

УДК 69.05

М.В. Кулік,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-4880-5217

О.М. Волкова,

студент
ORCID: 0000-0002-5700-0226

О.О. Грін,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-1730-6105

Запорізький національний технічний університет

АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті проаналізована актуальність використання різнотипних роботизованих систем, як чинника поліпшення загальної продуктивності технологічних операцій що входять до виконання будівельних процесів. Приведені варіанти можливого використання будівельних робіт на основі аналізу праць різних науковців та матеріалів з офіційних джерел компанії. Викладені припони до можливого масового впровадження роботизованих систем в будівельному секторі. Викладені думки з можливого подолання припон з впровадження систем роботизації.

Ключові слова: будівельний робот, оптимізація будівельних процесів, інформатизація будівельних процесів.

Вступ. Конкуруючий ринок будівельних послуг, збільшення витрат на енергоносії, трудомісткість та небезпечність робіт, збільшення технологічної складової будівельної промисловості, все це обумовлює постійний пошук нівелювання негативних факторів через автоматизацію та роботизацію будівельних процесів [1,2,3].

Сучасні будівельні процеси більш складні, ніж кілька століть тому, але вони працюють за тими ж принципами: ручне управління, оператор – людина, яка здійснює візуальний зворотний зв'язок, де можливе виникнення помилки розташування, об'єкта та ін. Єдині елементи, у яких виникли зміни: електричні або дизельні приводи, сталеві конструкції замінили дерев'яні елементи. Ці два досягнення дозволили збільшити швидкість піднімання, корисний вантаж та досяжність, але сама будівельна філософія змінилася мало [2].

Продуктивність на будівельному майданчику залежить від багатьох змінних факторів, включаючи погоду та продуктивність робочого, яка залежить від таких чинників, як надурочний час, моральний дух та ставлення до праці, втома, загальні помилки, кваліфікація, перепризначення робочої сили, неефективності розміру команди, небезпечність деяких робочих операцій. Загальний основний фактор цієї мінливості - природний людський дефект. Потреба в розширенні шляхів підвищення безпеки необхідна для керівників будівельних робіт та будівельної галузі промисловості в цілому, щоб працювати гладко без будь-якої перешкоди.

Сьогодні роботи на будівництві використовуються переважно там, де важко або неможливо застосовувати важку техніку, і, головним чином, для заміни ручної праці та автоматизації з метою мінімізації виробничого травматизму. Основними

їхніми задачами є – переміщення предметів; завантаження та розвантаження, виконання не складних операцій під наглядом оператора [4].

Технологічні особливості будівельних процесів вимагають розробки нових поглядів та підходів до організаційної складової із залучення роботів на різних етапах будівництва в різних умовах будівельних майданчиків різнотипних будівель. Розробки взаємозв'язку між інтерактивними системами автоматизованого проектування та програмними комплексами керування роботизованими системами. Вирішення питання інтеграції в нестабільну та не стандартизовану систему будівельного майданчика автоматизованих систем, та на цій базі розробки нових принципів улаштування роботів.

Аналіз основних досліджень та публікацій.

Вже зараз, виходячи з оцінки експертів з різних країн [1–5, 16] та безпосередніх виконавців робочих будівельних процесів та організацій що їх забезпечують [6–14, 17], рівень розвитку, який досягли роботизовані системи призначені для виконання різнотипних будівельних процесів на різних етапах реалізації проектів та інтерактивні системи забезпечення автоматизованого проектування, або інтегровані інструменти BIM (Building Information Modeling або Building Information Model - інформаційне моделювання будівлі або інформаційна модель будівлі.) для проектування будівель, цивільної інфраструктури та організації будівництва [15], дозволяють автоматизувати велику кількість операцій.

Постановка завдання – Однією з головних перешкод для впровадження робототехніки на місцях - мінливість будівельних процесів і змінні умови будівельного навколишнього середовища. На відміну від інших галузей промисловості, в будівництві форма виконання процесів може значно змінюватись між двома різними будмайданчиками. Виконання тієї ж операції на різних будмайданчиках залежить від різних чинників, які впливають на її можливу автоматизацію. Різниця матеріалів, використовуваних у виконанні ідентичного процесу, має на увазі використання інструментів, достатніх для технології організації завершення монтажу кожного матеріалу.

