

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Дмитро Міщук

Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, Повітрофлотський пр-кт 31, Київ, Україна, e-mail: mischuk84@gmail.com

THE REVIEW AND ANALYSIS OF DESIGNS ROBOTS FOR CONSTRUCTION WORKS

Dmitry Mischuk

Kyiv national university of construction and architecture,
03680, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. Проведено огляд існуючих конструкцій будівельних роботів закордонного та вітчизняного виробництва. Розглянуто технічні характеристики роботів, особливості їхнього функціонування, види робіт, які здатні виконувати роботи на будівельному майданчику. Проаналізовано варіанти конструкцій будівельних роботів залежно від виду виконуваних робіт. На основі проведеного огляду та аналізу, запропоновано конструкцію робота з комбінованим приводом та WiFi комунікацією з оператором.

Ключові слова: будівельний робот, WiFi робот, роботизація будівництва.

АННОТАЦИЯ. Проведен обзор существующих конструкций строительных роботов зарубежного и отечественного производства. Рассмотрены технические характеристики роботов, особенности их функционирования, виды работ, которые способны выполнять роботы на строительной площадке. Представлен анализ различных вариантов конструкций строительных роботов в зависимости от вида выполняемых работ. На основе проведенного обзора и анализа, предложена конструкция робота с комбинированным приводом и WiFi коммуникацией с оператором.

Ключевые слова: строительный робот, WiFi робот, роботизация строительства.

SUMMARY. In many papers presented idea of constructions robots, but do not a systematic analysis their perfection and are presented with outdated design patterns, which reduces their competitiveness foreign models. **Purpose.** The review modern industrial robotic systems for building and system analysis of ways their improvement. **Findings.** The resulted review and analysis the various variants of structures construction robots depending on the type of work and the proposed construction robot on a combined drive and WiFi communication with the operator. **Research limitations/implications.** The development of building technology increases the complexity construction work and leads technical complication construction. In order to increase productivity and minimize workplace injuries are encouraged to develop autonomous construction robot. **Originality/value.** Material of the works can be used by the researchers and students in the learning process and used for further research constructions autonomous Wi-Fi robot.

Key words: Construction a robot, WiFi robot, robotics construction.

Подано 7.11.2013; прийнято 28.11.2013

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На теперішній час будівництво є однією з розширених та найбільш дорогих сфер промисловості. Практика будівництва показала, що фактичні терміни завершення будівельних робіт майже ніколи не співпадають із наперед запланованими, при цьому часто у виконаних роботах присутні недоліки, пов'язані з їхньою незадовільною якістю та суттєвими витратами будматеріалів. Такі негативні явища є наслідком застосування великої кількості ручної праці будівельників та низьким оснащенням будівельних майданчиків сучасними технічними засобами.

Перехід країни на ринкову економіку вимагає швидкого реагування й будівельної галузі, зокрема запровадження сучасних технологій будівництва та підвищення рів-

ня технічності будівельних майданчиків для забезпечення необхідної надійності, екологічної безпечності та якості виконання робіт. Отож автоматизація та роботизація будівельної галузі промисловості є одним з прогресивних напрямків комплексної механізації виробництва.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проникнення роботів у промисловість почалося ще в 50-х роках ХХ століття в США. В 1960-1961 роках в США були створені перші у світі промислові роботи "Versatran" фірми "AMF Versatran" та "Unimation" фірми "Unimation Inc" [1]. Промисловий робот "Unimation" мав п'ять ступенів рухомості з гідроприводом та двопальцевим захоплювальним пристроєм з пневмоприводом. Переміщення об'єктів масою до 12 кг здійснювалося з точністю до

1,25 мм. В якості системи курування використовувався кулачковий барабан з кроковим двигуном, розрахованим на 200 команд управління та кодові датчики положення. Продуктивність “Unimation” при розвантаженні машини для лиття складала 135 деталей на годину з вибракуванням 2%, тоді як продуктивність ручного розвантаження становила 108 деталей на годину з вибракуванням до 20%. Промисловий робот “Versatran”, який мав три ступеня рухливості й керування від магнітної стрічки, здатний із випалювальної печі розвантажувати до 1200 розпалених цеглин на годину, при цьому співвідношення витрат на електроніку і механіку у вартості робота становило 75% та 25%, а тому значну кількість завдань керування вирішувалося за рахунок механіки. Наразі це співвідношення змінилося на протилежне у зв'язку зі зниженням вартості електроніки [2].

