспекти будівельного процесу, сприяючи підвищенню продуктивності, зменшенню витрат, поліпшенню якості будівельних проектів, забезпечити енергоефективність та комфорт для користувачів, а також забезпечити високий рівень безпеки та управління ризиками. Ці технології продовжують розвиватися, впроваджуючи нові можливості для будівельної галузі.

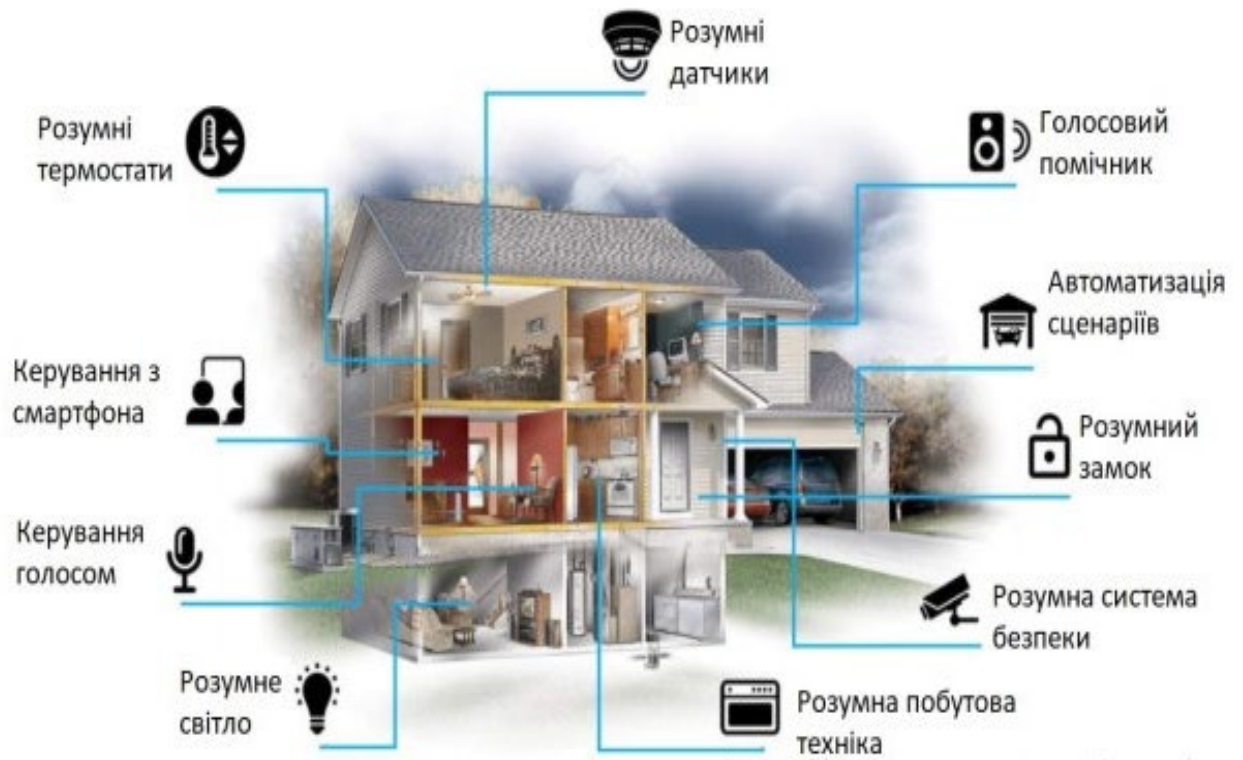


Рисунок 1.7 – Розумний будинок

2 ІСТОРІЯ ТА МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ

2.1 Історія кам'яної кладки

Кам'яна кладка — це техніка будівництва, що використовується для створення стін і споруд за допомогою кам'яних блоків або цегли.

Історія кам'яної кладки сягає тисяч років назад, і цей будівельний метод використовувався в різних культурах та епохи для створення міцних та довговічних споруд. Кам'яна кладка є одним з найстаріших способів будівництва та використовується як для створення житлових будинків, так і для об'єктів великих масштабів, таких як фортеці, храми та акведуки.

- Доісторичний період:

Навіть в доісторичний період люди використовували камінь для створення примітивних житлових будинків та оборонних споруд. Відомі приклади такого використання - це мегалітичні споруди, такі як Стоунхендж в Англії, де великі валуни встановлені в круговій або іншій конфігурації.



Рисунок 2.1 – Стоунхендж - кам'яна мегалітична споруда

- Давні цивілізації:

У Стародавньому Єгипті, Греції та Римі кам'яна кладка використовувалася для будівництва храмів, палаців, амфітеатрів та акведуків. Римляни активно використовували кам'яну кладку в будівництві своїх імпозантних споруд, таких як Колізей та Акведук Клавдій.



Рисунок 2.2 – Колізей в Римі



Рисунок 2.3 – Акведук Клавдій

- Середньовіччя:

Протягом середньовіччя, кам'яна кладка продовжувала бути популярним методом будівництва. Замки, церкви, монастирі та міські стіни вирішувалися за допомогою кам'яної кладки. У середньовіччі також було важливим розвиток техніки обробки каменю та конструкцій, що забезпечували його стабільність.



Рисунок 2.4 – Цегляний замок у Німеччині

- Ренесанс та Пізній Відродження:

В епоху Ренесансу та Пізнього Відродження кам'яна кладка отримала новий поштовх розвитку, відзначаючись деталізованішими орнаментами, архітектурними розробками та використанням нових видів каменю.



Рисунок 2.5 – Каплиця Боїмів у м.Львів

- 18-19 століття:

У 18-19 століттях розвиток індустріальної революції приніс нові технології для обробки та використання каменю в будівництві. Великі будівлі, мости та палаці стали використовувати кам'яну кладку в поєднанні з

іншими матеріалами.



Рисунок 2.6 – Бранденбурзькі ворота м.Берлін у Німеччині

- 20 століття:

У 20 столітті виникли нові технології та будівельні матеріали, які частково витіснили кам'яну кладку. Однак, традиційний метод залишився використовуваним для реставрації та консервації історичних об'єктів.



Рисунок 2.7 – Сіднейська оперна будівля м. Сідней Австралія

2.2 Автоматизація та матеріали кам'яних кладок

Автоматизація кам'яної кладки є частиною загальної тенденції впровадження сучасних технологій у будівельну галузь з метою підвищення продуктивності, зменшення витрат та покращення якості будівництва.

Історія автоматизації кам'яної кладки включає в себе еволюцію технологій та інженерних рішень протягом ряду століть. Інновації в цьому напрямку були спрямовані на поліпшення продуктивності, точності та ефективності будівельного процесу. Нижче подано загальний огляд історії автоматизації кам'яної кладки:

- Ручна Кладка (До 20 століття):

Перші будівельні техніки базувалися на ручній праці, де робітники клали кам'яні блоки вручну. Цей підхід був часо- та працезатратним.

- Водяні та Парові Двигуни (19 століття):

З появою водяних та парових двигунів в 19 столітті з'явилася можливість механізації деяких будівельних процесів. Проте, на той момент це були загальні машини, а не спеціалізовані для кладки каменю.

- Розробка Спеціалізованих Інструментів (20 століття):

У 20 столітті розроблялися спеціалізовані інструменти для полегшення процесу кладки каменю. З'явилися екскаватори, кранові машини та інші механізми.

- Роботи-Кирпичеложі (Останні Десятиліття):

У останні роки виникли роботи-кирпичеложі, що представляють собою автоматизовані системи для кладки кам'яних або цегляних блоків. Ці роботи можуть автоматично розміщувати блоки відповідно до заданого шаблону.

- Використання Технологій Штучного Інтелекту (Сучасність):

В сучасному будівництві широко використовуються технології штучного інтелекту для автоматизації і управління будівельними процесами.

Вони включають в себе системи візуального розпізнавання, системи контролю та навігації для роботів.

- Розумні Будівельні Матеріали (Перспективи):

Розробка розумних матеріалів, які можуть самостійно або під керуванням систем автоматизації визначати своє розташування та правильно встраюватися в структуру.

Ці технології можуть бути впроваджені окремо чи в комбінації, в залежності від конкретних потреб та умов будівельних проектів.

Кам'яні конструкції виконують з природного або штучного каміння.

Природні кам'яні матеріали можуть використовуватися після попередньої обробки: колотими та тесаними з твердих порід каменю (граніт, мармур та ін.), пиляними з м'яких порід (туф, черепашник), а також у необробленому вигляді: із рваного та постелістого бутового каменю (вапняку, пісковика), окатаного каменю та інших гірських порід.

Зі штучних кам'яних матеріалів найбільш широке застосування отримали: цегла глиняна повнотіла, пориста, пустотіла і пористо-пустотіла; цегла глиняна лицьова та силікатна; пустотілі та поризовані керамічні камені; дрібні бетонні та керамічні блоки, маса яких допускає їх укладання вручну. Залежно від виду застосовуваних кам'яних матеріалів кладка носить назви: цегляна (суцільна та полегшена), дрібноблочна (з керамічних та бетонних каменів), тесова, бутова та бутобетонна.

Для кам'яних та армокам'яних конструкцій застосовуються кам'яні матеріали густиною до 3000 кг/куб.м, водопоглинанням до 30%, морозостійкістю не менше 15, теплопровідністю до 0,8 Вт/(мК), міцністю від 0,4 до 100 МПа. Природні камені, що видобуваються за допомогою каменерізних машин, частіше бувають розмірами 490x240x188 та 390x190x188 мм. Для забезпечення перев'язки випилюються камені розмірами 0,5 і три чверті вищезазначених розмірів.

При виборі цегли для кам'яно-кладочних робіт необхідно дотримання

наступних параметрів: правильність розмірів, форми граней та кромки; міцність щонайменше 7,5 МПа (М75); водопоглинання із розчину в межах 3-5%; щільність та однорідність, відсутність включень, чистий та дзвінкий звук при ударі цегли один про одного; слабка стирання і хороша шпилька (відкол у потрібному місці і можливість витіски).6522

Різновидами суцільної цегляної кладки є армована, декоративна та облицювальна кладка. Для підвищення міцності кладки та надання їй монолітності камені скріплюють між собою розчином. Прошарок розчину сприяє рівномірному розподілу зусиль між камінням та оберігає кладку від продування та проникнення вологи.

Кладку починають і закінчують тичковими рядами, ведуть із обов'язковою перев'язкою вертикальних швів. З зовнішнього боку стіни ряди кладки можуть чергуватись: тичкові з тичковими; ложкові з ложковими; ложкові з тичковими; тичкові зі змішаними та одні змішані.

Залежно від кількості ложкових рядів, не перекритих тичковими, кладку називають одно-, дво-, три- та п'ятирядною.

Чим більше суміжних ложкових рядів, тим кладка менш міцна і менш трудомістка, оскільки зростає кількість поздовжніх вертикальних рядів і зменшується кількість цегли, що піддаються колці на частини.

2.3 Машини для автоматизації цегляної кладки

Однією з нових, але насправді старих ідей є механічний муляр – машина для автоматизації цегляної кладки стін. Привабливість цієї ідеї легко бачити: кладка цегли, здається, ідеально підходить для механізації. Це операція, що багаторазово повторюється – для будівництва цегляної будівлі потрібно вкласти десятки або навіть сотні тисяч цегли або блоків, більшість з

яких абсолютно однакові, причому кладуться вони теж однаково.

Здається, що така машина не повинна буде здійснювати фізичних складних рухів – на кожну цеглу наноситься шар будівельного розчину, після чого він кладеться поруч із попереднім. Вся цегла одного розміру, тому кожна наступна цегла кладеться на тій самій відстані від попередньої. Крім того, робота муляра, особливо при роботі з блоками, одна з найбільш фізично важких - вона вимагає багатогодинного та багаторазового переміщення важких об'єктів. Загалом кладка цегли здається ідеальним кандидатом на механізацію та автоматизацію – і люди намагаються зробити це вже понад 100 років.

