

РОЗДІЛ III. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

УДК 629.735

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-169-177

Євген Волканін, Сергій Бойко, Олексій Городній, Оксана Борисенко, Андрій Димерець

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК

Актуальність теми дослідження. Актуальним науково-практичним завданням є розробка автоматизованої системи управління сепаратора, з метою точного підтримання режимних параметрів.

Постановка проблеми. Головна мета цієї роботи полягає в розробці методів контролю магнітних і режимних параметрів системи магнітної сепарації за фракціями наночастинок у ліпідних оболонках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для магнітного поділу магнітно-сприйнятливих частинок (молекул, колоїдних частинок) у потоці рідини застосовується технологія Magnetic Split-flow thin Fractionation (SPLITT) [9]. SPLITT – технологія магнітної сепарації в тонких каналах (<0,5 мм) з розсікачем потоків, орієнтованих перпендикулярно магнітному полю. Удосконалення технології поділу можливо шляхом заміни магнітної системи, традиційної для SPLITT, магнітною системою, яка використовується у ферогідростатичних сепараторах, з більшою областю однорідного градієнта в робочому проміжку.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Виробництво нанопрепарату для цільової доставки лікарських засобів і візуалізації (діаметр магнітних наночастинок 20...80 нм) передбачає виділення із вихідного препарату наночастинок середньої фракції. Існуючі на сьогодні магнітні методи сепарації не дозволяють цього зробити. Одним із рішень є удосконалення магнітної системи Фарадея, з метою отримання великої області однорідного градієнта магнітного поля в робочому проміжку. Це дає можливість розмістити в зазначеній області сепараційний канал, конструкція якого дозволяє розділити вихідний препарат на три фракції.

Розроблена магнітна система, яка створює в робочій області високоградієнтне магнітне поле, яке впливає на траєкторії руху магнітних наночастинок, що рухаються в потоці рідини в сепараційному каналі. Також розроблена конструкція сепараційного каналу, яка дозволяє розділяти потоки рідини, які несуть наночастинок різних фракцій. Запропонована система призначена розділяти вихідний нанопрепарат на наступні фракції: дрібні наночастинок з розміром магнітного ядра 20 нм і менше (у тому числі порожні ліпідні оболонки); середні наночастинок (діаметр ядра 20...80 нм); великі наночастинок (діаметр ядра 81...100 нм). На сьогодні завдання полягає у створенні методів розрахунку автоматизованої системи, що забезпечить необхідні магнітні й режимні параметри сепараційної системи.

Мета дослідження. Метою цієї роботи є розробка методів моніторингу магнітних та режимних параметрів системи магнітної сепарації для фракцій наночастинок у ліпідних оболонках.

Виклад основного матеріалу. Для поділу наночастинок фракціями необхідно, щоб частинки різних розмірів рухалися вздовж різних траєкторій під дією магнітних та гідродинамічних сил. На траєкторію частинок впливає її розмір, магнетизація та градієнт поля. Щоб максимізувати відхилення намагнічених частинок від спрямування потоку випарного продукту, конструкція системи розділення передбачає генерацію магнітної сили, напрямком якої перпендикулярний напрямку потоку відокремленого продукту. Для забезпечення необхідних експлуатаційних параметрів процесу поділу пропонується використовувати автоматизовану систему керування з використанням нейроконтролера.

Висновки відповідно до статті. Розроблена система сепарації дозволяє розділяти фракції наночастинок у потоці рідини, що підтверджується чисельним моделюванням. Без застосування автоматизованої системи управління режимними параметрами процесу магнітної сепарації неможливо забезпечити поділ фракцій наночастинок, оскільки навіть незначне відхилення від розрахункових параметрів призведе до спотворення профілю швидкостей рідини. Одним із найбільш перспективних підходів реалізації автоматизованого управління є застосування нейроконтролера. Подальша робота в зазначеному напрямку буде полягати у формуванні алгоритму управління на базі нейроконтролера. Підтвердженням достовірності отриманих методів будуть результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: магнітна сепарація; магнітна наночастинка в ліпідній оболонці; магнітна система Фарадея; високоградієнтне магнітне поле; нейроконтролер; автоматизована система управління.

Рис.: 7. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Актуальним науково-практичним завданням є розробка автоматизованої системи управління сепаратора, з метою точного підтримання режимних параметрів.

Постановка проблеми. Застосування нанопрепаратів на основі магнітних наночастинок відкриває нові можливості в медицині під час діагностики й лікування багатьох онкологічних захворювань [1-4]. Крім лікування ракових захворювань, магнітні наночастинок можуть використовуватися для лікування місцевих запальних процесів з метою зниження побічних впливів [5].

Широкому застосуванню магнітних наночастинок у біомедицині перешкоджає високовартісне виробництво, складність забезпечення стабільності відтворюваних характеристик і складність отримання матеріалів з вузьким розподілом частинок за розмірами [6].

Більшість відомих на сьогодні методів дають змогу отримувати наночастинок із широким розподілом за розмірами (дисперсія більше 100 %).

Виробництво нанопрепарату для цільової доставки лікарських засобів і візуалізації (діаметр магнітних наночастинок 20...80 нм) передбачає виділення із вихідного препарату наночастинок середньої фракції. Відомі нині магнітні методи сепарації не дозволяють цього зробити. Одним із рішень є удосконалення магнітної системи Фарадея, з метою отримання великої області однорідного градієнта магнітного поля в робочому проміжку. Це дає можливість розмістити в зазначеній області сепараційний канал, конструкція якого дозволяє розділити вихідний препарат на три фракції.

У [7; 8] розроблена магнітна система, яка створює в робочій області високоградієнтне магнітне поле, яке впливає на траєкторії руху магнітних наночастинок, що рухаються в потоці рідини в сепараційному каналі. Також розроблена конструкція сепараційного каналу, яка дозволяє розділяти потоки рідини, які несуть наночастинок різних фракцій. Запропонована система призначена розділяти вихідний нанопрепарат на такі фракції: дрібні наночастинок з розміром магнітного ядра 20 нм і менше (в тому числі порожні ліпідні оболонки); середні наночастинок (діаметр ядра 20...80 нм); великі наночастинок (діаметр ядра 81...100 нм).

На сьогодні завдання полягає у створенні методів розрахунку автоматизованої системи, що забезпечить необхідні магнітні й режимні параметри сепараційної системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для магнітного поділу магнітно-сприйнятливих частинок (молекул, колоїдних частинок) в потоці рідини застосовується технологія Magnetic Split-flow thin Fractionation (SPLITT) [9]. SPLITT – технологія магнітної сепарації в тонких каналах (<0,5 мм) з розсікачем потоків, орієнтованих перпендикулярно магнітному полю. Удосконалення технології поділу можливо шляхом заміни магнітної системи, традиційної для SPLITT, магнітною системою, яка використовується у ферогідростатичних сепараторах, з більшою областю однорідного градієнта в робочому проміжку.

Визначення недосліджених частин загальної проблеми. Таким чином, актуальним науково-практичним завданням є розробка автоматизованої системи управління сепаратора з метою точного підтримання режимних параметрів.

Мета статті. Головна мета цієї роботи полягає в розробці методів контролю магнітних і режимних параметрів системи магнітної сепарації за фракціями наночастинок у ліпідних оболонках.

Виклад основного матеріалу. Для здійснення сепарації наночастинок по фракціям необхідно, щоб частинки різного розміру рухалися за різними траєкторіями під дією магнітної і гідродинамічної сил. На траєкторію частинки впливає її розмір, намагніченість і градієнт поля. Якщо градієнт поля і його напрямок будуть однаковими в усьому об'ємі сепараційного каналу, намагнічені частинки різних фракцій будуть рухатися за різними траєкторіями (великі частинки завдяки більшому магнітному моменту будуть сильніше відхилитися під дією магнітного поля). При цьому наночастинок повинні бути намагнічені до насичення, щоб їх магнітний момент був пропорційний розміру їх магнітного ядра.

Для максимального відхилення намагнічених частинок від напрямку потоку сепарованого продукту конструкція сепараційної системи передбачає генерацію магнітної сили, напрямок якої перпендикулярний напрямку потоку сепарованого продукту.

Поперечний перетин магнітної системи і робочого проміжку представлені на рис. 1 і 2.

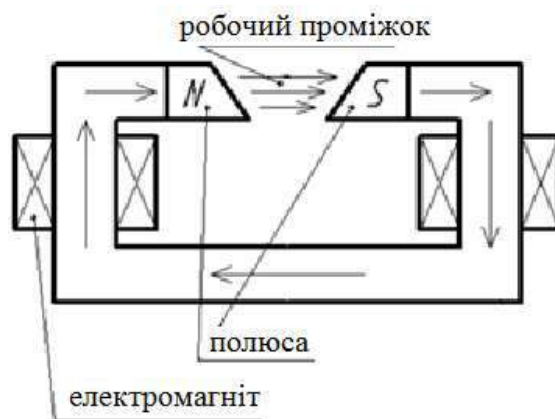


Рис. 1. Загальний вигляд магнітної системи

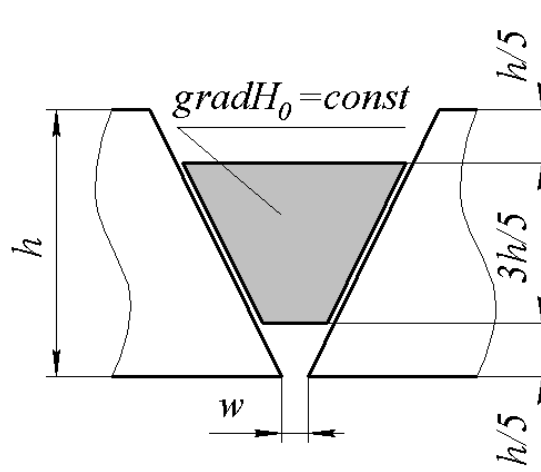


Рис. 2. Область однорідного градієнта в робочому проміжку магнітної системи

Сепараційний канал розміщений у робочому проміжку магнітної системи. Канал на вході розділений на два горизонтальних канали. Це дає можливість подавати вихідний нанопрепарат у верхню частину каналу, а в нижню подається буферна рідина (розчинник того ж хімічного складу, густини та температури, що й розчинник, який є основою нанопрепарату). На виході сепараційний канал розділений на кілька горизонтальних каналів, що дозволяє розділяти потоки рідини, які несуть наночастинки різних фракцій (рис. 3).

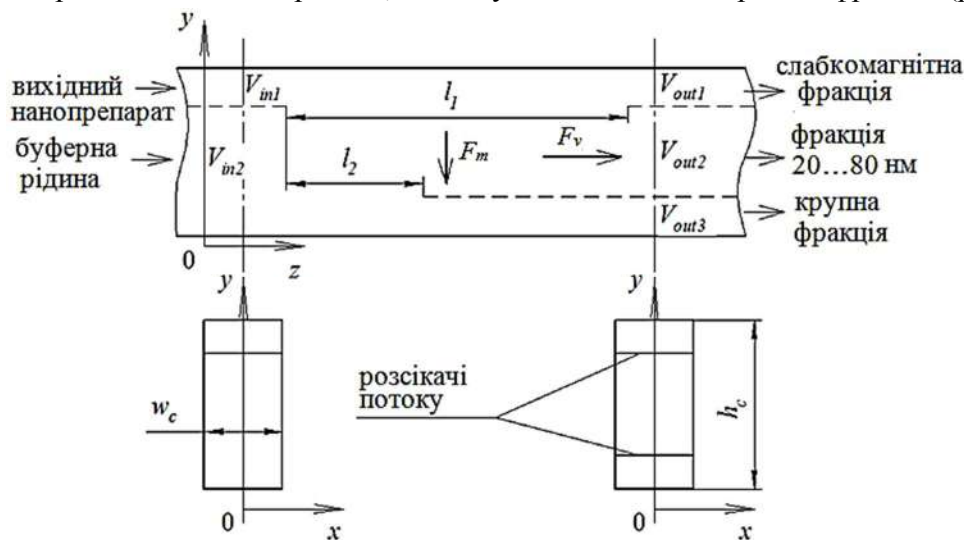


Рис. 3. Конструкція сепараційного каналу

Конструктивні параметри сепараційного каналу (рис. 4): ширина w_c , висота h_c , відстань l між розсікачами. Режимні параметри: об'ємна витрата вихідного препарату V_{in1} , об'ємна витрата буферної рідини V_{in2} , об'ємна витрата потоків розділених фракцій V_{out} .

Вихідним параметром для розробки сепаратора є об'ємна витрата вихідного нанопрепарату V_{in1} . Зазначений препарат складається із розчинника й наночастинок розміром 0...100 нм [9].

Кількість середньої (20 ... 80 нм) фракції в три рази більше, ніж дрібної (0...19 нм) і великої (81...100 нм). При цьому продуктивності вихідних потоків наступні:

$$V_{out1} = V_{out3} = V_{in1}; \quad (1)$$

$$V_{out2} = 3V_{in1} = 3V_{out1}; \quad (2)$$

$$V_{in1} + V_{in2} = V_{out1} + V_{out2} + V_{out3}. \quad (3)$$

Об'ємна витрата буферної рідини:

$$V_{in2} = 4V_{in1}. \quad (4)$$

Враховуючи продуктивність потоків, геометрію робочого проміжку й сепараційного каналу, а також товщину стінок каналу, співвідношення розмірних параметрів такі:

$$h = 10w; w_c = 2,8w; h_c = 3h/5 = 6w.$$

Наведемо продуктивність потоку через параметри каналу:

$$V_{in1} = v_0 w_c h_c / 5, \quad (5)$$

де v_0 – швидкість потоку рідини в каналі, м/с.

Відстань між полюсами:

$$w = \sqrt{\frac{V_{in1}}{3,36v_0}}. \quad (6)$$

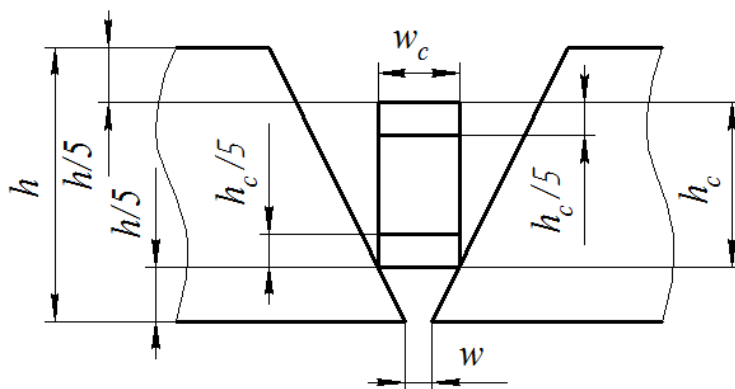


Рис. 4. Поперечний перетин робочого проміжку з розміщенням у ньому сепараційним каналом

Відстань між розсікачами потоків:

$$l_1 = \frac{3V_{out1}\pi\eta d_{21}}{w_c\mu_0 m_{p1} gradH_0}; \quad (7)$$

$$l_2 = \frac{3(V_{out1} + V_{out2})\pi\eta d_{22}}{w_c\mu_0 m_{p2} gradH_0}, \quad (8)$$

де d_{21} , d_{22} – гідродинамічні діаметри наночастинок з діаметрами магнітного ядра 20 і 81 нм відповідно; m_{p1} , m_{p2} – магнітні моменти наночастинок з діаметрами магнітного ядра 20 і 81 нм відповідно; $gradH_0$ – градієнт напруженості магнітного поля в робочому проміжку, А/м²; η – динамічна в'язкість рідини, Па·с.

Значення l_2 також є довжиною робочого проміжку магнітної системи.

З метою забезпечення необхідних режимних параметрів процесу сепарації пропонується застосувати автоматизовану систему управління з використанням нейроконтролера (рис. 5).



Рис. 5. Структурна схема автоматизованої системи управління сепаратора наночастинок із магнітною системою Фарадея з використанням нейроконтролера

Блок датчиків передає дані в нейроконтролер. У ролі датчиків використані оптичні датчики швидкості потоку, встановлені в сепараційному каналі (контролюється об'ємна витрата V_{in1} вихідного препарату, об'ємна витрата V_{in2} буферної рідини, об'ємна витрата V_{out} потоків розділених фракцій), а також датчики інтенсивності магнітного поля, розміщені в ключових точках магнітної системи. Нейроконтролер аналізує параметри, що надійшли від блоку датчиків, і направляє керуючий сигнал на блок перистальтичних насосів для корекції потоків.

Перевагою нейроконтролера в цьому випадку є те, що він може одночасно приймати сигнали від усіх датчиків вимірювального блоку й одночасно аналізувати їх у режимі реального часу, оскільки при реалізації цієї схеми звичайними контролерами, одночасно аналізувати сигнали з датчиків вимірювального блоку в режимі теперішнього часу неможливо [10].

При цьому поточний стан нейрона визначається як зважена сума його входів:

$$s = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i. \quad (9)$$

Вихід нейрона є функція його стану:

$$y = f(s). \quad (10)$$

Таким чином, найбільш оптимальним методом вирішення поставленої задачі є застосування нейронних мереж.

На основі розробленої методики проектування сепаратора наночастинок із магнітною системою Фарадея виконано розрахунок параметрів магнітної системи й сепараційного каналу. За отриманими даними виконано двомірне моделювання сепараційного каналу. Результати розрахунку швидкості потоку в сепараційному каналі є вихідними даними для розрахунку гідродинамічної сили. Візуалізація швидкості потоку, отримана за допомогою моделювання методом скінчених елементів, показана на рис. 6.

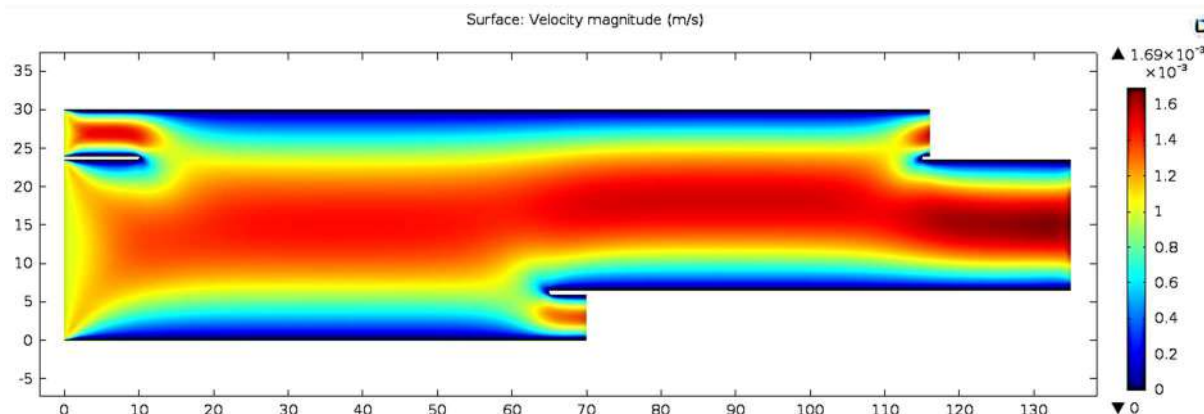


Рис. 6. Розподіл швидкості потоку в сепараційному каналі

Візуалізація траєкторій наночастинок у сепараційному каналі представлена на рис. 7.

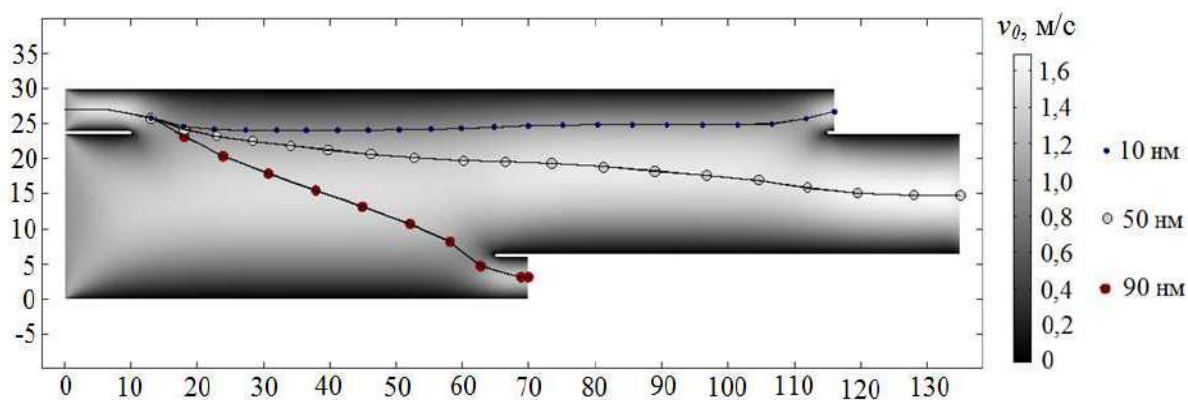


Рис. 7. Траєкторії наночастинок у сепараційному каналі

Висновки відповідно до статті. Розроблена система сепарації дозволяє розділяти фракції наночастинок у потоці рідини, що підтверджується чисельним моделюванням. Без застосування автоматизованої системи управління режимними параметрами процесу магнітної сепарації неможливо забезпечити поділ фракцій наночастинок, оскільки навіть незначне відхилення від розрахункових параметрів призведе до спотворення профілю швидкостей рідини. Одним із найбільш перспективних підходів реалізації автоматизованого управління є застосування нейроконтролера. Подальша робота в зазначеному напрямку буде полягати у формуванні алгоритму управління на базі нейроконтролера. Підтвердженням достовірності отриманих методів будуть результати експериментальних досліджень.

Список використаних джерел

1. *Анализ силового воздействия высокоградиентного магнитного поля на магнитные наночастицы в потоке жидкости* / Кириленко А. В., Чехун В. Ф., Подольцев А. Д. и др. // *Доповіді Національної академії наук України*. – 2010. – № 9. – С. 162–172.
2. *Brian Dennis Plouffe (2011). Magnetic particle based microfluidic separation of cancer cells from whole blood for applications in diagnostic medicine (Chemical Engineering Dissertations)*. Northeastern University, Department of Chemical Engineering.
3. *Edward P. Furlani Magnetic Biotransport: Analysis and Applications* / P. Edward // *Materials*. – 2010. – № 3. – Pp. 2412–2446.
4. *Движение магнитных наночастиц в потоке жидкости при наложении постоянного магнитного поля* / Кириленко А. В., Чехун В. Ф., Подольцев А. Д. и др. // *Доповіді Національної академії наук України*. – 2012. – № 2. – С. 186–195.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

5. *Medical application of functionalized magnetic nanoparticles. Review* / Ito A., Shinkai M., Honda H. and Kobayashi, T. // *J. Bioscience Bioengineering*. – 2005. – № 1 (100). – Pp. 1–11.
6. *Магнитные наночастицы : методы получения, строение, свойства* / Губин С. П., Кокшаров Ю. А., Хомутов Г. Б., Юрков Г. Ю. // *Успехи химии*. – 2005. – № 74. – С. 539–574.
7. Волканін Є. Є. Магнітна система з постійним градієнтом для сепарації наночастинок за фракціями / Є. Є. Волканін // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – 2013. – № 15 (988). – С. 122–130.
8. Загирняк М. В. Сепарация наночастиц по фракциям с использованием магнитной системы Фарадея / Загирняк М. В., Волканин Е. Е. // *Известия вузов. Электромеханика*. – 2014. – № 4. – С. 30–34.
9. Hweiyen Tsai. Analytical and preparative applications of magnetic split-flow thin fractionation on several ion-labeled red blood cells / Hweiyen Tsai, Ying S. Fang, Bor Fuh C. // *BioMagnetic Research and Technology*. – 2006. – № 4. – Pp. 1–7.
10. Синчук О. Н. Нейронные сети и управление процессом управления электроснабжением объектов от комбинированных электрических сетей / Синчук О. Н., Бойко С. Н. // *Технічна електродинаміка*. – 2014. – № 5. – С. 53-55.

References

1. Kirilenko, A. V., Chekhun, V. F., Podoltcev, A. D. (2010). Analiz silovogo vozdeistviia vysokogradientnogo magnitnogo polia na magnitnye nanochastitcy v potoke zhidkosti [Analysis of the force action of a high-gradient magnetic field on magnetic nanoparticles in a liquid flow]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy- Statement of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 162-172 [in Russian].
2. Brian Dennis Plouffe (2011). Magnetic particle based microfluidic separation of cancer cells from whole blood for applications in diagnostic medicine (Chemical Engineering Dissertations). Northeastern University, Department of Chemical Engineering.
3. Edward, P. Furlani (2010). Magnetic Biotransport: Analysis and Applications. *Materials*, 3, 2412–2446.
4. Kirilenko, A. V., Chekhun, V. F., Podoltcev, A. D. (2012). Dvizhenie magnitnykh nanochastitc v potoke zhidkosti pri nalozhenii postoiannogo magnitnogo polia [The motion of magnetic nanoparticles in a liquid flow under the application of a constant magnetic field]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy- Statement of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 186-195 [in Russian].
5. Ito, A., Shinkai, M., Honda, H., and Kobayashi, T., (2005). Medical application of functionalized magnetic nanoparticles. Review. *J. Bioscience Bioengineering*, 1(100), 1–11.
6. Gubin, S. P., Koksharov, Iu. A., Khomutov, G. B., Iurkov, G. Iu. (2005). Magnitnye Uspехи химии nanochastitcy: metody polucheniia, stroenie, svoitva [Magnetic nanoparticles: methods of obtaining, structure, properties]. *Uspekhi khimii – Advances in Chemistry*, 74, 539-574 [in Russian].
7. Volkanin, Ye. Ye. (2013). Mahnitna systema z postiinym hradiientom dlia separatsii nanochasty-nok za fraktsiiamy [Magnetic system with constant gradient for separation of nanoparticles by fractions]. *Visnyk Nacional'nogo tehnicnogo universytetu «Harkivs'kyj politehnicnyj instytut» – Bulletin of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*, 15 (988), 122-130 [in Ukrainian].
8. Zagirniak, M. V. (2014). Separatsiia nanochastitc po fraktsiiam s ispolzovaniem magnitnoi sistemy Faradeia [Separation of nanoparticles by fractions using the Faraday magnetic system]. *Izvestiia vuzov. Elektromekhanika – Proceedings of high schools. Electromechanics*, 4, 30-34 [in Russian].
9. Hweiyen, Tsai, Ying, S. Fang, Bor Fuh, C. (2006). Analytical and preparative applications of magnetic split-flow thin fractionation on several ion-labeled red blood cells. *BioMagnetic Research and Technology*, 4, 1–7.
10. Sinchuk, O. N., Boiko, S. N. (2014). Neironnye seti i upravlenie protsessom upravleniia elektrosnabzheniem obektov ot kombinirovannykh elektricheskikh setei [Neural networks and management of the process of power supply control of facilities from combined electric networks]. *Tekhnichna elektrodinamika - Technical electrodyamics*, 5, 53-55 [in Russian].