Технологічні бар'єри з автоматизації – передбачають динамічні зміни реалізації процесу впродовж його виконання, разом з потребою у здійсненні кількох завдань з відмінними особливостями.

Основна частина.

Значний внесок у подолання проблем з автоматизації будівельного виробництва та залучення до будівельних процесів роботизованих систем, вносять корпорації та компанії із Японії, Австралії та США, що займаються безпосередньо реалізацією будівельних проектів, пред'являючи критерії системам автоматизації та роботизації технологічних операцій, або самі беруть участь в розробці таких систем.

Так в японській корпорації Kajima не враховуючи існуюче інтенсивне використання роботів при будівництві, регламентують вирішення проблем з нестачі кваліфікованої робочої сили, підвищення складності будівельного середовища, незадовільної продуктивності праці, пропонують шляхом розробки робототехніки з використанням інформаційних і комунікаційних технологій та просуванням інноваційних методів управління на місці та впровадження новітніх методів забезпечення будівельного процесу до 2025 року. Поки йдеться мова про створення засобів з віддаленого управління проектом, повну цифрізацію процесів, часткову автоматизацію із залученням до майже половини будівельних процесів роботів [6].

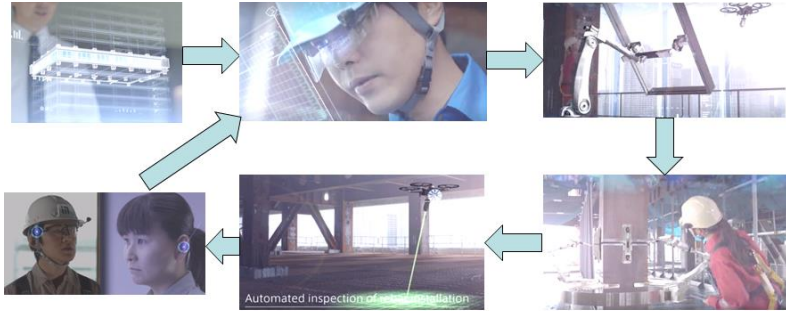


Рис. 1. Концепція реалізації будівельного проекту корпорацією Kajita: Створення інформаційної складової проекту – інтерактивні засоби контролю реалізації – координація та контроль робіт інтерактивними системами – виконання контролю із залученням датчиків, сенсорів на дронах та інших засобах – віддалена підтримка в реальному часі

Австралійська *Fastbrick robotics limited* у зв'язку із нестачею мулярів та потребою зменшення фінансових вкладень до реалізації проектів із цегляних будинків, розробила технологію для підтримки інформаційної складової реалізації різних операцій своїм маніпулятором, динамічної стабілізації, яка миттєво реагує на вітер, вібрацію та інші фактори навколишнього середовища, забезпечуючи точне позиціонування об'єктів на великих відстанях зовні.

Технологія динамічної стабілізації забезпечує точність, раніше досягну лише за допомогою робіт в приміщенні, прокладаючи шлях роботизованої автоматизації на відкритому повітрі.

Система управління використовує *CAD (Computer-aided design* - система автоматизованого проектування) для створення тривимірної моделі проекту будівлі, яка потім використовується для розрахунку списку матеріалів і вказівок роботизованій платформі на базі вантажівки *Hadrian X*. Це все дозволяє роботизованій системі на будівельному майданчику класти більше 1000 цеглин за годину [7].



