

УДК 693.6

**В.О. Галушко**

докт. техн. наук, доцент

**О.М. Галушко**

канд. техн. наук, доцент

**Д.Ю. Уваров**

**О.І. Бардашевский**

студент

**А.С. Уварова**

студент

Одеська державна академія будівництва і архітектури

## **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРИ ВИКОНАННІ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВЕРТИКАЛЬНИХ ПОВЕРХОСТЯХ**

*У даній статті розглядається мала механізація, яку використовують в важкодоступних місцях, обмеженому просторі і на висоті. З цією метою були вивчені і розглянуті кілька варіантів механізмів. При порівнянні і виборі найбільш ефективного обладнання використовувалася методика багатокритеріального аналізу. Результати підтвердили, що робот може виконувати роботу не тільки на вертикальній поверхні, але і в важкодоступних місцях. Це дозволяє скоротити тривалість робіт, вартість і збільшити продуктивність. При цьому якість відповідає нормативу. Тому був розроблений алгоритм послідовності виконання робіт.*

**Ключові слова:** *мала механізація, обмежений простір, алгоритм при використанні роботів.*

**Актуальність** полягає в тому, що великий об'єм монтажних робіт як при новому будівництві, так і при реконструкції виконуються в ручну, або з використанням малої механізації. Іноді роботи потрібно виконувати в обмеженому просторі і на висоті. А це часто ускладнює виконувати процес якісно. Ці роботи з використанням робітника та сучасних механізмів не завжди досягаються потребують якості при виконанні робіт. Це приводить до перевитрати матеріалу і подорожчання самої роботи. Тому виникла потреба у розробці роботів для нанесення різних сумішей при будівництві різних будівель.

**Мета** полягає у розробці алгоритму при використанні роботів для нанесення сумішей на вертикальну поверхню.

Для досягнення мети необхідно вирішити ряд **задач**. А саме: вивчення проблеми та виявлення в можливостях використання роботів для будівництва різних будівель. Специфікація існуючих роботів для виконання різних задач та виявлення недоліків їх впровадження на об'єктах різної конфігурації.

З 70 років минулого сторіччя зайнятість роботів для виробництва різних виробів вже давно є задачею для більшості напрямів. Заміна людського труда є доказано ефективною як з погляду якості, так і з погляду вартості та швидкості виконання. Зростаюче впровадження роботів впливає на ріст досліджень роботизації. Нажаль дані дослідження значної мірою не стосуються сфери будівельного виробництва. До основних факторів, що є проблемними з дослідження роботизації даної сфери можна віднести необхідність впровадження унікальних функцій, які є унікальними по кожному об'єкту будівництва. Крім того, об'єкти

будівництва в значній мірі більші за механізми, що використовуються для будівництва та потребують їх переміщення разом з роботою на об'єкті. А впровадження роботів, більших за об'єкти будівництва потребують будівництва типових будівель на незначних відстанях, оскільки транспортування таких механізмів, їх обслуговування та зберігання буде потребувати високих фінансових витрат.

В перше на Україні використовували роботів у будівництві при монтажі саркофагу Чорнобильської АС. Роботи повинні були виконуватись чітко, швидко, якісно в найкоротший строк. З цією задачею могли впоратися лише роботи. Як приклад представлені види роботів на рис. 1, 2.

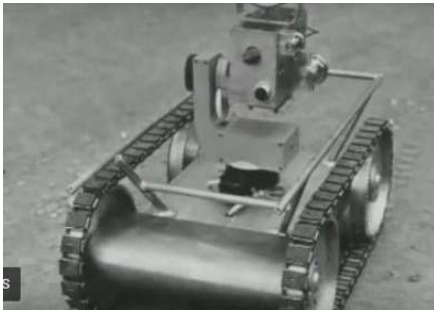


Рис. 1. Робот разведчик

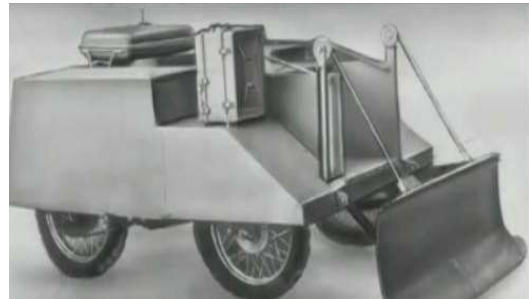


Рис. 2. Робот бульдозер

Представлені роботи виконували обстеження стану будівлі та очищення майданчика. На рис. 3 представлений фото-фрагмент виконання робіт на будівельному майданчику.