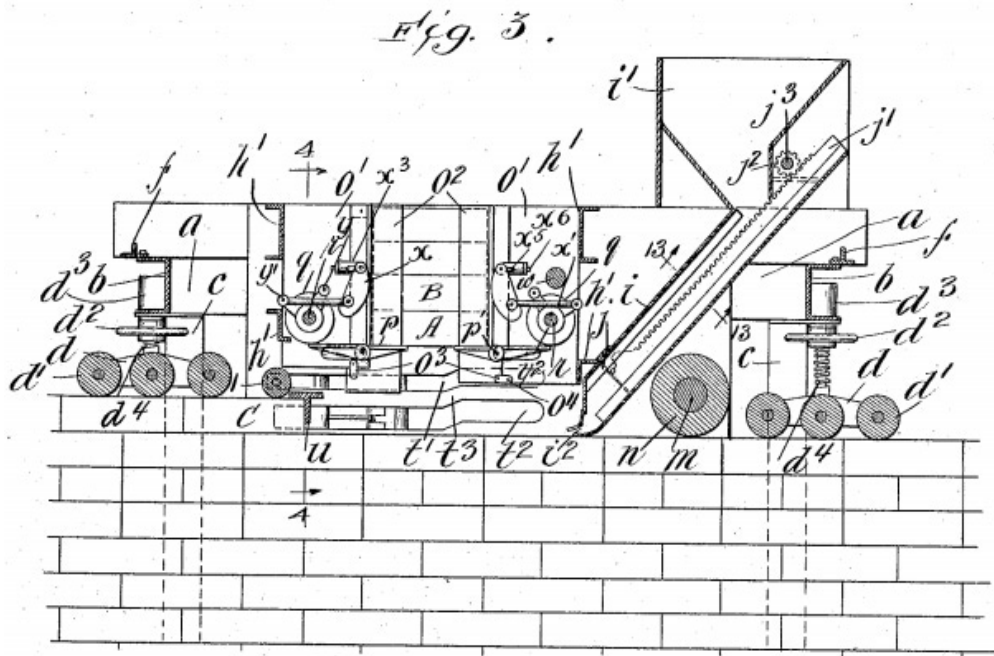


Рисунок 2.8– Машина для укладки Джона Томпсона від 1904 року

Перші спроби створити машину для укладання цегли датуються початком минулого століття – можна знайти патенти на подібні винаходи, зареєстровані у 1899, 1904 та 1924 роках, і у кожного з них свій автор. Деякі автори працювали над ідеєю роками. Джон Томпсон, автор патенту від 1904 року, потім отримував патенти у 1918 та 1926 роках. Теоретично ці машини повинні були працювати на верхній частині стіни, класти шар розчину і

викладати на нього по цеглині за раз. Вони не могли ніяк сприймати своє оточення, або вимірювати, куди саме класти цеглу – вони просто видавлювали шар суміші та механічно розміщували цеглу на однакових відстанях одна від одної. Невідомо, скільки подібних машин було виготовлено, але одну з них (від винахідника Джона Найта) використовували для спорудження цегляної стіни, яка, як кажуть, коштує досі. Подібна концепція ще не раз виникатиме протягом наступних десятиліть. Патенти на подібні машини можна знайти у 60-х та 70-х роках.

Спроби створити механічного муляра не пішли далеко від демонстраційних зразків і не мали комерційного успіху. 1980-і: роботи-муляри Наприкінці 1980-х і на початку 90-х з'являються спроби механізації праці муляра на основі роботизованих маніпуляторів. На відміну від суто механічних винаходів, нові машини вмели обробляти інформацію. Замість бездумного повторення тих самих рухів їх маніпулятори комбінували роботизовану руку з великим ступенем свободи з датчиками і керуючими системами. Вони «бачили» цеглу, куди її потрібно класти, а потім брали її і поміщали туди.

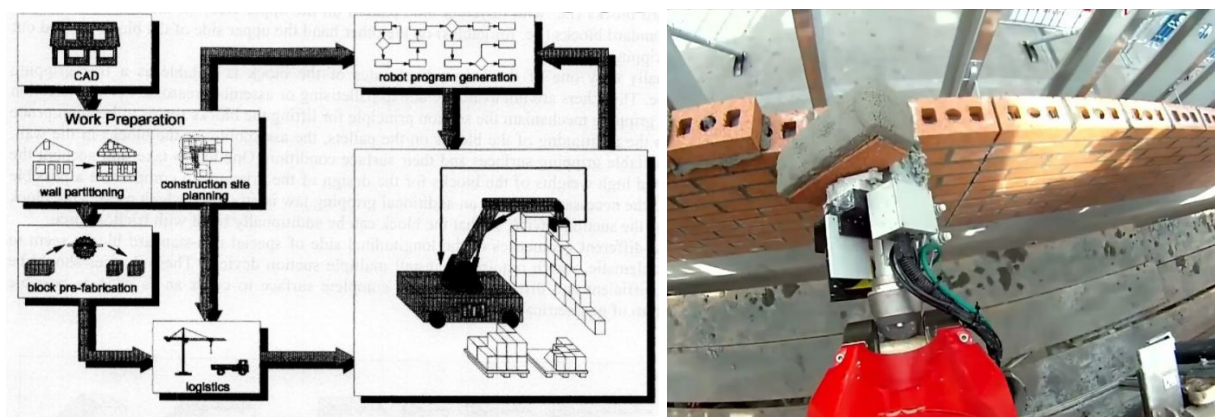


Рисунок 2.9 -Принципова схема роботи системи ROCCO

Якийсь час цю область активно розробляли в академічних колах – приклади можна знайти у Slocum 1988, Lehiten 1989, Rihani 1996, Altobelli 1993, Pritschow 1996, японської SMAS і ROCCO. Але незважаючи на всі подібні спроби успіху ці системи досягли приблизно такого ж, що й їхні

механічні попередники. Більшість не пішла далі за технічні описи («ось, як можна було б створити робота-муляра»), деякі стали прототипами, але по суті ніякого прогресу не сталося. Один із дослідників здався, заявивши, що роботи-будівельники загального призначення в найближчому майбутньому не матимуть практичного сенсу

З роками важливість цегляної кладки як будівельної технології в розвинених країнах знизилася, у зв'язку з чим зникла і інтерес до її автоматизації. І на відміну від такої галузі, як 3D-друк, де існують десятки спроб реалізації, все ж таки застосовують, але небагато сучасних спроб автоматизації роботи муляра.

Найрозвиненішою з цих систем здається Hadrian від компанії Fastbrick Robotics. У ній використовується вантажівка, обладнана порожнистою стрілою, крізь яку проходять спеціальні блоки (щось на кшталт вантажівки із системою подачі цементу). Коли блок доходить до кінця стріли, його поливають промисловим клеєм (замість звичайної будівельної суміші), потім бере маніпулятор і ставить у потрібне положення. Довжина стріли і те, що вона закріплена на вантажівці, усуває багато обмежень на укладання блоків, які були присутні у інших механічних систем. Вона може класти блоки у вузьких коридорах та на складних кутах, а також звести всі стіни невеликої будівлі, пересунувши при цьому вантажівку лише кілька разів.



Рисунок 2.10 – Робот Hadrian X

Зараз така робототехніка здатна класти по 200 блоків на годину, а метою компанії є швидкість 1000 блоків на годину.

Nadrian розробляють з 2006 року, і лише нещодавно почали використовувати на комерційних будівлях – поки що компанія збудувала блокові стіни 3-4 будівель в Австралії.

Але найбільш успішна з відомих мені механічних систем для укладання цегли – це SAM, напівавтоматичний муляр. Це робот компанії Construction Robotics, який використовується в комерційному будівництві з 2015 років. В день укладає до 2 000 цегли. Для порівняння - муляр в середньому укладає не більше 400 штук. Установка такої машини на будівельному майданчику збільшить продуктивність на 400%.

На відміну від блоку Nadrian, що кладе, SAM кладе звичайну глиняну цеглу. Вона складається з роботизованого маніпулятора, системи подачі розчину та конвейрної стрічки, закріплених на обладнаному колесами шасі.



Рисунок 2.11 – Маніпулятор SAM

Маніпулятор бере цеглу, наносить на неї розчин, і ставить на потрібне місце стіни згідно з внутрішньою «цегляною картою», на яку нанесені всі позиції для цегли. Після цього процес повторюється, і машина поступово зводить стіну (люди потрібні лише для укладання цегли на кутах). SAM має кілька датчиків, що компенсують рух платформи і гарантують горизонтальну

кладку цегли, і вона може працювати з цеглою різного розміру (але не зі шлакоблоками). Її ставлять на мобільні ліси, і піднімають у міру спорудження стіни.

Судячи з усього, у SAM, як і у Hadrian, теж є проблеми. На довгих ділянках стіни він працює добре, але на коротких практично не випереджає людей-мулярів. Він не може заїжджати за кути та класти стики. У кращому випадку він кладе цеглу в 5 разів швидше за людину, проте за ним все одно повинні йти муляри, що очищають стики і іноді вирівнюють цеглу, а також технік, що вирішує проблеми машини. У книзі, що описує розробку SAM, перелічені різні проблеми, з якими довелося зіткнутися інженерам, а наприкінці згадується, що цього робота складно знайти покупців. Судячи з сайту, компанія Construction Robotics вже змінила свої пріоритети і замість SAM зосередилася на іншому продукті – підйомнику MULE.

Крім SAM і Hadrian є ще кілька механічних мулярів на різних стадіях розробки. Індійська компанія Craftsmac нещодавно оголосила про випуск робота-муляра, який використовується для зведення стін зі шлакоблоку. Вона схожа на SAM, це шасі на колесах з маніпулятором, конвеєром та бетонозмішувачем.

Одна британська система автоматичного укладання цегли використовує встановлену на колесах систему двоосьового руху, що дозволяє загорнути за кути і вирішальну проблему перенесення робота з поверху на поверх (замість цього потрібно витратити час на початкове складання системи).

Компанія ROB використовує комерційно доступний маніпулятор для укладання різноманітних панелей (хоча із сумішшю, зважаючи на все, не працює). Одна з областей, де було досягнуто певного комерційного успіху – це цегляні дороги. Різні компанії пропонують машини для «друку» ділянок доріг із цегли. Укладання доріг трохи простіше автоматизувати, ніж будівництво стін.

Є й трохи інша категорія машин, призначених для збільшення

продуктивності роботи муляра – їх називають «помічники мулярів». Ці машини допомагають фізично піднімати блоки (частіше зустрічаються машини, що працюють саме з блоками, а не з цеглою), зменшуючи фізичне навантаження на муляра, який зайнятий тим, що розміщує блоки на потрібних місцях. Такі асистенти існують щонайменше з 1994 року з військових експериментів з МАМА – «мехатронним асистентом муляра» [Mechatronically Assisted Mason's Aid]. Це була машина із захопленням, розташованим на стрілі, що стоїть на вантажівці. Каменяр використав захоплення для переміщення блоку на потрібне місце без необхідності піднімати його руками. З того часу варіанти ідеї зі стрілою та захопленням розробляли кілька компаній: мені вдалося знайти інформацію про Layher Balance, Rimatem та Assistance System Steinherr. На сьогодні простіше за все тільки можна купити - це MULE від Construction Robotics (судячи з усього, вона має набагато більший успіх, ніж їх SAM).



Рисунок 2.12 - Layher Balancer

Однак з найцікавішим асистентом муляра є екзоскелет, розроблений

компанією FRACO, і випущений минулого року. Це адаптація військової технології, що містить різні пасивні та активні механізми, що допомагають піднімати тяжкості та зменшувати навантаження на м'язи муляра.