Рис. 2. 11 лютого 2019 року – завершення першого тестування на відкритому просторі роботизованої системи *Hadrian X*

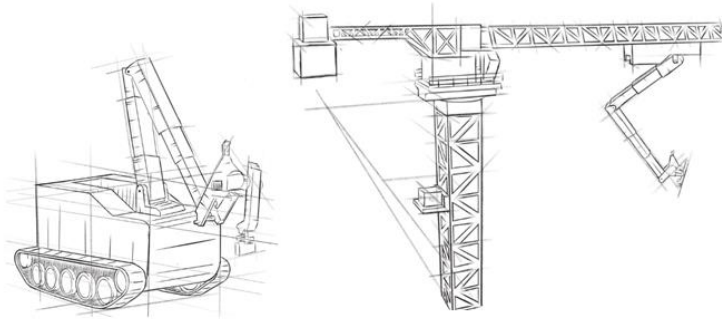


Рис. 3. Концептуальний погляд подальшої реалізації своїх технологій *Fastbrick robotics limited*

Компанія із США *Construction Robotics*, розробила спеціальну допоміжну роботизовану систему *SAM100* призначену для роботи з муляром. Вже зараз за допомогою *SAM100* реалізовано близько 20 об'єктів будівництва. *Construction Robotics* регламентує послідовне виробництво та зниження встановлених витрат на 50%, загальну економію праці, збільшення продуктивність кладки у 3-5 разів, зниження впливу негативних факторів на здоров'я та безпеку працівників, покращену здатність планувати роботу [17].

Ця система здатна створювати цегляні стіни зі швидкістю 1500-2000 цеглин в годину. Така продуктивність дає йому можливість будувати один стандартний будинок за пару днів, або близько 250-300 будинків на рік.

Система складається з трьох основних вузлів - конвеєрної стрічки, маніпулятора і бетононасоса. І він потребує допомоги двох чоловік, один з яких повинен подавати йому на стрічку цеглу, а другий - стежити за його роботою і прибирати надлишки цементу з кладки.

Крім цього, завдяки розумному програмному забезпеченню, знає, де в будинку повинні бути вікна і двері, так як працює за принципом, схожим з роботою 3D-принтера.

Оснащений 3D-моделлю будови, він найбільш ефективний при зведенні великих будинків, типу готелів, шкіл, університетів, лікарень, державних установ або торгових центрів. Він вміє навіть наносити на стіни логотипи компаній, використовуючи для цих цілей спеціальний пульверизатор. Точність його роботи контролює набір датчиків і особлива лазерна система нівелірів.



Рис. 4. Використання *SAM100* при реалізації різних проектів

Поточний розвиток та застосування BIM може розглядатися як база для подальших досліджень методів подання припон з автоматизації будівельних процесів. Модель BIM містить точну інформацію про будівельну геометрію та способи будівництва. Отже, в контексті автоматизації, модель може використовуватися в якості цифрового будівельного плану [2,18].

На етапі реалізації будівельного проекту, вимірювання, як правило, необхідні для розташування об'єкта та організації послідовного управління складовими різних ланок. Отримання більш точних даних приходить з автоматизацією будівельного процесу. BIM надає довідкові данні для визначення розмірів збірних компонентів, а також точних місць розташування компонентів на будмайданчику. В автоматизованих операціях збір даних повинен бути цифровим, швидким і досить точним, щоб забезпечити можливість оперувати процесом згідно довідкових даних в BIM. Хоча є багато відповідних технологій збору даних, які використовуються в інших секторах на відміну від будівництва.

В основному є чотири типи потреби збору даних; 1) розташування, 2) відстеження, 3) моніторинг прогресу і 4) контроль якості. Перша система отримання інформації, яка повинна бути автоматизована, є найвимогливішою [18].

За допомогою вільно запрограмованих роботів можливо забезпечити гнучке виробництво великої різноманітності будівельних конструкцій та матеріалів, що може забезпечити індивідуалізацію в секторі житлового будівництва.

Розробляючи проект на основі автоматизованого будівництва, ціла діяльність повинна бути забезпечена автоматизованими засобами управління, плануванням, будівництвом і виробництвом будівельних частин. Ці частини будуть в основному підготовлені і закінчені так, щоб після підписання контракту будівельний проект тільки представляв геометричну проблему конфігурації, своєчасну проблему організації і фізичну проблему впровадження.