Рис. 3. Фото-фрагмент виконання робіт на будівельному майданчику



Рис. 4. Робот штукатур «Roboplaster»

У сучасних умовах для внутрішньої обробки стін використовують Робот-штукатур. Це інноваційна штукатурна станція нового покоління. Вона дозволяє значно прискорити процес штукатурення стін. Продуктивність робіт зростає в десятки разів. Станцію ефективно застосовувати для виконання великих обсягів штукатурення поверхонь. При цьому простий в управлінні і обслуговується двома робітниками. На рис. 4 представлений робот-штукатур «Roboplaster».

Склад технологічного процесу полягає в наступному. Доставка обладнання до об'єкта, монтаж обладнання з налагодженням, установка обладнання на захватці біля стіни; засипка в бункер штукатурної суміші; запуск робота; розчин наноситься

на поверхню; перенесення на наступну захватку. Проведені випробування показали, що максимальна товщина шару, що наноситься роботом без сітки становить 1,5 см.

Нижче проведемо порівняльний аналіз декількох видів механізмів і визначимо який з них є ефективним.

Для порівняння видів механізованих штукатурних машин вибираємо: - Робот-штукатур «Roboplaster»; - Штукатурний принтер «Plaster Rus Spero»; - Штукатурна станція «PFT G4»

На рис. 5 представлені фото-фрагменти технологічних процесів виконуваних штукатурних принтером.



а – подача суміші на поверхню



б – розподіл розчину та укладка й розглажування суміші по вертикальній поверхні



в – перевірка якості



г – шліфування

Рис. 5. Фото-фрагменти технологічних процесів роботи штукатурного принтера

На рис. 6 представлені фото-фрагменти технологічних процесів виконуваних роботом-штукатуром.



а – монтаж та налаштування обладнання



б – подача розчину в бункер



в – нанесення розчину на поверхню



г – перевірка якості поверхні

Рис. 6. Фото-фрагмент виконання работ с помощью робот-штукатура «Roboplaster»

На рис. 7 представлені фото-фрагменти технологічних процесів виконуються за допомогою Штукатурно станції «PFT G4».

Далі були обрані 6 основних умов по 3-му механізованим штукатурних машин. А саме: - вироблення м<sup>2</sup> / зміна; - число фахівців; - Загальна вага; - максимальна робоча висота; - обсяг бункера; - ціна за оренду.



а – очищення поверхні



б – видалення напливів бетону



в – нанесення антикорозійного розчину



г – виявлення ухилу



д – заповнення щілин



е – встановлення маяків



ж – нанесення розчину на поверхню – 20 – 30 см.



з – вирівнювання правилом



к – затирання поверхні



л – перевірка якості поверхні

Рис. 7. фото-фрагменти технологічних процесів за допомогою штукатурної станції «PFT G4»

У таблицю 1 вводимо критерії оцінок по кожному з обраних варіантів.

Таблиця 1

**Критерії порівняння обраних механізмів**

Назва механізму	Критерії оцінювання					
	Вироботка м <sup>2</sup> / сміну	Звено спеціалістів	Загальна вага, кг	Макс. робоча висота, м	Об'єм бункера, кг	Оренда, грн сутки
Робот-штукатур «Roboplaster»	До 750	2 чол.	100	5	200	від 550
Штукатурний принтер Plaster Rus Spero	До 400	2 чол.	150	5	150	від 950
Штукатурна станція PFT G4	До 200	4 чол.	264	5	150	від 850

Як видно з таблиці 1 при порівнянні показників механізмів максимальна висота для всіх однакова. За іншими показниками найбільш ефективним є робот-штукатур.