UDC 629.735

Yevhen Volkanin, Serhii Boiko, Oleksiy Gorodny, Oksana Borysenko, Andrii Dymerecs

AUTOMATIZATION OF THE NANOCHASTIC MAGNETIC SEATING PROCESS

Urgency of the research. An urgent scientific and practical task is the development of an automated control system for the separator in order to accurately maintain the operating parameters.

Target setting. The main objective of this work is to develop methods for monitoring the magnetic and operating parameters of the magnetic separation system for fractions of nanoparticles in lipid shells.

Actual scientific researches and issues analysis. For magnetic separation of magnetically susceptible particles (molecules, colloidal particles) in the fluid flow, the Magnetic Split-flow thin Fragmentio-SPLITT technology is used. SPLITT is a magnetic separation technology in thin channels with a flow divider oriented perpendicular to the magnetic field. Improvement of the separation technology is possible by replacing the magnetic system, traditional for SPLITT, with a magnetic system used in ferrohydrostatic separators, with a larger area of uniform gradient in the working gap.

Uninvestigated parts of general matters defining. The production of a nanopreparation for targeted drug delivery and visualization (the diameter of magnetic nanoparticles is 20 ... 80 nm) implies the isolation of medium fraction nanoparticles from the initial preparation. Existing magnetic separation methods do not allow this. One solution is to improve the Faraday magnetic system in order to obtain a large area of a uniform magnetic field gradient in the working gap. This makes it possible to place in the specified area a separation channel, the design of which allows the initial preparation to be divided into three fractions.

The design of the separation channel has also been developed, which allows separating the liquid flows carrying nanoparticles of different fractions. Today, the task is to create methods for calculating an automated system that provides the required magnetic and regime parameters of a separation system.

The research objective. The purpose of this work is the development of methods for monitoring the magnetic and regime parameters of the magnetic separation system for fractions of nanoparticles in lipid shells.

The statement of basic materials. For the separation of nanoparticles by fractions, it is necessary that particles of different sizes move along different trajectories under the action of magnetic and hydrodynamic forces. The particle trajectory is influenced by its size, magnetization and field gradient. To maximize the deviation of magnetized particles from the direction of flow of the vaporized product, the design of the separation system involves the generation of magnetic force, the direction of which is perpendicular to the direction of flow of the separated product. To ensure the required operational parameters of the separation process, it is proposed to use an automated control system using a neurocontroller.

Conclusions. The developed separation system allows to separate the fractions of nanoparticles in the fluid flow, which is confirmed by numerical simulation. Without the use of an automated control system for operating parameters of the magnetic separation process, it is not possible to ensure the separation of nanoparticle fractions, since even a slight deviation from the calculated parameters will distort the velocity profile of the liquid. One of the most promising approaches for the implementation of automated control is the use of a neurocontroller. Further work in this direction will consist in the formation of a control algorithm based on a neurocontroller. Confirmation of the reliability of the methods obtained will be the results of experimental studies.

Key words: magnetic separation, magnetic nanoparticle in the lipid shell, Faraday magnetic system, high gradient magnetic field, neurocontroller, automated control system.

Fig.: 7. References: 10.

Волканін Євген Євгенійович – кандидат технічних наук, викладач відділення авіаційного транспорту, електроенергетики і управління, Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

Volkanin Yevhen – PhD in Technical Sciences, teacher of the Department of Air Transport, Electricity and Control, Kremenchuk Flight College of National Aviation University (17/6 Peremohy Str., 39605 Kremenchuk, Ukraine).

E-mail: science.nv.klknau@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3507-1987>

Бойко Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, завідувач відділення авіаційного транспорту, електроенергетики і управління, Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

Boiko Serhii – PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Air Transport, Electricity and Control, Kremenchuk Flight College of National Aviation University (17/6 Peremohy Str., 39605 Kremenchuk, Ukraine).

E-mail: bsn1987@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9778-2202>

Scopus: ID 56417478200

Городній Олексій Миколайович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

Gorodny Oleksiy – PhD in Technical Sciences, senior lecturer of the Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: aleksey.gorodny@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5303-9564>

Web of Science: H-1425-2016

Scopus: ID 55327980200; ID 56338229500; ID 57191829796

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Борисенко Оксана Миколаївна – спеціаліст I категорії, Кременчуцький льотний коледж Національного авіаційного університету (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

Borysenko Oksana – specialist category I, Kremenchuk Flight College of National Aviation University (17/6 Peremohy Str., 39605 Kremenchuk, Ukraine)

E-mail: o.borisenko.klk@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7858-1349>

Димерець Андрій Віталійович – студент кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Dymerets Andrii – student Department of Industrial Electronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: andrey.dymerets@gmail.com

ResearcherID: U-8987-2017

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7617-5291>

UDC 004.4

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-178-182

Michal Kelemen

DESIGN OF PUCK COLLECTING ROBOT

Urgency of the research. There is a need for service robots for cleaning, cutting the grass, vacuum cleaners, waste collectors etc. Service robots also can help with dangerous application like mine removing or inspection of dangerous places.

Target setting. Puck collecting robot is designed for collecting of wood pucks in arena and bringing to home position.

Actual scientific researches and issues analysis. Other similar task is collecting of products on production line in factory. Next possible application is collecting of any fruits or vegetable on plantation.

Uninvestigated parts of general matters defining. The questions of the design of waste collecting robots are uninvestigated, because the next research will be focused to this.

The research objective. Puck collecting competition is based on collecting of pucks of selected colour and bringing to home position of the same colour. Two wheeled concept of the robot with differentially driven wheels has been selected for high manoeuvrability on small place.

The statement of basic materials. Locomotion System structure consist of undercarriage with two geared DC motors with rubber wheels with diameter 110 mm controlled via using of locomotion microcontroller. Puck collecting system includes mechanical collector with puck color sensor, home base color sensor, puck sorter and puck handling microcontroller.

Conclusions. Key role of the solved robotic project is obtaining of practical experiences from the robot design and building. Robot developing is as perfect example of practical exercises. The robot is also designed as didactic tool for students training. The task of this mobile robot is similar to application in industry.

Keywords: Mobile robot; locomotion; sensor; color recognition; navigation.

Fig.: 7. References: 16.

Introduction. Currently robotic application in service area grows up. Robots are often used for cutting the grass, for vacuum cleaning etc. Design of these robots are complicated, because there is a need to integrate mechanics, electronics and software. This combination means the synergy integration [1-10].

The topic of this paper is design of mobile robot for puck collecting. It means that robot will looking for puck (rotate disc with diameter 40mm and height 20mm), collect them and bring to defined position. In practice this robot could be used for collecting of waste on streets. Other similar task is collecting of products on production line in factory. Next possible application is collecting of any fruits or vegetable on plantation. Puck collecting competition is based on collecting of pucks of selected colour and bringing to home position of the same colour. Arena is a square with 2.5m edge (fig. 1).

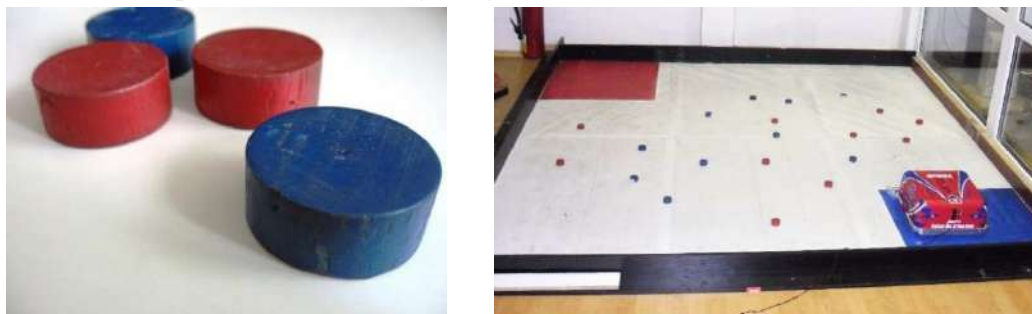


Fig. 1. Pucks and arena for puck collecting competition

The dimension of the robot is maximum 50 cm square with non-limited height. Time limit is 3 minute. In this time interval robot should collect own pucks and bring to home position. Colour is selected before the match. Robot cannot be aggressive against the rival robot. It looks very simple, bet robot should do several activities as:

- locomotion on arena inside the barriers,
- looking for pucks,
- recognize colour of puck,
- collect puck,
- recognize colour of ground and looking for home position of assigned colour,
- bring collected pucks to home position,
- follow the time, because time is limited,
- recognize the rival robot and avoid him.

1. Design of the robot. All activities have to be executed in time 3 minutes. Design of arrangement of robot undercarriage is first important step in robot design. The aim is to select the most suitable robot undercarriage (fig. 2), collecting system, sensors and control system. Two wheeled concept of the robot with differentially driven wheels has been selected for high manoeuvrability on small place. First step was design of system structure shown on figure 3.

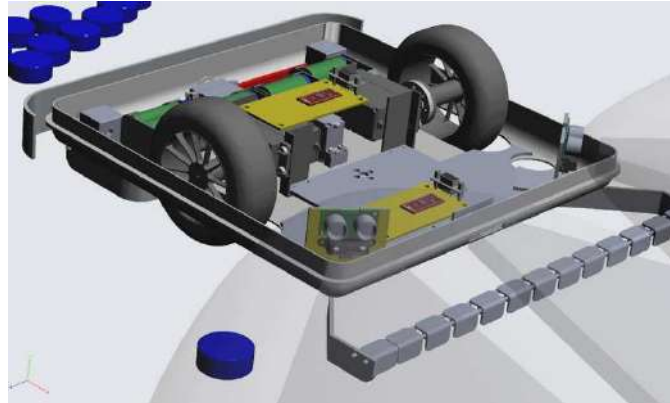


Fig. 2. Undercarriage of puck collecting robot

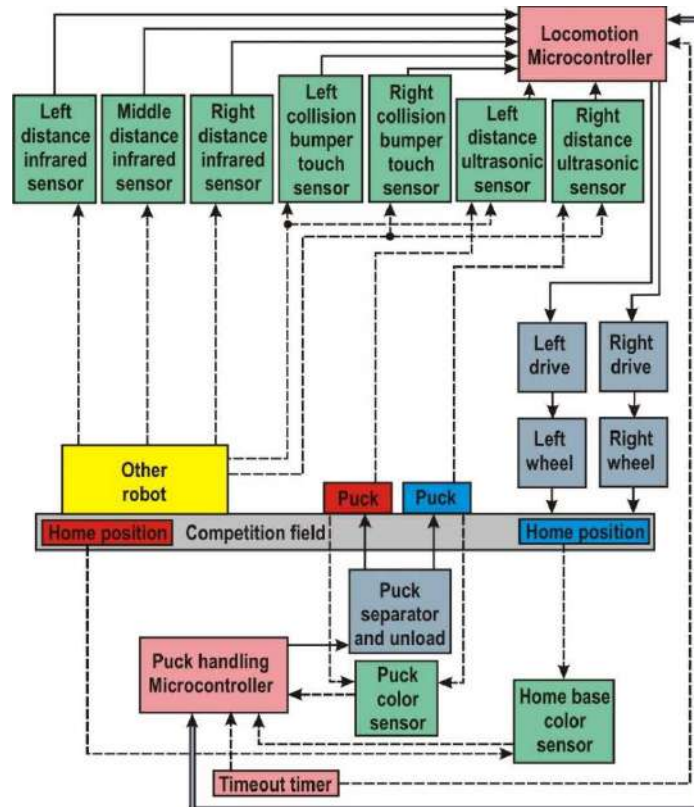


Fig. 3. System structure of puck collecting robot

System structure consist of undercarriage with two geared DC motors with rubber wheels with diameter 110 mm controlled via using of locomotion microcontroller. This microcontroller also needs collision distance sensors for sensing of pucks and rival robot. Puck collecting system includes mechanical collector with puck color sensor, home base color sensor, puck sorter and puck handling microcontroller. Both microcontroller are connected with serial interface. The system also includes real time clock timer, which gives the information about incoming end of match.

2. Puck collector. Puck collector consist of one way trash rack system with guider. During the robot motion, puck continues to puck color sensor and puck sorter. After sorting puck is stored in corresponding chamber (fig. 4).



Fig. 4. Puck collector and sorting place in undercarriage of the robot

3. Color recognition sensor. The color sensor is necessary for recognition of puck color and home base area color. Consequently, robot needs two these color sensors. There are two color pucks and home base area color. One is red color (RAL3024) and second is blue (RAL5013). Color sensor has been made from photosensitive resistor and high intensity light LED diodes (fig. 5). Light from LED diodes is reflected into photosensitive resistor. Output of the sensor is processed with electronic part and it is captured into microcontroller.

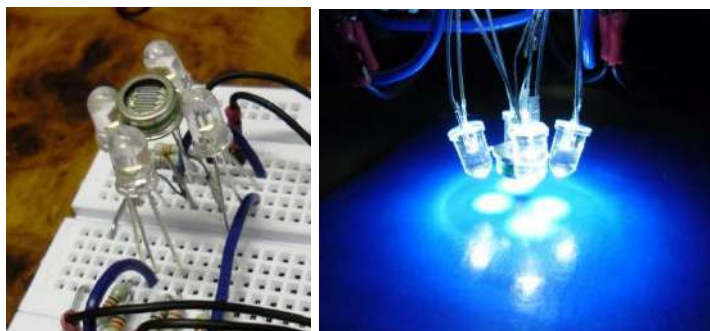


Fig. 5. Color sensor

After calibration, there is a calibration curve for red puck and blue pucks shown on fig. 6). There is a significant difference and this system can be used for color recognition of the puck and of the home base area.

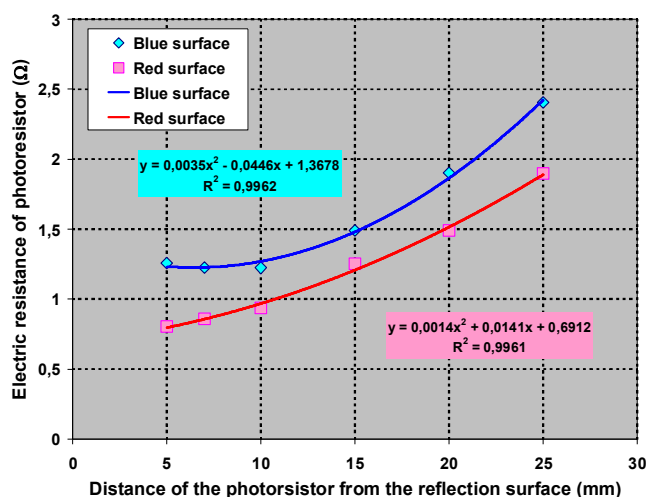


Fig. 6. Calibration curves for puck color sensing

The same sensor is used for color sensing of puck and also for the sensing of color of home base area.

4. Collision sensors. Collision sensor are used for detection of pucks and rival robot before our robot. For this purpose is used ultrasonic sensor and infrared sensor as wireless sensors, but also there are whiskers as touch sensors.

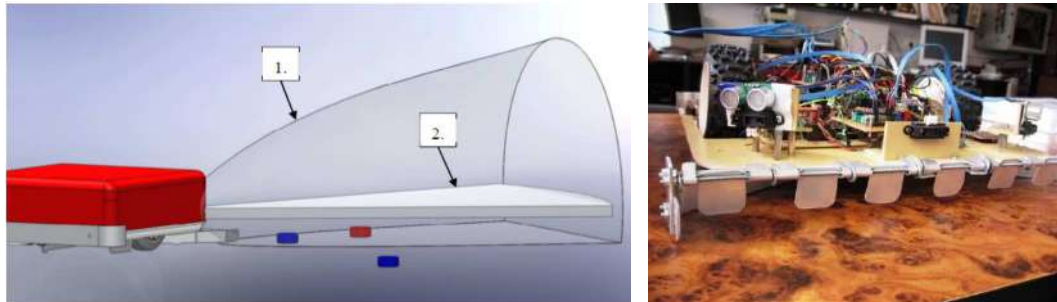


Fig. 7. Collision and navigation sensors

5. Final robot realization. Finalized robot has attend of the competition. The robot was looking for pucks and made obstacle avoidance. Robot is fully autonomous without any remote controlling. Robot is moved by the geared DC motors. DC motors are equipped with encoder position system as feedback information for the control system.



Fig. 7 Finalized robot and attendance on competition

Conclusion. Key role of the solved robotic project is obtaining of practical experiences from the robot design and building. Robot developing is as perfect example of practical exercises. The robot is also designed as didactic tool for students training. The task of this mobile robot is similar to application in industry [11-16].

Acknowledgement. The authors would like to thank to Slovak Grant Agency – project KEGA 018TUKE-4/2018, and FGV/2016 supported by Faculty of Mech. Eng. at Technical University of Kosice.

References

1. JUANG L. H., WU, M.N., WENG, Z. Z. (2014) Object identification using mobile devices, *Measurement*, Volume 51, May 2014, Pages 100-111.
2. LIU, Z., LI, F., ZHANG, G. (2014) An external parameter calibration method for multiple cameras based on laser rangefinder, *Measurement*, Volume 47, January 2014, Pages 954-962.
3. NAGATA, F., KITAHARA, N., OTSUKA, A., SAKAKIBARA, K., WATANABE, K., HABIB, M.K., A proposal of experimental education system of mechatronics, *Artificial Life and Robotics*, Volume 17, Issue 3-4, 2013, Pages 378-382.
4. BENAVIDEZ, P., GLEINSER, C., JAIMES, A., LABRADO, J., RIOJAS, C., JAMSHIDI, M., ENDOWED, L.B. (2012) *Design of semi-autonomous robots for competitive robotics*, World Automation Congress Proceedings, World Automation Congress, WAC 2012; Puerto Vallarta; Mexico; 24 June 2012 through 28 June 2012; Code 94214, (2012).
5. HUNG GUO J. et al. (2013) Motion Planning of Multiple Pattern Formation for Mobile Robots, *Applied Mechanics and Materials*, Volumes 284 - 287, January, 2013, pages 1877-1882.
6. BABINEC, A., DEKAN, M., DUCHON, F., et al. (2012). Modifications of VFH navigation methods for mobile robots. *Procedia Engineering*. 48 (2012), pp. 10-14. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.09.478.
7. SIMONOVA, A., HARGAS, L., KONIAR, D. (2017). Uses of on-off controller for regulation of higher-order system in comparator mode. *Electrical Engineering*. 99 (4), pp. 1367-1375. DOI: 10.1007/s00202-017-0610-7.

8. DUCHON, F., HUNADY, D., DEKAN, M. et al. (2012). Optimal navigation for mobile robot in known environment. 11th International Conference on Industrial, Service and Humanoid Robotics (ROBTEP 2012) Location: Strbske Pleso, Slovakia. pp. 33. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.1000.33.
9. KONIAR, D., HARGAS, L., LONCOVA, Z., ET AL. (2017). Visual System-Based Object Tracking Using Image Segmentation For Biomedical Applications. *Electrical Engineering*. 99 (4), PP. 1349-1366. DOI: 10.1007/S00202-017-0609-0.
10. GMITERKO, A., KELEMEN, M., KELEMENOVÁ, T., MIKOVÁ, L. (2010). Adaptable Mechatronic Locomotion System. *Acta Mechanica Slovaca*. 14 (2). pp. 102-108.
11. KONIAR, D., HARGAS, L., SIMONOVA, A. et al. (2014). *Virtual Instrumentation for Visual Inspection in Mechatronic Applications*. 6th Conference on Modelling of Mechanical and Mechatronic Systems (MMaMS) Location: Vysoke Tatry, SLOVAKIA Date: NOV 25-27, 227-234.
12. DUCHOŇ, F., HUBINSKÝ, P., HANZEL, J., BABINEC, A., & TÖLGYESSY, M. (2012). Intelligent Vehicles as the Robotic Applications. *Procedia Engineering*, 48 (2012), 105–114. doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.492.
13. KONIAR, D., HARGAS, L., & ŠTOFAN, S. (2012). Segmentation of Motion Regions for Biomechanical Systems. *Procedia Engineering*, 48 (2012). 304–311. DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.518.
14. TURYGIN, Y., & BOŽEK, P. (2013). Mechatronic systems maintenance and repair management system. *Transfer of innovations*, 26 (2013). 3-5.
15. SPANIKOVA, G., SPANIK, P., FRIVALDSKY, M. et al. (2017). Electric model of liver tissue for investigation of electrosurgical impacts. *Electrical Engineering*, 99 (4). 1185-1194. doi.org/10.1007/s00202-017-0625-0
16. KARAVAEV, Y. L., & KILIN, A. A. (2016). *Nonholonomic dynamics and control of a spherical robot with an internal omniwheel platform: Theory and experiments*. Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics, 295 (1), 1 November 2016, 158-167.

УДК 004.4

Міхал Келемен

ПРОЕКТУВАННЯ РОБОТА ДЛЯ ЗБИРАННЯ ШАЙБ

Актуальність теми дослідження. Існує потреба в сервісних роботах для прибирання, покосу трави, пилюсів, складання сміття і т.д. Сервісні роботи також можуть допомогти з небезпечними видами робіт, таким як прибирання у шахтах або огляд небезпечних місць.

Постановка проблеми. Робот для збирання шайб призначений для збирання дерев'яних шайб на ділянці й повернення їх у початкове положення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Іншим аналогічним завданням є транспортування готової продукції виробничої лінії на заводі. Наступне можливе застосування – збір будь-яких фруктів або овочів на плантації.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Питання розробки роботів, що збирають відходи, не досліджені, тому наступне дослідження буде зосереджено на цьому.

Постановка завдання. Конкурс зі збирання шайб заснований на збиранні шайб обраного кольору і транспортування їх у вихідне положення. Для високої маневреності в обмеженому просторі, була обрана двоколісна концепція робота з незалежним приводом коліс.

Виклад основного матеріалу. Конструкція системи переміщення складається з шасі з двома редукторними двигунами постійного струму з гумовими колесами діаметром 110 мм, керованими за допомогою мікроконтролера переміщення. Система збирання шайб включає механічний колектор з датчиком кольору шайби, датчик основного кольору, сортувальник шайб і мікроконтролер обробки шайб.

Висновки відповідно до статті. Основна мета запропонованого робототехнічного проекту – отримання практичного досвіду проектування і виготовлення робота. Розвиток роботів - прекрасний приклад практичних вправ. Робот також розроблений як дидактичний інструмент для навчання студентів. Можливості запропонованого мобільного робота відповідають завданням, які вирішуються в промисловості.

Ключові слова: мобільний робот; переміщення; сенсор; розпізнавання кольорів; навігація.

Рис.: 7. Бібл.: 16.

Kelemen Michal – Prof. Ing., PhD., Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Kosice (Letna 9, 04200 Kosice, Slovakia).

E-mail: michal.kelemen@tuke.sk

Researcher ID: J-2845-2013

Scopus Author ID: 8396804800

Артем Фесенко, Олександр Гусев, Андрій Чуб, Дмитро Вінніков, Олександр Матюшкін

ОГЛЯД МАСОГАБАРИТНИХ ТА ВАРТІСНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМЕРЦІЙНИХ СОНЯЧНИХ ІНВЕРТОРІВ

Актуальність теми дослідження. Одним з-поміж основних факторів, що стримують широке впровадження систем електроживлення на основі фотоелектричних перетворювачів як у побуті, так і в складі рухомої техніки, є габаритні розміри та висока вартість таких систем. Суттєву частину вартості становить саме перетворювач, що займає помітний об'єм та містить у своєму складі високовартісні матеріали. На ринку присутній широкий вибір інверторів із різними характеристиками та ціною. Статистичний аналіз та оптимальний вибір таких пристроїв є актуальним питанням сьогодення.

Постановка проблеми. Для ефективного подальшого покращення масогабаритних та вартісних параметрів перетворювача треба спочатку оцінити наявні на світовому ринку пристрої. Проаналізувати їх параметри, особливості та характеристики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Детальний огляд сучасних досліджень та публікацій дозволив визначити такі особливості сучасних комерційних моделей перетворювачів. По-перше, виробники не розкривають особливостей внутрішньої побудови своїх виробів. По-друге, ефективність, функціональність та масогабаритні параметри сильно відрізняються залежно від потужності та вартості перетворювача.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Для ґрунтовного порівняння перетворювачів за їхньою вартістю та масогабаритами необхідно запропонувати кількісні параметри. Потрібно встановити кількісний зв'язок між вартістю, об'ємом, потужністю та ефективністю перетворювача, що раніше зводився до питомої потужності.