Через 10 років після США в Японії почався стрімкий ріст роботобудування для промисловості, зокрема провідне місце займає фірма “Kawasaki robotic”.

Провідними виробниками промислових роботів на сьогодні є такі фірми: “Hitachi”, “Kawasaki Heavy Industries, Ltd.”, “Mitsubishi Electric”, “Fanuc Corporation” “Yaskawa” (Японія); “Boston Dynamics”, “IBM” (США); “Universal Robots” (Данія); “Reis Robotics”, “Kuka Roboter” (Германія) [3...7].

Значний внесок у розвиток теоретичних положень щодо промислових роботів та мехатронних систем внесли такі вчені як: Макаров І.М., Фролов К.В., Попов Є.П., Кулішов В.С., Ющенко А.С., Юревич Є.І., Белянін П.Н., Тягунов О.А., Шахинпур М., Павленко А.В., Спиноу Г.А. та інші [1, 2, 7...15]. Розглянуті роботи є фундаментальними працями з робототехніки, де розкрито принципи побудови та керування промисловими роботами, проте в цих працях основним напрямком досліджень є виробнича промисловість (галузеве машинобудування, хімічна, нафтова та ін.), а системи роботів, що розглядаються мають схожий характер виконання технологічних процесів (лиття, зварювання, механічна обробка, складання, фарбування, сортування),

де основною ідеєю є точність позиціонування та траєкторія руху робочого інструменту. Будівництво дещо відрізняється від виробничої промисловості специфікою виконання технологічних операцій та може мати особливі умови виконання робіт. Так, наприклад, облаштування фундаменту або зведення стін будинку має відбуватися з контролем значної кількості параметрів процесу (контроль ухилів, перекосів, граничних розмірів, точність позиціонування, екологічна і техногенна безпека та інше). Це вимагає переоснащення та перепрограмування промислових роботів під нові умови роботи. Разом з тим на сьогодні набуває стрімкого розвитку розробка роботів для будівництва, що вимагає детального огляду та аналізу подібних систем для подальшого планування та розробки нових сучасних технічних рішень будівельних роботів.

У роботах Баловнева В.І., Хмари Л.А., Станевського В.П., Немировського П.І. подано ідеї розвитку будівельних роботів [16...17], проте відсутній системний аналіз їхнього удосконалення, а представлені конструкції мають морально застарілий характер, що знижує їхню конкурентоспроможність перед закордонними зразками.

МЕТА СТАТТІ

Огляд сучасних роботизованих технічних систем для будівництва та системному аналізі шляхів їхнього удосконалення.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Будівництво індивідуальних будинків наразі зростає в усьому світі. Найбільш активно зводяться дво- і триповерхові будинки у передмістях. Основними замовниками є, як правило, приватні особи, які з кожним роком висувають все більш високі вимоги до технологій будівництва. Використання будівельних роботів у таких умовах підвищує ефективність та терміни виконання робіт. Будівельні роботи здатні автоматизовано зводити “коробки” одно-, дво- і триповерхових будівель з габаритами до 25x20x15м за монолітною технологією. Будинки, побудовані із застосуванням роботів, можуть мати загальну площу 150...1500м² та збільшений термін викори-

стання – 150...180 років. В якості основного будматеріалу при монолітному методі використовується бетон, що виробляється прямо на будівельному майданчику. Даний спосіб зведення будинків в комплексі спрямований на спрощення та прискорення процесу будівництва, а також здешевлення собівартості (до 80 ум.од./м²). Працюючи цілодобово, будівельний робот здатний без участі людини на будівельному майданчику проводити виїмку ґрунту під фундамент, підготовку бетонного розчину, подавання розчину на об'єкт і укладання фундаменту, стін та перекриттів. Функції робочих полягають в забезпеченні безперебійної подачі компонентів бетонної суміші та контроль роботи обладнання. Застосування комп'ютера і датчиків забезпечує точність будівництва стін, перекриттів, керування робочим органом в горизонтальній і вертикальній площинах з відхиленням не більше $\pm 0,4$ мм від проекту.