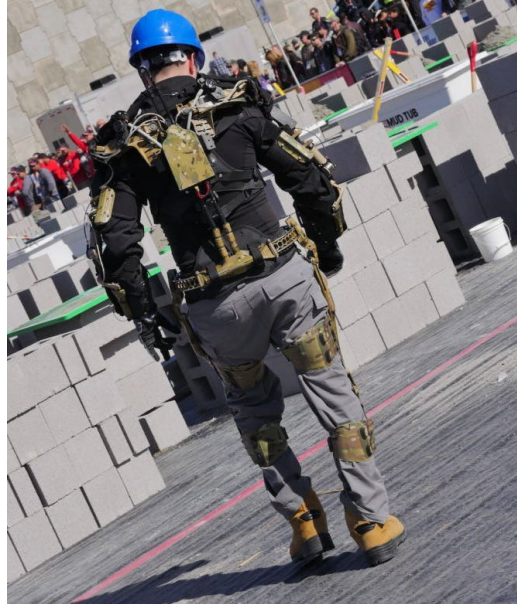


Рисунок 2.13 - Екзоскелет FRACO

Дослідники з Університету в м. Баффало (США) сконструювали робота-носільника OSCR-3, який допомагає піднімати та переносити цеглу та будівельні блоки сходами та поверхами.

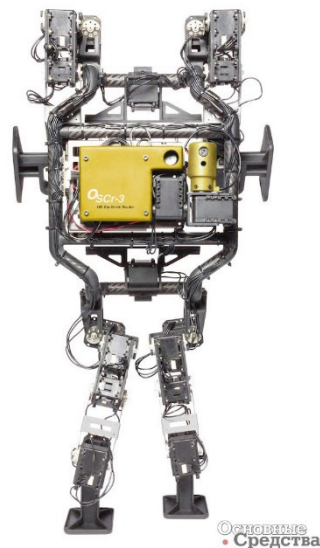


Рисунок 2.15 – Робот носильник

Швейцарські дослідники також ведуть роботи зі створення робота, що укладає цеглу, який міг би адаптуватися до змін обстановки на будівництві та

самостійно навчатися у процесі роботи, ґрунтуючи свої дії на бортовій системі «органів почуттів» з електронним управлінням, не потребуючи втручання в управління людини. In-Situ Fabricator (IF, «Будує тут і зараз») створено групою архітекторів та робототехніків із Федерального технологічного інституту в Цюріху (ETH Zurich).



Рисунок 2.16 – Робот In-Situ Fabricator

Роботи-мурахи. Цікаву роботу з оригінальним підходом до вирішення проблеми автоматизації процесу будівництва з цегли веде група вчених у Гарвардській школі техніки та прикладних наук (SEAS). У них немає ні центрального керівництва, ні загального плану будівництва, вони навіть не розподіляють обов'язки між собою і не спілкуються один з одним, у процесі будівництва не знають, в якому стані перебуває об'єкт, що будується в даний момент. Комахи діють за принципом, який називається "стигмергія" (stigmergy, "стигмержі" або "мурашиний алгоритм"): особина спостерігає, які зміни внесли в навколишнє середовище інші особини та чи діє, виходячи з цього. Мураха просто несе шматок глини або піщинку до місця, куди його потрібно укласти, і якщо це місце виявляється вже зайнятим - несе до наступного. Тисячі маленьких трудівників народжуються і вмирають, води та вітри завдають шкоди споруді, але будівництво успішно продовжується, і мурашник росте, не руйнуючись.

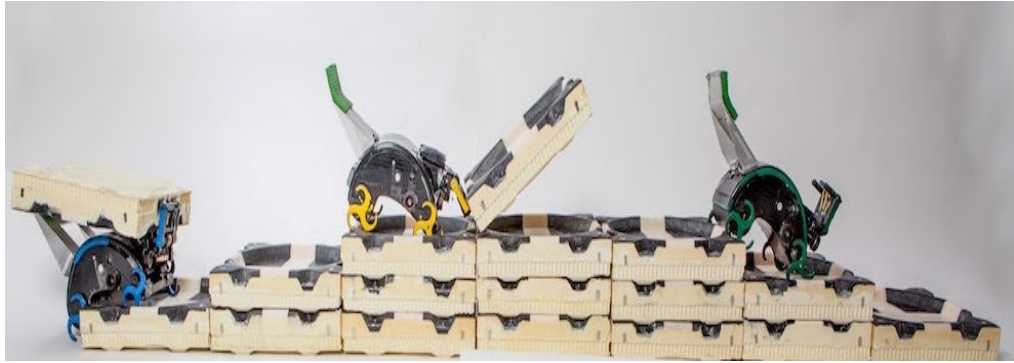


Рисунок 2.17 – Роботи-мурахи

Дослідники з Гарварду побудували програму TERMES («терміти») на принципах «мурашиного алгоритму», яка дозволяє великій групі роботів діяти як колонії мурах, і отримали вражаючі результати: на демонстрації група роботів злагоджено зводила складні тривимірні споруди. Роботи будували сходи, підіймаючись по них, щоб продовжувати будівництво, знали, куди потрібно покласти чергову цеглу і як її закріпити, дотримуючись простого правила, згідно з яким кожна укладає цеглу на перше ж доступне місце, щоб спорудження зростало, при цьому не створюючи перешкод для сусідів і ходу будівництва, і навіть відновлювали будівництво після раптових змін в обстановці та її стані (частина будівлі навмисне руйнували). Кожен робот брав участь у будівництві паралельно з іншими, але не знав при цьому, хто з колег і що робить у цей момент. Якщо робот виходив з ладу або повинен був залишити будівництво з якихось причин, це не впливало на інших. Після постановки початкового завдання колектив роботів більше не потребує втручання людини у процес будівництва. Одну й ту програму можуть виконувати і п'ять, і п'ятсот роботів. Дослідники прагнули створити систему максимально просту, дешеву та надійну. Бортові електронні системи керування роботів вийшли досить простими. У цих бюджетних «роботів-колективістів» – т.з. «кілоботів» є всього чотири типи простих датчиків і три приводи-актюатори. Технічні можливості системи TERMES поки ще обмежені, але, як стверджують автори, вже зараз роботизована система може

виконувати завдання щодо укладання загороджень з мішків з піском під час повеней або виконувати нескладні будівельні роботи на Марсі.

Летаючі роботи-будівники(рис.2.18). На відміну від системи TERMES робота інших сучасних роботизованих систем управляється центральним блоком управління-контролером або всі роботи повинні мати здатність спілкуватися один з одним, узгоджуючи свої дії. «Інститут динамічних систем та управління» (Institute for Dynamic Systems and Control) у Цюріху (Швейцарія) розробив концепцію «Літаючих роботів» (Flying Machine Arena), які можна використовувати для будівництва будівель з цегли або блоків в автономному режимі — без втручання людини в процес будівництва.

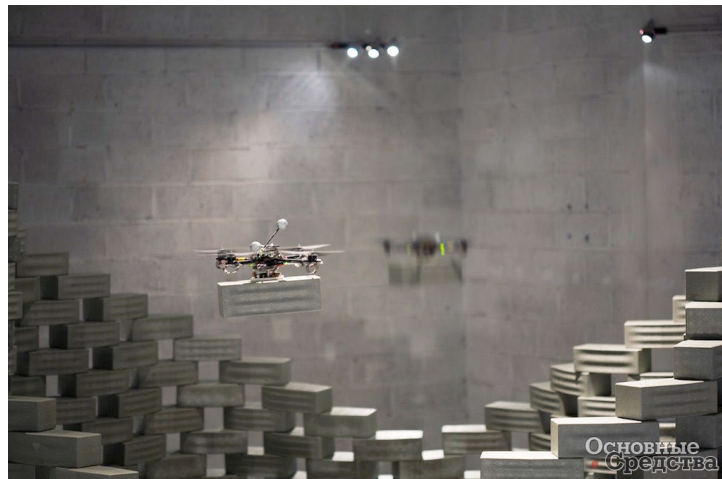


Рисунок 2.18 – Летаючі роботи-будівники

Система може керувати різними літальними апаратами, але були обрані квадрокоптери за їхню маневреність, простоту механічного пристрою, надійність і міцність, а також здатність нерухомо ширяти в повітрі. Квадрокоптери оснащені бортовою електронною системою управління, гіродатником кутової швидкості та акселерометром. Цегла утримується спеціальним захопленням з трьох штифтів із сервоприводом.

Звичайно, машину, що допомагає піднімати тяжкості, важко назвати революційною технологією. Ймовірно, найважливішою технологією з точки зору збільшення продуктивності роботи муляра став телескопічний

навантажувач, який усунув необхідність ручного переміщення піддонів з цеглою на місце кладки.



Рисунок 2.19 – Телескопічний навантажувач

Робот має порівняно невелику масу, мобільний і найголовніше, має «інтелект». Він оснащений двома комп'ютерами, один з яких відповідає за рухи механічної «руки»-маніпулятора, а інший за орієнтування. Маніпулятор обладнаний лазерним далекомір. При переміщенні маніпулятора далекомір сканує простір навколо робота і будує тривимірну схему навколишнього простору. Також у бортову систему управління завантажено цифрову модель споруди. Завдяки цим даним робот постійно визначає своє положення в обстановці, що змінюється, і орієнтується при виконанні будівельних операцій, що створює можливості для його автономної роботи, яку він виконує з точністю до міліметра. Ще однією перевагою ІФ є здатність самостійно переміщатися будівельним майданчиком без допомоги людини. Робот оснащений датчиками та камерами, які дозволяють йому не натикатися на перешкоди та людей під час руху.

Робота муляра видається ідеальним кандидатом на механізацію, проте сто років скромного прогресу натякають на наявність у цій галузі якогось аспекту, що перешкоджає створенню такої машини. Зважаючи на все, тут є

кілька негативних факторів.

По-перше, цегла не кладеться на щось рівне і тверде - вона розташовується на тонкому шарі будівельної суміші з води, піску та цементу. У суміші досить складні фізичні властивості - це неньютонівська рідина, в'язкість якої збільшується при русі. Через це механічний, детерміністський спосіб кладки не проходить (ймовірно, тому мулярам складно пояснювати тонкощі своєї справи – при укладанні цегли вони роблять безліч невеликих рухів, а суміш поводитья і не як рідина, і не як тверде тіло). Оскільки суміш виготовляють дома, у її властивостях періодично з'являються деякі відмінності.

Автоукладачі цегли постійно стикалися з труднощами, пов'язаними з будівельною сумішшю. Наукові дослідження кінця 80-х і початку 90-х часто займалися питаннями створення стін без будівельної суміші, наприклад, блоків із зачепленням один за одного, або ж альтернатив сумішам, які поводяться більш передбачувано (на чому зупинився Hadrian). У роботі 1996 року Прітшоу просто написав, що вирішити проблему суміші виявилось занадто складно. У винахідників, яким вдалося вирішити завдання надійного нанесення суміші, поки не виходить видавати надійне з'єднання цегли – вони просто нашліпують суміш на цеглу, після чого робітникам доводиться прибирати надлишки. В якомусь сенсі такі роботи, як SAM, недалеко пішли від моторизованого муляра 50-х років.

З'єднання цегли сумішшю ускладнює роботу роботамуляра. Якщо пневматичний молоток просто докладає силу до цвяха, отримуючи приблизно один і той же результат щоразу (а якщо виходить трохи криво, то це не страшно - цвях все одно виконує свою функцію), то укладання цегли на отриману на місці неньютонівську суміш помилок не прощає. Не отримуючи зворотний зв'язок (не вимірюючи, наскільки рівно лягла цегла), складно бути впевненим, що стіна вийде рівною. Муляри постійно перевіряють горизонтальність цеглин нитками або рівнями, і при необхідності вживають

заходів. Механічному мулярові потрібен спосіб робити те саме. SAM майже вирішив цю проблему, але все одно іноді вимагає втручання робітників, які ударами ставлять цеглу на місце.