Постановка завдання. Встановити критерії оцінки масогабаритних та вартісних характеристик інверторів, що можуть бути розраховані на основі вільно поширюваних даних.

Виклад основного матеріалу. Було виконано аналіз сучасного рівня розвитку комерційних моделей перетворювачів у складі сонячних систем у широкому діапазоні потужностей. Розглянуто пристрої провідних світових виробників, потужність яких коливається в діапазоні від 200 до 5000 Вт.

Одержані з відкритих джерел параметри пристроїв зведено в порівняльні таблиці. Розподіл на групи виконано за потужністю інверторів. Виділено три групи порівнюваних пристроїв: до першої належать інвертори потужністю до 1 кВт, до другої – від 1 до 3 кВт, до третьої – від 3 до 5 кВт відповідно.

Було запропоновано два чисельні показники для порівняння перетворювачів. Перший показує вартість одиниці потужності, другий – питому об'ємну вартість. За результатами розрахунків побудовано стовпчикові діаграми для кожного з показників у межах своєї групи.

Висновки. Запропоновані показники дозволяють оцінювати масогабаритні показники перетворювачів, зважаючи на вільно поширені дані.

Ключові слова: масогабаритні параметри; питома потужність; коефіцієнт корисної дії; силовий перетворювач.

Рис.: 10. Табл.: 2. Бібл.: 11.

Постановка проблеми. Внесок систем відновлюваної енергетики в загальну світову генерацію електроенергії непинно зростає (рис. 1) [1]. Це явище викликано, з одного боку, виснаженням традиційних видів палива, з іншого – усвідомлення людством своєї відповідальності за стан довкілля. Одним із типів таких систем є системи сонячної енергетики.

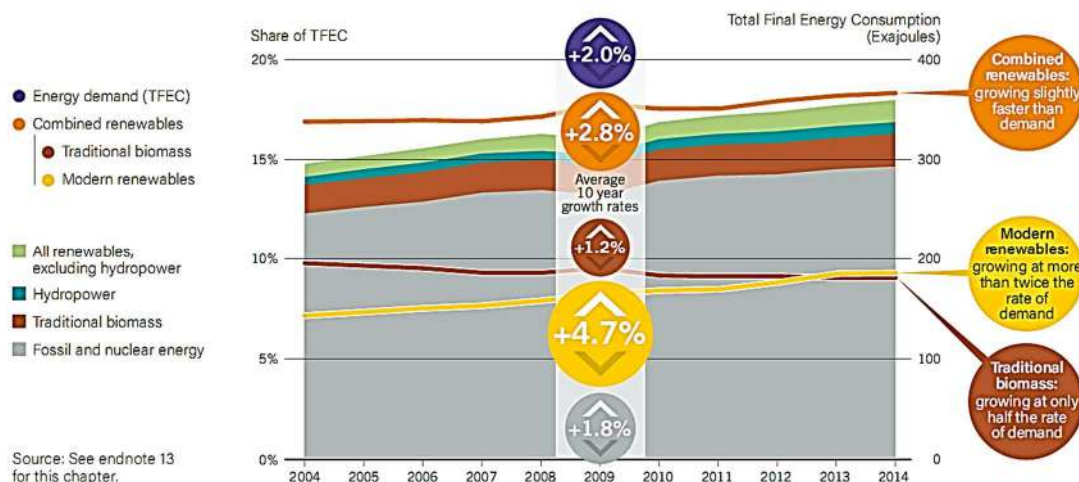


Рис. 1. Зміна частки відновлюваних джерел енергії у світовій генерації за 2004–2014 роки

Широке впровадження подібних джерел енергії стримується як значною вартістю, так і суттєвими габаритними параметрами та масою. Оскільки принципове зменшення площі фотоелектричних перетворювачів без пропорційної втрати потужності неможливе при такому рівні розвитку науки і техніки, перспективним видається оптимізація масогабаритних параметрів інвертора.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у масогабаритні показники інвертора вносять саме пасивні компоненти. Так, електролітичний конденсатор на стороні постійного струму має значні габаритні розміри, пропорційні струмам та напругам. Заміна цього конденсатора плівковим може суттєво зменшити габарити та збільшити надійність цього невід'ємного елемента перетворювача [2]. Зазвичай інвертор у складі систем сонячної енергетики містить у своєму складі перетворювач, що підвищує та понижує напругу. Оптимізація елементів цього перетворювача є одним зі шляхів до зменшення масогабаритних параметрів пристрою загалом [3; 4]. Для зменшення габаритних розмірів, які вносять активні компоненти, можливим є підвищення частоти комутації. Це призведе до зменшення розмірів та номіналів пасивних компонентів, але, у свою чергу, комутаційні втрати зростуть [5; 6].

Значна увага приділяється комерційній ефективності вибору конкретного інвертора для кожної конкретної системи. Такий вибір є досить складною проблемою, оскільки варто враховувати особливості кожного конкретного застосування [7]. Так, виявлено деякі особливості систем із фокусуванням сонячної енергії [8]. Динамічний розвиток як перетворювачів, так і інших елементів системи вимагає внесення коректив або навіть перегляду висновків, що були актуальними в недалекому минулому [9].

Деякі компанії, що займаються встановленням побутових сонячних електростанцій, пропонують не тільки свої рекомендації, а й навіть онлайн-калькулятори для розрахунку подібної системи, враховуючи бажану потужність, освітленість, площу та інші параметри та побажання покупців [10].

Було проведено конкурс корпорацією Google з метою розробки якомога більш компактного інвертора з максимальною питомою потужністю [11], що яскраво свідчить про високий інтерес виробників до цієї проблеми.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Здебільшого головним параметром для оцінки масогабаритних параметрів є питома потужність. Проте для ефективної оцінки існуючих перетворювачів варто також враховувати вартість, ККД та додаткові функції, що запропоновані виробником.

Постановка завдання. Головною метою цієї статті є порівняльний аналіз сучасних інверторів, який враховуватиме вартість, потужність, ККД, об'єм, наявність додаткових функцій.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами для порівняння було обрано комерційні зразки інверторів для використання у складі систем електроживлення на основі фотоелектричних перетворювачів. Діапазон зміни потужності обрано в межах від 200 до 5000 Вт, що в середньому відповідає більшості побутових застосувань. Одержані з відкритих джерел дані про перетворювачі наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні параметри перетворювачів

№	Пристрій	Р, Вт	ККД, %	Вартість, USD	Об'єм, см ³	V _{in} /V _{in_max} , В
1	2	3	4	5	6	7
1	Rene Sola 250B	225	96,3	155	1110,9	55/22-45
2	IQ7plus-72-2-us	235	97,3	240,5	1120,42	60/-
3	SE350-112	350	87	184	1907,4	10-15,5/-
4	YC500A	310	95,5	213,33	1020,8	55/22-45
5	Solis MINI 4G 700W	700	97,2	309,4	18500,8	60-600/50-500

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
6	Growatt 1000-S	1000	97,4	399,31	9189,34	450/70-450
7	SUN-1000GTIL	1000	92	366,18	5553,86	22-60/50-90
8	SMA SB1200	1200	90,9	908,25	31637,76	100-400/100-320
9	Fronius 1,5-1	1500	95,9	1467,46	56710,99	120-420/120-335
10	Sun-2000L-2KTL	2000	98,4	923	16453,1	485/90-500
11	ABB UNO 2,0-TL	2000	97,3	809,17	40451,95	100-300/180-500
12	ABB PVI-3,0-TL	3000	96,8	952,76	44588,7	140-580/160-530
13	Fronius IG TL 3,0	3000	97,7	1259,39	48079,39	350-850/350-700
14	SMA SB3000	3000	95	1816,5	31920,24	268-600/268-480
15	SolarEdge SE3500	3500	97,5	1082,9	29257,2	350-500/-
16	Growatt 5000 MTL	5000	97,9	986,24	20526,81	550/80-500 (360)
17	SolarEdge SE5000	5000	97,4	2013,81	324891	350-500/-
18	SMA SB5000	5000	97	2349,34	37647	125-750/175-440

Для порівняння та оцінки розглянутих виробів було запропоновано такі чисельні критерії оцінювання:

- Питома потужність (SP, Вт/см³);
- Питома вартість потужності (CpW, USD/Вт);
- Питома об'ємна вартість (CpV, USD/см³);
- Питома об'ємна ефективність (EV, %/см³).

Результати розрахунків даних критеріїв наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Запропоновані критерії порівняння перетворювачів

№	Пристрій	SP, Вт/см ³	CpW, USD/Вт	CpV, USD/см ³	EpV, %/см ³
1	Rene Sola 250B	0,2025	0,6889	0,1395	0,0867
2	IQ7plus-72-2-us	0,2097	1,0234	0,2147	0,0868
3	SE350-112	0,1835	0,5257	0,0965	0,0456
4	YC500A	0,3036	0,6881	0,2089	0,0935
5	Solis MINI 4G 700W	0,0378	0,4420	0,0167	0,0052
6	Growatt 1000-S	0,1088	0,3993	0,1088	0,0105
7	SUN-1000GTIL	0,1800	0,3661	0,0659	0,0165
8	SMA SB1200	0,0379	0,7568	0,0287	0,0028
9	Fronius 1,5-1	0,0264	0,9783	0,0258	0,0016
10	Sun-2000L-2KTL	0,1215	0,4615	0,0560	0,0059
11	ABB UNO 2,0-TL	0,0494	0,4045	0,0200	0,0024
12	ABB PVI-3,0-TL	0,0672	0,3175	0,0214	0,0021
13	Fronius IG TL 3,0	0,0623	0,4197	0,0262	0,0020
14	SMA SB3000	0,0939	0,6055	0,0569	0,0029
15	SolarEdge SE3500	0,1196	0,3094	0,0370	0,0033
16	Growatt 5000 MTL	0,2435	0,1972	0,0480	0,0048
17	SolarEdge SE5000	0,0153	0,4027	0,0061	0,0003
18	SMA SB5000	0,1328	0,4698	0,0624	0,0026

За отриманими результатами побудовано стовпчикові діаграми для кращої візуалізації даних. Рисунки 2 та 3 ілюструють співвідношення питомої потужності для перетворювачів потужністю до 1 кВт та більше відповідно. Треба зазначити, що розглядалися тільки однофазні рішення, які можуть віддавати енергію в мережу.

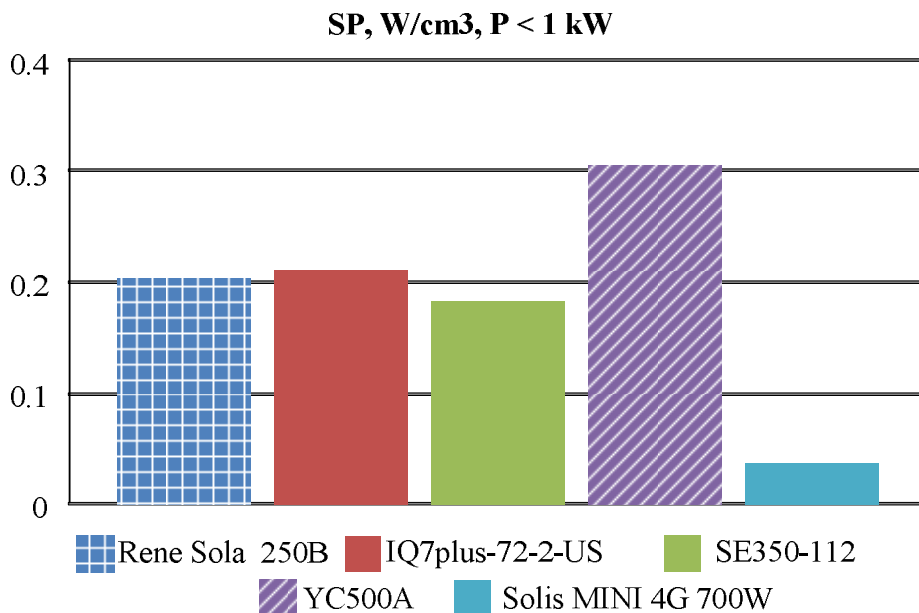


Рис. 2. Питома потужність перетворювачів P < 1 кВт

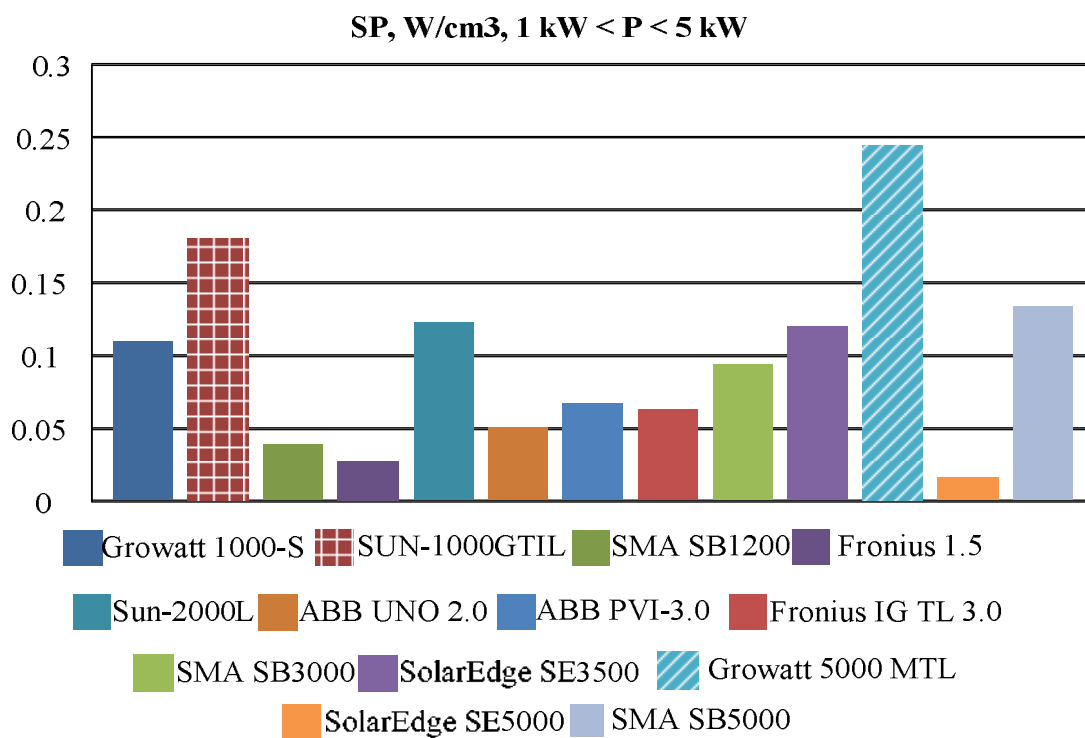


Рис. 3. Питома потужність перетворювачів P > 1 кВт

Питома вартість потужності показує вартість у доларах США за один Ват потужності перетворювача. Відповідно найбільш оптимальним за цим показником буде пристрій, для якого значення є найменшим. Рисунок 4 та 5 ілюструють значення цього показника для розглянутих пристроїв потужністю до 1 кВт та більше відповідно.

CpW, USD/W, P < 1 kW

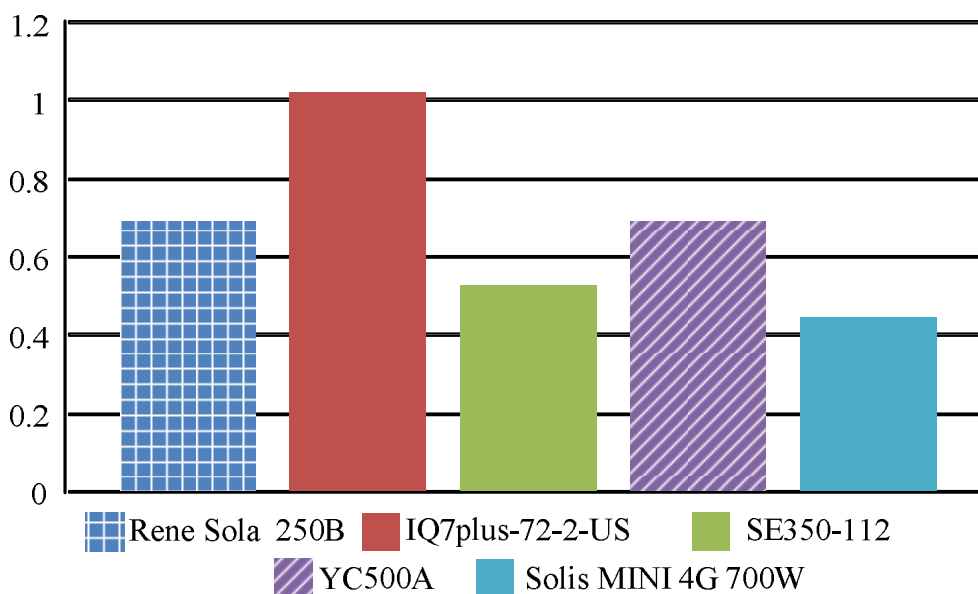


Рис. 4. Питома вартість потужності P < 1 кВт

CpW, USD/W, 1kW < P < 5kW

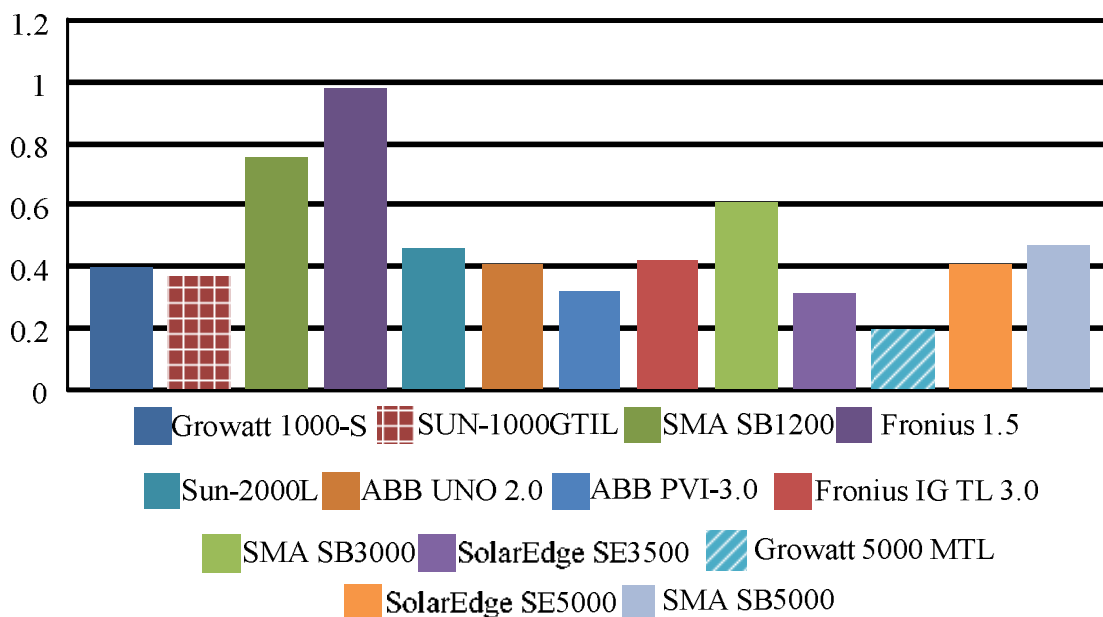


Рис. 5. Питома вартість потужності P > 1 кВт

Питома об'ємна вартість перетворювача показує вартість одиниці об'єму перетворювача в доларах США. Відповідно, пристрої з мінімальним значенням цього параметра є найбільш оптимальними. Рисунки 6 та 7 ілюструють розраховані значення питомої об'ємної вартості для розглянутих інверторів потужністю до 1 кВт та більше відповідно.

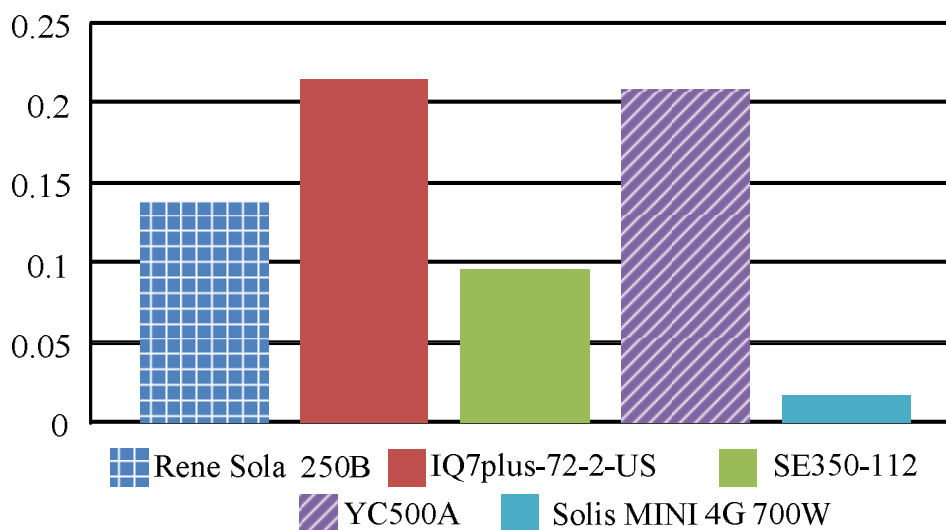
CpV, USD/cm³, P < 1kW

Рис. 6. Питома об'ємна вартість P < 1 кВт

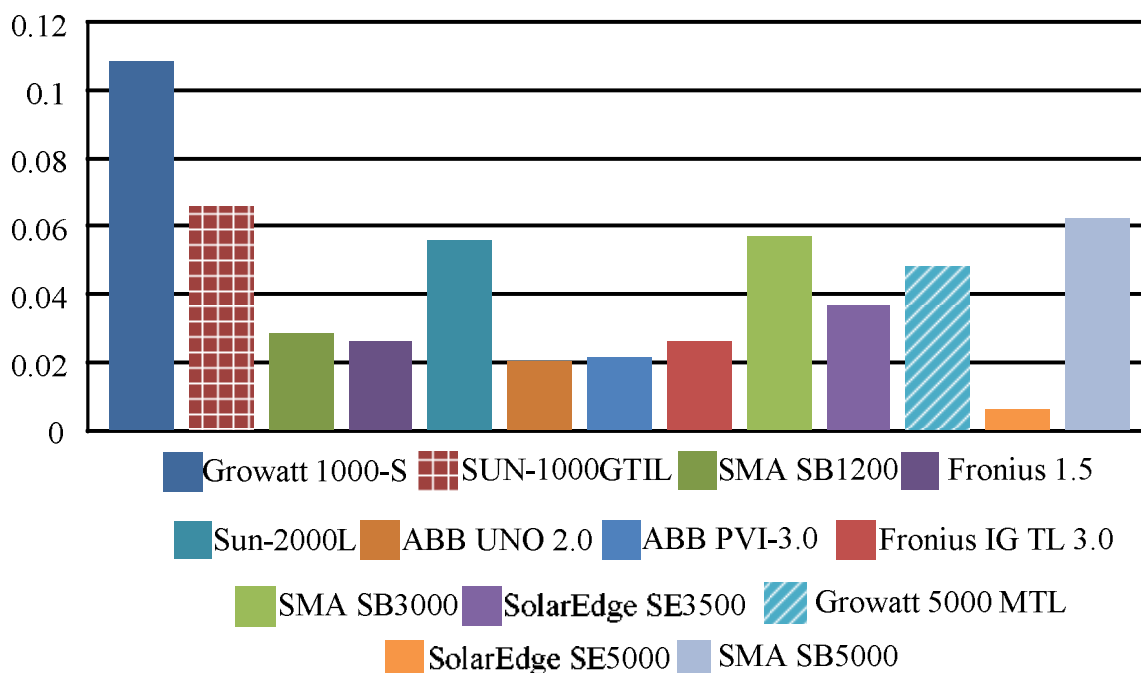
CpV, USD/cm³, 1kW < P < 5kW

Рис. 7. Питома об'ємна вартість P > 1 кВт

Найвищі серед розглянутих пристроїв значення питомої об'ємної вартості показали найменш потужніші перетворювачі. Це пояснюється їх невеликим об'ємом. Тоді як для перетворювачів, потужність яких перевищує 1 кВт, цей показник майже ідентичний.

Перетворювачі, потужність яких перевищує 1 кВт мають близькі показники вартості одного Ватта потужності. Це пояснюється тим, що зі зростанням потужності пропорційно зростає й вартість компонентів перетворювача. Хоча наявні декілька зразків з помітно відмінним значенням цього показника. Ці пристрої мають дещо вищий ККД та багато додаткових функцій, що призводять до підвищення ціни пристрою на ринку.

Питома об'ємна ефективність показує відношення ККД перетворювача до його об'єму, найвище значення цього параметра є більш оптимальним (рис. 8 та 9).