Для проведення багатокритеріального аналізу використовується середня оцінка, виведена з трьох експертних. Далі переводимо критерії оцінок у бали. І за результатами бальної системи будемо діаграми. Цей метод дає можливість наочно порівняти і вибрати найбільш раціональну машину при нанесенні розчину на вертикальну поверхню. Результати вводимо в таблицю 2.

Таблиця 2

**Критерії порівняння обраних машин в балах**

Назва механізму	Критерії оцінювання					
	Вироботка м <sup>2</sup> /сміну	Звено спеціалістів	Загальна вага, кг	Макс. робоча висота, м	Об'єм бункера, кг	Оренда, грн/сутки
Робот-штукатур «Roboplaster»	5	2,5	1,8	5	5	2,9
Штукатурний принтер Plaster Rus Spero	2,6	2,5	2,8	5	3,7	5
Штукатурна станція PFT G4	1,3	5	5	5	37	4,5

На підставі отриманих даних будуюмо діаграму порівняння за всіма критеріями (рис. 8).

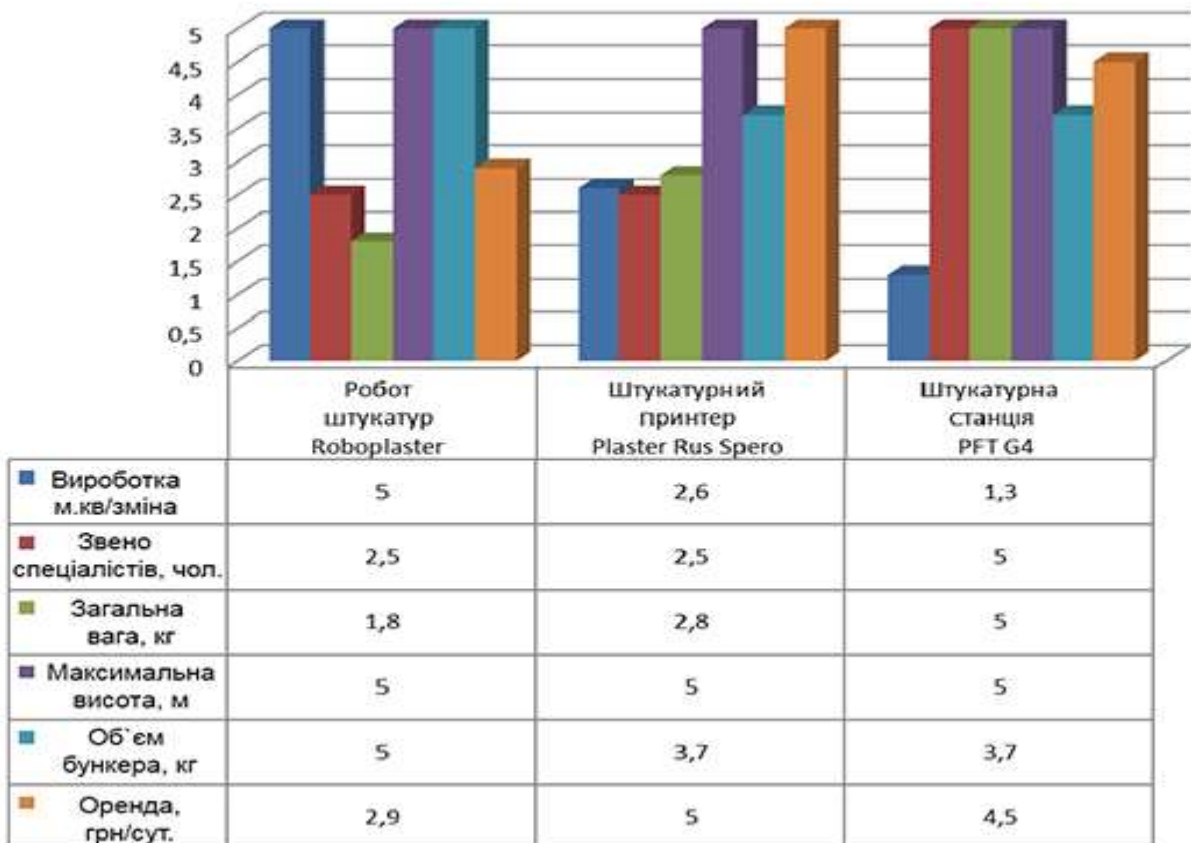


Рис. 8. Діаграма порівнянь варіантів

З діаграми, видно, що найбільш ефективним є робот штукатур «Roboplaster», так як за зміну його обсяг в 2 рази перевищує штукатурний принтер і в 3,5 - штукатурну станцію. Другий не менш значимий фактор - вага. Цей робот практично

в 2,5 рази легше ніж штукатурна станція і в 1,5 рази легше штукатурного принтера. Він більш рухливий і не потрібно зусиль для переміщення на об'єкті. Третій показник - обсяг бункера. У робота-штукатура 1,3 рази більше поміщається суміші. Отже продуктивність у нього вище, в порівнянні з розглянутими механізмами. І нарешті четвертий показник - оренда. Вартість оренди робота-штукатура в 1,5 рази менше штукатурної станції і в 1,7 рази менше принтера. Це дає можливість в свою чергу здешевити вартість робіт.

Можна сміливо сказати, що робот штукатур «Roboplaster» є самим раціональним рішенням, і відмінним науково-технічним прогресом.

Незалежно від методу роботи-штукатури відрізняються високою продуктивністю і відмінною якістю виконаної роботи. А найголовніше - такі механізми повністю замінюють складну роботу людину з нанесення розчину.

Робот-штукатур - це інноваційні розробки для підвищення продуктивності і якості роботи, повністю виправдовує своє призначення.