Одна з головних відмінностей забивання цвяхів від цеглини – необхідність внесення поправок залежно від оточення. Пневматичні молотки, циркулярні пилки та інші електроінструменти більше схожі на асистентів муляра – вони виконують суто фізичну роботу, залишаючи обробку інформації та розташування деталей на совісті людей. Пневматичний молоток не повинен розуміти, куди потрібно забити цвях, і не повинен сам переміщатися в потрібне місце - він просто виконує фізичну роботу із забивання цвяха.

Ускладнюють механізацію роботи муляра ще ваго цеглі і блоків, що великі і важкі, тому для роботи з ними потрібні великі і дорогі машини (особливо, якщо ви хочете працювати з ними швидко - зусилля зростають з прискоренням). Також часте використання арматури у стінах складно реалізувати у простій машині, що кладе блоки. На проектах де використовували Hadrian арматуру ставили вручну. Важко домовитися з підрядниками на використання таких машин, оскільки ті намагаються уникати ризиків. Якщо автоматизовані муляри будуть ставати менше, швидше, навчатися працювати з кутами і доводити до розуму з'єднання цегли, вони стануть дуже привабливими.

2.4 Технологія виконання процесу кам'яної кладки роботом

Технологія виконання робіт у сучасному будівництві в багатьох випадках передбачає використання засобів механізації. Ступінь застосування роботів і маніпуляторів залишається, однак, досить низькою. Звичайні

способи проектування робіт, застосування традиційних будівельних матеріалів та класичних видів будівельної техніки частково чи навіть повністю виключають можливість застосування роботів.

При реалізації мобільного робота на будівельному майданчику основним є застосування системи автоматичного проектування (САПР) для підготовки робіт та забезпечення якості їх виконання. У процесі підготовки робіт враховуються та обробляються дані для виготовлення кам'яних блоків, вимоги щодо організації будівельного майданчика (оформлення робочих місць, розміщення машин та матеріалів тощо) та програма роботи роботи. З результатів роботи САПР будівельного об'єкта стіни програмним шляхом розбиваються окремі сектори, укладання яких може здійснюватися з однієї позиції робота.

Наступними етапами є оптимізація робочих позицій робота, оптимізація розміщення штабелів із кам'яними блоками, а також положення блоків у цих штабелях. Виконання автоматично розроблених програм відбувається за допомогою мобільної роботизованої системи, що представляє собою транспортний засіб (платформу), що переміщується по будмайданчику і робот з п'ятьма осями рухливості, загальною масою близько 2 т. Як основні вимоги до цієї системи є вантажопідйомність — близько 300 кг при тривалості робочого такту 300 або близько 100 кг при його тривалості близько 30 с. До найважливіших параметрів роботів для будівельно-монтажних робіт відноситься число та вид ступенів свободи кінематики. Більшість роботів (33,5%) володіє чотирма ступенями свободи. В якості приводу роботів переважно застосовується гідравлічний (43,4%) та пневматичний (43,3%). Тільки 13,3% припадає на електропривод. Оцінка економічності застосування роботів здійснюється за допомогою аналізу витрат на основі калькуляції будівельних робіт. Використання роботів на будівельному об'єкті можливе лише за умови досягнення економічного ефекту.

Проектування будівельно-монтажних робіт з урахуванням застосування робітів відбувається так :

1) 1 Аналіз проектної документації об'єкта, визначення ділянок, де може йтися про використання робітів.

2) Збір інформації, необхідної для розробки роботизованих технологічних комплексів, та угруповання конструктивних елементів (деталей) будівельного об'єкта відповідно до загальних конструктивних та технологічних ознак.

3) Розробка пропозицій щодо уніфікації конструктивних елементів, визначення умов їх виготовлення за допомогою робітів.

4) Розрахунок виробничої програми.

5) Визначення витрат праці при роботизованому варіанті виконання будівельно-монтажних робіт.

6) Визначення послідовності операцій.

7) Визначення механізму функціонування технологічного оснащення з урахуванням технічних та технологічних взаємозв'язків, що мають місце у загальному процесі виконання будівельно-монтажних робіт.

8) Розрахунок продуктивності робота, точності та надійності виконання операцій.

9) Визначення економічності вибору оптимального варіанта застосування робітів.

10) Визначення технічних заходів щодо реалізації роботизованих операцій та формулювання технічних вимог до особливих засобів технологічного оснащення.

11) Проектування та виготовлення технологічного оснащення з подальшим її монтажем.

12) Підготовка технологічної документації до використання робітів.

Виконання окремих кроків, склад завдань та послідовність їх вирішення залежить від виду та особливості будівельно-монтажних операцій.

Застосування роботів та маніпуляторів для кам'яної кладки може бути успішним при виконанні таких вимог:

- здатність інтегруватися в умовах будівельного майданчика: можливість роботи на будівельному майданчику як при будівництві нових будівель, так і при ремонті старих;

- багатофункціональність: зведення зовнішніх та внутрішніх стін, здатність маніпулювати з усіма відомими будматеріалами (будівельна та силікатна цегла, бетонні блоки), узгодження з усіма необхідними технологічними процесами (різного роду розчинами тощо);

- гнучкість: здатність реалізувати будь-яку конфігурацію;

- простота: можливість безпроблемного включення до будівельного процесу, малі витрати на обслуговування;

- економічність: висока продуктивність, малі витрати на експлуатацію;

- інтеграція з керуючим комп'ютером, за наявності такого на будівельному майданчику;

- мобільність: робоча зона робота у стаціонарному положенні завжди обмежена розміром його руки, щоб забезпечити можливість обслуговування всього необхідного робочого простору, маніпулятор необхідно постачати мобільною платформою;

- малі габарити: робочий простір, що є у розпорядженні, обмежений специфічними умовами будівельного майданчика, як, наприклад, стелями або простором для відкриття дверей, це впливає на вибір кінематичної схеми та геометричні розміри робота;

- мала маса: несуча здатність поверхових перекриттів, що є робочою поверхнею робота, завжди обмежена (зазвичай 500 кг/т²), власна маса робота повинна відповідно бути мінімальною;

- міцність: міцне виконання робота, з урахуванням специфічних умов будівництва (пил, бруд, вібрація, негода), є необхідним;

- висока вантажопідйомність: з точки зору економічності будівництва

потрібне застосування якомога більших за форматом блоків, вантажопідйомність робота повинна становити мінімум 50 кг;

- заміність інструменту: під час роботи з кам'яними блоками різних розмірів та застосування різних технологій їх укладання потрібна проста та швидка заміність інструменту;

- безпека: робот і обслуговуючий його персонал повинні бути достатньо захищені за допомогою спеціальних захисних пристроїв;

- ефективне управління: реалізації необхідних траєкторій руху потрібна наявність надзвичайно ефективних систем управління.

Маніпулятор може керуватися оператором за допомогою дистанційного керування, так і автоматично.

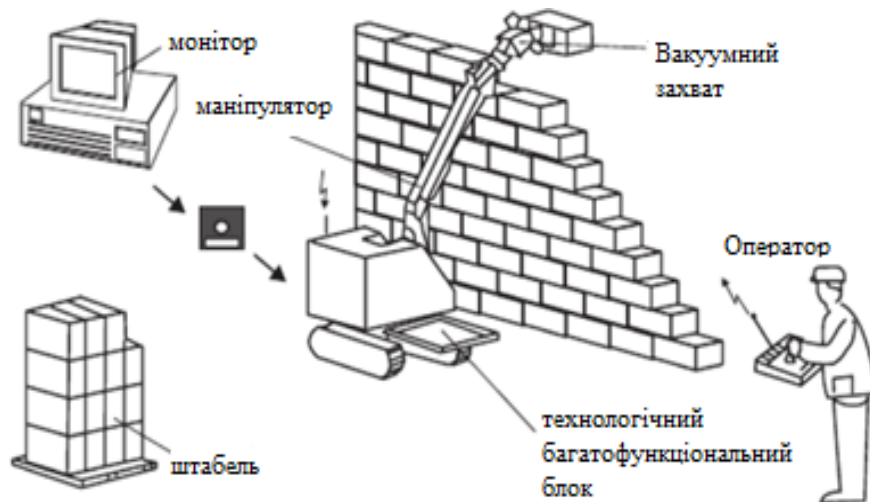


Рисунок 2.20 – Мобільний робот з дистанційним керуванням

У Німеччині розроблено дистанційну систему управління мобільним маніпулятором (рис. 2.14) з частково автоматизованими робочими функціями. Маніпулятор може укласти кам'яні блоки розміром 100x65 мм. Оператор здійснює управління переміщенням платформи та підведенням її до штабелю з блоками. Робот бере блок і переміщається до місця його укладання. Там він піднімає його до необхідної висоти, розвертається та висуває руку маніпулятора. Орієнтування щодо стіни та визначення координат блоку відбувається за допомогою датчиків. Точне позиціонування

здійснюється оператором. Енергопостачання забезпечується гнучким кабелем, що постійно переміщається разом з робочою платформою. Нанесення розчину виконується вручну.

Недоліком такого маніпулятора, так само як і розглянутих нами вже міні-кранів, є необхідність для досягнення економічної ефективності від його використання великого обсягу однотипних операцій, що багаторазово повторюються. Існує не так багато споруд, де економічно обґрунтовано його застосування. Оператор повністю зайнятий управлінням і не має можливості виконувати одночасно будь-які функції. Основною ж перевагою даного робота є висока точність позиціонування при укладанні кам'яних блоків, що дозволяє, вже на такій добрій основі, продовжити розробки, спрямовані на подальше полегшення праці муляра.

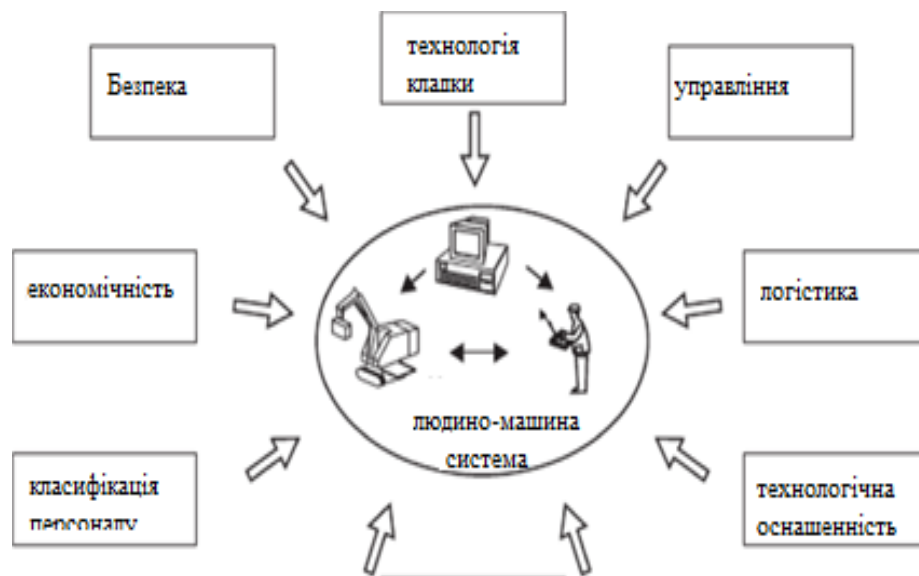


Рисунок 2.21 – Чинники, що впливають на процес автоматизованої кладки

Найважливіші чинники, що впливають процес автоматизованої кладки цегли на будівельному майданчику представлені на (рис. 2.15) Однією з найважливіших функцій мобільного робота для кладки цегли є автоматичне нанесення розчину.