PpE, W/%, P < 1kW

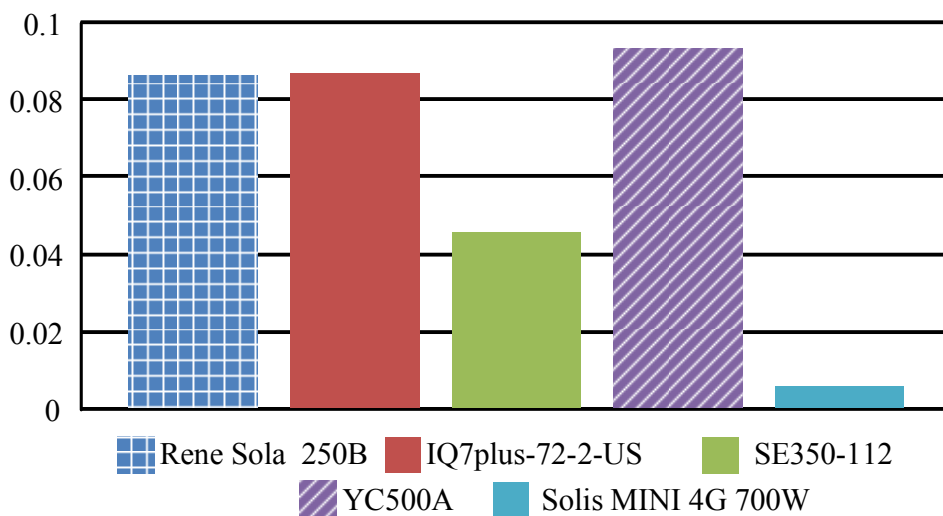


Рис. 8. Питома об'ємна ефективність P < 1 кВт

PpE, W/%, 1 kW < P < 5 kW

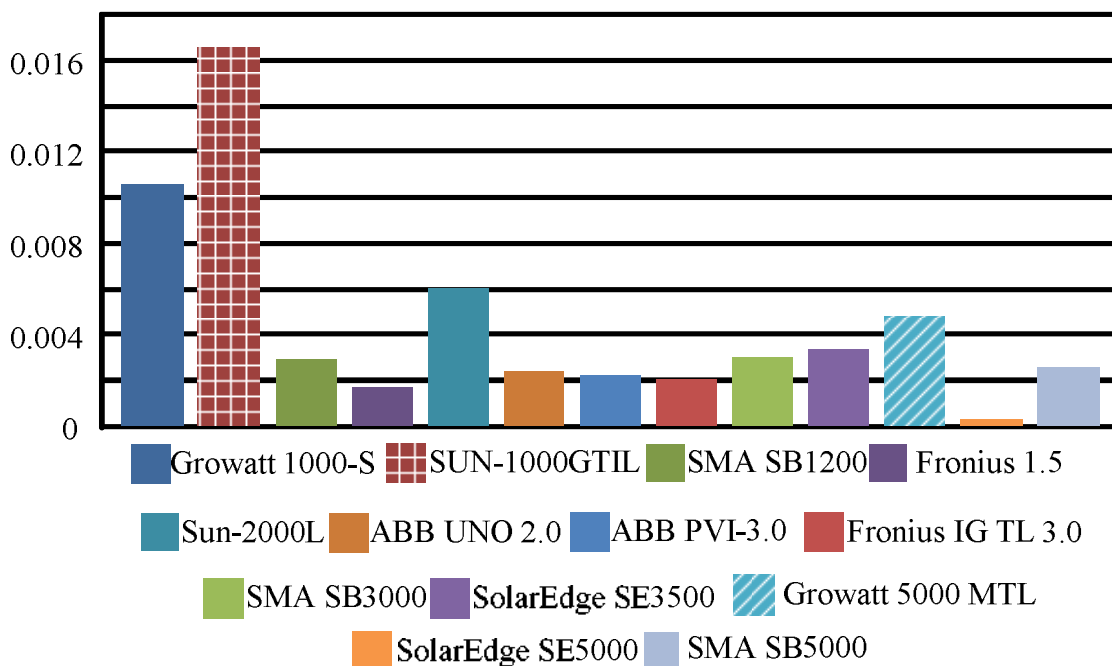


Рис. 9. Питома об'ємна ефективність P > 1 кВт

Як видно з розрахунків запропонованих параметрів, задача оцінки масогабаритних параметрів, ефективності та вартості перетворювача не має простого універсального рішення. На об'єм та вартість можуть впливати: топологія, елементна база, наявність додаткових функцій.

Так, трохи вищу питому потужність мають перетворювачі потужністю до 1 кВт. Це пояснюється меншими струмами та напругами, а отже, і меншими елементами охолодження. До того ж такі перетворювачі, переважно які містять у своєму складі лише один модуль MPPT (maximum power point tracking), не містять дисплеїв, інтерфейсів даних та інших додаткових функцій, що не займає додатковий об'єм. До того ж оптимізація масогабаритних параметрів для інверторів більше ніж 1 кВт, крім логістичних витрат, не дає яскравого економічного ефекту.

Питома вартість потужності не має яскраво вираженої залежності від самої потужності, але має суттєву розбіжність поміж конкурентами.

Питома об'ємна ефективність, як і об'ємна ефективність, не є занадто критичним параметром перетворювачів. Крім того, зі зростанням об'єму й потужності не спостерігається пропорційного зростання ККД. Тому цей параметр є більш виправданим для порівняння всередині групи перетворювачів з близькими значеннями потужності. Результати даного порівняння для обох груп перетворювачів наведено на рис. 10. Ця діаграма зв'язує питому потужність, питому вартість потужності та ККД найкращих рішень, які обрано як найбільш вагомі параметри.

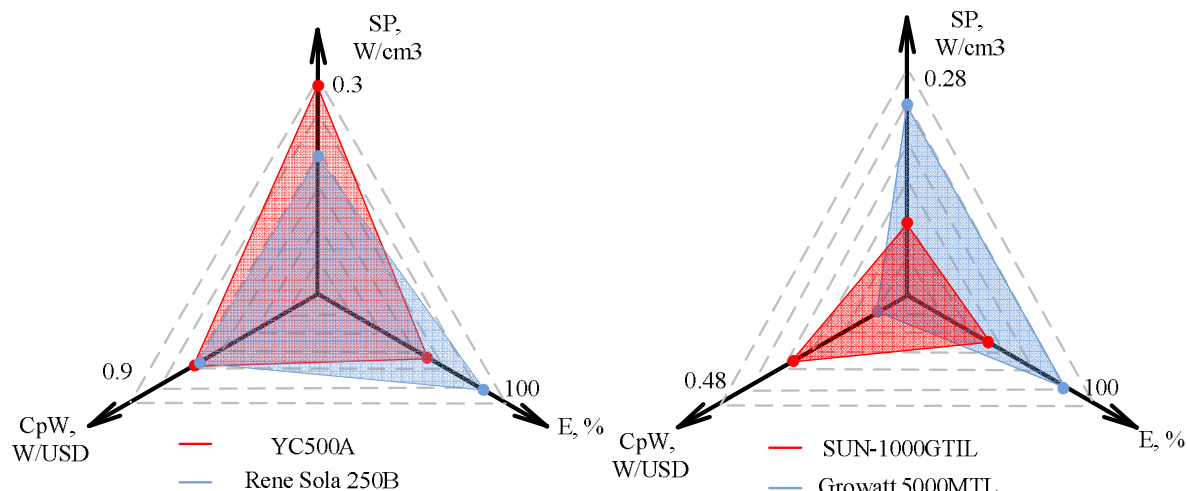


Рис. 10. Порівняння перетворювачів за основними параметрами

Серед пристроїв потужність до 1 кВт найбільш оптимальними є YC500A та Rene Sola 250B. Їхніми перевагами є висока питома потужність та об'ємна ефективність.

У групі пристроїв потужністю понад 1 кВт найоптимальнішими пристроями можна вважати Growatt 5000 MTL-S та SUN-1000GTIL2. До переваг цих перетворювачів можна віднести найвищі серед розглянутих значення питомої потужності, питомої вартості потужності нижче середнього значення для даної групи та високу об'ємну ефективність. Недоліком є висока питома об'ємна вартість, що викликано значною потужністю, об'ємом і вартістю перетворювача, а також наявністю додаткових функцій. Отже, Growatt 5000 MTL-S є більш оптимальним за потужністю, об'ємом та вартістю, SUN-1000GTIL2 – ефективністю.

Висновки відповідно до статті. Запропоновані критерії оцінки масогабаритних параметрів, вартості та ефективності дозволяють встановити чисельний зв'язок між вказаними характеристиками перетворювачів для їх порівняння. Серед загальних висновків можна виділити ряд чисельних показників. Зокрема питома вартість потужності не перевищує значення 1 USD/W і наближається до показника в 0.2 USD/W зі збільшенням потужності перетворювача. Питома потужність сонячного інвертора не перевищує 0.3 W/cm³, при цьому малопотужні рішення (мікроінвертори) мають кращі показники.

Необхідно також відзначити, що на ринку не виявлено однозначного лідера, який би переважав за всіма показниками. Це яскраво ілюструє рис. 10, з якого видно, що рішення з найкращим ККД та масогабаритними параметрами поступаються ціною.

Список використаних джерел

1. Renewables 2017 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris, France, June 2017.
2. Mohammad J. Mn., Jameel K. A., Bozalakov D. V. Analytical and calculation DC-link capacitor of a three-phase grid-tied photovoltaic inverter. In proc of IEEE 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG 2018). Doha, 2018. Qatar.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Sharifi S., Jabbari M. Family of single-switch quasi-resonant converters with reduced inductor size. In proc. IET Power Electronics 7 (10). Pp. 2544 – 2554.
4. Abdulslam A, Ismail Y. 5-Level buck converter with reduced inductor size suitable for on-chip integration. In proc. 5th International Conference on Energy Aware Computing Systems & Applications. Cairo, 2015. Egypt.
5. Hoffmann St., Hoene E., Zeiter O. Inductor Size in High Frequency Grid Feeding Inverters. In proc. Proceedings of PCIM Europe 2015; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management. Nuremberg, 2015. Germany.
6. Neumayr D., Bortis D., Kolar J.W. Ultra Compact Power Pulsation Buffer for Single-Phase DC/AC Converter Systems. In proc. Proceedings of the 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC 2016-ECCE Asia). Hefei city, 2016. China.
7. Song C., Peng L., Brady D., Lehman D. Optimum inverter sizing in consideration of irradiance pattern and PV incentives. In proc. Twenty-Sixth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). Fort Worth, 2011. TX, USA.
8. Moving object detection in unmanned aircraft images [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/254027035_Inverter_size_optimization_for_grid-connected_concentrator_photovoltaic_CPV_plants.
9. International Energy Agency, "Cost and performance trends in grid-connected photovoltaic systems and case studies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/Iea_Pvps2/publication/324728019_Task_2_Cost_and_Performance_Trends_in_Grid-connected_Photovoltaic_systems_and_Case_Studies/links/5adf3abeaca272fdaf8986ca/Task-2-Cost-and-Performance-Trends-in-Grid-connected-Photovoltaic-systems-and-Case-Studies.pdf.
10. How Much Does it Cost to Install Solar on an Average US House? [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.solarpowerauthority.com/how-much-does-it-cost-to-install-solar-on-an-average-us-house>.
11. Bortis D., Neumayr D., Kolar J. W.. η -Pareto optimization and comparative evaluation of inverter concepts considered for the GOOGLE Little Box Challenge. In proc of IEEE 17th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL). Trondheim 2016. Norway.

References

1. *Renewables 2017 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*. (2017). Paris [in English].
2. Mohannad, J. M., Jameel, K. A., Bozalakov, D. V. (2018). Analytical and calculation DC-link capacitor of a three-phase grid-tied photovoltaic inverter. *CPE-POWERENG 2018: Proceedings of IEEE 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering*. Doha, Qatar [in English]
3. Sharifi, S., Jabbari, M. (2014). Family of single-switch quasi-resonant converters with reduced inductor size. *IET Power Electronics*, 7 (10), 2544-2554 [in English].
4. Abdulslam, A., Ismail, Y. (2015). 5-Level buck converter with reduced inductor size suitable for on-chip integration. *5th International Conference on Energy Aware Computing Systems & Applications*. Cairo, Egypt [in English].
5. Hoffmann, St., Hoene, E., Zeiter, O. (2015). Inductor Size in High Frequency Grid Feeding Inverters. *Proceedings of PCIM Europe 2015; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management*. Nuremberg, Germany [in English].
6. Neumayr, D., Bortis, D., Kolar, J. W. (2016). Ultra Compact Power Pulsation Buffer for Single-Phase DC/AC Converter Systems. *IPEMC 2016-ECCE Asia: Proceedings of the 8th International Power Electronics and Motion Control Conference*. Hefei city, China [in English].
7. Song, C., Peng, L., Brady, D., Lehman, D. (2011). Optimum inverter sizing in consideration of irradiance pattern and PV incentives. *APEC: Twenty-Sixth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*. Fort Worth, TX, USA [in English].
8. Chen, X., Melia, J. (2011). Inverter size optimization for grid-connected concentrator photovoltaic (CPV) plants. Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference. www.researchgate.net. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/254027035_Inverter_size_optimization_for_grid-connected_concentrator_photovoltaic_CPV_plants.

9. Iea Pvps. (2007). Cost and performance trends in grid-connected photovoltaic systems and case studies. *www.researchgate.net*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Iea_Pvps2/publication/324728019_Task_2_Cost_and_Performance_Trends_in_Grid-connected_Photovoltaic_systems_and_Case_Studies/links/5adf3abeaca272fdaf8986ca/Task-2-Cost-and-Performance-Trends-in-Grid-connected-Photovoltaic-systems-and-Case-Studies.pdf.

10. How Much Does it Cost to Install Solar on an Average US House? (n.d.). *www.solarpowerauthority.com*. Retrieved from <https://www.solarpowerauthority.com/how-much-does-it-cost-to-install-solar-on-an-average-us-house>.

11. Bortis, D., Neumayr, D., Kolar, J. W. (2016). η -Pareto optimization and comparative evaluation of inverter concepts considered for the GOOGLE Little Box Challenge. *COMPEL: proceedings of IEEE 17th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics*. Trondheim, Norway [in English].

UDC 621.3.08

Artem Fesenko, Olexandr Husev, Andrew Chub, Dmitri Vinnikov, Olexandr Matiushkin

OVERVIEW OF MASS-SIZE AND COST PARAMETERS FOR COMMERCIAL PV-INVERTERS

Urgency of the research. *The one of the main factors impedes the widespread introduction of power systems based on photoelectric converters, both in household needs and in the composition of mobile technology, is the overall dimensions and high cost of such systems. A noticeable part of the cost is the converter, which contains in its composition scarce and expensive materials, takes a noticeable volume. That is why improving the mass-size parameters of the converter and reducing its cost is relevant and promising.*

Target setting. *To effectively improve the mass-size and cost parameters of the converter, the devices available on the world market should be considered. Their parameters, features and characteristics should be investigated.*

Actual scientific researches and issues analysis. *A detailed examination of modern research and publications allowed to identify the following features of modern commercial converters. Firstly, manufacturers do not disclose the peculiarities of the internal construction of their products. Secondly, efficiency, functionality and weight and size parameters differ depending on the power and cost of the converter*

Uninvestigated parts of general matters defining. *Quantitative parameters must be proposed for a thorough comparison of converters at their cost and mass-size. It is necessary to establish a quantitative relationship between the cost, volume, power and efficiency of the converter, which was previously reduced to specific power.*

The research objective. *Establish criteria for estimating the weight and size characteristics of inverters that can be calculated on the basis of freely distributed data.*

The statement of basic materials. *The analysis of the current level of development of commercial converters in the composition of solar systems in a wide range of power was performed. Consider devices whose power ranges from 200 to 5000 W of the world's leading manufacturers.*

Parameters obtained from open source device are summarized in the comparative tables. The grouping is based on the power of the inverters. Three groups of comparable devices are distinguished: the first one includes inverters with power up to 1 kW, to the second one from 1 to 3 kW and to the third from 3 to 5 kW, respectively.

Two numerical benchmarks were proposed to compare converters. The first shows the cost per unit of power, the second - the specific volume value. Based on the results of calculations built column charts for each of the indicators within its group.

Conclusions. *The proposed indicators allow us to estimate the weight and dimensions of the converters based on freely distributed data.*

Keywords: *mass-size parameters; specific power; efficiency; power converter.*

Fig.: 10. Table: 2. References: 11.

Фесенко Артем Петрович – аспірант, асистент кафедри БРАС, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Fesenko Artem – PhD student, assistant of Department of BRAS, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: gudrunas.ch@gmail.com

Гусев Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біомедичних радіоелектронних апаратів та систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Husev Oleksandr – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Biomedical Radioelectronic Apparatus and Systems, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: oleksandr.husev@gmail.com

ORCID: orcid.org/0000-0001-7810-457X

ResearcherID: F-5792-2014

Scopus Author ID: 45861130600

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Чуб Андрій Іванович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник групи силової електроніки, Таллінський технологічний університет (вул. Будівників, 5, Таллінн, 19086, Естонія).

Chub Andrii – PhD in Technical Sciences, Senior researcher of power electronics group, Tallinn University of Technology (5 Ehitajate tee Str., 19086 Tallinn, Estonia).

E-mail: andrusha.chub@gmail.com

Вінніков Дмитро Валерійович – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник групи силової електроніки, Таллінський технологічний університет (вул. Будівників, 5, Таллінн, 19086, Естонія).

Vinnikov Dmitri – PhD in Technical Sciences, leading researcher of power electronics group, Tallinn University of Technology (5 Ehitajate tee Str., 19086 Tallinn, Estonia).

E-mail: dmitri.vinnikov@ttu.ee

Матюшкін Олександр Олександрович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Matyushkin Olexandr – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: matyushkin1994@gmail.com

UDC 004.4

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-194-200

*Alexander Gmiterko***LINE RECOGNITION SENSORS**

Urgency of the research. There is a need from industrial practice for developing of methods for linefollowing navigation of automated guided vehicle (AGV) for logistic task in factories without operators.

Target setting. Various types of navigation methods are used for vehicles.

Actual scientific researches and issues analysis. Navigation of this automated guided vehicle can be made through the color line on ground or through the inductive sensed cable located underground. Also magnetically guided method is used. Various types of optical markers can be also used. Nowadays this type of autonomous robot applications grows up, because there is a need from industry.

Uninvestigated parts of general matters defining. Next generation of automated guided vehicle is navigated via using laser scanners and they are also called LGV – Laser Guided Vehicle. This type is not covered in this paper.

The research objective. The main aim of paper is to design the sensing system for color line sensing. There are several problems in using of these types of sensors. Manufacturer notes that there is placed daylight filter, but first experiments shows sensitivity to daylight. This problem can occurs when vehicle goes to tunnel. Next problem is when vehicle moves uphill and downhill on a bridge.

The statement of basic materials. The color of sensor can be sensed with sensor - reflection optocoupler working in infrared light range. The optocoupler includes the infrared LED transmitter and infrared phototransistor, which senses the reflected light. Optocouplers are placed on bottom side of vehicle. Navigation line is black and other ground area is white. Optocoupler located over the navigation black line has no infrared reflection.

Conclusions. The selected sensor system has been adapted for line detection application. Also ramp problems have been solved. Sensors have been successfully installed on linefollower vehicle. Results shows visible difference between the voltage levels related to black and white color line. Future plans is to add camera vision system for automatic recognition of line before vehicle and continuously path planning. Vision systems are also frequently used for obstacle detection and mapping of environment and consequently for path planning.

Keywords: sensor, mobile vehicle, line, color.

Fig.: 10. References: 17.

Introduction. Automated guided vehicle (AGV) is an industrial application of mobile vehicle for line-following. It means that AGV vehicle has task for transport any material in factory without operator access. Navigation of this vehicle can be made through the color line on ground or through the inductive sensed cable located underground. Also magnetically guided way is used. Various types of optical markers can be also used. Nowadays this type of autonomous vehicle applications grows up, because there is a need from industry. The applications are related to material or parts transport between operations places. The AGV saves the production costs in logistic process mainly in large mass product productions, because there is less human work. Automated production lines or warehouse can work fully continuously without any delay. Automotive production industry is also one of the possible applications of AGV vehicles. AGV can have a concept of more towed vehicles like wagon train. Also forklift stacker can be arranged into AGV system. The concept of AGV systems is older. It comes from fifty years of last centuries.



Fig. 1. Automated guided vehicle [1; 2]

Color line is one of the possible way of navigation, but there is a risk of dirties on line and fault detection of line. In case of using the underground wire, there is a frequency modulated

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

method is used for navigation. Installation of cables needs many initial costs before installation and it is not so flexible when change of the road is needed [1-10].

Next generation of AGV is navigated via using laser scanners and they are also called LGV – Laser Guided Vehicle. Method of simultaneous localization and mapping (SLAM) is used for navigation. This method also allows using in environment with dynamically changed obstacle. SLAM algorithms need more powerful computation system and more sophisticated sensors. SLAM makes a topological map of environment and generates the estimate of next move direction [6, 7] through the using of statistical methods.

Next way of navigation is using of inertial navigation systems or inertial measurement unit (IMU), which includes accelerometers, gyroscopes and compasses. This method is more flexible but it is necessary take into account navigation errors which can occur.

There are several robotic competitions with linefollower category which is as analogy to automated guided vehicle navigated through the color line or underground wire. Our testing model uses the differentially driven two wheeled undercarriage with third castor wheel for stability. For better simulation of real conditions we have built the training road with obstacle, tunnel, bridge with up and down ramps, line junction and line interruption.

Designed vehicle (fig. 2) uses two DC motors with wheels directly placed on output shafts. Castor wheel is substituted with ball. The aim was to design lightest undercarriage. For this reason there is no frame and all parts are directly placed on printed circuits boards (PCB). Vehicle is controlled via using of microcontroller. Key parts of the vehicle are sensor for line detection. This vehicle is used primarily for educational purposes.

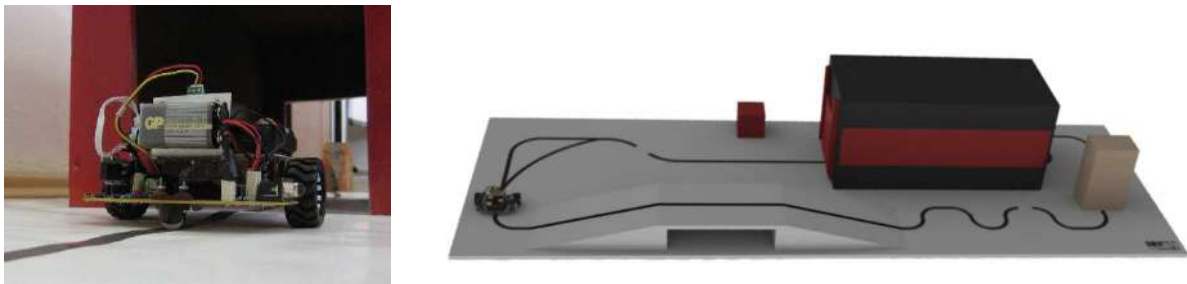


Fig. 2. The model of the linefollower vehicle

1. Color sensors. The color of sensor can be sensed with reflection optocoupler working in infrared light range. The optocoupler includes the infrared LED transmitter and infrared phototransistor which senses the reflected light. Optocouplers are placed on bottom side of vehicle (fig. 3). Navigation line is black and other ground area is white. Optocoupler located over the navigation black line has no infrared reflection (fig. 3).

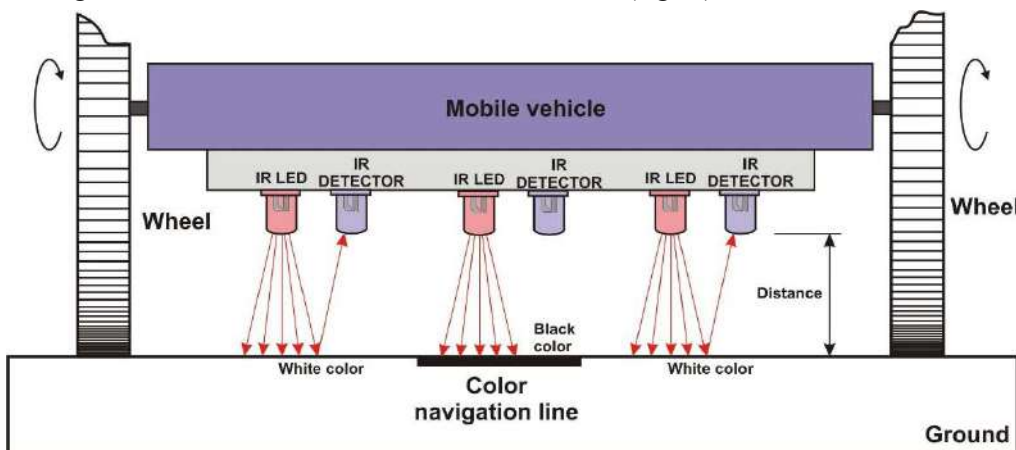


Fig. 3. Optocouplers on mobile vehicle for linefollowing

There are several problems in using of these types of sensors. Producer notes that there is placed daylight filter, but first experiments shows sensitivity to daylight. This problem can occurs when vehicle goes to tunnel. Next problem is when vehicle moves uphill and downhill on bridge. Bridge ramps cause the change of distance between the sensor and ground. These types of sensor are not primarily dedicated for this purpose. That is the reason, why there is no mention about linefollowing functionality in datasheets.

Experimental testing has been done with three selected type of sensors QRD1114, LTH209-1, CNY70 (fig. 4). All these sensors are designed as reflective optocoupler sensor for detection of objects.



Fig. 4. Tested infrared optocouplers

All tested sensors have been placed on movable platform (fig. 5) with white reflective area. The distance has been adjusted in range from 0 to 20 mm for all sensors together with step 1 mm.