Створений архітектором комп'ютерний об'ємний проект будинку є також основою для програми керування робота. Архітектурний проект може мати різну геометрію стін, прорізів і навіть містити детальне опрацювання всіх комунікацій. Пов'язавши комп'ютерний об'єкт з програмою робота, полегшується виконання складних архітектурних рішень.

Компанія "Kuka" запропонувала інноваційне технічне рішення робота на виставці "Storefront for Art and Architecture" 2009 року в Нью-Йорку. Робот R/O/B ("Kuka"), працював близько чотирьох тижнів, щоб побудувати інсталяцію з дуже скульптурних цегляних стін, що відображають характер території в реальному масштабі (рис. 1).

Роботом було використано понад 7000 цеглин, що в сукупності утворюють безкінечну стіну з перепадами висоти. Вантажопідйомність робота складала 30кг з додатковим корисним навантаженням 35кг, максимальний радіус дії робота досягав 2033мм, кількість рухомих ланок – 6, похибка позиціонування робочого органа – $< \pm 0,06$ мм, вага робота складала 665кг. Такі технічні характеристики роботів компанії "Kuka" не є граничними. Максимальну вантажопідйомність, яку можуть забезпечити

роботи "Kuka", складає 1350кг, а радіус робочої зони при цьому – 3200мм. Роботи "Kuka" є повністю електрифікованими, а приводи робочого обладнання, в основному, виконано через сервопривід з електродвигуном, що значно підвищує масу робота, яка може досягати 4690кг, а тому в моделях роботів великої вантажопідйомності використовується гідропривід [18].

Будівельна робототехніка широко розвинена в Швеції: компанія "Brokk" постачає близько 95% всіх дистанційно керованих роботів для різних галузей виробництва і будівництва (рис. 2).

Основний сектор діяльності роботів "Brokk" є демонтаж споруд, а тому в основу їхньої комплектації входять гідромолоти, подрібнювачі бетонних конструкцій, ковші, грейфери, фрези для різання та руйнування твердих порід [19]. Для прикладу: робот "Brokk 400" з потужністю двигуна 30кВт має власну масу 4800кг, висоту до 6900мм, довжину з навісним обладнанням – 4179мм, висоту з навісним обладнанням – 1897мм, робочу ширину – 2448мм (зі складеними висувними опорами – 1500мм). Такі габаритні розміри машини дозволяють її компактно розміщувати на будівельному майданчику, проїжджати через дверні прорізи шириною до 0,8м і висотою до 1,4м, підніматися по сходах прольотів будинків, працювати в підвальних і виробничих приміщеннях. "Brokk 400" має гідрофікований привід робочого обладнання (маніпулятора та навісних механізмів). На робот можна додатково навішувати робоче обладнання загальною масою до 600кг. При роботі з гідромолотом робот здатний розвивати енергію удару до 1100Дж.

Компанія Husqvarna Construction Products (Швеція) також випускає будівельних роботів для демонтажних робіт [20]. Робот-екскаватор DXR 250 (Husqvarna) створений для руйнування будівельних споруд у важкодоступних для людини місцях, а також для виконання різних земляних робіт. Робот здатний автономно переміщатися за допомогою гусениць, а також працювати з використанням додаткових інструментів: відбійного молотка, ковша і кліщів.



Рис. 1. Концепція будівельного робота компанії “Kuka”: *a* – промисловий робот R/O/B (“Kuka”); *б* – пристрій для укладання цегли; *в* – приклад виконаної роботи будівельним роботом

Fig. 1. The concept of construction robot company "Kuka": *a* – industrial robot R/O/B ("Kuka"); *b* – device for laying bricks; *c* – an example the work performed construction robot

Керування машиною здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування (рис. 3).

Активна розробка будівельних роботів також ведеться у США (Університет Південної Каліфорнії) і Великобританії (Університет Лафборо). У США розробили робота вартістю 1,5млн доларів, що здатний самостійно за 24 години звести каркас двоповерхової будівлі площею 186м² з арками та камінами. Принцип роботи машини запозичений у струменевих принтерів (рис. 4).

Швидкотвердіюча будівельна суміш (бетон і гіпс) надходить із резервуара в кероване комп'ютером сопло і шар за шаром наноситься на поверхню відповідно до складеного архітектором плану. Спеціальна металева рама дозволяє роботів переміщатися уздовж спорудженої конструкції у трьох напрямках. Робот теоретично може формувати споруди будь-якої форми, а не тільки традиційні будинки з прямими кутами.