Якщо розглянути цей процес, то можна встановити два різні принципи його реалізації:

1. Нанесення розчину на верхню поверхню вже укладеної цегли шляхом переміщення вздовж неї роботом спеціальної розчинної ванни.

2. Нанесення розчину на нижню поверхню цеглини перед його укладанням. Для цього він переміщається роботом, будучи трохи зануреним у розчин спеціальної ванни.

При виконанні кам'яної кладки за допомогою робота цегла укладається переважно впритиск. Для уникнення пошкоджень робота виконавчий пристрій повинен мати податливість, щоб уможливити вирівнюючі рухи робота. Виникають передбачувані зіткнення про вже укладену сусідню цеглу та горизонтальний шов повинні враховуватися на рівні керування роботом, щоб було можливо здійснювати гальмування та зупинку переміщення. Описана ситуація пояснюється прикладами, наведеними на (рис. 2.16)

Для забезпечення надійної роботи робота для цегляної кладки елемент, що вирівнює, повинен мати:

- двома ступенями поступальних переміщень для реалізації бокового притискання цегли до покладеного або укладання на горизонтальний шов;
- індивідуальним електронним управлінням щодо кожного окремого ступеня свободи;
- можливістю завдання певної протидіючої сили за кожним ступенем свободи (наприклад, за допомогою пружин), щоб перешкоджати неконтрольованим вирівнювальним рухам у розблокованому стані;
- по одному бінарному сенсору за кожним ступенем свободи, що визначає відхилення елемента, що вирівнює, і задає гальмування переміщення робота;
- по одному бінарному сенсору за кожним ступенем свободи, що визначає закінчення відрізка вирівнювання та забезпечує аварійну зупинку робота;

- по одному аналоговому датчику за кожним ступенем свободи, що визначає значення дійсного відрізка вирівнювання та дозволяє проводити точний розрахунок позиціонування виконавчого органу під час виконання цегляної кладки.

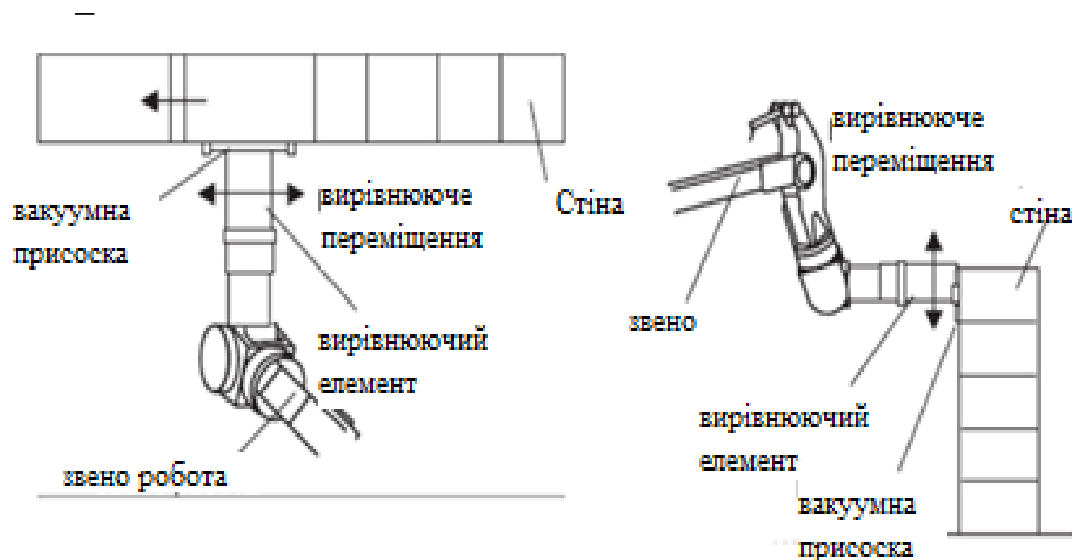


Рисунок 2.22 – Необхідні вирівнюючі переміщення в процесі кладки а - бічний притиск до сусідньої цегли (вид спереду); - укладання цегли на горизонтальний шов (вид збоку)

Неминучі помилки в установці штабелів з цеглою можуть спричинити зіткнення з ними та пошкодження робота при виконанні операції з їхньої вибірки. Зазвичай цього вдається уникнути за рахунок оснащення захватних пристроїв сенсорами, інформація з яких дозволяє коригувати траєкторію їхнього переміщення. Однак при цьому виникають втрати часу, що підвищують час кам'яної кладки.

Найпростішим елементом вирівнювання є гумове ущільнення вакуумного захватного пристрою. Звичайні ущільнення товщиною 10-15 мм в силу своєї високої гнучкості можуть компенсувати помилки за становищем в межах багатьох міліметрів і кутом в межах декількох градусів. Якщо цього недостатньо, між останньою віссю маніпулятора і вакуумною тарілкою передбачається додатковий компенсуючий елемент, який повинен мати один

поступальний ступінь свободи перпендикулярно до вакуумної тарілки і двома обертальними для компенсації помилок нахилу.

Зони компенсації, що реалізуються, залежать від максимального навантаження, конструктивних особливостей і лежать в межах 50 мм і 10° . На (рис. 2.17) представлені ескізи компенсуючого механізму з робочими кромками ущільнення та елемента вирівнювання. Компенсуючий елемент для процесу захоплення повинен також мати пристрої для блокування і розблокування окремих ступенів свободи, а також бінарними сенсорами для контролю відрізків компенсації.

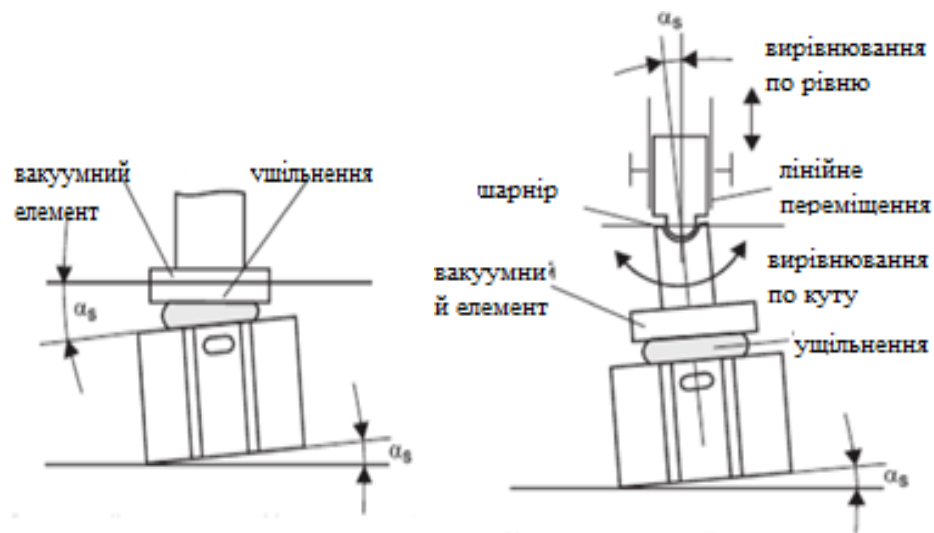


Рисунок 2.23 – Принципи компенсації помилок за кутами при застосуванні вакуумного схвату; а - еластичні ущільнення; б - компенсуючий елемент з 3 ступенями свободи

Робот-муляр оснащений мобільною платформою (рис. 2.18), яка дозволяє вручну або автоматично керувати зміною робочої позиції на кожному поверсі будівлі, що будується.

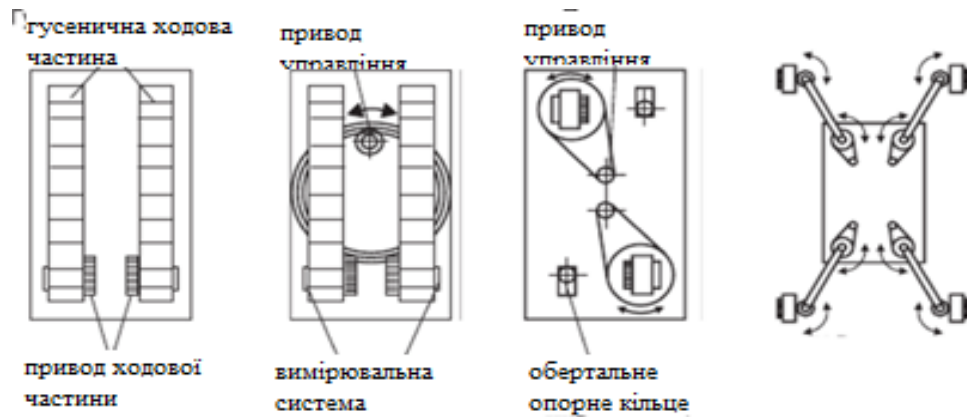


Рисунок 2.24 – Можливі кінематичні структури ходових частин робота-муляра

До ходової частини мобільної платформи висуваються такі вимоги:

- Простота конструкції, що відповідає умовам будівельного майданчика;
- здатність долати невеликі нерівності та перешкоди;
- Висока маневреність в обмеженому робочому просторі;
- Можливість повороту на місці;
- Простота кінематичної структури;
- Простота управління;
- Керованість за становищем і за швидкістю приводів переміщення та маневрування.

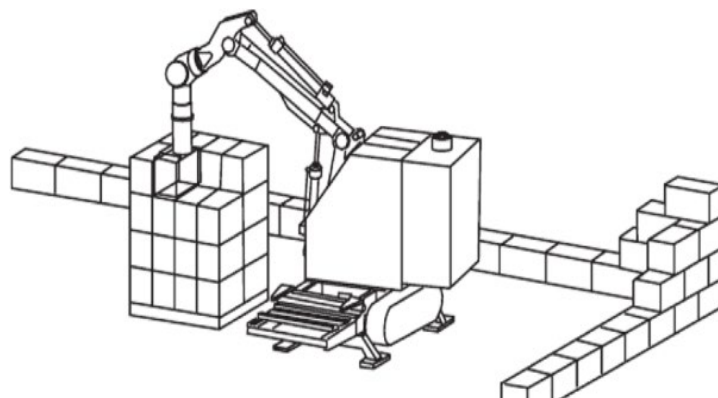


Рисунок 2.25 – Типовий перебіг технологічного процесу кам'яної кладки за допомогою робота а - взяття каменю зі штабеля;

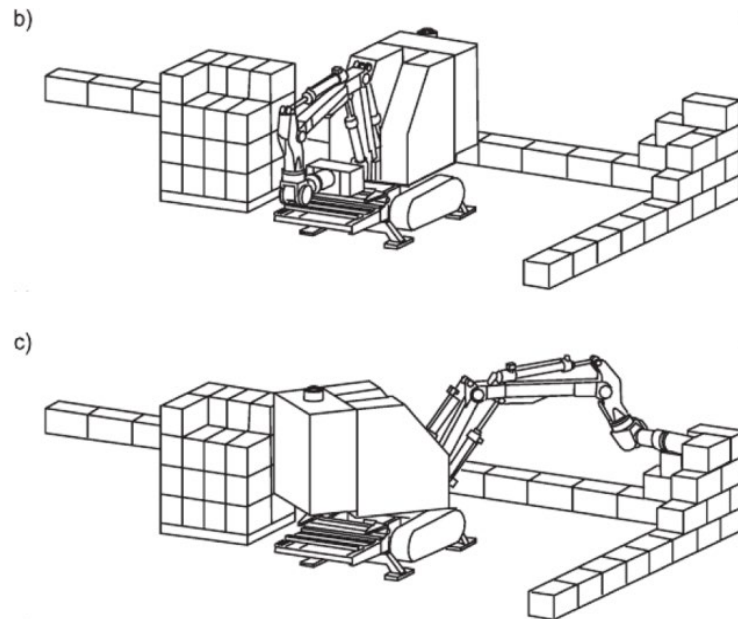


Рисунок 2.25 – Типовий перебіг технологічного процесу кам'яної кладки за допомогою робота **b** - нанесення розчину методом макання; **с** - укладання цегли

Комп'ютеризацію будівельної техніки слід виконувати планомірно і послідовно в міру накопичення досвіду в цій галузі. Розвиток має здійснюватися поетапно, від реалізації функцій з контролю та діагностування до автоматичного позиціювання та програмного управління. При ухваленні рішення про автоматизацію та визначення її рівня необхідно проводити ретельне техніко-економічне обґрунтування. Досвід показує, що для будівельних машин, що працюють в умовах невизначеного середовища, найбільшого ефекту можна досягти при їхній частковій автоматизації.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ В ПРОМИСЛОВОСТІ

3.1 Використання кам'яної кладки в промисловості

Кам'яна кладка в промисловості може використовуватися для створення міцних та витривалих конструкцій, здатних витримувати великі навантаження та забезпечувати довговічність.