Таблиця 1

Порівняння технологій вимірювання положення об'єкту у просторі

Технологія	Діапазон	Клас точності	Вартість	Застосування в будівництві
GPS основний диференціал кінематичний	Дуже великий Великий Великий	10 м 1 м <0,05 м	Низько Помірний Помірний	Розташування транспортного засобу, 3D машинний контроль,
RF / Fi-Wi, Bluetooth	Великий	2-5 м	Помірний	Керування активами, відстеження персоналу
RF / широка група	Помірний	0,5-1 м	Помірний	Керування, відстеження персоналу
Лазерний внутрішній GPS	Помірний	0,2 мм	Дуже Високо	3D машинний контроль
Магнітометри	Великий	> 1 м	Низько	Керування управлінням
Магнітне поле 6D розташування	Маленький	< від 1 мм до 5 див	Високо	Відстеження персоналу, керування

Закінчення табл. 1

Технологія	Діапазон	Клас точності	Вартість	Застосування в будівництві
Лазер тахеометри шпигуни	Великий Великий	1 мм 0,001 мм	Помірний Дуже високо	Розгляд, 3D машинний контроль, контроль якості
Оптичні шпигуни	Маленький (<10 м)	> 0,001 мм	Високо	3D машинний контроль, контроль якості
MEMS засновував Інерційне розташування	Помірний	дотепер недостатні цінності	Низько	Керування
Камера розташування	Змінна	Змінна	Високо	Персонал, що стежить за управлінням

Для забезпечення автоматизування будівельних процесів, компоненти будівництва повинні бути стандартизовані. Щоб усвідомити всі можливі комбінації, необхідно обмежитись деякими основними частинами. Зв'язки повинні бути сумісними, щоб дозволити взаємний монтаж. Вони повинні бути визначені геометрично і фізично. Будівельні компоненти різних постачальників повинні бути сумісними.

Будівельним частинам конструкцій та матеріалів потрібна точна певна зона зв'язку.

Висновки. На даному етапі розвитку роботизації технологічних операцій, розроблені системи охоплюють тільки окремі етапи будівництва, або взагалі окремі операції.

Для більшості роботів їх програма процедурна. Якщо випадкова подія має місце, наприклад поява робочого, що пересікає його шлях, робот до цього не підготовлений. У цьому випадку спрацьовують протоколи безпеки.

Проблема яка служить припоною у поглибленні використання роботизованих систем на будівельному майданчику складається у недостатньому обміні інформаційної складової.

У розробників автоматизації різних етапів будівельних процесів є одна спільна риса, вони розуміють потребу в інтегруванні та взаємозв'язку своїх засобів автоматизації із інструментарієм BIM для проектування.

Для надійної та цілостної автоматизації, без контролю людини, потрібно вирішити питання локальної системи позиціонування, яка повинна включати в себе розробку моделювання організації автоматизації операцій з дотриманням просторових вимог у структурі BIM та забезпечення введення та виведення інформаційної структури будівельного майданчика в реальному часі на контролюючі засоби автоматизації за допомогою сенсорів.

Датчики можуть бути розташовані на об'єктах що виконують операції, самому виконуючому органі, об'єкті який контролює інших виконавців на самих матеріалах та конструкціях.

Порушена проблема для подальшого розгляду потребує більш розгорнутого та ширшого дослідження.

Список літератури:

1. Carlos Balaguer, Mohamed Abderrahim. Robotics and Automation in Construction. Universidad Carlos III de Madrid, Spain. – 2008. – pp. 1-14.
2. Hannah Mattern, Tobias Bruckmann, Arnim Spengler, Markus König. SIMULATION OF AUTOMATED CONSTRUCTION USING WIRE ROBOTS / T. M. K. Roeder, P. I. Frazier, R. Szechtman, E. Zhou, T. Huschka, and S. E. Chick, eds. // Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference. – 2016. – pp. 3302-3311.
3. Akshatha D., Vimala M., Sahana S., Manjula M. ROBOTICS IN CONSTRUCTION TECHNOLOGY. International Journal of Advance Research in Science and Engineering. ISSN 2319-8354, Vol. 6, Issue No. 10, October 2017, pp. 547-553.
4. Міщук Д. Огляд та аналіз конструкцій роботів для будівельних робіт / Д. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - 2013. - Вип. 82. - С. 28-37. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm_2013_82_7.
5. Міщук Д. Модульний принцип побудови будівельного робота / Д. Міщук, В. Воляннюк, Є. Горбатюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - 2017. - Вип. 89. - С. 90-97. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm_2017_89_13.
6. Офіційний сайт компанії “Kajima” https://www.kajima.co.jp/english/tech/smart_future_vision/index.html (Дата звернення: 27.02.2019).
7. Офіційний сайт компанії “Fastbrick robotics limited” <https://www.fbr.com.au/view/our-tech> (Дата звернення: 27.02.2019).
8. Офіційний сайт компанії “Obayashi ” <https://www.obayashi.co.jp/> (Дата звернення: 27.02.2019).
9. Офіційний сайт компанії “Taisei” <https://www.taisei.co.jp/> (Дата звернення: 27.02.2019).
10. Офіційний сайт компанії “Takenaka ” <http://www.takenaka.co.jp/> (Дата звернення: 27.02.2019).
11. Офіційний сайт компанії “Leica Geosystems” <https://leica-geosystems.com/> (Дата звернення: 27.02.2019).
12. Офіційний сайт компанії “Brokk” <https://www.brokk.com/us/> (Дата звернення: 27.02.2019).
13. Офіційний сайт компанії “Husqvarna” <https://www.husqvarnacp.com/int/machines/demolition-robots/> (Дата звернення: 27.02.2019).
14. Офіційний сайт компанії “Boston Dynamics” <https://www.bostondynamics.com> (Дата звернення: 27.02.2019).
15. Офіційний сайт компанії “Autodesk ” <https://www.autodesk.com/> (Дата звернення: 27.02.2019).
16. Офіційний сайт організації “International Federation of Robotics” <https://ifr.org/> (Дата звернення: 27.02.2019).
17. Офіційний сайт організації “Construction Robotics” <https://www.construction-robotics.com/> (Дата звернення: 27.02.2019).
18. Pentti Vähä, Tarjo Heikkilä, Pekka Kilpeläinen, Markku Järviluoma & Rauno Heikkilä. Espoo 2013. VTT Technology 109. 82 p.

М.В. Кулик, Е.А. Грин, А.М. Волкова
Аспекты использования роботизированных систем для оптимизации строительного процесса

В статье проанализирована актуальность использования разнотипных роботизированных систем, как фактора улучшения общей производительности технологических операций входящих в выполнение строительных процессов. Приведены варианты возможного использования строительных роботов на основе анализа работ различных ученых и материалов из официальных источников компаний. Изложены препятствия к возможному массового внедрения роботизированных систем в строительном секторе. Изложены мысли по возможному преодолению проблем по внедрению систем роботизации.

Ключевые слова: *строительный робот, оптимизация строительных процессов, информатизация строительных процессов.*

M. Kulik, O. Hrin, O. Volkova

Aspects of the use of roboted systems for optimization of construction processes

The article analyzes the relevance of using different types of robotized systems as a factor in improving the overall performance of technological operations involved in the implementation of construction processes. The variants of possible use of building robots are based on the analysis of the work of various scientists and materials from official sources of companies. The aforementioned binding to the possible massive introduction of robotic systems in the construction sector. The stated thoughts on the possible overcoming of problem on the introduction of robotic systems.

Keywords: *construction robot, optimization of building processes, informatization of building processes.*

УДК 620.9

В.В. Бондаренко,

начальник відділу енергоменеджменту ДЕР

Запорізької міської ради

ORCID: 0000-0002-8621-9008

В.І. Доненко,

докт. техн. наук, професор

ORCID: 0000-0002-5728-5081

Л.В. Щербина,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-1870-5127

Запорізький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ

В даній статті розкривається питання використання альтернативних джерел енергії в Запорізькій області. Висвітлюються найбільш розповсюджені види альтернативних джерел енергії для східних регіонів України, доцільність їх використання, переваги та проблеми їх запровадження. Також наведені приклади існуючих енергогенеруючих станцій Запорізької області, наводяться реальні ціни реалізації проектів з їх будівництва та запуску.

Ключові слова: *енергетична безпека, альтернативні джерела енергії, вітрові електростанції, сонячні електростанції.*

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.
У відповідності зі світовими тенденціями розвитку альтернативної енергетики на