

Алексєєв А.Є., Гарбуз Є.С., Яворський В.Є., наук. кер. д.т.н.  
Березюк О.В. (Україна, м. Вінниця, ВНТУ)

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМАМИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СМІТТЄВОЗІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ**

*Проведено аналіз літературних джерел з перспективою удосконалення керування механізмами робочих органів сміттєвозів за допомогою мікроконтролерів. У роботі розглянуто приклади застосування мікроконтролерів для керування механізмами робочих органів сміттєвозів та ефект від їхньої роботи. Проаналізовано вплив мікроконтролерів на функціональність та ефективність механізмів робочих органів сміттєвозів.*

*Постановка проблеми в загальному вигляді.* У містах з розвиненим спецавтогосподарством існує гостра проблема, пов'язана з організацією роботи сміттєвозів, що дозволяють вивозити тверді побутові відходи (ТПВ), які створюють серйозну проблему довкіллю [1, 2]. Ефективне збирання ТПВ забезпечує безпечну контейнеризацію і запобігає їхньому розкиданню при перевезенні сміттєвозами, виконавчі органи яких оснащені гідравлічним приводом [3-11]. Ефективність збирання залежить від ступеня ущільнення ТПВ: вищий рівень ущільнення забезпечує більшу кількість перевезених відходів [12-14].

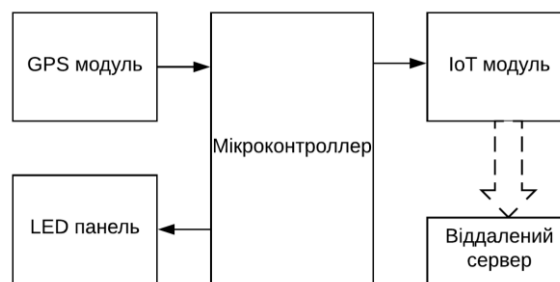
Дослідження в області застосування мікроконтролерів для керування механізмами робочих органів сміттєвозів показують великий потенціал їхнього використання для підвищення ефективності та надійності. Впровадження цих технологій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності комунальних машин.

*Основний матеріал.* В роботі [15] запропоновано вимірювач рівня ТПВ в урні, що являє собою автономну систему, для вимірювання та передачі даних до сервера для подальшої обробки. Схема вимірювача рівня урни має наступні елементи: лазерний датчик рівня, датчик температури, Global system for Mobile Communication модуль (GSM), цифрові перемикачі, регулятор напруги, контролер заряду, сонячні панелі, перетворювач напруга-струм, акумулятор, мікроконтролер, блок пожежегасіння. Автономність системи лежить у власному джерелі живлення (акумулятора), який живить усю периферію, та сонячного модуля для заряду самого акумулятора. Так як система має особисте живлення, для її економії на схемі представлені цифрові ключі, або перемикачі живлення, які подають живлення до GSM модулю, датчика рівня та перетворювача напруга-струм. Також для економії енергії, мікроконтролер переходить у режим сну та прокидається завдяки сигналу переривання, яке надходить від Real Time Clock (роботи годинників

реального часу). Основні дані, які передаються від GSM модулю до сервера, являються перш за все вимірювання відстань датчиком рівня представлена у mm, та інші дані типу: температура в урні, напруга та струм що видається сонячними панелями, сигнал тривоги про пожежу, стан заряду батареї. Якщо середній рівень заповнення декількох урн вище заданої границі, одразу надається наказ про відправлення сміттєвозів на той район де розташовані урни, з яких були прийняті дані.

Технологія GPS-стеження дозволить в реальному часі здійснювати контроль роботи сміттєвоза, а саме здійснювати контроль маршруту, швидкості, і контроль витрати палива [16]. Для взаємодії елементів, що беруть участь у дорожньому русі (транспортні засоби, дорожні знаки, світлофори, системи контролю і безпеки тощо) використовуються стільникові мережі 3G, 4G, LTE, бездротові технології передачі даних такі як: Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, NB-IoT, різні модулі і датчики, наприклад, RFID, GPS / ГЛОНАСС та інші.

На рис. 1. показано схему приладу для відслідковування місцезнаходження сміттєвозів.



*Рис. 1. Схема приладу для відслідковування місцезнаходження сміттєвозів*

Важливими компонентами інтелектуальної інформаційної системи є мікроконтроллер, GPS модуль, модуль IoT.

GPS модуль використовується для визначення поточного місцезнаходження сміттєвоза. Інформація від модуля GPS надсилається контролеру, який виводить дані про час та місцезнаходження на екран, встановлений на сміттєвозі та модулю IoT, який надсилає отримані дані до віддаленого серверу для подальшої їхньої обробки.