Ось деякі випадки використання кам'яної кладки в промисловості:

- Облицювання фасадів:

Камінь може використовуватися для облицювання фасадів промислових будівель, надаючи їм стійкість до атмосферних впливів та вигляд, що відповідає корпоративному образу.

- Стінні бар'єри та огорожі:

Кам'яна кладка може служити для створення стінних бар'єрів чи огорож, які забезпечують безпеку промислових об'єктів та ділянок.

- Кам'яні конструкції:

Деякі промислові об'єкти можуть включати кам'яні конструкції, такі як кам'яні арки або стовпи, які можуть служити як елементи декору або фізичні структури для підтримки важких навантажень.

- Декоративні елементи:

Кам'яна кладка може використовуватися для створення декоративних елементів, таких як стовпи, арки, сходи чи інші архітектурні деталі, які додають естетичність до промислових об'єктів.

- Підлоги та доріжки:

В деяких випадках, для промислових підлог може використовуватися кам'яна кладка. Це може бути особливо важливим у виробничих

приміщеннях з великим транспортним навантаженням.

- Басейни та резервуари:

Кам'яна кладка може бути використана для будівництва стін басейнів чи резервуарів, забезпечуючи їх стійкість та надійність.

3.2 Порівняння автоматизації та ручної роботи

Таблиця 3.1 – Порівняння автоматизованої та звичайної (ручної) кам'яної кладки

| Аспекти | Звичайна кам'яна кладка | Автоматизована кам'яна кладка |
|--------------------------|---|--|
| Продуктивність | Використання ручної праці для розташування кам'яних блоків може бути часо- та працезатратним процесом, залежно від кваліфікації робітників та обсягу робіт. | Роботи-кирпичеложі та інші автоматизовані системи можуть викладати кам'яні блоки значно швидше, зменшуючи витрати часу та праці. |
| Точність та однорідність | Залежно від навичок робітників, ручне кладання може призводити до невеликих варіацій у розташуванні кам'яних блоків. | Системи автоматизації можуть забезпечити високу точність та однорідність в розташуванні блоків, що може бути важливим для створення стійких та естетично здорових конструкцій. |

Продовження таблиці 3.1

| | | |
|---|--|---|
| Вартість | Вартість ручної праці може бути значною, особливо при великих будівельних проектах. | Вартість впровадження та обслуговування автоматизованих систем може бути високою, але на довгостроковий період це може зменшити витрати на працю та підвищити продуктивність. |
| Безпека | Ручна робота може призводити до травм робітників, особливо при роботі з важкими матеріалами. | Застосування роботів та автоматизованих систем може зменшити ризики травматизму для робітників та підвищити рівень безпеки на будівельному майданчику. |
| Ефективність в умовах обмеженого простору | Ручне кладання може бути складним у вузьких чи важкодоступних місцях. | Роботи-кирпичеложі можуть бути більш ефективними в обмежених умовах та забезпечувати точне розташування блоків. |

Вибір між автоматизованою та звичайною кам'яною кладкою залежить від конкретних вимог проекту, бюджетних обмежень та особливостей будівельного процесу. У багатьох випадках використання автоматизації може призвести до покращення ефективності та результативності будівельних проектів.

3.3 Переваги та недоліки автоматизації цегляної кладки

Використання автоматизації в кам'яній кладці має свої плюси та мінуси, які важливо враховувати при виборі технології будівництва. Нижче подано загальний огляд плюсів та мінусів автоматизованої кам'яної кладки:

Переваги автоматизації:

- Менше Витрат на Робочу Силу: Використання автоматизованих систем може дозволити зменшити кількість робочої сили, що може впливати на зниження витрат.

- Можливість Роботи в Умовах Високої Продуктивності: Автоматизовані системи можуть працювати безперервно і високо продуктивно, що особливо важливо для великих будівельних проєктів.

- Безпека Робітників: Менше потреби в ручній праці може призвести до зниження ризику травматизму серед робітників.

- Підвищення швидкості виконання, продуктивності та зменшення кількості помилок, що в свою чергу покращить якість виконання, порівняно із ручною працею.

- Автоматизовані системи можуть виробляти камінь з попередньо визначеною формою та розміром, що полегшує процес укладання та роботу будівельних бригад.

- Застосування нових технологій вимагає великої інвестиції та підготовки персоналу.

- Використання Building Information Modeling (BIM) та інших програмних продуктів може допомогти планувати та виконувати кам'яну кладку з урахуванням всіх проєктних параметрів.

- Вбудовані сенсори та технології штучного інтелекту можуть допомагати визначати оптимальне розташування та положення каменю.

Мінуси автоматизації:

- Вартість Впровадження: Вартість придбання та встановлення автоматизованої системи може бути високою, особливо для маленьких будівельних підприємств.

- Складність Обслуговування та Ремонту: Автоматизовані системи можуть вимагати спеціалізованого обслуговування та ремонту, що може бути складним та витратним.

- Залежність від Технологій: Використання новітніх технологій може означати, що ваше обладнання застаріє швидко, і можливо, що будуть потрібні постійні оновлення.

- Автоматизовані системи можуть не бути ефективними або можуть мати обмеження в деяких умовах будівництва або на робочих площадках з складною геометрією.

- Автоматизація може призвести до зменшення кількості робочих місць для ручної праці, що може вплинути на робочі місця для людей.

- Потрібна систематична підготовка та технічна підтримка.

- Вимагає тщательного програмування та налаштування для відповідності конкретним вимогам проекту.

- Вимагає навчання та пристосування до нових програм для бригад будівельників.

- Розробка та впровадження таких систем може вимагати значних зусиль та витрат.

Враховуючи ці плюси та мінуси, важливо аналізувати конкретні умови проекту та враховувати його потреби та обмеження перед вибором між автоматизованою та ручною кам'яною кладкою.

Загалом, автоматизація кам'яної кладки може призвести до покращення ефективності та точності будівельних процесів, але вона також вимагає інвестицій у нові технології та підготовку персоналу для успішної імплементації.

4 ПОРАДИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ

4.1 Загальні відомості про робота SAM 100

Американська компанія Construction Robotics представила напівавтоматичного робота-муляра SAM100 (Semi-Automated Mason - «напівавтоматичний муляр»). Цей робот об'єднує в собі маніпулятор-укладач та систему нанесення цементного розчину. Робот SAM100 вражає своєю функціональністю, здатністю брати цеглу "рукою", наносити на неї розчин і вправно укласти на стіну. Компанії вдалося створити машину, яка легка для розташування на стандартних будівельних лісах та пересування по них вздовж стін або на робочому майданчику підйомника - експлуатаційна маса робота становить 1500 кг. Машина обладнана власним дизель-генератором із двигуном Cummins, що працює на газі.



Рисунок 4.1 – Виконання цегляної кладки роботом-муляром SAM100

У програмному забезпеченні системи управління роботом SAM використовуються інноваційні розробки, зокрема програма «картографування» цегляної кладки. Ця програма дозволяє завантажити схему розташування стіни та цегли у цифровому форматі та прив'язати її до координат GPS/ГЛОНАСС. Програму можна коригувати в залежності від змін реальних умов на будівельному об'єкті. Під час коригування всієї конструкції уточнюється положення кожної цегли в кладці, забезпечуючи відповідність будівельного проекту всім реальним розмірам і обмеженням на практиці.

Додаткове опрацювання проекту у вигляді електронної програми відкриває можливості для візуалізації будівельного проекту засобами комп'ютерної графіки. Замовнику надається можливість наочного огляду цегляної кладки стін, оцінки різних варіантів забарвлення чи розміщення логотипу компанії на цегляній поверхні. Електронні засоби також дозволяють завантажувати у програму керування цифрові логотипи та інші зображення для відображення на стіні.

Раніше зведення цегляної стіни із віконними та дверними отворами вимагало великої кількості часу. Були необхідні години для проведення вимірів і розрахунків, зокрема, для оптимального розпиляння цегли. Тепер у програму управління робота вбудована схема розташування цеглини в стіні, яку можна відобразити на екрані комп'ютера. Програма автоматично розраховує процес укладання цегляної стіни за кілька хвилин. Всі розрахунки виконуються електронікою, що призводить до кращого вигляду цегляної стіни і мінімізації кількості розпиленої цегли. Електронне управління дозволяє точніше планувати роботи, підвищуючи продуктивність та рентабельність.

Робот SAM може працювати в умовах, коли людина-муляр може стикатися з перешкодами від інших робітників, що знаходяться поруч із нею. Робот може реагувати на зміни у погодних умовах, наприклад, на сильний

вітер. Датчики системи безпеки унеможливають випадання робота і удари об'єктів. Тривалість навчання робота зайняла два роки, в результаті чого він став здатний наносити розчин на цеглу. SAM100 вирівнює кладку за допомогою лазерного визначення променя, що забезпечує точність укладання. Робот не втомлюється і забезпечує стабільну якість робіт протягом тривалого періоду, порівняно з тим, що може досягти людина.

Для ефективної роботи SAM100 необхідна команда з трьох осіб: оператора, допоміжника, який подає цеглу та розчин у машину, а також муляра, що встановлює заставні анкери, зачищає зайвий розчин і виправляє дрібні дефекти в кладці. За розрахунками підприємства, використання робота значно підвищує продуктивність укладання цегляної стіни (в 3-5 разів) та зменшує вартість (до 50%), враховуючи економію на оплаті праці робітників. Одне укладання цегли забирає всього 12-14 секунд, в залежності від її розмірів. Такий темп визнається оптимальним, оскільки збільшення швидкості вимагатиме вже двох помічників для піднесення цегли та розчину. Будівельники, які вже мали можливість ознайомитися з роботою муляра-робота, високо його оцінили. Заявлена ринкова вартість SAM100 становить 650 000 доларів США, а компанія розраховує на окупність робота протягом 1-2 років.



Рисунок 4.2 – Вид робота-муляра SAM100

Construction Robotics продовжує вдосконалювати робота-муляра. Один із розробників відзначив: "SAM100 створений не для того, щоб повністю замінити мулярів-людей. Йому потрібен муляр і допоміжник для піднесення цегли та розчину, так само, як і при традиційному методі. В сучасній будівельній галузі відчутний дефіцит кваліфікованих мулярів, і SAM100 створений, щоб допомогти впоратися з цим викликом". Важливо відзначити, що SAM100 - єдина відома комерційна модель робота-муляра у світі, і всі інші розробки поки що перебувають на етапі експериментальних зразків та прототипів.