Рис. 2. Будівельні роботи компанії “Brokk” проводять демонтажні роботи: *а* – робот Brokk 330D з подрібнювачем бетону; *б* – робот Brokk 160 з гідромолотом

Fig. 2. Construction robots company "Brokk" dismantling works carried out: *a* – robot Brokk 330D with concrete crusher; *b* – robot Brokk 160 with hydraulic hammer



Рис. 3. Робот-екскаватор DXR 250

Fig. 3. Robot-excavators DXR 250

У Великобританії розробили подібного робота вартістю приблизно в 2 млн доларів. На будівництво каркаса невеликої будівлі такий робот витрачає близько тижня, проте на відміну від свого американського конкурента, британська машина може формувати більш складні архітектурні елементи при цьому залишаючи відкритими канали систем комунікації. Вчені планують розробку роботів, які будуть самостійно наносити шпалери з рідкого матеріалу і замінювати художників і декораторів.

Останнім часом за кордоном активно ведеться розробка будівельних роботів, які б

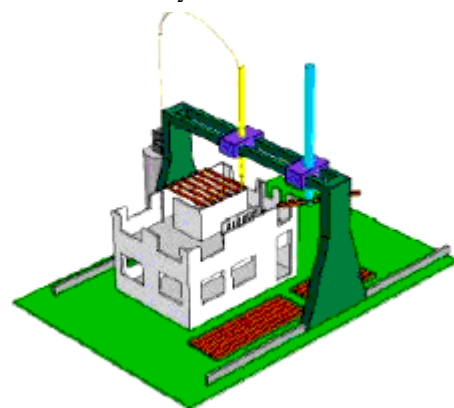


Рис. 4. Концепція будівництва будинку за допомогою робота

Fig. 4. The concept of building a house by the robot

значно мінімізували участь людини в будівництві. На виставці IDEA 2013 було представлено проект робота ERO та ідеологія сучасного будівництва в містах (рис. 5).

На думку винахідників робота, на сьогодні велика кількість споруд, які підлягають знесенню, може бути утилізовано і повторно використано. Так як значна кількість будівель складається з бетону ще придатного для будівництва нових будівель, запропоновано конструкцію робота, що руйнує бетон за допомогою води, яка під великим напірним тиском виконує руйнування та змішуючись з частинками зруйнованого бетону перетворюється в пульпу, що за до-

помогою спеціальних відводів перекачується у окремий резервуар, в якому відбувається видалення води та пакування матеріалу для відправки на виробництво нових бетонних блоків (рис. 6). Робот не потребує великих енерговитрат та виконує роботу максимально ефективно, залишаючи замість бетонних стін тільки очищену арматуру. Головною метою розробників робота ERO було створення машини, здатної руйнувати старі споруди з мінімальною кількістю відходів, так як існуючі машини роблять свою роботу недостатньо “чисто”,

здіймаючи в повітря хмари пилу [21].

Останнім часом стали з'являтися складні машини, призначені для виконання специфічних робіт. Будівельні роботи планують використовувати вкупі з відповідними будівельними технологіями – без застосування арматурного каркаса і опалубки. У такому випадку спочатку формується своєрідний бетонний каркас будівлі, причому досить складної форми, а потім він заповнюється основною бетонною сумішшю. Опис послідовності дій робота в цьому випадку досить легко може бути формалізовано, а



Рис. 5. Утилізація бетонної стіни роботом ERO (а) та вигляд робочого інструменту (б)

Fig. 5. Implementation of recycling concrete wall robot ERO (a) and form tool (b)



Рис. 6. Технологія утилізації споруди з використанням робота ERO

Fig. 6. Technology recycling facilities with the use robot ERO

керування роботом зводиться, по суті, до управління позиціонуванням маніпулятора та керування подаванням бетонної суміші. Проте для реалізації такої технології необхідні будівельні суміші з дуже високою швидкістю твердіння.

При будівництві небесного міста SkyCity 100 – найбільшої будівлі на Землі – японська компанія “Mogi” планує використовувати унікальних роботів-будівельників “Велика Крона”, які є самопідйнятною будівельною платформою з чотирма гідродомкратами, що поступово підніматимуть її вище по мірі будівництва будівлі. Також будуть використані гігантські комп'ютеризовані ліфти-крани, які зчитуватимуть спеціальний штрих-код на блоках і самі монтуватимуть їх на потрібне місце згідно з кресленнями.