Для покращення роботи сміттєвоза в роботі [17] запропоновано модель цифрового приладу, що дозволяє з високою точністю вимірювати малі лінійні переміщення його робочих органів з виведенням результатів вимірювань на екран комп'ютера в реальному часі та мінімальними ресурсними затратами. Принцип дії датчика малих лінійних переміщень засновано на муаровому ефекті, що являє собою інтерференційний візерунок, утворений при накладенні двох періодичних сітчастих малюнків. Елементи двох малюнків, які повторюються, слідує з дещо різною просторовою частотою і, накладаючись один на одного, утворюють темні і світлі муарові смуги. При переміщенні однієї з решіток відносно іншої або при повороті на певний кут виникає переміщення областей

перекриття з певною періодичністю. При малих відносних переміщеннях решіток виникає суттєво більше переміщення самих областей перекриття, що і дозволяє їх фіксувати [18]. Загальний вигляд датчика лінійних переміщень на муаровому ефекті представлений на рис. 2.

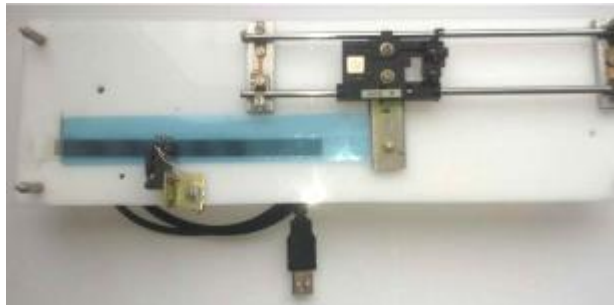


Рис. 2. Загальний вигляд датчика лінійних переміщень на муаровому ефекті

Діюча модель датчика лінійних переміщень на муаровому ефекті може бути встановлена на панелі керування робочими органами сміттєвоза.

В статті [19] на основі аналізу методів обробки сигналів та вимірювання фізичних величин запропоновано засіб на базі мікроконтролерної плати Arduino Uno R3 та ультразвукового сенсора відстані HC-SR04 для вимірювання відстані між сміттєвозом і контейнером ТПВ, який враховує параметри середовища сенсором температури та відносної вологості повітря DHT11, захищений патентом [20] та може бути використаний під час розробки високоефективних спецавтомобілів для транспортування відходів, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ. Запропоновано структурну схему засобу та блок-схему алгоритму програми [21] керування мікроконтролером пристрою для вимірювання відстані. Наведено основні характеристики запропонованого засобу, а також показано результати експериментальних випробувань для вимірювання відстані із урахуванням параметрів середовища, які підтвердили достовірність параметру, що вимірюється [19].

В статті [22] запропоновано удосконалений засіб для вимірювання відстані між сміттєвозом і контейнером ТПВ, в якому параметри середовища враховуються сенсором температури та відносної вологості повітря підвищеної точності DHT22 і високоточний сенсором атмосферного тиску і температури навколишнього середовища BMP280, захищений патентом [23], а керуюча програма свідоцтвом [24].

В матеріалах статті [25] запропоновано засіб на базі мікроконтролерної плати Arduino Uno R3 та інкрементального енкодера KY-040 для вимірювання параметрів обертального руху шнека для зневоднення ТПВ, який захищений патентом [26] і може бути використаний під час розробки високоефективних сміттєвозів, як основної ланки в структурі машин для збирання та первинної переробки ТПВ.

Запропоновано структурну схему засобу та блок-схему алгоритму програми [27] керування мікроконтролером для реалізації пристрою для вимірювання параметрів обертального руху. Наведено основні технічні характеристики запропонованого засобу. Показано результати експериментальних випробувань для вимірювання параметрів обертального руху, які підтвердили достовірність параметрів, що вимірюються.

*Висновки.* Розглянуті засоби удосконалення керування механізмами робочих органів сміттєвозів за допомогою мікроконтролерів дозволяють забезпечити більшу точність керування, підвищити надійність і знизити ризик поломок, а також значно покращити якість послуг комунальних підприємств зі збирання та транспортування твердих побутових відходів.

### Список використаних джерел

1. Khrebtii H. et al. *Innovative ways of improving medicine, psychology and biology*. Primedia eLaunch, 2023. 305 p.
2. Alieva M. et al. *Conceptual options for the development and improvement of medical science and psychology*. International Science Group, 2023. 117 p.
3. Kozlov L., Burennikov Yu., Piontkevych O., Paslavskaya O. Optimization of design parameters of the counterbalance valve for the front-end loader hydraulic drive. *Proceedings of 22nd International Scientific Conference «MECHANIKA 2017»*. Kaunas University of Technology, Lithuania, 19 May 2017. P. 195-200.
4. Petrov O., Kozlov L., Lozinskiy D., Piontkevych O. Improvement of the hydraulic units design based on CFD modeling. In: *Lecture Notes in Mechanical Engineering XXII*, 2019. P. 653-660. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6\_65
5. Kozlov L., Polishchuk L., Piontkevych O., Purdyk V., Petrov O., Tverdomed V., Tungatarova A. Optimization of Design Parameters of a Counterbalance Valve for a Hydraulic Drive Invariant to Reversal Loads. *Mechatronic Systems*, Vol. 1, Routledge, London, 2021. P. 137-148. DOI: 10.1201/9781003224136-12
6. Polishchuk L., Khmara O., Piontkevych O., Adler O., Tungatarova A., Kozbakova, A. Dynamics of the conveyor speed stabilization system at variable loads. *Informatyka, Automatyka, Pomiar i W Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2022. Vol. 12. No. 2. P. 60-63.
7. Polishchuk L. K., Piontkevych O. V., Dynamics of adaptive drive of mobile machine belt conveyor. *22nd International Scientific Conference «MECHANIKA 2017»*. Kaunas University of Technology. 19 May 2017. P 307-311
8. Лозінський Д. О., Козлов Л. Г., Піонткевич О. В., Кавецький О. І. Оптимізація електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. №17(1). С. 87-91.
9. Піонткевич О. В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2015. №2. С. 83-90.
10. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Сердюк О. В., Домославський В. М. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2022. № 16(2). С. 96-100.
11. Козлов Л., Репінський С., Паславська О., Піонткевич О. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2017. № 2. 9 с. Електронний ресурс: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/507>
12. Korniylo I., Gnyp O. *Scientific foundations in research in Engineering*. Primedia eLaunch, 2022. 709 p.