4.2 Автоматизація цегляної кладки з допомогою робота-муляра

Підготовка місця роботи:

- Прибирання будмайданчика: Включає в себе очищення від сміття, інструментів та інших перешкод, щоб забезпечити безпечне та ефективне переміщення робота SAM 100.
- Рівні та вирівнювання: Перевірка рівня та вирівнювання поверхні, на якій відбуватиметься кладка. Це важливо для точної роботи робота та запобігання можливим проблемам з геометрією стін.
- Розмітка: Визначення точного місця розміщення робота та області, де проводитиметься кладка. Розмітка допомагає оптимізувати робочий простір та уникнути помилок у розміщенні стін.
- Підготовка комунікацій: Попередня підготовка необхідних комунікацій, таких як електроживлення та зв'язок, щоб забезпечити безперебійну роботу робота.
- Безпека: Перевірка дотримання стандартів безпеки на будмайданчику, включаючи наявність необхідних засобів захисту, що

запобігають можливим ризикам для робітників та обладнання.

Заготівля матеріалів:

- Закупівля матеріалів: Визначення обсягу робіт та відповідне замовлення необхідних матеріалів, включаючи цеглу, клей та інші будівельні компоненти. Тут важливо звертати увагу на характеристики матеріалів, щоб вони відповідали вимогам проекту.

- Доставка та розвантаження: Організація доставки матеріалів на будмайданчик та їх розвантаження з урахуванням безпеки та мінімізації тимчасових затримок.

- Планування запасів: Створення системи обліку запасів для запобігання нестачі матеріалів у процесі роботи. Це важливо для роботи SAM 100.

- Організація складу: Раціональне розподілення матеріалів на будмайданчику з урахуванням їх використання, щоб забезпечити легкий доступ для робота до необхідних компонентів.

- Контроль якості матеріалів: Перед використанням роботом матеріали піддаються візуальному та технічному контролю для виявлення пошкоджень або дефектів, які можуть вплинути на якість кладки.

Підготовка обладнання:

- Перевірка технічного стану: Регулярна перевірка всіх компонентів робота SAM 100, включаючи механічні, електричні та програмні елементи. Це важливо для запобігання збоєм та забезпечення надійної роботи.

- Обслуговування та технічне обслуговування: Регулярне обслуговування механізмів, систем керування та інших ключових частин робота. Це включає мастило, заміну зношених деталей і оновлення програмного забезпечення.

- Калібрування сенсорів та систем навігації: Підготовка сенсорів та систем навігації для точного сприйняття навколишнього середовища та коректного виконання завдань. Калібрування забезпечує високу точність та

ефективність роботи робота.

- Програмування: Налаштування програмного забезпечення робота відповідно до характеристик конкретного будівельного проекту. Програмування включає координацію рухів, алгоритми кладки і взаємодію з іншими системами.

- Тестування: Проведення тестових запусків та перевірок роботи робота для впевненості у його готовності до виконання завдань. У ході тестування виявляються та усуваються можливі проблеми.

Встановлення роботів:

- Розміщення на будмайданчику: Роботи SAM 100 розміщуються на будмайданчику відповідно до заздалегідь проведеної розмітки, враховуючи оптимальний розподіл завдань та координацію дій між роботами.

- Підключення до джерел енергії: Роботи підключаються до джерел енергії, що забезпечує необхідну потужність для їхньої роботи. Це може включати підключення до мережі електропостачання або використання акумуляторів, залежно від конкретних вимог.

- Системи зв'язку: Встановлення систем зв'язку для забезпечення взаємодії між роботами та операторами. Це може включати бездротові технології зв'язку, які забезпечують передачу даних і управління в реальному часі.

- Перевірка підключення: Важливий етап, на якому проводиться ретельна перевірка коректного підключення роботів до електроживлення, систем управління та зв'язку. Це включає також перевірку працездатності датчиків та інших ключових компонентів.

- Тестування рухів: Перед початком фактичної роботи роботів проводиться тестування їх рухів та механізмів для переконання у правильній роботі кожного вузла та системи в цілому.

- Навчання операторів: Проведення навчання операторів з управління роботами SAM 100 та взаємодії з ними. Це важливо задля ефективної роботи

за умов конкретного будівельного проекту.

Процес кладки:

- Завантаження матеріалів: Робот SAM 100 завантажує цеглини у спеціальні контейнери, використовуючи свої механічні маніпулятори. Це включає точне розпізнавання та захоплення цеглини для наступної кладки.

- Координація рухів: Програмовані алгоритми забезпечують точну координацію рухів робота під час підйому, пересування та укладання цегли. Це важливо для створення стабільних та якісних стін.

- Автоматизоване укладання: Робот автоматично розміщує цеглу згідно з попередньо заданим планом, враховуючи особливості дизайну та вимоги проекту. Відбувається точне вирівнювання та укладання, мінімізуючи можливі відхилення.

- Контроль параметрів: У процесі кладки робот систематично контролює такі параметри, як геометрія стін, рівень і вертикальність. Це дозволяє запобігти можливим дефектам і забезпечує відповідність будпроєкту.

- Обробка кутів та отворів: Робот може автоматично адаптуватися до кутів та створювати отвори, дотримуючись заздалегідь заданих інструкцій. Це дозволяє створювати структури з високим ступенем складності.

- Контроль витрати матеріалів: Робот ефективно керує витратою матеріалів, мінімізуючи втрати та забезпечуючи економічне використання цегли та клею.

Контроль якості:

- Візуальний контроль: Робот SAM 100 здійснює візуальний контроль кладки, скануючи поверхню стін за допомогою вбудованих камер та датчиків. Це дозволяє виявити будь-які недоліки, наприклад, неправильне вирівнювання чи відхилення від проектних параметрів.

- Використання сенсорів: Вбудовані сенсори робота моніторять різні параметри, такі як тиск і температура, забезпечуючи контроль за умовами під

час кладки. Це важливо для запобігання можливим деформаціям або пошкодженням матеріалів.

- Коригування алгоритмів: У разі виявлення недоліків робот може автоматично коригувати свої алгоритми для покращення якості кладки. Це дозволяє адаптуватися до змінних умов та запобігати можливим помилкам.

- Системи зворотного зв'язку: Робот може надавати операторам зворотний зв'язок про стан кладки, надаючи інформацію про те, які ділянки виконані, а також виявляючи та сигналізуючи про будь-які нештатні ситуації.

Завершення роботи:

- Очищення будмайданчика: Після завершення кладки робот здійснює очищення будмайданчика від використаних матеріалів та будівельного обладнання, приносячи місце в порядок.

- Переоцінка матеріалів: Проводиться переоцінка матеріалів, що залишилися, визначення витрат і залишків, що корисно для бухгалтерського обліку та планування майбутніх проектів.

- Підготовка звітності: Генерація звіту про виконану роботу, включаючи інформацію про час, витрату матеріалів, та будь-які можливі недоліки, виявлені в процесі.

- Вимкнення роботів: Роботи SAM 100 вимикаються та готуються до транспортування або наступних завдань.

- Збір даних для оптимізації: Зібрані дані про процес будівництва використовуються для оптимізації майбутніх проектів та покращення роботи автоматизованих систем.

4.3 Загальні відомості та умови виконання

Перед виконанням робіт необхідна розробка та надання технічної

документації, включаючи інструкції з програмування та обслуговування робота для кам'яної кладки, специфікації використовуваних кам'яних матеріалів та клею.

Варто дотримуватися суворих стандартів безпеки, включаючи застосування засобів індивідуального захисту та забезпечення безпечної взаємодії робота з навколишнім простором. Треба перевірити гарантоване та стабільне електроживлення для забезпечення безперервної роботи робота та зробити підготовку систем зв'язку для моніторингу і керування роботою робота в реальному часі.

Виконати прибирання та підготовку будмайданчика включаючи розмітку та вирівнювання поверхні для оптимальної роботи робота. Забезпечення доступу до комунікацій по всьому майданчику. Підготувати план регулярного технічного обслуговування, включаючи перевірку механізмів та електронних компонентів робота, а також системи моніторингу стану робота для оперативного виявлення та усунення несправностей. Реалізація систем контролю якості, включаючи візуальний та технічний контроль кожного шару кам'яної кладки. Алгоритми корекції для автоматичного усунення виявлених дефектів.

4.4 Обсяги робіт , склад бригади та ТЕР

При підрахунку обсягів робіт виконанні автоматизованої кам'яної кладки роботом SAM 100 передбачає ретельний аналіз та врахування різноманітних аспектів будівельного процесу. Нижче подано систематичний огляд етапів цього обчислення:

- Включає вимірювання площі стін з усіма їхніми характеристиками.
- Вимірювання товщини стін, яке впливає на кількість необхідних

кам'яних блоків.

- Визначення параметрів каменів, які використовуватимуться в проекті.
- Враховує кількість каменів, необхідних для укладання на 1 квадратний метр, з урахуванням розміру та методу укладання.
- Вимірювання висоти облицьовуваних стін для визначення загального обсягу робіт.
- Врахування впливу додаткових елементів, таких як вікна, двері та інші отвори, на обсяг робіт.
- Множення площі на товщину та висоту, а потім на кількість каменів на 1 квадратний метр для визначення загального об'єму кам'яної кладки.
- Врахування резерву матеріалів для можливих втрат та додаткових робіт під час будівництва.
- Розділення загального обсягу робіт на етапи з урахуванням хронології та можливості паралельних робіт.
- Утворення документації із деталізованими розрахунками для контролю та звітності.

При автоматизованій кам'яній кладці роботом SAM 100 включає визначення функціональних ролей для основних працівників, оцінку обсягу робіт та створення структури бригади. Для цього враховуються кількість операторів, технічний персонал, фахівці з безпеки, обслуговуючий персонал та інші необхідні спеціалісти. Зазначається також кількість обслуговуючого персоналу та інших фахівців, а також облік резервів для можливих змін у планах. Складання бригади проводиться з урахуванням усіх вказаних факторів, і результати документуються для подальшого контролю та аналізу ефективності роботи.

Техніко-економічних показники під час використання робота SAM 100 включають в себе наступне:

- Інвестиційні витрати, що включають вартість самого робота та

обладнання, витрати на підготовку будмайданчика та встановлення систем, а також витрати на програмування, навчання персоналу та технічне обслуговування.

- Експлуатаційні витрати, які охоплюють витрати на електроенергію, технічне обслуговування, та навчання персоналу.
- Виробничі показники, включаючи продуктивність робота та кількість годин для виконання конкретного об'єму робіт.
- Прогнозні обсяги робіт, оцінка загального обсягу кам'яної кладки та частки робіт, які будуть виконані автоматизованим методом.
- Термін окупності, розрахований на основі інвестицій та економії трудових витрат.
- Економія трудових витрат, яка оцінюється порівняно з традиційними методами будівництва.
- Фінансові потоки, що включають витрати, доходи від робіт та економію трудових витрат.
- Оцінка ризиків та невизначеностей, включаючи технічні збої та зміни у законодавстві.
- Розрахунок очікуваного прибутку, прогнозуючи економію трудових витрат та додаткові роботи, які можуть бути залучені завдяки автоматизації.
- Документування та аналіз, які включають складання докладної документації та аналіз показників для прийняття обґрунтованих рішень.

4.5 Вибір основних механізмів, інструментів та матеріалів для автоматизованої кам'яної кладки з роботом SAM 100

Вибір основних механізмів, інструментів та пристроїв включає такі елементи:

- Маніпулятори: Прецизійні маніпулятори для точного укладання каміння. Механізми захоплення та утримання, що забезпечують надійну взаємодію з кам'яними блоками.

- Системи комп'ютерного зору: Вбудовані камери та датчики для візуального контролю стін та визначення розташування каменів. Алгоритми обробки зображень для розпізнавання форм та розмірів каміння.

- Системи навігації: Інтегровані GPS та інерційні системи для точного позиціонування робота на будмайданчику. Алгоритми планування маршруту для оптимальної навігації по будмайданчику.

- Електромеханічні приводи: Приводи для руху маніпуляторів та пересування робота. Точні електромеханічні системи для реалізації заздалегідь заданих алгоритмів.