Штукатурні роботи відносять до одних з найбільш трудомістких видів оздоблювальних робіт. Середнє напрацювання штукатурки за ручним режимом роботи за зміну не перевищує 7...8м², що є вкрай низьким показником. Виходячи з актуальності вирішення проблеми скорочення важкої і малопродуктивної ручної праці штукатурів у Полтавському інженерно-будівельному інституті розроблено гнучкий роботизований технологічний комплекс, призначений для здійснення одношарового оштукатурення поверхонь з використанням малорухомих і швидкотвердіючих розчинів, а також для виконання інших видів оздоблювальних робіт за рахунок його перекомпонування. Комплекс включає гідрофіковану базову машину, в якості якої використовується штукатурна станція СШ-6. Після перемішування розчину в змішувачі станції СШ-6 із забезпеченням однорідності та наперед заданих характеристик, суміш за допомогою дозатора-перевантажувача спрямовується на сита, які очищують розчин від шламу та інших великих включень. Далі розчин через патрубок всмоктується розчинонасосом з лінійним об'ємним гідродвигуном РНГ-6 та нагнітається їм через розчинопровід до робочого органа, що закріплений в захоплювальному пристрої робота. Робочий орган здійснює одношарове укладання розчину на вертикальну поверхню

конструкцій. Між роботом, дозуючим гідравлічним розчинонасосом і базовою машиною передбачена автоматизована система зворотного зв'язку з метою створення необхідних умов вирішення поставленого завдання з механізованого оздоблення. Крім штукатурних робіт робот здатний виконувати фарбування поверхонь, оскільки оснащений фарбувальним маніпулятором. Подібних систем на сьогодні існує досить велика кількість, а також різних їхніх виробників (рис. 7). Такі системи здатні також виконувати вирівнювання та затирання стін будинків, оздоблювати стіни фресками та наклеювати шпалери [22].

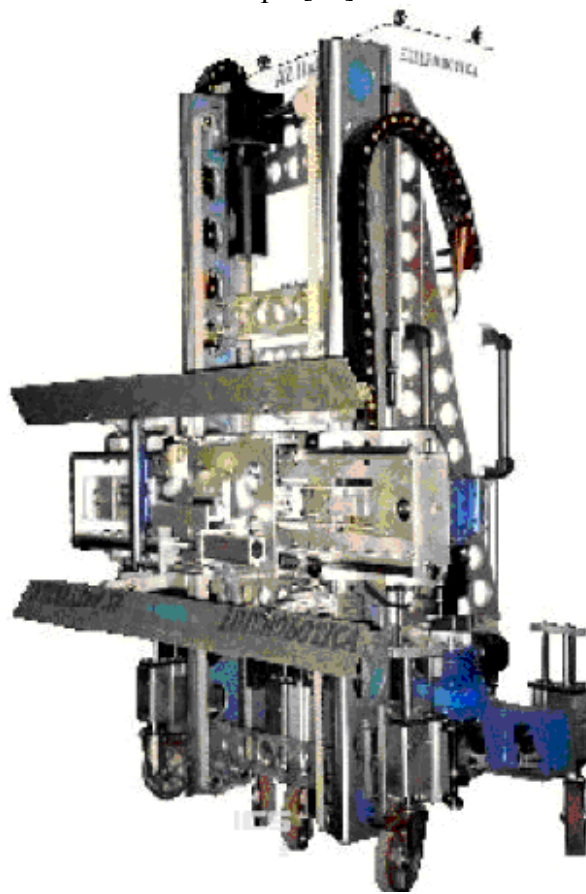


Рис. 7. Роботизована штукатурна станція Intomax 3

Fig. 7. Robotic station plastering Intomax 3

У будівництві важливу роль відіграють транспортні та вантажно-розвантажувальні операції, що забезпечують переміщення важких вантажів, перевезення матеріалів, вивіз будівельного сміття. Для автоматизації транспортних та вантажних робіт розроблено робототехнічний комплекс Robomatic, що складається з маніпулятора Fanuc із захоплювальним пристроєм, програмова-

ної системи керування, а також додаткового обладнання, необхідного для конкретної задачі. Комплекси Robomatic ефективно застосовується на складських майданчиках та виробничих лініях потокового виробництва будівельних виробів для переміщення об'єктів у просторі і для виконання різних виробничих процесів (рис. 8).