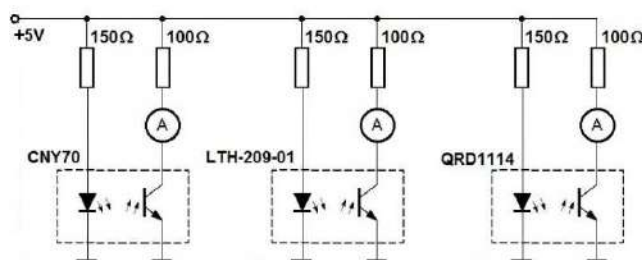
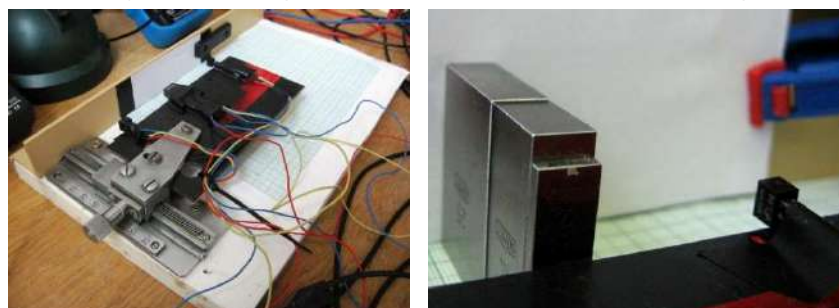


Fig. 5. Testing of various types of optocouplers

Figure 6 shows results of testing for all sensors. All sensors react to white reflective surface. The measured current depends on excitation of infrared LED diode. The circuit (fig. 5) used the same resistors before LED diodes and this resistor should be adjusted for every coupler LED. The maximum measured current shows the optimal distance of sensor during the detection white surface. Experiments shows that all tested sensors are suitable for line detection. QRD 1114 has been selected for next experiments.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

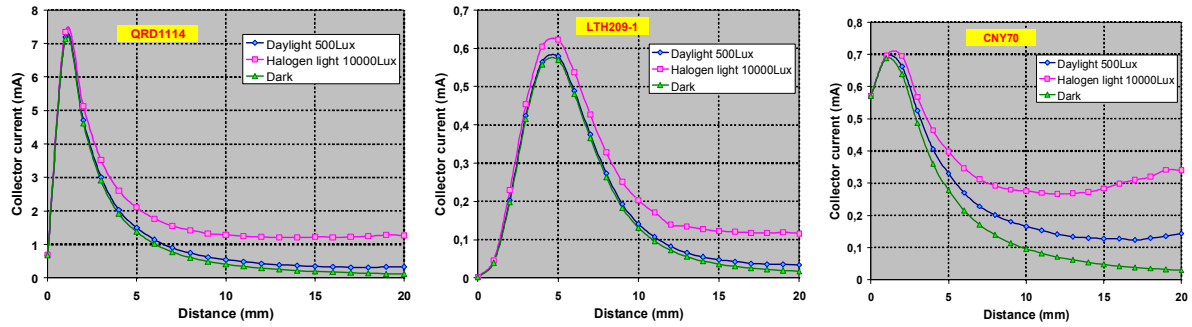


Fig. 6. Results of optocoupler sensors testing.

Next tested property was the difference between the black and white colors of reflective surface. Also next question was if the every piece of sensor has the same behavior. Two pieces of these sensors have been placed on the same movable platform (fig. 7). Figure 7 shows difference electrical current during the sensing black and white surface. There was a different behavior for tested pieces on black surface. The results show the optimal detection distance value 2 mm.

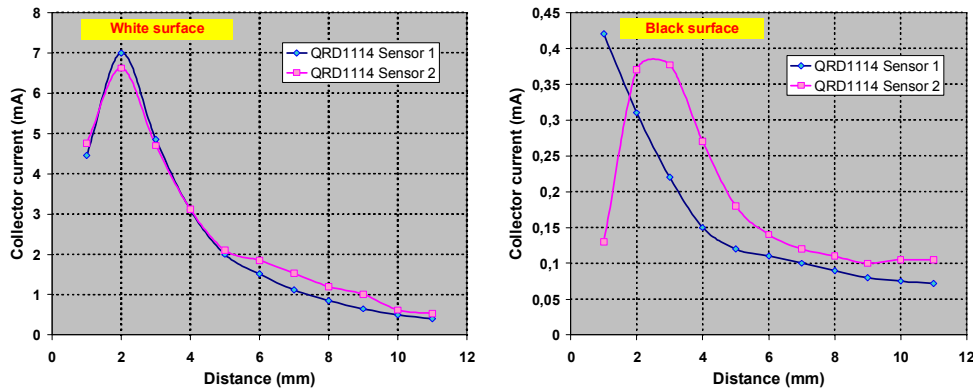


Fig. 7. Results of testing for two pieces of optocoupler

Vehicle has to go uphill and downhill on bridge ramps (fig. 8). The sensors are very close to ground and there was a sensors collision on bridge ramps. Also distance between these sensors and ground is decreased and sensors are not able to detect line.

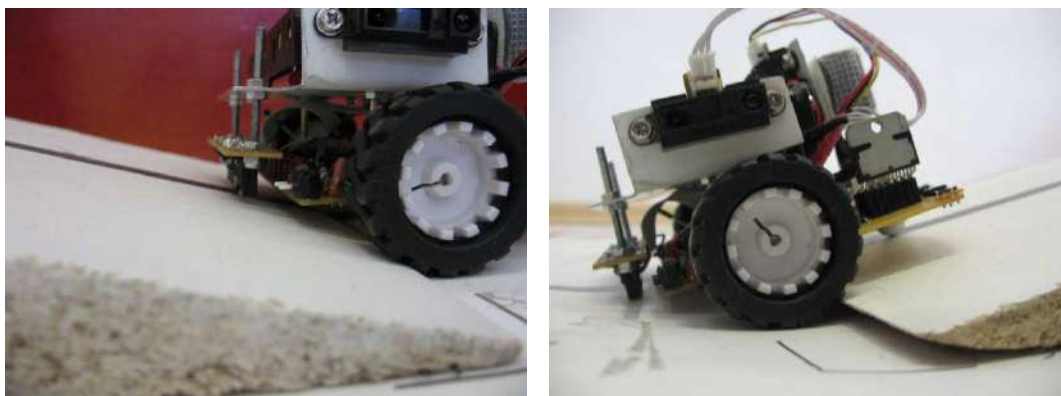


Fig. 8. Ramp problems of sensors for line detection

One possible solution is to move up sensors to distance more than 7 mm for ensuring of functionality of sensors. All line sensors have been installed on movable platform on front of vehicle (fig. 9).

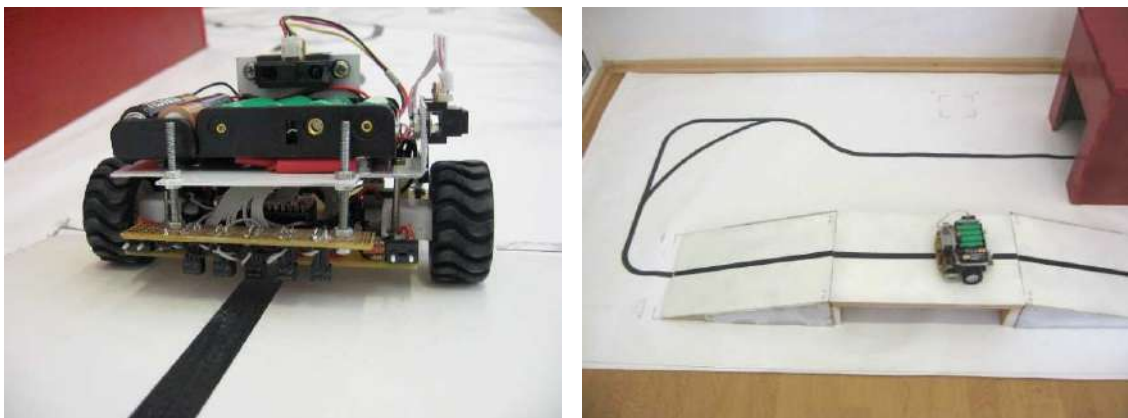


Fig. 9. Movable platform for sensors for line detection and passing the bridge

Range of distance between the 7mm and 21 mm has been measured again with modified circuits. The output of the sensor has been measured on analog input of microcontroller with 10 bit resolution. Results in decimal value of analog 10 bit reading are shown on fig. 10. It shows difference between the sensing white and black color.

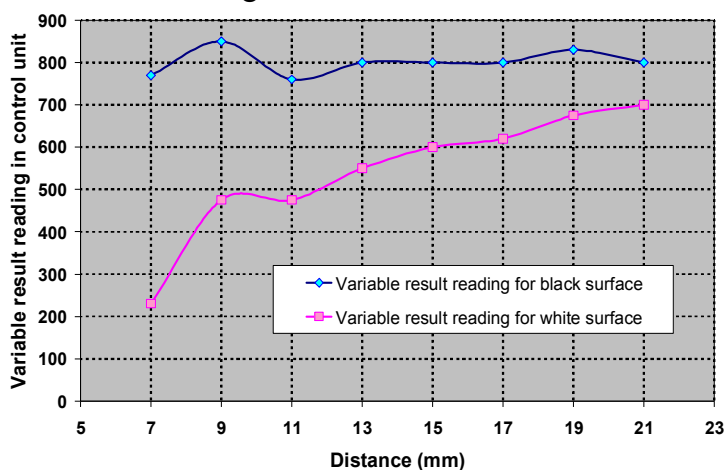


Fig. 10. Analogue readings from optocouplers placed on movable platform

Conclusion. The selected sensor system has been adapted to using of line detection. Also ramp problems have been solved. Sensors have been successfully installed on linefollower vehicle. Figure 9 shows visible difference between the voltage levels related to black and white colour line.

Future plans is to add camera vision system for automatic recognition of line before vehicle and continuously path planning. Vision systems are also frequently used for obstacle detection and mapping of environment and consequently for path planning [6-14].

Acknowledgement. The authors would like to thank to Slovak Grant Agency – project VEGA 1/0389/18, VEGA 1/0872/16, and KEGA 018TUKE-4/2018.

References

1. WEASEL® auto-guided transport system. (2018). Cited 10-8-2018. Available online: Schaefer Systems International, Inc. <https://www.ssi-schaefer.com/en-us/products/conveying-transport/automated-guided-vehicles/fahrerloses-transportssystem-weasel-53020>.
2. CONSTANTIN, O. *Automated Guided Vehicle*. (2018). Cited 10-8-2018. Available online: <https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-automated-guided-vehicle-model/1134987>.
3. *Automated Guided Vehicle [AGV] 3D Model*. (2018). Cited 10-8-2018. Available online: <https://www.3dcadbrowser.com/download.aspx?3dmodel=7001>.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

4. MIKOVA, L., TREBUŇA, F. (2012). The Application of Simulation Methods for Modeling Mechatronic Systems. *Acta Mechanica Slovaca*. 16 (2), pp. 32-37.
5. NITULESCU, M. (2018). *Experiments in Mobile Robot Control*. Mechatronics 2008. Paper #200. Cited 04-07-2013. Available online: http://www.mecatronics.pub.ro/romar/articole/mecatronics2008_200.pdf.
6. BABINEC, A., DEKAN, M., DUCHON, F., et al. (2012). Modifications of VFH navigation methods for mobile robots. *Procedia Engineering*. 48 (2012), pp. 10-14. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.09.478
7. DUCHON, F., HUNADY, D., DEKAN, M. et al. (2012). *Optimal navigation for mobile robot in known environment*. 11th International Conference on Industrial, Service and Humanoid Robotics (ROBTEP 2012) Location: Strbske Pleso, Slovakia. pp. 33. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.1000.33.
8. SIMONOVA, A., HARGAS, L., KONIAR, D. (2017). Uses of on-off controller for regulation of higher-order system in comparator mode. *Electrical Engineering*. 99 (4), pp. 1367-1375. DOI: 10.1007/s00202-017-0610-7.
9. KONIAR, D., HARGAS, L., LONCOVA, Z., et al. (2017). Visual system-based object tracking using image segmentation for biomedical applications. *Electrical Engineering*. 99 (4), pp. 1349-1366. DOI: 10.1007/s00202-017-0609-0.
10. GMITERKO, A., VIRGALA, I., VACKOVÁ, M. (2010). Dynamic Analysis of Two-Mass System to Imitate Rectilinear Motion of a Snake. *Acta Mechanica Slovaca*. 14 (2). pp. 74-81.
11. DUCHOŇ, F., DEKAN, M., JURŠICA, L., VITKO, A. (2012). Some Applications of Laser Rangefinder in Mobile Robotics. *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*. 14 (2). pp. 50-57.
12. GMITERKO, A., KELEMEN, M., KELEMENOVÁ, T., MIKOVÁ, L. (2010). Adaptable Mechatronic Locomotion System. *Acta Mechanica Slovaca*. 14 (2). pp. 102-108.
13. HANZEL, J., DUCHOŇ, F., RODINA, J., PÁSZTÓ, P. (2013). Global Navigation Systems for Mobile Robots. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*, 7 (5), pp. 279-285.
14. TÖLGYESSY, M., CHOVANEC, L., PÁSZTÓ, P., HUBINSKÝ, P. (2014). A Plane Based Real-Time Algorithm for Controlling a Semi-Autonomous Robot with Hand Gestures Using the Kinect. *International Journal of Imaging and Robotics*. 13 (2), pp. 126-133.
15. TURYGIN, Y., & BOŽEK, P. (2013). Mechatronic systems maintenance and repair management system. *Transfer of innovations*, 26 (2013). 3-5.
16. SPANIKOVA, G., SPANIK, P., FRIVALDSKY, M. et al. (2017). Electric model of liver tissue for investigation of electrosurgical impacts. *Electrical Engineering*, 99 (4). 1185-1194. doi.org/10.1007/s00202-017-0625-0.
17. KARAVAEV, Y. L., & KILIN, A. A. (2016). *Nonholonomic dynamics and control of a spherical robot with an internal omniwheel platform: Theory and experiments*. Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics, 295 (1), 1 November 2016, 158-167.

УДК 004.4

Олександр Гмитерко

ДАВАЧІ ДЛЯ РОЗПІЗНАННЯ ЛІНІЙ

Актуальність теми дослідження. З виробничої практики існує потреба в розробці методів подальшої навігації автоматизованого керованого транспортного засобу для виконання логістичних завдань на заводах без операторів.

Постановка проблеми. Різні види навігації використовуються для транспортних засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Навігація цього автоматизованого керованого транспортного засобу може здійснюватися через кольорову лінію на землі або через індуктивний кабель, розташований під землею. Також використовується магніто-керуємий спосіб. Також можуть бути використані інші типи оптичних маркерів. В даний час таке застосування автономного робота зростає, тому що є потреба від промисловості.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Навігація наступного покоління автоматизовано керованих транспортних засобів здійснюється за допомогою лазерних сканерів, які тому називаються лазерно-керованими машинами. Цей тип не розглянутий в цій статті.

Постановка завдання. Основна мета статті - розробка сенсорної системи для визначення кольорових ліній. Є кілька проблем у використанні цих типів давачів. Виробник зазначає, що там встановлений фільтр денного світла, але перші експерименти показують чутливість до денного світла. Ця проблема може виникнути, коли автомобіль в'їде в тунель. Наступна проблема, коли транспортний засіб рухається в гору і вниз по мосту.

Виклад основного матеріалу. Колір давач можна розпізнати за допомогою сенсора - відбивача оптопар, що працює в інфрачервоному діапазоні світла. Оптопара включає в себе інфрачервоний світлодіодний передавач та інфрачервоний фототранзистор, який сприймає відбите світло. Оптопари розміщені на нижньому боці автомобіля. Лінія навігації чорна, а інші ділянки поверхні білі. Оптрон, розташований над навігаційною чорною лінією, не має інфрачервоного відображення.

Висновки відповідно до статті. Обрана система давачів була адаптована для використання при виявленні лінії. Також вирішені проблеми з пандусом. Давачі були успішно встановлені на навігації транспортного засобу. Результати показують видиму різницю між рівнями напруги, пов'язаними з чорно-білою та кольоровою лінією. В майбутньому планується додати систему відеоспостереження для автоматичного розпізнавання лінії перед транспортним засобом і безперервного планування шляху. Системи спостереження також часто використовуються для виявлення перешкод і відображення навколишнього середовища а, отже, для планування шляху.

Ключові слова: давач; мобільний транспортний засіб; лінія; колір.

Рис.: 10. Бібл.: 17.

Gmiterko Alexander – prof. Ing., PhD., Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Kosice (Letna 9, 04200 Kosice, Slovakia).

E-mail: alexander.gmiterko@gmail.com

Scopus Author ID: 7801318924

Marin Višňovský, Róbert Rákay, Alena Galajdová, Dušan Šimšík

PROPOSAL OF THE MODULE FOR EXPERIMENTAL WORKPLACE BASED ON PLATFORM INDUSTRY 4.0

Urgency of the research. New modern trends in the cable industrial communication and exchange of data focus on implementation of new communication standards, protocols and reduced costs. Communication in every automation systems is crucial. Functions of these systems is very important for the correct function of automation system.

Target setting. For designing sensor and actuator systems for automation and solving connection between different devices, developers solved this problem with standardized communication like technology IO-Link. This communication technology together with industrial bus create solution for modern communication with quantity of benefits like quick design and diagnostic, unified interface, cost and work reduction.

Actual scientific researches and issues analysis. To prepare this paper, we analyzed different solutions for communication between sensors and actuators, different control systems and mechanical solutions. We used knowledge from our previous experiments and choose optimal components and systems for our project.

Uninvestigated parts of general matters defining. There are many different types of sensors, actuators, communication interfaces and industrial busses. This paper is insufficient to describe them all. That's why we've only described those, which will be used.

The research objective. This article describe the design of a machining module for the FESTO FMS 500 Modular Laboratory System. This module will be physically implemented as part of the revitalization and modernization of the FMS 500 laboratory system at the Department of Automation, Control and Human-Machine Interactions.

The statement of basic materials. We follow the trends in industrial automation and the requirements of the 4th Industrial Revolution. This is reason why we use IO-Link technology in combination with Profinet bus for communication with sensors and actuators.

Conclusions. The main objective of this article is to approach the design of the Machining Module with Industry 4.0 elements for the Modular Production System FMS 500. This design describe the individual components which will be used. The functions and purpose of the module are also describe, as well as its functional capabilities in terms of diagnostics.

Keywords: automation; control; PLC; IO-Link; Cloud; wireless communication; pneumatic systems; Industry 4.0.

Fig.: 8. References: 15.

Introduction. The development of modern technologies in automation raises increased demands for well prepared engineers. The modernization of lines with a higher degree of automation, robotics and mobile diagnostic and control technologies follows the objectives of Industry 4.0. Tracking and responding to these trends are therefore very important in the field of research and teaching. Our response to these trends is the upgrading of the FMS 500 Modular Laboratory System from FESTO to the Industry Platform 4.0, which will also include a new workspace module [1].

This module will be physically implemented from construction, through selection and assembly of drives and steering members to recovery. Design and selection of used components fit into complex revitalization of the entire system and ensure compatibility of individual modules. In the framework of this modernization, the replacement of SIEMENS Simatic S7-300 controllers (PLCs) behind PLC Simatic S7-1500 will be realized. Change industry bus from Profibus to Profinet will be realized too. Sensors modification and implementation of IO-Link technology for sensor communication, application of wireless industrial communications, and storage of process data to Cloud. By using these technologies, we will achieve a line structure so we can validate modern approaches and tasks in industrial automation [2; 3].

Construction design. The design of the module is based on the concept of individual modules of the modular system FMS 500 (Fig. 1).



Fig. 1. Complete configuration of FMS500 [4]

The base of the module is made of T-shaped aluminum profiles. On this base plate will be placed a manipulator, consisting of a rodless pneumatic drive, which is fastened on the aluminum profile to the desired height above the base plate. A double-acting actuator with one-sided piston rod is mounted on the slide table of this drive. At the end of the piston rod, the pneumatic actuator is attached to grab the parts to be handled.

On the base plate will be a 4-position rotary table, which will be rotated by a stepper motor. Individual devices will be placed in each position to perform individual operations. These devices will also be attached to aluminum profiles. The preliminary basic design is in Fig. 2.

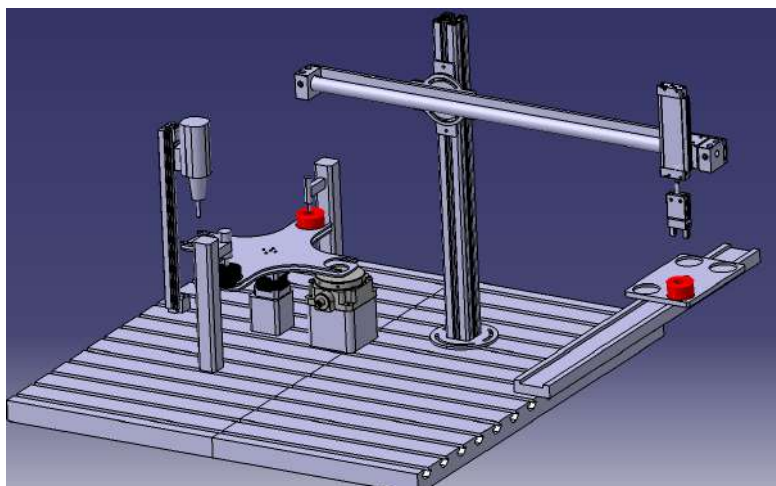


Fig. 2. Construction design of machining module

Design and selection of components. The design solution could be divided into three parts. The first part is the handling part, the second part are the processes on the turntable (machining part). The third part is the control part (control components).

Handling part. This part consists only of pneumatic components. All pneumatic drives used in this module are from SMC. For motion in the X axis, a rodless pneumatic drive with mechanical connection to the slide table, MY1B10G-500H will be used. This drive has a piston diameter of 10mm and a stroke of 500mm. At both ends there are hydraulic silencers with adjusting screw. (Fig. 3) Achieving the end positions will be detected using PNP sensors in the grooves of this drive.



Fig. 3. SMC MY1B10G-500H

For Y-axis movement, a double-acting pneumatic drive with a one-sided rod will be used. Type of drive is CD85KN12-100-B. This drive has a piston diameter of 12mm and a stroke of 100mm. Piston anti-rotation insurance is realized in such a way that the piston has no circular but hexagonal cross-section. (Fig. 4) Reaching the end positions will be detected by using PNP sensors mounted on the surface of the cylinder by metal strips.



Fig. 4. SMC CD85KN12-100-B

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

The pneumatic parallel actuator with two fingers, type MHZ2-10D will be used to attach the component. This drive has a piston diameter of 10mm. On the fingers of this effector, the extensions are screwed exactly according to the size and shape of the part to be handled. These extensions were made with 3D printing from material PLA (Fig. 5) Reaching the end positions will be detected using PNP sensors in the grooves of this drive.



Fig. 5. SMC MHZ2-10D

The individual components are joined together and their position can be adjusted using plastic plates modeled for this application and also produced by 3D printing from the same material as the finger of the effector (Fig. 6).



Fig. 6. Adjustment plastic plate

Machining part. The base of the machining part will be a rotary table made of plexiglass. There are 4 positions for the placement of parts on this table. There will be a different operation for each position. This rotary table will be mechanically coupled to the shaft of the two-phase stepper motor controlled by the stepper motor driver (Fig. 7).

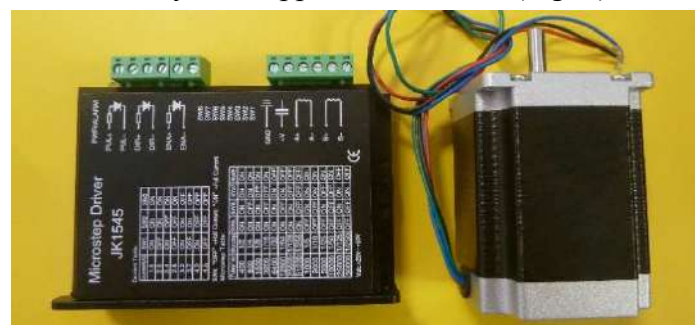


Fig. 7. Two-phase stepper motor with stepper motor driver

On the first post of machining part, will be a read/write RFID head with IO-Link communication from Balluff. It is the head - BIS M-401-045-001-07-S4 (Fig. 8).



Fig. 8. RFID read/write head

On the second post there will be a workplace for checking the height of the component before drilling. A single-acting actuator with a one-sided rod, type CD85N8-50S-B, will be used for this control. This drive has a piston diameter of 8mm and a stroke of 50mm. Reaching the end positions will be detected by using PNP sensors mounted on the surface of the cylinder by metal strips (Fig. 9).



Fig. 9. SMC CD85N8-50S-B

The third position is the workplace with a drill. The drilling head (chuck) with a drill bit will be placed on a base that will be attached to slide table of rodless pneumatic actuator MY1B10G-200H. This drive has a piston diameter of 10mm and a stroke of 200mm. At both ends there are hydraulic silencers with adjusting screw. (Fig. 10) Reaching the end positions will be detected by using PNP sensors in the grooves of this drive.