- Системи управління: Комплексні системи управління, що забезпечують координацію всіх рухів та функцій робота. Програмовані контролери для адаптації під різні види кам'яних робіт.

- Сенсори безпеки: Системи датчиків для виявлення перешкод та безпечної взаємодії з навколишнім середовищем. Автоматичні системи зупинки у разі виявлення непередбачених ситуацій.

- Системи дозування клею: Точні механізми для дозування та нанесення клею на кам'яні блоки. Системи контролю витрати клею для ефективного використання матеріалів.

- Енергетичні системи: Батарейні блоки або інші джерела енергії для живлення робот протягом усього періоду роботи. Енергозберігаючі технології для максимізації часу автономної роботи.

- Системи зворотного зв'язку: Механізми зворотного зв'язку для операторів, що надають інформацію про поточний стан робота та прогрес робіт. Системи автоматичної діагностики та попередження про можливі проблеми.

- Системи автоматичної корекції: Алгоритми автоматичного

коригування для усунення невеликих дефектів у процесі кладки, адаптація механізмів до змін в умовах роботи.

Вимоги до основних матеріалів для автоматизованої кам'яної кладки з роботом SAM 100 :

Кам'яні блоки: Визначення типу та розміру кам'яних блоків, які будуть використовуватись. Розрахунок кількості блоків на квадратний метр стіни та загального обсягу для проекту.

Клей для каміння: Визначення типу та характеристик клею, що відповідає матеріалам та умовам будмайданчика. Розрахунок необхідної кількості клею на квадратний метр стіни та загального об'єму.

Додаткові матеріали для кладки: Облік інших матеріалів, таких як армуючі сітки, якщо вони використовуються. Розрахунок обсягу цих матеріалів відповідно до проекту.

Елементи фасаду: Визначення додаткових елементів, таких як кутові елементи, карнизи та ін. Розрахунок обсягу цих елементів на основі дизайну та проектних креслень.

Матеріали для підготовки будмайданчика: Розрахунок матеріалів для розмітки та підготовки будмайданчика, включаючи тимчасові огорожі, риштування та інші необхідні елементи.

Енергетичні та комунікаційні матеріали: Розрахунок матеріалів для забезпечення енергоживлення та зв'язку, включаючи електрокабелі, дроти, роз'єми та ін.

Матеріали для систем безпеки: Облік матеріалів для систем безпеки, включаючи сигналізацію, знаки безпеки та інші необхідні елементи.

Запасні матеріали: Додавання резерву матеріалів для обліку можливих втрат, дефектів чи змін у процесі будівництва.

Розрахунок загального обсягу матеріалів: підсумовування всіх розрахунків, щоб визначити загальний обсяг основних матеріалів, необхідних для проекту

4.6 Схема операційного контролю якості виконання та приймання робіт

Таблиця 4.1 – Операційний контроль якості виконання робіт

| Допустимі відхилення | Величина відхилення, мм | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------|-----------|--|--------------|--------|
| | Для конструкцій з буту та бутобетону | | | Для конструкцій із цегли та інших каменів правильної форми | | |
| | Фундаменти | Стіни | Стовби | Фундаменти | Стіни | Стовби |
| Відхилення проектних розмірів по товщині | +30 | +20 | +20 | 15 | +15 (+10) | 10 |
| по відміткам обрізів і поверхів | -20 25 | -10 15 | -10 15 | - 15 | -10 15 | 15 |
| по ширині простінків | - | -20 | - | - | +20 (-15) | - |
| по зміщенні осів суміжних віконних прорізів | - | 20 | - | - | 20 | - |
| по зміщенні осів конструкції | 20 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Відхилення поверхні і кутів кладки від вертикалі: | | | | | | |
| на один поверх | - | 20 | 15 | - | 10 | 10 |

Продовження таблиці 4.1

| | | | | | | |
|---|----|----|----|----|------------|----|
| на всю будівлю | 20 | 30 | 30 | 10 | 30 | 30 |
| Відхилення рядів кладки від горизонталі на 10 м довжини | 30 | 20 | - | 20 | 20 (15) | - |
| оштукатуреної | - | 15 | 15 | - | 10 | 5 |
| неоштукатуреної | 20 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 |

4.7 Охорона праці

З техніки безпеки:

При кладці стін висотою більше 7 м необхідно застосовувати захисні козирки по периметру будівлі, які повинні відповідати таким вимогам:

Ширина захисних козирків повинна бути неменше 1,5 м, і вони повинні бути влаштовані з ухилом до стіни так, щоб ухил, між нижньою частиною стіни будівлі і поверхнею козирка, був 110° , а щілина між стіною будівлі і настилом і козирка не перевищувала 50мм;

Захисні козирки повинні витримувати рівномірно розташоване снігове навантаження, встановлене для заданого кліматичного району, і місцеве навантаження не менше 1600 Н (160кгс), прикладену в середині прольоту;

Перший ряд захисних козирків повинен мати суцільний настил на висоті не більше 6м від землі і не зніматися до кінця завершення кладки стін, а другий ряд, виготовлений із суцільного чи сітчастого матеріалу не більше 50 x 50мм, – установлюються на висоті 6–7 м над першим рядом, а після чого по ходу кладки перекладатися через кожні 6–7 м.

Робочі зайняті на встановленні, очистці або знятті захисних козирків,

повинні працювати із запобіжними поясами. Ходити по козиркам, використовувати їх в якості підмащення, а також складувати на них матеріали не допускається.

Без влаштування захисних козирків допускається вести кладку стін висотою до 7 м, а також висотою більше 7 м при умови перекладання сітчастих огорожень, встановлених на рівні кладки.

При кладці промислових цегляних труб не допускається виробництво робіт по верху труби під час грози або при вітрі швидкістю більше 15 м/с.

Над місцем завантаження підйомника повинен бути на висоті 2,5–5 м встановлений захисний подвійний настил із дошок товщиною неменше 40 мм.

Знімати тимчасові кріплення елементів карниза або облицювання стін допускається після досягнення розчином необхідної міцності, установленої проектом

З охорони праці:

- Організація будівельного майданчика, ділянок робіт і робочих місць повинна забезпечувати безпечні умови праці робітників.
- Зона постійно діючих небезпечних виробничих факторів повинні бути огорожені.
- Біля в'їзду на будівельний майданчик повинна бути встановлена схема руху автотранспорту, а на узбіччях доріг дорожні знаки.
- Проїзди, проходи і робочі місця необхідно регулярно очищати, не загроможувати.
- Ширина проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути неменша 0,6 м, висота – неменша 1,8 м.
- Прорізи в стінах повинні бути огорожені, якщо відстань від перекриття до низу прорізу менша 0,7 м.
- Подача матеріалів, конструкцій повинна здійснюватися в технологічній послідовності, яка забезпечує безпеку робіт.

- Складання матеріалів на робочих місцях необхідно виконувати так, щоби вони не звужували проходи і не викликали небезпеки виконання робіт. Місця роботи машин необхідно створити так, щоби був забезпечений простір, достатній для огляду робочої зони і маневрування. Всі особи, які знаходяться на будівельному майданчику, повинні носити захисні каски.

- При складуванні конструкції необхідно передбачити проходи: повздовжні – через 10 м, поперечні – через 25м.

- При влаштуванні на будівельному майданчику електричної мережі необхідно передбачити можливості відключення всього електрообладнання в межах ділянки або всього об'єкта.

- Металеві пристрої, споруди та механізми повинні бути заземлені.

Протипожежні заходи:

- пожежна безпека на будівельному майданчику, ділянках робіт і робочих місцях повинна забезпечуватися у відповідності з вимогами правил пожежної безпеки при виконанні зварювальних та інших робіт.

- не допускається використання вогню в радіусі менше 50 м від місця застосування і складування матеріалів з легкозаймистими властивостями.

- метою забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику необхідно передбачити наявність пожежних гідрантів, пожежних щитів і так далі.

З охорони навколишнього середовища:

- Необхідно бережно ставитися до рослинного шару ґрунту і повторно використовувати його для благоустрою території будівельного майданчика, сприяти збереженню зелених насаджень на будівельному майданчику протягом усього періоду будівництва.

- Древа і кущі на майданчику потрібно огородити і зробити попереджувальні надписи.

- Механізми з приводом від ДВЗ повинні бути перевірені та відрегульовані на допустиму наявність ОС у відпрацьованих газах.

- Будівельне сміття з будови повинно вивозитися в закритих ящиках або контейнерах, забороняється спалювати сміття і бітумні мастики. Пилоподібні матеріали належить зберігати в закритій тарі й не допускати їх розпилення при навантажувальних і розвантажувальних роботах.

- Проїзну частину дороги необхідно періодично поливати водою.

- Не допускати засмічення прилеглих водоймищ, зелених насаджень, ґрунтових вод будівельним сміттям і нечистотами.

Не залишати після будівництва сміття, вибракуваних збірних конструкцій, тари з-під шкідливих рідин та ін.

ВИСНОВОК

Автоматизація в будівництві представляє собою перспективний і важливий напрямок розвитку, який ґрунтується на впровадженні передових технологій та інновацій. Введення високоефективних систем машин та устаткування, що використовують прогресивні технології, розріджує участь людини в трудоємних процесах будівництва, сприяючи підвищенню продуктивності та забезпеченню безпеки.

Сучасні методи автоматизації включають в себе широкий спектр інноваційних підходів, таких як модернізація будівель, впровадження технологій енергозбереження та механізація робіт. Порівняльний аналіз автоматизованих та ручних методів кладки кам'яних стін вказує на переваги та недоліки обох підходів.

Детальний розгляд техніко-економічних показників автоматизованої кам'яної кладки дозволяє оцінити витрати, ефективність та потенційний прибуток від використання роботів. Аналіз ризиків та невизначеностей вказує на необхідність ідентифікації можливих проблем та розроблення стратегій їх управління.

Загалом, автоматизація у будівництві стає невід'ємною частиною стратегій розвитку галузі, сприяючи підвищенню ефективності, енергозбереженню та впровадженню нових стандартів якості. Аналіз світового досвіду свідчить про те, що впровадження автоматизації у будівництво може величезно покращити якість та швидкість будівельних проектів, роблячи їх більш ефективними та конкурентоспроможними.

Порівнявши аспекти автоматизованої та ручної кам'яної кладки можна зробити висновок, що автоматизована кам'яна кладка може бути перевагою в багатьох випадках, забезпечуючи високу продуктивність, безпеку та ефективність у будівельних проектах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН А.3.2-2:2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2012. 122с.

1. ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-08-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2016. 51 с.

2. ДБН В. 1.1 -7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2022-09-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство розвитку громад на території України 2022. 39 с.

3. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2009-01-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2008. 25 с.

4. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. [Чинний від 2014-01-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 44 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2022-09-01]. Вид офіц. Київ, Мінрегіон України, 2011. 97 с.

6. ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1. [Чинний від 2011-06-01]. Вид офіц. Київ, Мінрегіон України, 2011. 66 с.

7. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна №

1. [Чинний від 2007-01-01]. Вид офіц. Київ, Мінрегіон України, 2006. 63 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-207:2015 Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд [Чинний від 2016-04-01]. Вид офіц. Київ, Мінрегіон України, 2016. 258 с.
9. НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення». [Чинний від 2012-04-01]. Вид офіц. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2012 - 12с
10. Осташевська, Г.Г. Технологія будівництва. Тексти лекцій для студентів рівня підготовки «Бакалавр» за напрямом 1201 (6.060102) – «Архітектура». / Г.Г. Осташевська; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2009 – 84 с.
11. Технологія будівельного виробництва: навчальний посібник / В.М. Гуденко. – Київ: Аграрна освіта, 2010. – 481 с.
12. Системи автоматизованого проектування в будівництві : навчальний посібник [А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Меть.] – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с.