У США створені електроадгезійні будівельні роботи, які здатні пересуватися по

нтаження; копання; демонтаж бетонних, цегляних та металевих конструкцій; буріння отворів; встановлення свай; зняття слоїв поверхні. Робот здатний працювати в будь-яких умовах без порушення техніки безпеки: у вузьких тунелях, підвалах, на краю висотних конструкцій, поруч зі старим перекриттям, на реконструйованих мостах і віадуках.

До переваг будівельних роботів можна



Рис. 8. Робототехнічний комплекс Robomatic

Fig. 8. The robotic complexes Robomatic

вертикальних стінах, виготовлених з будь-якого матеріалу. Принцип “приклеювання” до вертикальних поверхонь запозичений у бджоли, яка переносить пил рослин на великі відстані за рахунок його приклеювання до її черева та лап. Це відбувається внаслідок електризації волосків на тілі бджоли і пилу рослин, в результаті чого виникає приклеювання. Цей ефект зчеплення різних тіл за впливу на систему зовнішнього електростатичного поля дозволяє роботам пересуватися по вертикальних поверхнях.

ВИСНОВКИ

Сьогодні роботи на будівництві використовуються переважно там, де важко або неможливо застосовувати важку техніку, і, головним чином, для заміни ручної праці та автоматизації складних технологічних процесів з метою підвищення продуктивності праці та мінімізації виробничого травматизму. Основними їхніми задачами є – переміщення предметів; завантаження та розва-

віднести і те, що знижений рівень їхнього шуму дозволяє використовувати їх на нічних роботах безпосередньо близько від житлових будинків. Дискомфорт від шуму виключається навіть при варіантах реконструкції приміщень всередині діючих об'єктів.

Будівельні роботи та їхнє спеціальне обладнання виконується з легких і малогабаритних деталей, що підвищує їхню маневреність та транспортабельність. В основному, їх виконують з електричним або гідравлічним приводом із центральним електродвигуном чи двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ). Керування роботом здійснюється або через радіозв'язок або через дротову мережу.

Автором пропонується розробити автономного будівельного робота з керуванням через мережу WiFi (рис. 9). Так як WiFi дозволяє передавати сигнал на відстань до 300м і такими пристроями обладнанні майже всі сучасні комп'ютери, це дозволяє