Сучасні технології у будівництві дозволяють з кожним роком отримувати нові матеріали, що можуть бути використані в інноваційних алгоритмах будівництва. Саме справа в алгоритмах будівництва, а не технологій будівництва до якої звикли зараз. Сучасні технології дозволять провести автоматизацію будь-якого процесу не тільки в нашому житті, а й у будь-якій сфері, в тому числі і на будівельному майданчику.

З цієї метою був розроблен алгоритм виконання будівельних робіт за допомогою роботів.

Послідовність цих циклів наступна.

Алгоритм будівельного процесу.

Під поняттям алгоритму будівельного процесу мається на увазі послідовність операцій для виконання конкретного будівельного процесу. В алгоритм будівельного процесу входить:

- аналіз роботом відповідної поверхні;
- виконання роботом будівельних робіт;
- контроль якості процесу виконання робіт;
- перевірка якості виконаних робіт.

### **1. Аналіз поверхні**

На даний момент існує значна кількість датчиків, що дозволяють провести аналіз поверхні: температура, вологість, тиск, ультразвуковий аналіз, виміри відстані інфрачервоні та ультразвукові, аналіз кольору та ін. Всі ці датчики є простими засобами аналізу на деякій ділянці. І відповідно до порівняння з людськи трудом будуть більш ефективні з погляду швидкості виміру, обробки та аналізу результату. Крім того, робот за допомогою робочого органу, може проєсти процес вимірювання у місцях, що труднодоступні для людей. Наявним прикладом використання роботів для вимірів в місцях небезпечних для людини – це виміри рівня радіації на покрівлі 4-го енергоблоку Чорнобильської атомної електростанції та ін.

### **2. Виконання будівельних робіт**

По виконанню робіт, що виконуються роботами можна поділити на декілька груп за функційним призначенням:

- роботи, які наносять суміші або будують рідкими матеріалами;
- роботи, які будують твердими матеріалами;
- роботи, які проводять монтажні роботи в т.ч. зварні;
- роботи, які займаються демонтажними роботами та прибиранням.

Звичайно, дана систематизація має достатню кількість підрозділів, що розраховують робіт для роботи на вертикальних та горизонтальних поверхнях, під водою, в середі високої температури або тиску, в умовах космічного вакууму та ін.