Fig. 10. SMC MY1B10G-200H

During drilling operation, the component will hold in the correct position on the turntable by the single-acting actuator with the single-sided rod, type CD85N8-25S-B. This drive has a piston diameter of 8mm and a stroke of 25mm. Reaching the end positions will be detected by using PNP sensors mounted on the surface of the cylinder by metal strips. (Fig. 11)



Fig. 11. SMC CD85N8-25S-B

The last position will be a workplace with a blowing nozzle that will simulate the removal of chips after the drilling process. On all pneumatic actuators except effector, will be fittings with a one-way throttle valve. On double-acting with throttling at the outlet and on single-acting with inlet throttling. These valves will be allowed setting the speed of each drive.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Control part. The base of control part be the PLC SIEMENS Simatic S7-1500 CPU 1512C-1PN (Fig. 12). This PLC has a compact CPU with one network card for Profinet with a two-port switch. It has 5 analog inputs, 2 analog outputs, 32 digital inputs and 32 digital outputs. There is also a small color control panel and 6 control buttons in the base rack of this PLC. Below this panel there is an SD card slot and a PLC mode switch.



Fig. 12. PLC SIEMENS Simatic S7-1500 CPU 1512C-1PN

The PLC will be powered by one of the two SIEMENS Simatic PM 1507 sources (Fig. 13). These are sources with 24V/8A/190W output. These sources are size and shape-matched to the PLC Series S7-1500. A pair of resources is used for the application of IO-Link technology, which allows separate feeding of the control technology with sensors and actuators. The reason is that if one of the action members fails, or overload and source protection shuts down this source, the control member and sensors can work further. The operator receives information about the fault location.



Fig. 13. Sources SIEMENS Simatic PM 1507

The main device for IO-Link application will be the IO-Link master from BALLUFF - BNI PNT-538-105-Z063 (Fig. 14). It is an 8-port IO-Link master with Profinet communication. All ports of this master can be used with IO-Link communication. 4 ports of this master is type A and 4 ports is type B. Ports type be allow redundant (galvanic isolated) sources, one for actuators and one for control unit and sensors. The following devices will be connected to individual IO-Link ports: RFID reader and writer head, valve island, and HUB expander for digital inputs and outputs. 5 free ports can be used like IO-Link or like standard I/O. Into each port we can connect two digital signals (input or output).



Fig. 14. BALLUFF - BNI PNT-538-105-Z063

The IO-Link device BNI IOL-302-S01-Z013 (Fig 15) will be used to connect multiple digital inputs (sensors from drives). It is an expanding 8-port HUB also from BALLUFF. We can connect up to 16 sensors (digital inputs) to these 8 ports.



Fig. 15. BALLUFF – BNI IOL-302-S01-Z013

The last control device is a valve island with IO-Link communication from SMC (Fig. 16). The communication module has the designation EX260-SIL1-X210. This island has been configured to meet the requirements of this application. The valve consists of two bistable 5/2 valves for control of rodless drives, two monostable 5/2 valves for controlling a double acting actuator and an effector, and finally two valves in which two monostable 3/2 valves (together 4x 3/2 valves) are connected. These valves will control two single acting actuators and a nozzle on the air outlet. One 3/2 valve remains free. All pneumatic drive control will be implemented with IO-Link communication with additional diagnostic functions via one 5-core cable.



Fig. 16. SMC EX260-SIL1-X210

The structure of connection and use of individual communication technologies is shown in Fig. 17. The figure shows the PLC connection to the power supply and Profinet communication bus. This bus connecting PLC, IO-Link master and PC. Through the standard digital signals, a stepper motor driver is connected to the PLC. The IO-Link master is powered by both sources. One for drives, second for sensors and control electronics. This two power supplies are also available for an expanding HUB that communicates with the master via IO-Link. Digital sensors from pneumatic drives are connected in standard way to the HUB. Via IO-Link, a valve island and an RFID head are also attached to the master. The figure does not contain all the used elements and all functional connections (only the connection structure, not the wiring diagram).

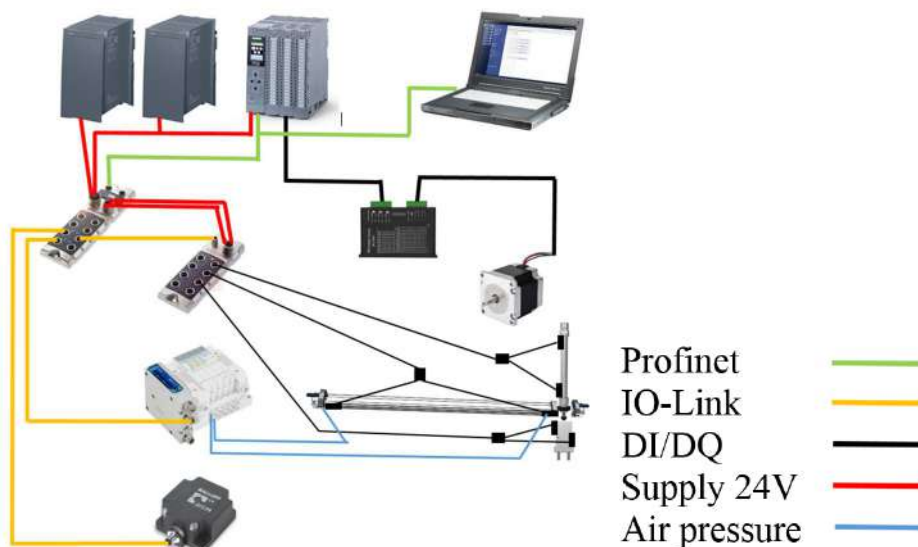


Fig. 17. Connection structure

Modul functions. The workstation module will be able to work either as a single workstation or will be able to be connected to the FMS 500 after its upgrading. The structure of the functionalities of the individual parts of the module is shown in Fig. 18.

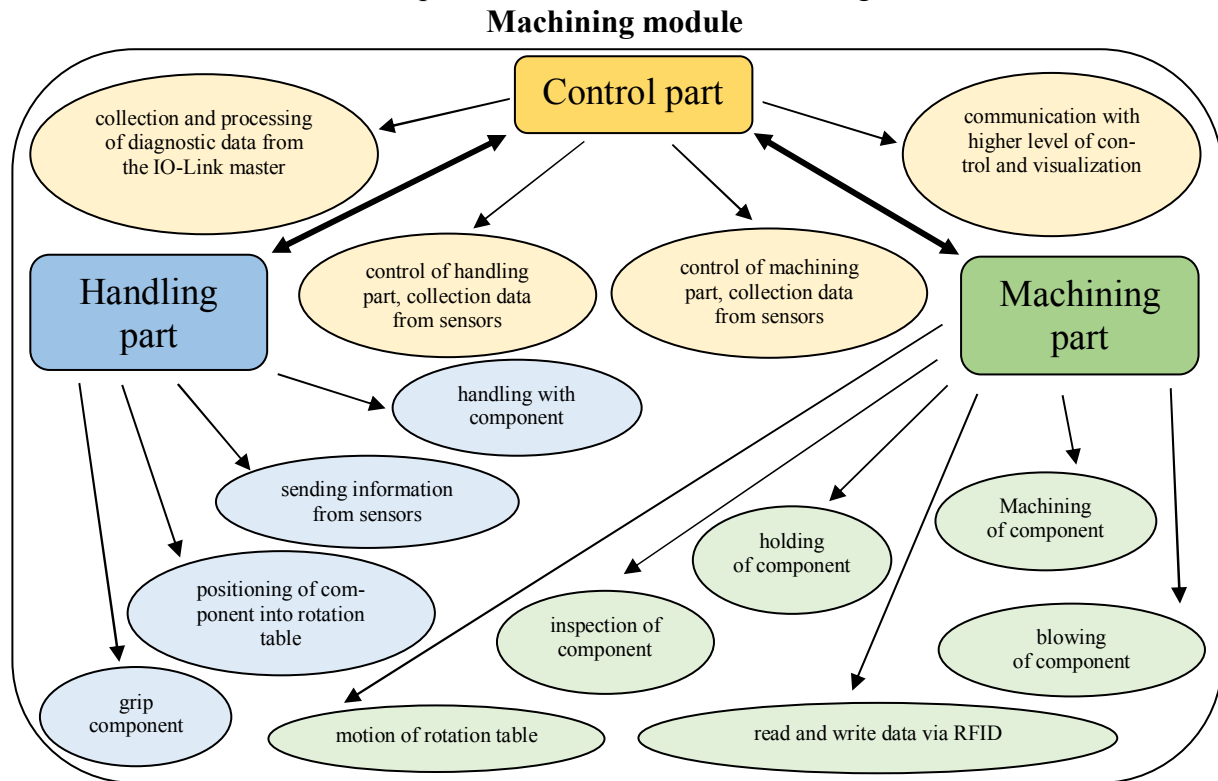


Fig. 18. Block diagram of module functions

The function of this module will be to move the components with pneumatic manipulator from belt (if module will connect to FMS 500) or from preset point (if station will be stand-alone) on the rotation table. After placing the component on the first table post, the RFID head will be loaded an RFID tag that will be placed on the individual parts. This tag will contain information about the type of component and the machining operations to be performed on this component. Based on this information, the control system evaluates which operations will be performed on that component.

After the RFID tag is loaded, the table is rotated 90 degrees and the part is moved to post number 2. The height control of the component is performed by pneumatic drive. After the height is evaluated, the operations will be continued according to the set algorithm. The part moves from position 2 to position number 3 where is drilling operation. PLC via relay, resp. the contactor is powered by an electric drive with a chuck where the drill will be placed. After the drive starts, the drill head starts and starting with move down. After the required height has been reached, the downward movement stops and the drill head returns to the initial position where the drill drive stops.

Subsequently, the component moves to the fourth post where the nozzle will realized blowing of component. After this cycle, the round table cycle closes by moving the component to the first post, where the RFID head writes information about the operations performed to the tag on the component. After write, the manipulator moves the component from the table to the belt or to the preset position.

Collecting of data from sensors, RFID system, and pneumatic drive management will be implemented using IO-Link technology, which will provide both process and diagnostic data throughout the program run. As an example, additional functions can be provided with the IO-Link valve island. In addition standard switching of coil, it is possible to set 32 bits counter on

individual coils, reset of this counters, set the switch point on the counter, after which the information about reaching the specified number of switches is sending, the short-circuit indication on individual coils, Process and diagnostic data will be accessed through the user interface.

Module extension and connection to system FMS 500. After completing the described basic functionality, the module will be expanded by additional features, devices, and technologies. The main extension should be to connect this stand-alone station into the upgraded FMS 500 system, where the PLC S7-300 will be replaced by PLC S7-1500, the Profibus communication bus replaces the Profinet bus and IO-Link technology will be integrated at the individual stations, just like the machining module.

The interconnection of the individual stations will be provided by the Profinet industrial bus which is normally realized with a metallic cable (twisted pair) with RJ-45 or M12-180 terminals. A possible extension is the implementation of the IWLAN (Industrial Wireless Local Area Network) module that provides wireless industrial communication over an AP (Access point) and a client connection. This extension can be used to communicate the FMS 500 with another system or with a higher level controller (PC), which therefore may not be in the immediate vicinity of the system or does not need to be connected with a bus cable.

Another extension can be sending and storing data to cloud services, For example MindSphere from SIEMENS. Thanks to this technology they are processed and shared. Last but not least, the expansion of IO-Link technology features.

Conclusion. Contact with the latest trends and mastering the most advanced technologies in the field of industrial automation is the only way to prepare future engineers for their work and to provide them sufficient theoretical knowledge, but especially practical and related skills, for their better use in the labor market. The way this task can be handled is real work with devices whose features and capabilities fit into the concept of Industry 4.0. The development of these devices is very progressive and it is therefore necessary to modernize or replace the old technologies and equipment with new ones. That's why we've decided to upgrade and revitalize the FMS 500 line and add a whole new module.

The main objective of this article was to approach the design of the Machining Module with Industry 4.0 elements for the Modular Production System FMS 500. This design described the design of the given module with the deployment of the individual components whose type and parameters were described. The functions and purpose of the module were also described, as well as its functional capabilities in terms of diagnostics. Last but not least, we have outlined how this module could be further expanded and modernized in the future to get even closer to the Industry 4.0 concept.

Acknowledgement

This work has been supported by the Slovak Grant Agency KEGA 054 TUKE-4/2016 Innovation of teaching courses with a focus on automation in response to the demands of industry and services.

References

1. ŠIMŠÍK, Dušan - GALAJDOVÁ, Alena - RÁKAY, Róbert - Intenzifikácia výskumu a prepojenia na prax inováciou laboratórií - 2016. In: ARTEP 2016 : Automatizácia a riadenie v teórii a praxi. - Košice : TU, 2016 S. 52-1-52-10. - ISBN 978-80-553-2474-6.
2. ŠIMŠÍK, Dušan - GALAJDOVÁ, Alena - ŠEMINSKÝ, Jaroslav - RÁKAY, Róbert - VIŠŇOVSKÝ, Martin - Inovácia študijného programu automatizácia a riadenie strojov a procesov v reakcii na požiadavky priemyselnej praxe – 2016, In: ARaP 2016. - Praha : MM publishing, 2016 P. 79-82. - ISBN 978-80-906310-1-4.
3. VIŠŇOVSKÝ, MARTIN - GALAJDOVÁ, ALENA - Prepojenie PLC a IO-Link technológie ako súčasť Industry 4.0 - 2017. In: Novus Scientia 2017. - Košice : TU, 2017 S. 200-205. - ISBN 978-80-553-3080-8.

4. MPS® 500-FMS: Flexible production – compatible, modular and versatile, [on line], [cit. 2018-01-14]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/mps-500-fms/mps-500-fms-flexible-production-compatible,modular-and-versatile.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC44NTUuNDI2MQ>.

УДК 331.103.1:004

Мартин Вишньовски, Роберт Ракай, Алена Галайдова, Душан Шимшик

ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДУЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ INDUSTRY 4.0

Актуальність теми дослідження. Нові сучасні тенденції в кабельному промисловому зв'язку та обміні даними спрямовані на впровадження нових стандартів зв'язку, протоколів і зниження витрат. Зв'язок в кожній автоматизованій системі має визначальне значення. Функції цих систем дуже важливі для правильного функціонування автоматизованої системи.

Постановка проблеми. При проектуванні сенсорних і виконавчих систем автоматизації та для налагодження зв'язку між різними пристроями, розробники вирішили проблему за допомогою стандартизованого зв'язку, такого як технологія IO-Link. Ці комунікаційні технології разом з промисловою шиною створюють рішення для сучасного зв'язку з великою кількістю переваг, таких як швидкий дизайн і діагностика, уніфікований інтерфейс, зменшення вартості і робочого часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підготовки цієї статті ми проаналізували різні рішення для зв'язку між давачами і виконавчими механізмами, різні системи управління і механічні рішення. Ми використовували знання з наших попередніх експериментів і вибрали оптимальні компоненти та системи для нашого проекту.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Є багато різних типів датчиків, виконавчих механізмів, комунікаційних інтерфейсів і промислових шин. Обсягу однієї статті недостатньо, щоб описати їх повністю. Ось чому ми описали лише ті, які будуть використовуватися.

Постановка завдання. У цій статті описується проект механічного модуля для модульної лабораторної системи FESTO FMS 500. Цей модуль буде фізично реалізований у межах активізації та модернізації лабораторної системи FMS 500 в Департаменті автоматизації, управління та людино-машинної взаємодії.

Виклад основного матеріалу. Ми слідуємо тенденціям промислової автоматизації та вимогам 4-ї промислової революції. З цієї причини ми використовуємо технологію IO-Link в поєднанні з Profinet для зв'язку з датчиками й виконавчими механізмами.

Висновки відповідно до статті. Основна мета цієї статті – запропонувати конструкцію механічного модуля з елементами Industry 4.0 для модульної виробничої системи FMS 500. У цьому проекті описуються окремі компоненти, які будуть використовуватися. Також описані функції та призначення модуля, а також його функціональні можливості з точки зору діагностики.

Ключові слова: автоматизація; управління; PLC; IO-Link; Cloud; бездротовий зв'язок; пневматичні системи; Industry 4.0.

Рис.: 8. Бібл.: 15.

Martin Visnovsky – PhD student, Technical University of Kosice (9 Letna str. , 040 01, Košice, Slovak Republic).

E-mail: martin.visnovsky@tuke.sk

Robert Rakay – scientific-research employee, Technical University of Kosice (9 Letna str. , 040 01, Košice, Slovak Republic).

E-mail: robert.rakay@tuke.sk

Scopus Author ID: 56922070700

Alena Galajdova – Deputy Head of Department, Associate Professor, Technical University of Kosice (9 Letna str. , 040 01, Košice, Slovak Republic).

E-mail: alena.galajdova@tuke.sk

Scopus Author ID: 6506796741

Dusan Simsik – Head of Department, Full Professor, Technical University of Kosice (9 Letna str. , 040 01, Košice, Slovak Republic).

E-mail: dusan.simsik@tuke.sk

Scopus Author ID: 6602121842

UDC 004.896

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-210-215

*Jan Semjon, Ján Grexa, Peter Mako***DESIGN OF DOCKING SYSTEM FOR MOBILE ROBOTICS
PLATFORM TYPE AGV**

Urgency of the research. Automatic battery charging of AGV platforms allows you to maximize their potential. Safe and quickly positioning AGVs in a charging station equipped with appropriate contacts, reduces the charging time as well as the purchase price of the device.

Target setting. The aim of the solution is to design an automatic docking and charging station from a used hand-held charging station. In the design, it was necessary to ensure the appropriate position of the AGV platform against the docking station.

Actual scientific researches and issues analysis. The issue of fast and reliable charging of mobile service robots is highly up-to-date. The reason for this is the growing deployment of AGV platforms in various industrial or service sectors.

Uninvestigated parts of general matters defining. This article focuses on a specific solution for the provision of transport services. Transport services come from the need to transport medical supplies and medications in a multi-storey hospital building. The movement of the robot between the floors is solved by the use of lifts used by the personal of hospital.

The research objective. The aim of the research was to design a docking and charging station utilized an already purchased power-up charger. The design was aimed at creating an appropriate power transmission system between the charger and the AGV platform batteries. The price ceiling for the whole facility was worth € 2,000.

The statement of basic materials. The use of docking and charging stations for mobile service robots is dependent on a number of parameters. In particular, the parameters depend on the area of use, the size of the battery to be charged, and the amount of robots being recharged at the station. Last but not least, charging time and purchase price are also important.

Conclusions. The task of the solution was to design a docking station design for the AGV platform. At the beginning, three variants were created, from which the most appropriate solution was chosen using the scoring method. However, before designing the docking station design, it was necessary to modify the existing AGV platform construction so that it could be connected to the docking station charging mechanism. The design of the docking station itself consisted of the design of the charging and charging mechanism. These mechanisms provide charge and guidance of the AGV platform to the docking station. Mechanisms are not dependent on each other, since the charging mechanism is activated later than the drive mechanism. Subsequently, a design of the docking station, which can be anchored to the floor or to the wall, was created. At the docking station there is a charger from Hoppecke, which provides the AGV platform charging. The design dimensions of the docking station have been greatly influenced by the size of the above-mentioned charger. It has been found that new and better technologies will not be needed at the docking stations in the future, as AGV platforms can be guided without their help. The development of new and better quality systems will bring new guidance options to AGV platforms and docking stations.

Key words: AGV; docking system; battery; mobile platform.

Fig.: 6. Table: 1. References: 6.

Problem definition. Industry 4.0 marks the current trend of digitization and automation of production. Basic visions emerged in 2011. With the onset of the Industrial Revolution, the development of AGV (Automated Guided Vehicle) platforms for automated material transport is also closely linked. Automated Vehicles in Industry 4.0 play an important role because they partially take on simple and repetitive activities that do not require human intervention. AGVs have different uses not only in industry but also in other areas. Over time, new intelligent factories will be created to use cybernetic-physical systems and take on the repetitive and simple activities that people have done so far [1; 2]. The first versions of AGV used navigational aids in the environment to navigate (for example magnetic passports, colour lines, floor wires). Thanks to advances in autonomous navigation, solutions are now available that allow for mapping and localization without the need for external navigation aids. The latest AGV models can map the environment using LIDARs (Light Detection and Ranging) and then create a virtual map of the environment. AGV is able to detect its exact location in this way and therefore works very accurately and precisely with regard to safety. AGV platforms include Mobile Industrial Robots (MiR), Omron Adept Technologies, SMP Robotics, VAHLE, WiBotic, Clearpath Robotics, Fetch Robotics, Swisslog, and the Slovak company CEIT. The issue of mobile AGV platforms is inseparably linked to the need to deliver energy to the system. In case of battery-powered AGVs, charging is required. Charging can be solved in a variety of ways. The simplest case is to manually connect the platform to the charging station, which however requires human intervention to (disrupt process automation. If we are trying to maximize the automation of material transport, it is necessary to solve the problem of automatic battery recharging [3]. Several concepts are currently used to automatically charge mobile robots. The best-known ones are dock-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ing stations, floor charging, and wireless charging. The article presents a proposal for automatic battery recharging for the AGV platform developed by a Slovak company. The manufacturer aims to bring to market a modern AGV platform based on the latest knowledge of autonomous navigation, localization and solving the problem of automatic energy recharging. The solution to this problem was to consider all currently available charging technologies on the market. On the basis of the acquired knowledge, three proposals for designing the integration of automatic charging technology into the system were developed. Based on cost analysis and complexity of the solutions developed, the final proposal was selected.

Use and parameters of AGV platform. The proposed AGV platform uses the latest knowledge of localization and autonomous navigation of mobile robots, can create a virtual map of its surroundings and then move it according to the chosen trajectory. With laser guidance and a virtual map, no lines, magnetic strips, or magnets placed in the floor need to be navigated. The first AGV platform is tested in the Kosice-Šaca hospital (Slovakia). It facilitates the work of the staff and is able to safely and fluently transport the necessary material to other floors through a lift that can be called. The proposed platform is shown in Fig. 1.



Fig. 1. AGV platform

Basic technical parameters of AGV platform:

- Maximum carrying capacity: 100 kg.
- The maximum towable weight: 500 kg.
- Maximum speed: 1.0 m / s.
- Battery life 10 km (with 50 Ah batteries).
- Charging device integrated in the home station.
- Machine weight 80.5 kg.

AGV platform is ready to integrate various add-ons. The superstructure in the form of a robotic arm allows you to move or store the required goods in the designated area. The use of the arm is possible in several areas (e.g. the automotive industry). The electronically lockable box is the superstructure that is most commonly used in hospitals where it is used to transport medical supplies. Thanks to an electronic lock, this box cannot be opened while moving, making the material anti-theft. This add-on is not exclusively for the hospital environment, and its use is also possible in other sectors (e.g. hotels). AGV uses power via two 50 Ah Hoppecke battery type 12 TB 50 [4]. The batteries are connected in series to provide the 24 V required to power the system and the robot drives (AGV can run 10 kilometres per charge).

Proposal of docking station. The docking station consists of a frame on which the guiding mechanism and the cover plates are attached. The station has the possibility to attach it to the floor, but also to the wall, which will ensure against unwanted displacement. There is a charger inside the docking station to quickly charge the AGV platform. Powering the docking

station is via a cable that is suitable for a conventional 230 V plug. In addition to the fact that the AGV platform can be effectively brought to the docking station by means of the sensors separately, in the case of a slight deviation in the docking station, a guidance mechanism is installed that can correctly rotate AGV platform for charging mechanism [5]. One of the advantages of the docking station is that it is possible to place it in any place in the hall without complicated intervention. The price of such charging devices is around € 2,200 per piece. In Fig. 2, a docking station is shown along with an AGV platform that is suitably adapted for charging and flexible guidance into the docking station.

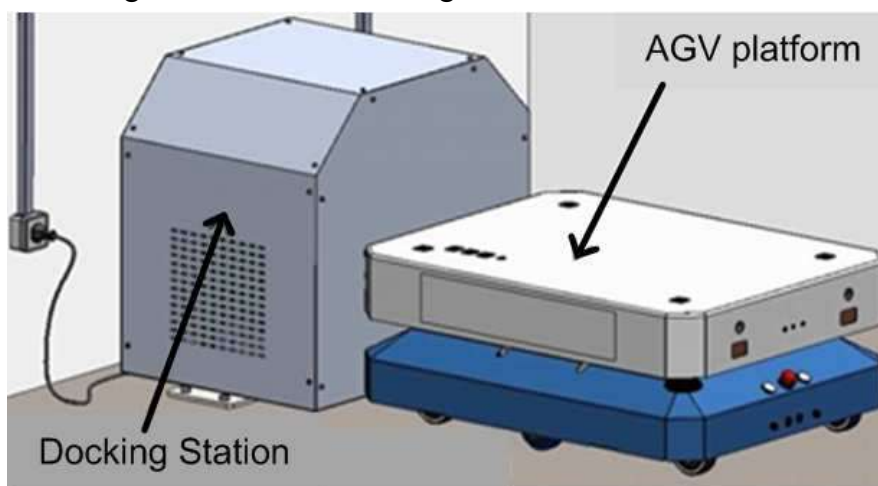


Fig. 2. AGV and docking station

In Fig. 3 is a proposed AGV platform that is equipped with connectors. These connections consist of a guide cone hole and a charging contact.