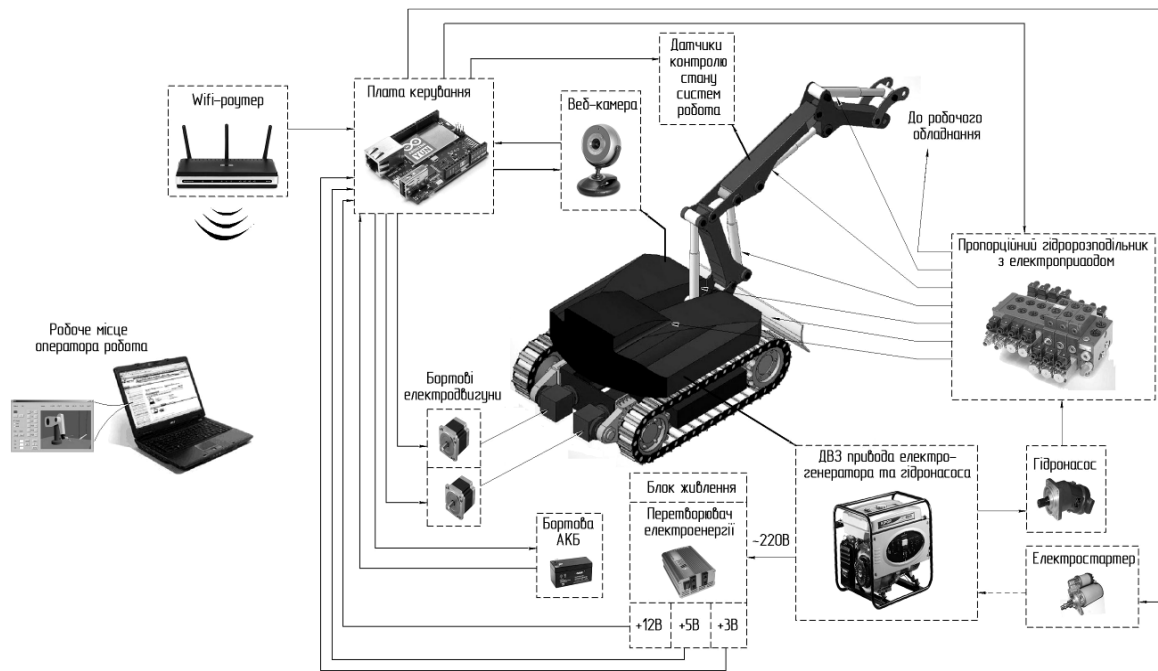


Рис. 9. Автономний робот для будівельних робіт з WiFi комунікацією

Fig. 9. Autonomous robot for construction works with WiFi communication

спрощувати процес комунікації робота та оператора. Причому не потрібно розробляти спеціального бортового комп'ютера робота зі спеціальним програмним забезпеченням, так як весь цикл програмування та розрахунків пропонується виконувати на звичайному стаціонарному комп'ютері з WiFi комунікацією.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Макаров И.М., Топчеев Ю.И.** Робототехника: История и перспективы. – М.: Наука. Изд-во МАИ, 2003. – 349 с.
2. **Фу К., Гонсалес Р., Ли К.** Робототехника. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
3. **Офіційний сайт компанії “Mitsubishirobotic”.** URL: <http://mitsubishirobotics.com> (дата звернення: 17.10.2013).
4. **Офіційний сайт компанії “Kawasakirobotics”.** URL: <http://kawasakirobotics.com> (дата звернення: 17.10.2013).
5. **Офіційний сайт компанії “Kawasaki Heavy Industries”.** URL: <http://www.khi.co.jp/english/robot> (дата звернення: 17.10.2013).
6. **Офіційний сайт компанії “Universal Robots”.** URL: <http://www.universal-robots> (дата звернення: 20.10.2013).
7. **Проценко И., Иванов Б.** Промышленные роботы в современном производстве // Журнал “РИТМ”. URL: <http://www.mirprom.ru/public/promyshlennye-roboty-v-sovremennom-proizvodstve.html> (дата звернення: 20.10.2013).
8. **Попов Е.П., Письменный Г.В.** Основы робототехники: Введение в специальность. – М.: Высшая школа, 1990. – 224 с.
9. **Медведев В.С., Лесков А.Г., Ющенко А.С.** Системы управления манипуляционных роботов. – М.: Наука, 1978. – 416 с.
10. **Попов Е.П., Верещагин А.Ф., Зенкевич С.Л.** Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
11. **Белянин П.Н.** Промышленные роботы США: Обзор зарубежного опыта. – НИАТ, 1978. – 302 с.
12. **Белянин П.Н.** Промышленные роботы Японии: Обзор зарубежного опыта. – НИАТ, 1977. – 456 с.
13. **Тягунов О.А.** Математические модели и алгоритмы управления промышленных транспортных роботов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2007. – Т. 5. - № 5. – С. 63-69.
14. **Шахинпур М.** Курс робототехники / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
15. **Спыну Г.А.** Промышленные роботы. Конструирование и применение. Учеб. пособие. – 2-е изд., переработ. и доп. – К.: Вища школа, 1991. – 311 с.
16. **Баловнев В.И., Хмара Л.А., Станевский В.П., Немировский П.И.** Строительные роботы и манипуляторы. - К.:Буд., 1991.–136 с.