#### *2.1 Використання рідких матеріалів та сумішей*

Щодо нанесення красок, штукатурок та інших сумішей в один слой, то для цього можна використовувати класичні матеріали. Оскільки продуктивність роботи роботів є досить високою, щодо нанесення матеріалів послойно необхідно впроваджувати нові матеріали з швидким набиранням робочих характеристик. Це можуть бути матеріали, що активуються під дією ультрафіолетового випромінення, за допомогою інгібіторів та ін. Дані матеріали повинні мати значну адгезію до попередніх слоїв, або необхідно використовувати автоматичне армування та створення робочих арматурних швів при кожному нанесенні слою.

#### *2.2 Використання твердих матеріалів*

Будівництво з твердих матеріалів потребує постійної подачі даних матеріалів до робочого органу, що значно складніше, ніж рідкі суміші. Крім того всеодно необхідна подача будівельних розчинів для зв'язування твердих матеріалів. Тому процес будівництва є більш складним, ніж з рідких сумішей та його автоматизація та роботизація потребує більших організаційних витрат та параметрів операційного контролю.

#### *2.3 Монтажні та зварні роботи*

Роботи з монтажу або зварювання окрім самого процесу роботи також потребує подачі частин монтажу. Крім того необхідна подача зварного матеріалу та робочого газу атмосфери зварювання. Існують моделі роботів, що як робочий матеріал монтажу використовують ланцюги або наварюють робочу конструкцію. Використання даних матеріалів не дає оптимального результату по масі та несучій здатності конструкції, або енергетичні витрати та витрати газової суміші на будівництво вищі, ніж вартість будівництва класичними матеріалами. Виходячі з вищеописаного необхідне впровадження базових деталей з характеристиками маси та міцності, які можна з'єднувати автоматично зварюванням: стріжні, прутки (формування розміру та форми може бути автоматичним), пресовані та фасонні елементи. Але існують конструктивні та архітектурні завдання при яких відсутня необхідність економічного обґрунтування і вище вказані технології будуть виправдані.

#### *2.4 Демонтажні роботи та прибирання*

На даний час існують роботи для прибирання приміщень від пилу та бруду, на яких відпрацьован алгоритм робіт. Використання роботів такого типу у сфері будівництва можливе лише для мелкого смиття. При демонтажі потрібний чіткий алгоритм, який буде вказан механізму або він просканує поверхню та побудує карту самостійно. Після цього опрацює її по відповідному алгоритму роботи (руйнування бетону, зрізання металу).

### **3. Контроль якості виконання робіт**

Даний контроль полягає в вимірі основних параметрів. На даний час існують датчики для контролю будь-якого з технологічних параметрів. Вони можуть надати необхідні параметри, які порівнюються з базовими. При входженні різниці з допустимими значеннями, робота механізму буде прийматися ним, як виконана. Коли ця похідка буде більше за допустиму, механізм повинен провести технологічну операцію повторно на цій ділянці з повторним контролем. В разі невиправлення помилки є необхідність втручання людини, та корегування алгоритму роботи, після аналізу виявленої проблеми.



#### 4. Контроль якості виконаних робіт

Полягає в скануванні ділянки виконаної роботи відповідним типам датчика, та побудови графічної карти, яку візуально може сприймати фахівець для прийняття рішення по прийомці якості виконання робіт.

##### Висновки.

1. Проведений аналіз показав, що у будівництві роботи виконуються у важкодоступних місцях та в обмеженому просторі. Це пов'язано в першу чергу з ризиком для життя людей та низькою продуктивністю праці.
2. Сучасні умови диктують нововведення і як одним із прикладів використання роботів на ЧАЕС та при виконанні штукатурних робіт
3. Для вибору механізмів був використан метод багатокритеріального аналізу з використанням середніх оцінок
4. На підставі отриманих результатів при виборі механізмів був розроблений алгоритм послідовності робіт виконується роботом