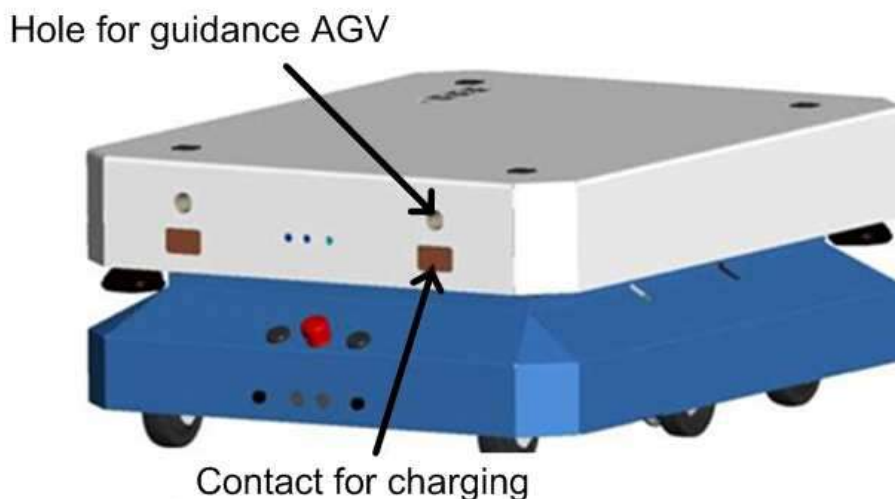


Fig. 3. Connections of the AGV platform to the docking station

Before designing the docking station itself, the design of the connection in the AGV platform is still needed. The connector structure is hidden under the top cover of the AGV platform. The top cover has out the required holes for charging and guiding. The simplicity of this design also reflects the resulting price. The production cost for the one connector of AGV platform is around € 70 per piece. There are four such connectors on the AGV platform, so the final cost for modification the AGV platform is € 280. Charging connection for AGV platform, fig. 4 consists of two main parts, which are the guiding and the charging contact (mechanism).

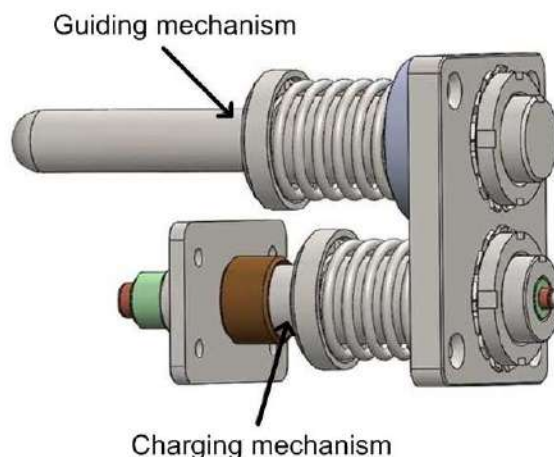


Fig. 4. Charging connection for AGV platform

The guide sleeve is fastened by screws to a frame to which a flange is attached due for extension of the screw thread. The charging contact is connected by means of screws that connect it to the insulating plate. The insulating plate is then used with other screws connected to the frame of the AGV platform. On the charging contact, a rubber insulation is provided to protect the frame of the AGV platform from electric current. There is a screw in the charging contact which connects the conductive contact with the charging contact. The entire connection solution is hidden under the top cover of the AGV platform. In this cover, holes are cut out so that the AGV platform can be routed through the guiding mechanism and charged with the charging mechanism. The first step in designing the docking station is to create a rigid frame that can withstand unexpected impacts, as there may be different situations in the production halls. Figure 5 shows a frame on which there is also a charging and guidance mechanism. This frame is formed from a hollow square profile.

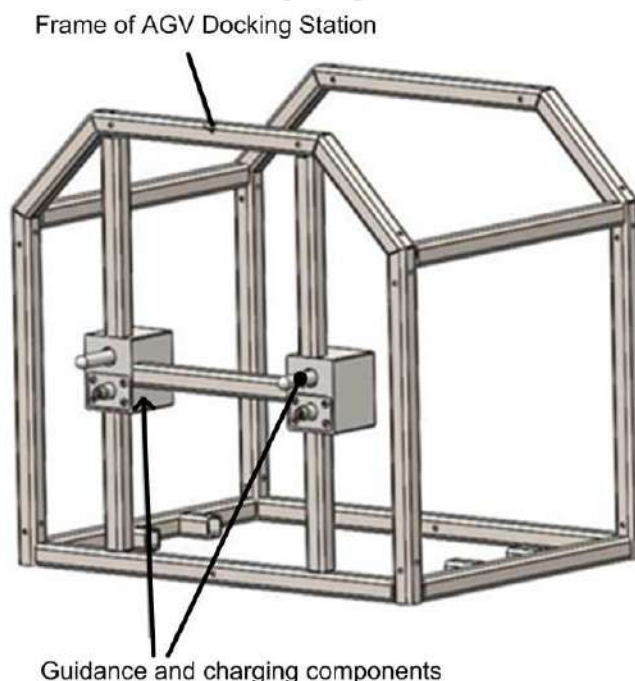


Fig. 5. Connections of the AGV platform to the docking station

In Fig. 6 shows a charger from Hoppecke, which is already incorporated in the docking station [6]. The dimensions of this design are largely influenced by the size of the charger to be mounted in the docking station. This problem with the construction was easily solved by enlarging the docking station.

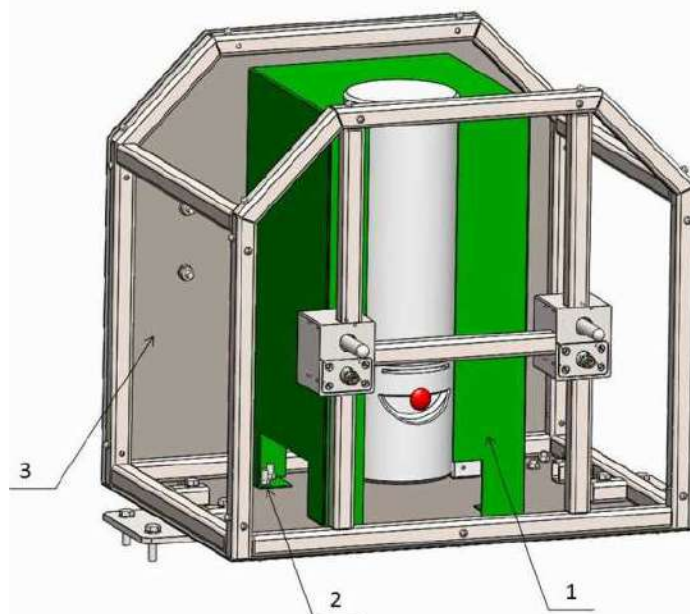


Fig. 6. Docking station without cover:

- 1 – Hoppecke charging device; 2- Attaching the charger to the docking station;
3- The rear part of the docking station for attachment to the wall*

The docking station is not very compact, but robust and shock-resistant. If necessary, the docking station can also be moved to other locations. The charging mechanism is designed to withstand even tougher impacts and careless handling. The basic information on the docking station is shown in Table.

Table

Parameters of the charging and docking station

Base dimensions of docking station (Width x Depth x Height) [mm]	676 x 505 x 632
Basic dimensions of the guide mechanism (Width x Depth x Height) [mm]	80 x 165 x 100
Weight of the charging and docking station [kg]	52

The cost of manufacturing, welding and assembly work is estimated at € 500. The total purchase price for the materials is € 1475, which means that the total cost of one docking station is € 1975.

Conclusions. The task of the solution was to design a docking station design for the AGV platform. At the beginning, three variants were created, from which the most appropriate solution was chosen using the scoring method. However, before designing the docking station design, it was necessary to modify the existing AGV platform construction so that it could be connected to the docking station charging mechanism. The design of the docking station itself consisted of the design of the charging and charging mechanism. These mechanisms provide charge and guidance of the AGV platform to the docking station. Mechanisms are not dependent on each other, since the charging mechanism is activated later than the drive mechanism. Subsequently, a design of the docking station, which can be anchored to the floor or to the wall, was created. At the docking station there is a charger from Hoppecke, which provides the AGV platform charging. The design dimensions of the docking station have been greatly influenced by the size of the above-mentioned charger. It has been found that new and better technologies will not be needed at the docking stations in the future, as AGV platforms can be guided without their help. The development of new and better quality systems will bring new guidance options to AGV platforms and docking stations.

Acknowledgements

This publication is the result of the project implementation: VEGA 1/0872/16 - Výskum syntetických a biologicky inšpirovaných lokomócií mechatronických sústav v členitom teréne

References

1. Korbel, P. Průmyslová revoluce 4.0: Za 10 let se továrny budou řídit samy a produktivita vzroste o třetinu. Hospodářské noviny [online]. 2015-05-17 [cit. 2015-09-20].
2. Marcinko, P. at al. (2016). Proposal of Tracked Robot with Folding Arms. In: American Journal of Mechanical Engineering. Vol. 4, no. 7, pp. 372-375. ISSN 2328-4102.
3. Janoš, R. at al. (2013). Design of Hybrid Mobile Service Robot. In: Applied Mechanics and Materials: ICMERA 2012 : International Conference on Biomechanics, Neurorehabilitation, Mechanical Engineering, Manufacturing Systems, Robotics and Aerospace : Bucharest, Romania : 26-28 October 2012. Vol. 245 (2013), p. 255-260. - ISBN 978-303785554-6.
4. Hoppecke. Retrieved from <https://www.hoppecke.com/en/product/trak-bloc>.
5. Acosta Calderon, C.A. at al. (2014). Docking System and Power Management for Autonomous Mobile Robots Applied Mechanics and Materials Vol. 590, pp. 407-412.
6. Hoppecke. Retrieved from <https://www.hoppecke.com/en/product/trak-basic>.

УДК 004.896

Ян Семйон, Ян Грекса, Петер Мако

ПРОЕКТУВАННЯ ДОК-СТАНЦІЇ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ РОБОТОТИЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ ТИПУ AGV

Актуальність теми дослідження. Автоматична зарядка акумуляторів на платформах типу AGV дає змогу максимально використовувати їхній потенціал. Безпечно та швидко розміщення AGV на док-станції, що оснащена відповідними контактами, скорочує час зарядження, а також вартість покупки пристрою.

Постановка проблеми. Метою роботи є розробка автоматичної док-станції і зарядного пристрою із вживаної портативної зарядної станції. При проектуванні необхідно було забезпечити належне положення платформи AGV щодо док-станції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема швидкої й надійної зарядки мобільних сервісних роботів дуже актуальна. Причиною цього є зростаюче розгортання платформ автономних керованих транспортних засобів (AGV) у різних промислових і сервісних застосуваннях.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Дана стаття присвячена конкретному рішення для надання транспортних послуг. Транспортні послуги виникають через необхідність перевезити медикаменти і медикаменти в багатопверхові будівлі лікарні. Рух робота між поверхами реалізується за допомогою ліфтів, які використовуються персоналом лікарні.

Постановка завдання. Мета дослідження полягала в тому, щоб спроектувати док-станцію з використанням вживаного зарядного пристрою. Розробка була спрямована на створення відповідної системи передачі енергії між зарядним пристроєм і батареями платформи AGV. Обмеження по вартості всього об'єкту становило 2000 євро.

Виклад основного матеріалу. Використання стиковальних і зарядних станцій для мобільних сервісних роботів залежить від багатьох параметрів. Зокрема, параметри залежать від галузі використання, розміру батарей для зарядки і кількості роботів, що заряджаються на станції. Наразі, що не менш важливо, час зарядки й ціна покупки також важливі.

Висновки відповідно до статті. Завданням було розроблення конструкції док-станції для платформи AGV. На початку було створено три варіанти, з яких було вибрано найбільш відповідне рішення з використанням методу оцінки. Однак перед проектуванням конструкції док-станції було необхідно змінити наявну конструкцію платформи AGV, щоб вона могла бути підключена до механізму зарядки док-станції. Конструкція док-станції передбачає наявність зарядного механізму. Ці механізми забезпечують зарядку і управління платформою AGV до док-станції. Механізми не залежать один від одного, так як механізм зарядки активується пізніше, ніж механізм приводу. Згодом була розроблена конструкція док-станції, яку можна закріпити на підлозі або на стіні. На док-станції є зарядний пристрій від Норреке, який забезпечує зарядку платформи AGV. На габаритні розміри док-станції істотно впливали розміри вищезгаданого зарядного пристрою. Було встановлено, що в майбутньому на док-станції не будуть потрібні нові й більш досконалі технології, оскільки платформи AGV можна орієнтувати без їх допомоги. Розробка нових і більш якісних систем принесе нові можливості управління для платформ AGV і док-станцій.

Ключові слова: AGV; стиковальна система; акумулятор; мобільна платформа.

Рис.: 6. Табл.: 1. Бібл.: 6.

Jan Semjon – Associate Professor, Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics (Park Komenskeho 8, 04200 Kosice, Slovakia).

E-mail: jan.semjon@tuke.sk

Scopus Author ID: 55571411200

Ján Grexa – Student of engineering studies, Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Systems (Letna 9, 04200 Kosice, Slovakia).

E-mail: jan.grexa.student@tuke.sk

Peter Mako – PhD student, Technical University of Kosice, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics (Park Komenskeho 8, 04200 Kosice, Slovakia).

E-mail: peter.mako@ztsvuu.sk

UDC 004.896

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-216-222

*Peter Marcinko, Ondrej Juruš***AN EXPERIMENTAL WORKPLACE WITH SCARA ROBOT**

Urgency of the research. Interest in this subject is aroused because, in the available sources, this kinematic structure is the least documented, even though it is required in certain applications (fast assembly of small parts,...).

Target setting. The main goal was to design a workplace with a Scara robot. This workplace is used by the student to verify their theoretical knowledge gained from lectures in practice. They can try programming the robot, but also work with the camera system.

Actual scientific researches and issues analysis. In 1961, (USA) the first industrial robot Unimate was put into the industrial practise for General Motors for welding of vehicle body. Since this industrial robot deployment has gone on for many years and many changes have been made in the field of industrial robotics in terms of mechanical properties and industrial robot control systems, taking account the requirements of applications in technical practise.

Uninvestigated parts of general matters defining. This article focuses on analysis of the proposed of workplace with robot of kinematic structure Scara and parts of workplace.

The research objective. The aim of the research was to design and assembly workplace with robot Scara with camera system by Omron.

The statement of basic materials. The analysis consists of basic information about kinematic structure of Scara robots. Based on this knowledge the 3D model of workplace and parts is described.

Conclusions. The robot workplace with the Scara robot and the Omron F150 camera system is designed for students to verify the theoretical knowledge gained from the lectures in practice. At the same time, the workplace can be used to solve and verify the knowledge in solving various projects related to the use of CCTV systems in a robotic workplace. Due to long-term use of the workplace in the educational process, where students were able to intervene in software and hardware equipment, several parts of the workplace were damaged. The next step is to upgrade the entire workplace.

Key words: kinematics scara; camera system; workplace.

Fig.: 7. References: 7.

Problem definition. In 1961, (USA) the first industrial robot Unimate was put into the industrial practise for General Motors for welding of vehicle body. Since this industrial robot deployment has gone on for many years and many changes have been made in the field of industrial robotics in terms of mechanical properties and industrial robot control systems, taking account the requirements of applications in technical practise.

At present, the development of industrial robots accentuate emphasis on the reliability of the robot in operation, on the quality level as well as on the dynamics (speed) of the robot, but also on the accuracy and repeatability of the movements. Technological and handling qualifications depend on the input (load, end load, ...) and output (accuracy and repeatability, track accuracy, ...) parameters. These parameters can be used as a requirement for robot development, diagnosis and testing.

The current trend in the field of robotics use robots structures to construct so-called bounded spatial mechanism built on two kinematic structures either serial or parallel. Parts of these kinematic structures are kinematic couples either translational (R) or rotational (T). TTT, RTT, RRT and RRR are standard robot design structures. From these kinematic structures each specifies the robot properties.

In the applications of robot technology in the production and non-production processes in automation, the demands on the properties of industrial robots (demands for efficiency, safety, reliability, ...) in applications where they are deployed are increasing. The variety of these systems requires new ratings of robots deployed in production and non-production applications, based on practical and theoretical interconnection of knowledge of kinematic structures, theoretical possibilities and operational properties, identification and monitoring of robot parameters, methods of monitoring and measurement of robots.

The issue of assessing the technological and manipulative characteristics of industrial robots requires closer interest. The work deal with by a kinematic structure called Scara, which is a variation of the RRT structure. The meaning of SCARA stands for Selective Compliance Assembly Robot Arm.

Type of kinematic structure Scara. Scara robots, based on an analysis of available literature on their use in practise, are mainly used as assembly robots or handling robots, but there are also applications in other technologies, for example an application of surface coatings (spraying) or for other materials (glue, adhesives etc.), palletizing and depaletisation. Several types of these robots are shown on Fig. 1.



Fig. 1. Scara robots

The robot was built at the University of Yamanashi, led by Professor Hiroshi Makino (1978). Kinematics Scara belongs to RRT mechanical structures. The Scara kinematics was first introduced in 1981 by NEC as the new concept of a mounting robot. The positioning mechanism is categorized (as a subsystem of action mechanism) as a serial arrangement of two rotational (R) and one translational (T) kinematic pair, Fig 2. Kinematics Scara is designed for selected applications, especially in the category of assembly operations. The workspace is a cylindrical solid.

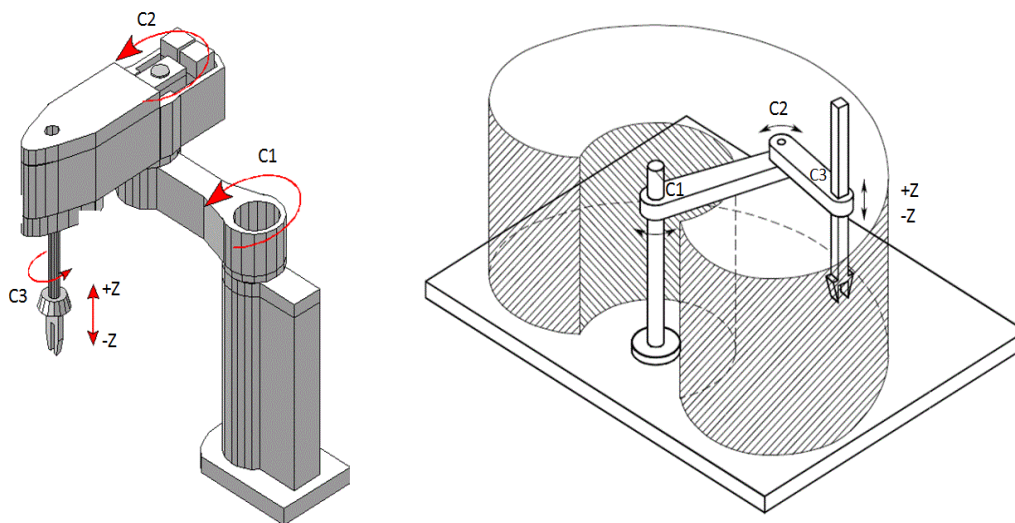


Fig. 2. Structure and manipulation workplace

Kinematics Scara can be described and expressed in comparison with another structure in terms of its typical features, which appear in its applicability. As a comparison of Scara kinematics with TTT type kinematics, speed parameters linked to one-time position repeatability can be mentioned, Fig. 3.

Scara kinematics robots are typical of having lower stiffness compared to the TTT mechanical structure. This is due to the fact that all the joints of the mechanical structure are located at the ends of the arms, i.e. the proportion of matter increases without support, which necessarily leads to greater deflections and consequently to greater inaccuracies. Consequently, Scara robots have a worse load balance, their payload is lower than that of robots with TTT structure. With higher load, the speed of movement decreases.

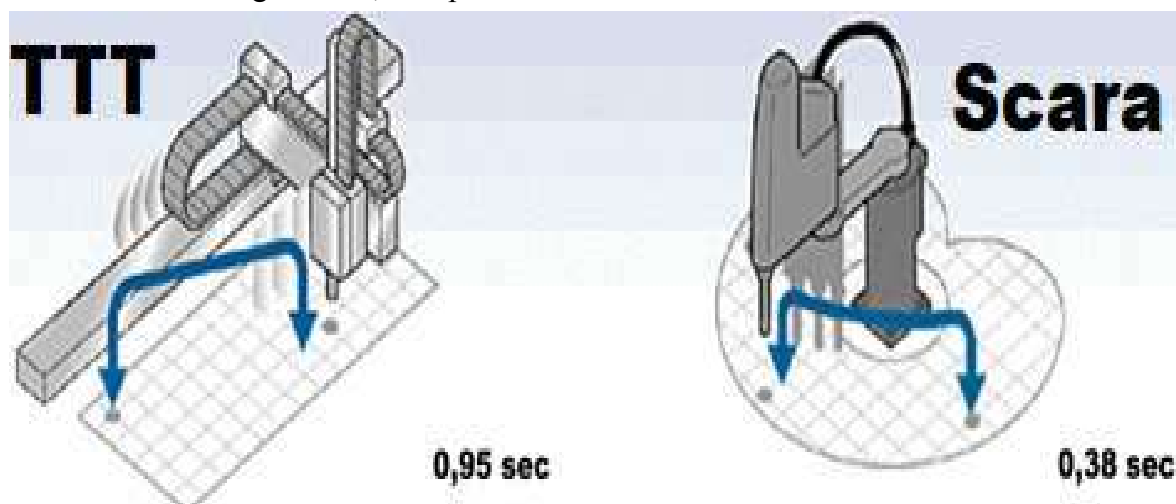


Fig. 3. Comparison kinematics structure TTT and Scara

The construction of the Scara robot guarantees its strength in the vertical direction, while at the same time it offers high flexibility in the horizontal plane. When applying Scara robots in dusty or corrosive environments, it is possible to seal the joints hermetically and create specific design solution for the “clean” environment. Fixing Scara robots affects their application potential. Together with the size of the arms, their arrangement and range of movements, they affect the robots handling capabilities, but also the dimensions and shape of the workspace. In general, it can be stated that by using a suitable assembling method, it is possible to guarantee a sufficiently compact and simple form of installation, Fig. 4.

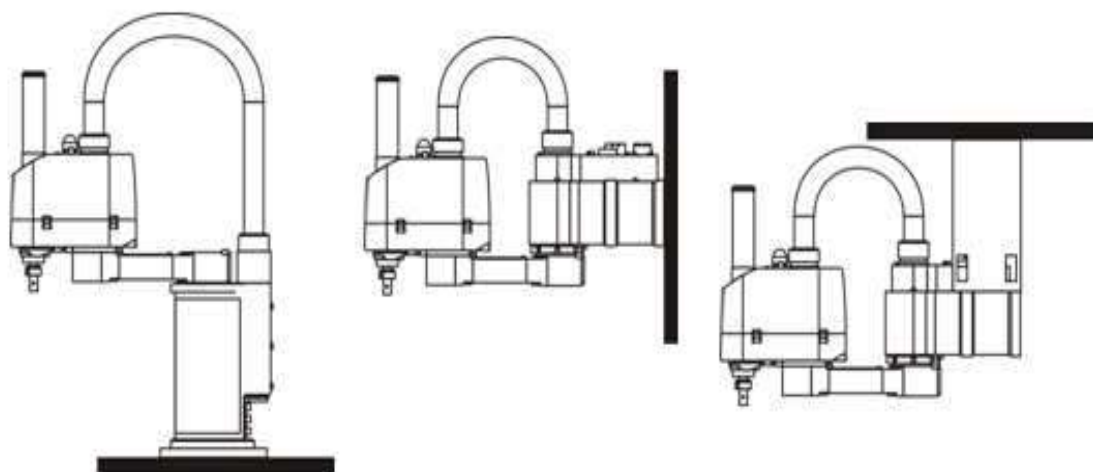


Fig. 4. Positioning of Scara

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Characteristic and parts of Scara. Scara robots are among the fast industrial robots, performing precise assembly work with high flexibility in motion. They have the most frequent four degrees of freedom (DOF). The robotic arm of Scara functions principally as a human arm, so it performs human-like movements (shoulder, elbow and wrist axes). Shoulders are constructed with serial kinematics. The first and second axes of movement are usually rotating, allowing the arm to move horizontally. The third and fourth axes of motion are realized by a screw ball. This allows translational and rotational movement. However, Scara has a wrist motion restriction. This causes the wrist to rotate but cannot tilt. Restriction is an advantage in several types of assembly and palletizing applications. Fig. 5. shows the main components from which the Scara industrial robot is composed.

Characteristic features:

- relatively simple design,
- high stiffness,
- very high accuracy,
- high speed,
- small dimensions,
- high service life and reliability,
- lower maintenance costs.



Fig. 5. Main parts of robot Scara

An experimental workplace. The development of production systems equipment has shifted from classic sensor components to robots with 3D camera systems. This is in particular because approaches are insufficient to meet the new requirements for manipulating, grasping or measuring some parameters. Camera sensors are currently an important element of robot equipment for expanding its peripheral capabilities. At present, research based on a 3D vision and three-dimensional modelling is one of the industries that are the main directions in robotics.

Palette objects can enter a process chaotically arranged, partially oriented or precisely oriented. The first and second cases require that the workplace be equipped with either an orientation device using the various known principles of achieving a given information, such as the use center of gravity, mechanical obstacles etc. or equipping robots with sensors to analyse 2D and 3D scenes.

In general, cameras for product quality control are generally used in industry. The check is carried out by comparing the shapes and geometric characteristics of the manufactured parts with the standard components. These cameras are sometimes inserted during the calibration of the cameras. Another industry application of cameras is to control the progress of technological processes. It belongs here, for example: continuous inspection of machine welding using special cameras. This check is carried out during welding and allows real-time correction of the welding settings of the machine that the welding performs to achieve the optimum welding setting over the entire length. Undoubtedly the progressive trend of deploying camera systems in the industry (and laser scanners) is the ability to capture objects of various shapes and sizes and import them into CAD systems using special software that translates a recorded object into a compatible 3D model.

The development of production systems equipment has shifted from classic sensor components to robots with 3D camera systems. This is in particular because classical approaches are insufficient to meet the new requirements for manipulating, grasping or measuring some parameters. Experimental workplace with robot Scara and camera system, Fig. 6.