17. **Хмара Л.А., Стефанов И.А., Уваров Е.П.** Роботизация строительных процессов. – Луганськ, Глобус. 2002. – 408 с.
18. **Офіційний** сайт компанії “Kuka”. URL: <http://www.kuka-robotics.com> (дата звернення: 22.10.2013).
19. **Офіційний** сайт компанії “Brokk”. URL: <http://www.brokk.com> (дата звернення: 22.10.2013).
20. **Офіційний** сайт компанії “Husqvarna”. URL: <http://www.husqvarna.com> (дата звернення: 22.10.2013).
21. **Офіційне** електронне видання “Designboom: architecture, design, art, technology” URL: <http://www.designboom.com/architecture> (дата звернення: 23.10.2013).
22. **Офіційне** електронне видання передових розробок роботів “Edilrobotica”. URL: <http://edilrobotica.jimdo.com> (дата звернення: 23.10.2013).
23. **Журнал** “Стройпрофиль”, №1 2002г. URL: <http://stroyprofile.com/archive> (дата звернення: 24.10.2013).
9. **Medvedev V.S., Leskov A.G., Jushhenko A.S., 1978.** Sistemy upravlenija manipuljacionnyh robotov [Robotic manipulator control system]. Moscow, Nauka Publ., 416.
10. **Popov E.P., Vereshhagin A.F., Zenkevich S.L. 1978.** Manipuljacionnye roboty: dinamika i algoritmy [Manipulation robots: dynamics and algorithms]. Moscow, Nauka Publ., 400.
11. **Beljanin P.N., 1978.** Promyshlennye roboty SShA: Obzor zarubezhnogo opyta [Industrial robots USA: Review of international experience]. NIAT, 302.
12. **Beljanin P.N., 1977.** Promyshlennye roboty Japonii: Obzor zarubezhnogo opyta [Industrial robots in Japan: Review of international experience]. NIAT, 456.
13. **Tjagunov O.A., 2007.** Matematicheskie modeli i algoritmy upravlenija promyshlennyh transportnyh robotov [Mathematical models and algorithms for control of transport of industrial robots]. Informacionno-izmeritelnye i upravljajushhie sistemy [Information-measuring and control systems], vol. 5, no. 5, 63-69.

REFERENCES

1. **Makarov I.M., Topcheev Ju.I., 2003.** Robototehnika: Istorija i perspektivy [Robotics: History and prospects]. Moscow, Nauka, MAI Publ., 349.
2. **Fu K., Gonsales R., Li K., 1989.** Robototehnika. Moscow, Mir Publ., 624.
3. **Official** site of Mitsubishirobotic. Available at: <http://mitsubishirobotics.com> (accessed 17 October 2013).
4. **Official** site of Kawasakirobotics. Available at: <http://kawasakirobotics.com> (accessed 17 October 2013).
5. **Official** site of Kawasaki Heavy Industries. Available at: <http://www.khi.co.jp/english/robot> (accessed 17 October 2013).
6. **Official** site of Universal Robots. Available at: <http://www.universal-robots> (accessed 20 October 2013).
7. **Procenko I., Ivanov B., 2013.** Promyshlennye roboty v sovremennom proizvodstve [Industrial robots in modern manufacturing]. Zhurnal “RITM” [Journal “Rhythm”]. Available at: <http://www.mirprom.ru/public/promyshlennye-roboty-v-sovremennom-proizvodstve.html> (accessed 20 October 2013).
8. **Popov E.P., Pismennyj G.V., 1990.** Osnovy robototehniki: Vvedenie v specialnost [Basics of robotics: Introduction to the profession]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 224.
14. **Shahinpur M., 1990.** Kurs robototehniki [Robotics Course]. Moscow, Mir Publ., 527.
15. **Spynu G.A., 1991.** Promyshlennye roboty. Konstruirovanie i primenenie. [Industrial robots. Construction and application]. Kyiv, Vishha shkola Publ., 311.
16. **Balovnev V.I., Hmara L.A., Stanevskij V.P., Nemirovskij P.I., 1991.** Stroitelnye roboty i manipuljatory [Construction robots and manipulator]. Kyiv, Bud. Publ., 136.
17. **Khmara L.A., Stefanov I.A., Uvarov E.P., 2002.** Robotizacija stroitelnyh processov [Robotic construction processes]. Lugansk, Globus Publ., 408.
18. **Official** site of Kuka. Available at: <http://www.kuka-robotics.com> (accessed 22 October 2013).
19. **Official** site of Brokk. Available at: <http://www.brokk.com> (accessed 22 October 2013).
20. **Official** site of Husqvarna. Available at: <http://www.husqvarna.com> (accessed 22 October 2013).
21. **Official** electronic publication “Design-boom: architecture, design, art, technology”. Available at: <http://www.designboom.com/architecture> (accessed 23 October 2013).
22. **Official** electronic publication “Edilrobotica”. Available at: <http://edilrobotica.jim-do.com> (accessed 23 October 2013).
23. **Zhurnal** “Strojprofil [Journal “Stroyprofyl”], 2002, no.1. Available at: <http://stroyprofile.com/archive> (accessed 24 October 2013).