##### Список літератури:

1. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
2. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» -К: Мінрегіонбуд України, 2002.
3. ДБН Д.2.2 - 99. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. - К.: Держкомбуд України, 2000.
4. *Технология строительного производства* [Електронний ресурс]/О.О. Литвинов, Ю.И. Беляков // Высшая школа. – 1985. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-161-stroitelnye-tehnologii/>.
5. *Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений.*/А.И. Меньлюк, М.Н. Ершов, А.Л. Никифоров, И.А. Меньлюк. – К.: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. – 332 с.
6. *Опорный конспект лекций-презентаций «Инновации при устройстве и замене перекрытий»*, д.т.н., проф. Меньлюк А.И., аспирант Дубельт Т.Н.
7. *Harvard generator* – Режим доступу до ресурсу: <http://www.harvardgenerator.com/>.

**В.А. Галушко, А.М. Галушко, Д.Ю. Уваров, А.И. Бардашевский, А.С. Уварова**

#### **Разработка алгоритма работы автоматизированных механизмов при производстве отделочных работ на вертикальных поверхностях**

*В данной статье рассматривается малая механизация, которую используют в труднодоступных местах, ограниченном пространстве и на высоте. С этой целью были изучены и рассмотрены несколько вариантов механизмов. При сравнении и выборе наиболее эффективного оборудования использовалась методика многокритериального анализа. Результаты подтвердили, что робот может выполнять работу не только на вертикальной поверхности, но и в труднодоступных местах. Это позволяет сократить продолжительность работ, стоимость и увеличить производительность. При этом качество соответствует нормативу. Поэтому был разработан алгоритм последовательности выполнения работ.*

**Ключові слова:** *малая механизация, ограниченное пространство, алгоритм при использовании роботов.*

**V. Halushko, A. Halushko, D. Uvarov, A. Bardashevsky, A. Uvarova**

***Elaboration the algorithm of automated mechanisms operation at the production of finishing works on vertical surfaces***

*The article shown light-machinery for tight spaces, limited spaces and at height. The uses of robotics is to allow for greater automation in various processes. Several variants of mechanisms were studied and considered. When comparing and selecting the most efficient equipment, a multicriterion analysis technique was used. The results confirmed that the robot can perform work not only on a vertical surface, but also in hard-to-reach places. Modern and perspective robotization of the total building process with minimum human intervention described. The article shown some groups by centered around the different types of robots: handling and positioning of large elements, interior finishing and connecting activities, finishing of large horizontal surfaces, finishing of exterior walls, the demolition process. Using algoritms of robatization and automatization, of building processes allows to reduce the duration of work, cost and increase productivity. The article indicate that robotization of the building activities, if pursued with a rational and selective approach, may result in considerable productivity gains to the construction industry.*

**Key words:** *light-machinery for tight spaces, limited spaces, algorithm when using robots.*

**УДК 658.51:334.722.1**

**А. В. Радкевич**

докт. техн. наук, професор

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені

академіка В. Лазаряна

**І. А. Арутюнян**

докт. техн. наук, професор

**Д. В. Сайков**

аспірант

Запорізька державна інженерна академія

**ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО  
ВИРОБНИЦТВА ЯК ФОРМОТВОРЧА СКЛАДОВА  
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДРЯДНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*На сучасному етапі становлення вітчизняного будівельного ринку виникає необхідність змістовно нового підходу до організації будівельного виробництва підрядних підприємств. Визначальним показником на будівельному ринку є рівень конкурентоспроможності підрядної організації, який відображає її спроможність управління фінансовими ризиками і адаптації до змін кон'юктури ринку будівельних послуг. Модернізація системи організаційних процесів дає значне підвищення якості будівельно-монтажних робіт, відкриває можливості виходу підрядного підприємства на новий організаційно-економічний рівень господарювання. Актуальним стає теоретико-методологічне та практичне вирішення проблем оптимізації організаційних процесів, що включає мінімізацію строків ведення будівельних об'єктів в експлуатацію з найбільшими показниками якості. Визначено характерні ознаки сучасних вітчизняних підприємств з врахуванням поточних умов будівельного ринку. Проведено аналіз існуючих оптимізаційних моделей будівельного виробництва, показана доцільність впровадження та методологічні основи розрахунку їх ефективності.*