13. Kazachiner O., Boychuk Y., Halii A. Theoretical foundations of pedagogy and education. International Science Group, 2022. 602 p.
14. Hladyshev D., Hnat H. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023. 464 p.
15. Бугреєв С. С., Яремчук Н. А. Вимірювач рівня сміття в підземній урні з використанням нечіткої системи для обробки інформації. Науково-технічна конференція викладачів, науковців, аспірантів та студентів, присвячена Дню Науки, 27-29 травня 2017 р. К.: НТУУ «КПІ», 2017. С. 15-16.
16. Гринчук В. В., Березюк О. В. Контроль місцеположення сміттєвозів на основі сучасних технологій зв'язку. Прикладні науково-технічні дослідження: матер. III міжнар. наук.-прак. конф., 3-5 квіт. 2019 р. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019. С. 111.
17. Мельничук О. І., Березюк О. В. Датчик малих лінійних переміщень для управління сміттєвозом. Прикладні науково-технічні дослідження: матер. III міжнар. наук.-прак. конф., 3-5 квіт. 2019 р. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019. С. 115.
18. Білинський Й. Й., Білинська М. Й., Кухарчук В. В. Пристрій вимірювання амплітуди малих лінійних переміщень. Патент 68904 А Україна. МПК G01H 9/00. заявник і патентовласник: ВНТУ. Опубл. 16.08.04. Бюл. № 8.
19. Bereziuk O., Lemeshev M., Bogachuk V., Wójcik W., Nurseitova K., Bugubayeva A. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes. Przegląd Elektrotechniczny. 2019. No. 4. P. 146-150.
20. Березюк О. В. Ультразвуковий далекомір. Патент України № 139123 U, МПК(2016.01) G01S 15/02, G01S 15/08. Заявник і патентовласник: ВНТУ. u201905374. Заявл. 20.05.2019. Одерж. 26.12.2019. Бюл. № 24.
21. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Керуюча програма ультразвукового далекоміра для вимірювання відстані між сміттєвозом і контейнером твердих побутових відходів із урахуванням параметрів середовища на базі мікроконтролерної плати Arduino Uno R3". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 89720. К.: МЕРТ України. Дата реєстрації: 12.06.2019.
22. Bereziuk O. V., Lemeshev M. S., Bogachuk V. V., Kisala P., Tungatarova A., Yeraliyeva B. High-precision ultrasonic method for determining the distance between garbage truck and waste bin. Mechatronic Systems 1: Applications in Transport, Logistics, Diagnostics, and Control: collective monograph. London (UK): Routledge, 2021. P. 279-290.
23. Березюк О. В., Лемешев М. С., Віштак І. В. Високоточний ультразвуковий далекомір. Патент України № 153956 U, МПК G01S 15/02, G01S 15/08. Заявник і патентовласник: ВНТУ. u202107458. Заявл. 20.12.2021. Одерж. 27.09.2023. Бюл. № 39. 4 с.
24. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Керуюча програма високоточного ультразвукового далекоміра для визначення відстані між сміттєвозом і контейнером". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 100462. К.: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації: 10.11.2020.
25. Wójcik W., Bereziuk O. V., Lemeshev M. S., Bohachuk V., Polishchuk L., Bezsmertna O., Smailova S., Kurmagazhanova S. Metrological Aspects of Controlling the Rotational Movement Parameters of the Auger for Dewatering Solid Waste in a Garbage Truck. International Journal of Electronics and Telecommunications. 2023. Vol. 69, No. 2. P. 233-238.
26. Березюк О. В. Тахометр. Патент України № 147427 U, МПК G01P 3/484. заявник і патентовласник: ВНТУ. u202007990; Заявл. 14.12.2020. Одерж. 05.05.2021, Бюл. № 18. 5 с.
27. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Керуюча програма вимірювача параметрів обертального руху шнека для зневоднення твердих побутових відходів у сміттєвозі на базі мікроконтролерної плати Arduino Uno R3". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 93685. К.: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації: 05.11.2019.