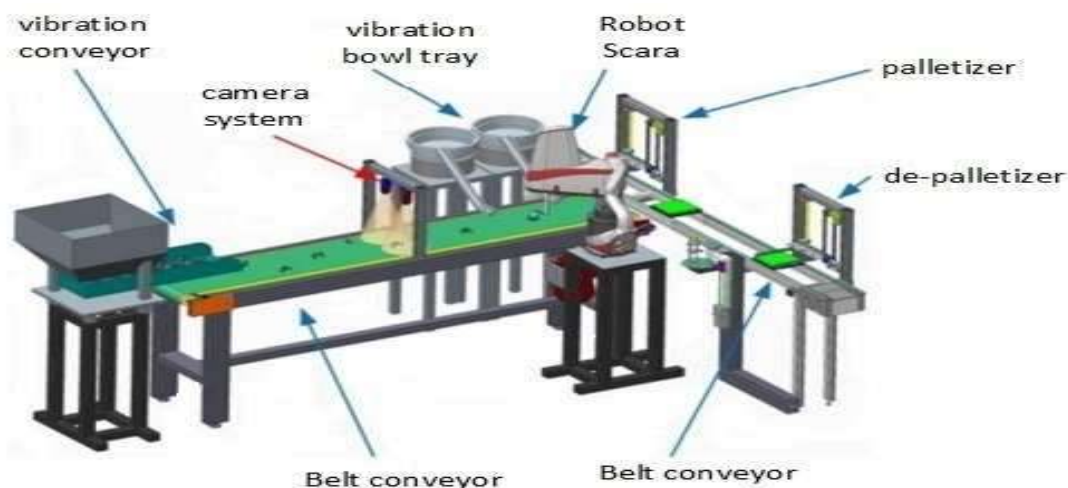


Fig. 6. An experimental workplace

This workplace is composed of several parts:

- vibration conveyor,
- camera system,
- vibration bowl tray,
- robot Scara,
- palletizer,
- de-palletizer,
- belt conveyors.

The real workplace is fitted with the Scara Yamaha YK600X with QRCX control system and the Omron F150-3 camera system. Full control of the workplace is provided by two Omron PLC system CP1H and CP1E. The connection of the camera system to the PLC CP1H controls the PLC CP1E via the RS232C system. The control unit is realized by a touch panel, where it is possible to select from two modes - manual and automatic. The pallet loading is solved using an output conveyor with a palletizing and depalletizing unit.



Fig. 7. An experimental workplace

Conclusions. The robot workplace with the Scara robot and the Omron F150 camera system is designed for students to verify the theoretical knowledge gained from the lectures in practice. At the same time, the workplace can be used to solve and verify the knowledge in solving various projects related to the use of CCTV systems in a robotic workplace. Due to long-term use of the workplace in the educational process, where students were able to intervene in software and hardware equipment, several parts of the workplace were damaged. The next step is to upgrade the entire workplace.

Acknowledgements

This contribution is the result of the project implementation: Aplikovaný výskum systémov inteligentnej manipulácie priemyselných robotov s neorientovanými 3D objektmi, (ITMS:26220220164), supported by the Research & Development operational Program funded by the ERDF.

References

1. *Základy priemyselnej robotiky - Scara roboty*. Retrieved from <http://dailyautomation.sk/scara-roboty>.
2. Buda, J., Kováč, M. *Projektovanie a prevádzka robotizovaných systémov*, Alfa Bratislava, Bratislava 1990, ISBN 80-05-00680-2.
3. *Elektrické pohony ako súčasť mechatronických systémov*. Retrieved from https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/casopisy/atp_2010/pdf/atp-2010-01-34.pdf.
4. Chivarov, N., Galabov, V.: Kinematics of SCARA Robots, In: Problems of Engineering Cybernetics And Robotics, Bulgarian Academy of Science Sofia, Sofia 2018, pp. 51-59.
5. Baláž, V., Vagaš, M., Rusnák, R.: Zvyšovanie inteligencie paletizačno – montážnych robotických buniek na báze CCD kamier, Trends and Innovative Approaches in Business Processes “2015”, Vol. 18.
6. *Kamerové systémy*. Retrieved from https://www.limasoft.cz/omron/pdf/PGB24_Vision_CZ01_0305.pdf.
7. *Yamaha YK600XGL*. Retrieved from https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/ykxg/middle/pdf/index/YK600XGL_E_0707.pdf.

УДК 004.896

*Петер Марцинко, Одрей Юруш***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ РОБОЧЕ МІСЦЕ З РОБОТОМ SCARA**

Актуальність теми дослідження. Інтерес до цієї теми викликаний тим, що в доступних джерелах ця кінематична структура є найменш документованою, хоча вона потрібна в певних програмах (швидке збирання дрібних деталей тощо).

Постановка проблеми. Основною метою було спроектувати робоче місце з роботом Scara. Це робоче місце використовується студентом для перевірки своїх теоретичних знань, отриманих на лекціях на практиці. Вони можуть спробувати програмувати робота, а також працювати з системою технічного зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 1961 році (США) перший промисловий робот Unimate був введений в промислову практику для General Motors для зварювання кузова автомобіля. Після використання промислового робота протягом багатьох років було зроблено багато змін у галузі промислової робототехніки з погляду механічних властивостей і систем управління промисловим роботом з урахуванням вимог застосування в технічній практиці.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Ця стаття присвячена аналізу запропонованого робочого місця з роботом кінематичної структури Scara і окремих частин робочого місця.

Постановка завдання. Метою дослідження було проектування та складання робочого місця з роботом Scara із системою технічного зору на базі камер від Omron.

Виклад основного матеріалу. Аналіз складається з основної інформації про кінематичну структуру роботів Scara. На підставі цих знань описана тривимірна модель робочого місця та його частин.

Висновки відповідно до статті. Робоче місце робота з роботом Scara і системою технічного зору на основі камер Omron F150 призначене для студентів, щоб перевірити теоретичні знання, отримані на практичних заняттях. Водночас робоче місце може використовуватися для вирішення й перевірки знань при виконанні різних проектів, пов'язаних із використанням систем відеоспостереження на роботизованому робочому місці. У зв'язку з довгостроковим використанням робочого місця в навчальному процесі, коли учні могли втручатися в програмне й апаратне обладнання, деякі частини робочого місця були пошкоджені. Наступним кроком є оновлення всього робочого місця.

Ключові слова: кінематика скара; система камер; робоче місце.

Рис.: 7. Бібл.: 7.

Peter Marcinko – PhD student Technical University of Kosice, Department of Robotics, Komenskeho Park 8, 042 00 Kosice, Slovakia.

E-mail: peter.marcinko@tuke.sk

Scopus Author ID: 57200138054

Ondrej Juruš – PhD student, Department of robotic, Technical University of Kosice (Park Komenského 8., 040 01 Košice, Slovakia).

E-mail: ondrj.jurus@tuke.sk

Scopus Author ID: 57201321175

РОЗДІЛ IV. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 613.2.032.33

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-223-229

Юлія Мотузка, Людмила Яценко, Олена Мотузка

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЕНТЕРАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ НА ЕТАПАХ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Актуальність теми дослідження. Тривале зберігання харчових продуктів завжди супроводжується втратами їхньої якості та кількості, зниженням харчової цінності, зміною органолептичних властивостей.

Постановка проблеми. Для гарантування збереженості споживних властивостей продуктів для ентерального харчування протягом встановленого строку зберігання, важливим є здійснення математичного моделювання комплексних показників їхньої якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам моделювання якості харчових продуктів та питанням прогнозування їх збереженості присвячено наукові праці вчених I. Saguy, A. Martinus, VanBoekel, В. С. Гуця, О. А. Коваль та ін.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Перспективним при математичному моделюванні комплексних показників якості продуктів залежно від етапів життєвого циклу та температурних режимів є застосування кінетичного моделювання з урахуванням критичного параметра оптимізації.

Постановка завдання. Метою роботи є здійснення математичного моделювання комплексних показників якості продуктів для ентерального харчування на етапах їх життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу. Визначали одиничні та групові показники органолептичних властивостей, фізико-хімічні показники, біологічну цінність при відносній вологості повітря $75 \pm 5\%$ при трьох температурних режимах зберігання сумішей сухих для ентерального харчування. Встановлено, що при температурному режимі 20 ± 2 °C найбільшій втраті якості продуктів за органолептичними показниками відбуваються на етапах їх транспортування; найбільшій втраті якості за фізико-хімічними показниками – на етапах транспортування до місць реалізації та зберігання в місцях продажу та їх реалізації; найбільшій втраті біологічної цінності – на етапах транспортування до місць реалізації, зберігання в місцях продажу та їх реалізації, транспортуванні та на етапі споживання.

Висновки відповідно до статті. Таким чином, отримано математичні моделі залежності показників якості продуктів для ентерального харчування залежно від етапу їх життєвого циклу. Отримані дані застосовано при встановленні термінів придатності продуктів.

Ключові слова: математичне моделювання; продукти для ентерального харчування; комплексний показник якості; факторний аналіз; метод головних компонент.

Табл.: 3. Бібл.: 8.

Постановка проблеми. Тривале зберігання харчових продуктів завжди супроводжується втратами їхньої якості та кількості, зниженням харчової цінності, зміною органолептичних властивостей [1]. Продукти для ентерального харчування призначені для задоволення потреб осіб, які через специфіку певної хвороби або ураження не можуть споживати традиційні харчові продукти або потребують посиленого харчування [2; 3]. Враховуючи цільову категорію споживачів, до цієї групи продуктів встановлено жорсткі вимоги до показників їх безпечності та якості. Тому для гарантування збереженості споживних властивостей продуктів для ентерального харчування протягом встановленого строку зберігання, важливим є здійснення математичного моделювання комплексних показників їхньої якості на етапах життєвого циклу [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам моделювання якості харчових продуктів присвячено наукові праці вчених I. Saguy, A. Martinus, VanBoekel, В. С. Гуця, О. А. Коваль та ін. [5-6].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Досконала математична модель повинна містити всю інформацію про причини, які впливають на зміни якості продуктів, однак це є неможливим у реальних умовах. Також немає універсальної моделі прогнозування зміни якості для всіх харчових продуктів. Саме тому для кожного продукту має бути розроблена спеціальна математична модель [7]. Оскільки втрати якості продуктів відбуваються переважно під час їх зберігання і є функцією часу, моде-

лі мають будуватися за законами кінетики. Відповідно, надзвичайно перспективним, на нашу думку, при математичному моделюванні комплексних показників якості продуктів залежно від етапів життєвого циклу та температурних режимів є застосування кінетичного моделювання з урахуванням критичного параметра оптимізації [8].

Мета статті. Метою роботи є здійснення математичного моделювання комплексних показників якості продуктів для ентерального харчування на етапах їх життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу. Однією із причин змін показників якості продуктів для ентерального харчування є їх грудкування та прогіркнування, що є результатом недотримання температурного та вологісного режимів та використання пакування з низькими бар'єрними властивостями. Результатом цього є зниження якості продуктів та їх мікробіологічне обсімінення.

Методологію моделювання комплексних показників якості продуктів для ентерального харчування на етапах їх життєвого циклу адаптували на власній розробці – суміші сухій для ентерального харчування «Vitalprod-Combi».

Якість продуктів визначали після закінчення кожного із таких етапів: 1 – виробництво; 2 – пакування; 3 – зберігання 1 міс.; 4 – зберігання 3 міс.; 5 – зберігання 6 міс.; 6 – зберігання 9 міс.; 7 – зберігання 12 міс.; 8 – транспортування до місць реалізації; 9 – зберігання в місцях продажу та їх реалізація; 10 – транспортування до місць споживання; 11 – споживання/використання.

Визначали одиничні та групові показники органолептичних властивостей (зовнішній вигляд, консистенція, колір, смак, запах), фізико-хімічні показники (масова частка вологи, ефективна в'язкість, індекс розчинності, перекисне число), біологічну цінність (вміст вітамінів – аскорбінова кислота, токоферол, фолієва, пантотенова кислоти, тіамін, рибофлавін) при відносній вологості повітря $75 \pm 5\%$ при трьох температурних режимах зберігання продуктів: температурний режим 1 ($t = 20 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$); температурний режим 2 ($t = 30 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$); температурний режим 3 ($t = 4 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$).

Оцінювання втрат якості продуктів для ентерального харчування протягом етапів життєвого циклу товарів здійснювали за таким алгоритмом:

1. Розрахунок комплексних показників якості за допомогою методу головних компонент.

2. Моделювання комплексних показників якості залежно від етапів життєвого циклу та температурного режиму за допомогою регресійних рівнянь.

3. Оцінювання якості регресійних рівнянь.

Комплексний показник якості розраховували як оцінку органолептичних, фізико-хімічних показників та показників біологічної цінності на основі факторного аналізу, а саме методу головних компонент. Процедура факторного аналізу здійснювали в програмі SPSS. Факторний аналіз дозволяє розділити масив змінних на мале число груп, які називаються факторами [8]. Для побудови комплексних показників якості встановлено, що кількість факторів дорівнює «1». В один фактор об'єднуються змінні, які мають щільну кореляцію.

Розрахунок групового показника якості за органолептичними показниками ($Y_{орг}$) полягає в пошуку такої лінійної комбінації змінних $\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \tilde{X}_3, \tilde{X}_4, \tilde{X}_5$, щоб виконувалась умова:

$$Y_{орг} = a_1 \cdot \tilde{X}_1 + a_2 \cdot \tilde{X}_2 + a_3 \cdot \tilde{X}_3 + a_4 \cdot \tilde{X}_4 + a_5 \cdot \tilde{X}_5, \quad (1)$$

де a_j визначається з матриці коефіцієнтів оцінок;

$$j = 1, \dots, 5;$$

$$\tilde{X}_{jt} = \frac{X_{jt} - \bar{X}_j}{S_j}; \quad (2)$$

$$\bar{X}_j = \frac{1}{T'} \sum_{t=1}^{T'} X_{jt}; \quad (3)$$

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{T'-1} \sum_{t=1}^{T'} (X_{jt} - \bar{X}_j)^2}, \quad (4)$$

де T' – номер етапу життєвого циклу (1, ..., 11);

X_{1t} – фактичне значення показника зовнішній вигляд на етапах життєвого циклу (VAR 1);

X_{2t} – фактичне значення показника консистенція на етапах життєвого циклу (VAR 2);

X_{3t} – фактичне значення показника колір на етапах життєвого циклу (VAR 3);

X_{4t} – фактичне значення показника смак на етапах життєвого циклу (VAR 4);

X_{5t} – фактичне значення показника запах на етапах життєвого циклу (VAR 5);

\tilde{X}_{1t} – еталонне значення показника зовнішнього вигляду;

\tilde{X}_{2t} – еталонне значення показника консистенції;

\tilde{X}_{3t} – еталонне значення показника кольору;

\tilde{X}_{4t} – еталонне значення показника запаху;

\tilde{X}_{5t} – еталонне значення показника смаку.

Розрахунок групового показника якості за фізико-хімічними показниками ($Y_{\phi x}$) полягає в пошуку такої лінійної комбінації стандартизованих змінних $\tilde{X}_6, \tilde{X}_7, \tilde{X}_8, \tilde{X}_9$, щоб виконувалась умова:

$$Y_{\phi x} = a_1 \cdot \tilde{X}_6 + a_2 \cdot \tilde{X}_7 + a_3 \cdot \tilde{X}_8 + a_4 \cdot \tilde{X}_9, \quad (5)$$

де X_{6t} – фактичне значення показника ефективної в'язкості на етапах життєвого циклу;

X_{7t} – фактичне значення показника масової частки вологи на етапах життєвого циклу;

X_{8t} – фактичне значення показника індексу розчинності на етапах життєвого циклу;

X_{9t} – фактичне значення показника перекисного числа на етапах життєвого циклу;

\tilde{X}_{6t} – рекомендоване значення показника ефективної в'язкості;

\tilde{X}_{7t} – нормативне значення показника масової частки вологи;

\tilde{X}_{8t} – нормативне значення показника індексу розчинності;

\tilde{X}_{9t} – рекомендоване значення показника перекисного числа.

Розрахунок групового показника якості за показниками біологічної цінності ($Y_{\phi u}$) полягає в пошуку такої лінійної комбінації стандартизованих змінних $\tilde{X}_{10}, \tilde{X}_{11}, \tilde{X}_{12}, \tilde{X}_{13}$, щоб виконувалась умова:

$$Y_{\phi u} = a_1 \cdot \tilde{X}_{10} + a_2 \cdot \tilde{X}_{11} + a_3 \cdot \tilde{X}_{12} + a_4 \cdot \tilde{X}_{13}, \quad (6)$$

де X_{10t} – фактичний вміст аскорбінової кислоти на етапах життєвого циклу;

X_{11t} – фактичний вміст токоферолу на етапах життєвого циклу;

X_{12t} – фактичний вміст рибофлавіну на етапах життєвого циклу;

X_{13t} – фактичний вміст тіаміну на етапах життєвого циклу;

\tilde{X}_{10t} – рекомендоване значення вмісту аскорбінової кислоти;

\tilde{X}_{11t} – рекомендоване значення вмісту токоферолу;

\tilde{X}_{12t} – рекомендоване значення вмісту рибофлавіну;

\tilde{X}_{13t} – рекомендоване значення вмісту тіаміну.

У методі головних компонент використовували стандартизовані дані – автоматична процедура пакета SPSS.

Для оцінювання придатності вхідних даних використано критерій Кайзера-Мейєра-Олкіна (критерій КМО) та критерій сферичності Бартлетта. Критерій КМО – величина, що характеризує ступінь можливості застосування факторного аналізу до даних змінних: більше 0,9 – безумовна адекватність; більше 0,8 – висока адекватність; більше 0,7 – прийнятна адекватність; більше 0,6 – задовільна адекватність; більше 0,5 – низька адекватність; менше 0,5 – факторний аналіз непридатний до змінних.

Критерій сферичності Бартлетта – критерій корельованості змінних (нульова гіпотеза свідчить про відсутність зв'язку між змінними). Значення р-рівня, менше 0,05, вказує на те, що дані цілком прийнятні для проведення факторного аналізу, оскільки кореляції між змінними є істотними [8].

Для виявлення кореляційних взаємозв'язків між змінними розраховували кореляційну матрицю. Якщо в кожному рядку матриці є значення коефіцієнта кореляції, що перевищує 0,3, то це також свідчить, що змінні можна використовувати для подальшого аналізу.

Розрахунки комплексних показників якості здійснено для трьох температурних режимів зберігання продуктів для ентерального харчування. У роботі наведено розрахунки узагальнених показників якості для температурного режиму 1. Про придатність вхідних змінних для реалізації факторного аналізу свідчать значення критерію КМО (більше 0,5) та р-значення для критерію сферичності Бартлетта (менше 0,05).

Кореляційна матриця змінних представлена в табл. 1. Оскільки в кожному рядку кореляційної матриці є кореляційний коефіцієнт, значення якого більше, ніж 0,3, а також у кожному рядку є значущі коефіцієнти кореляції (р-значення нижче, ніж 0,05), то змінні, що досліджуються, є придатними для здійснення факторного аналізу.

Таблиця 1

Кореляційна матриця органолептичних показників для температурного режиму 1

		VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5
Кореляція	VAR1	1,000	0,927	0,897	0,918	0,965
	VAR2	0,927	1,000	0,885	0,883	0,845
	VAR3	0,897	0,885	1,000	0,753	0,827
	VAR4	0,918	0,883	0,753	1,000	0,948
	VAR5	0,965	0,845	0,827	0,948	1,000
Значення (1-стороння)	VAR1	-	0,000	0,000	0,000	0,000
	VAR2	0,000	-	0,000	0,000	0,001
	VAR3	0,000	0,000	-	0,004	0,001
	VAR4	0,000	0,000	0,004	-	0,000
	VAR5	0,000	0,001	0,001	0,000	-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Дані табл. 2 містять характеристики виділених факторів: їх порядкові номери, суми квадратів навантажень, відсоток загальної дисперсії, зумовленої фактором, і відповідний кумулятивний (накопичений) відсоток.

Таблиця 2

*Повна пояснювальна дисперсія органолептичних показників
для температурного режиму 1*

Компонента	Початкові власні значення			Суми квадратів навантажень вилучення		
	всього	дисперсії %	кумулятивний %	всього	дисперсії %	кумулятивний %
1	4,542	90,849	90,849	4,542	90,849	90,849
2	0,282	5,647	96,496	-	-	-
3	0,133	2,652	99,148	-	-	-
4	0,038	0,763	99,911	-	-	-
5	0,004	0,089	100,000	-	-	-

Відомо, що чим більший відсоток дисперсії, зумовленої фактором, тим більшу вагу має цей фактор. Чим більший кумулятивний відсоток, накопичений до останнього фактора, тим більш значущим є факторне рішення. Якщо цей накопичений відсоток менше 50 %, слід або зменшити кількість змінних, або збільшити кількість факторів. У нашому випадку накопичений відсоток дисперсії цілком прийнятний для використання одного фактора. Аналогічно здійснювали розрахунки для комплексних показників якості за фізико-хімічними показниками та показниками біологічної цінності.

Отже, усі основні результати розрахунків підтверджують можливість об'єднання показників якості продуктів для ентерального харчування в три основні групи, що представлені в табл. 3.

Таблиця 3

*Комплексний показник якості продуктів для ентерального харчування
на етапах життєвого циклу*

Етапи	Комплексний показник якості органолептичних показників	Комплексний показник якості фізико-хімічних показників	Комплексний показник якості показників біологічної цінності
1	0,94901	1,04417	1,05394
2	0,94901	1,03526	1,00976
3	0,94901	0,95672	0,89062
4	0,70034	0,78746	0,52667
5	0,43225	0,47234	0,43169
6	0,30127	0,27579	0,32977
7	0,30127	-0,02918	0,1334
8	-0,36939	-0,38559	-0,30257
9	-0,89628	-1,17065	-0,72583
10	-1,65824	-1,38297	-1,30972
11	-1,65824	-1,60337	-2,03774

Примітка. 1 – виробництво; 2 – пакування; 3 – зберігання 1 міс.; 4 – зберігання 3 міс.; 5 – зберігання 6 міс.; 6 – зберігання 9 міс.; 7 – зберігання 12 міс.; 8 – транспортування до місць реалізації; 9 – зберігання в місцях продажу та їх реалізація; 10 – транспортування до місць споживання; 11 – споживання/використання.

Отже, на основі математичного моделювання комплексних показників якості продуктів для ентерального харчування на етапах їх життєвого циклу встановлено, що при температурному режимі 20 ± 2 °C найбільші втрати якості продуктів за органолептичними показниками відбуваються на етапах їх транспортування; найбільші втрати якості за фізико-хімічними показниками – на етапах транспортування до місць реалізації та зберіганні у місцях продажу та їх реалізації; найбільші втрати біологічної цінності – на етапах транспортування до місць реалізації, зберіганні в місцях продажу та транспортуванні до місць споживання та на етапі споживання/використання.

Висновки відповідно до статті. Таким чином, на основі узагальнення результатів проведених досліджень отримано математичні моделі залежності показників якості продуктів для ентерального харчування залежно від етапу їх життєвого циклу. Отримані дані застосовано при встановленні термінів придатності продуктів.

Список використаних джерел

1. Грищенко Ф. В. Якість харчових продуктів: аналітичний огляд наукових праць / Ф. В. Грищенко, Н. О. Зареченська // Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2015 – № 5. – С. 37–42.
2. Saguy I. Modeling of quality deterioration during food processing and storage / I. Saguy, M. Karel // *Food Technology*. – 1980. – № 2. – P. 34.
3. Martinus A. Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review / A. Martinus, Van Boekel // *Food Science and Food Safety*. – 2008. – № 7. – P. 144–158.
4. Мотузка Ю. М. Управління якістю продуктів для ентерального харчування: процесно-орієнтований підхід / Ю. М. Мотузка // *Товари і ринки*. – 2017. – № 1. – С. 16–26.
5. Гуць В. С. Моделирование показателей качества пищевых продуктов и прогнозирование срока их годности / В. С. Гуць // *Упаковка*. – 2009. – № 3. – С. 30–34.
6. Коваль О. А. Кінетична теорія моделювання якості й прогнозування терміну придатності харчових продуктів / О. А. Коваль, В. С. Гуць // *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. – 2008. – № 2. – С. 67–74.
7. Сидоренко О. В. Наукове обґрунтування і формування споживних властивостей продуктів з прісноводної риби та рослинної сировини : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / Сидоренко Олена Володимирівна ; Київський національний торговельно-економічний університет. – К., 2009. – 327 с.
8. Наследов А. IBM SP SS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных / А. Наследов. – СПб. : Питер, 2013. – 416 с.

References

1. Hryshchenko, F. V., Zarechenska, N. O. (2015). Yakist kharchovykh produktiv: analitychnyi ohliad naukovykh prats [Quality of foods: an analytical review of scientific works]. *Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist – Standardization. Certification. Quality*, 5, 37–42 [in Ukrainian].
2. Saguy, I., Karel, M. (1980). Modeling of quality deterioration during food processing and storage. *Food Technology*, 2, 78-85 [in English].
3. Boekel, M. A. J. S. van. (2008). Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review. *Food Science and Food Safety*, 7, 144–158 [in English].
4. Motuzka, Yu. M. (2017). Upravlinnia yakistiu produktiv dlia enteralnogo kharchuvannia: protsesno-orientovanyi pidkhid [Quality management of enteral nutrition foods: the process-oriented approach]. *Tovary i rynky – Commodities and markets*, 1, 16–26 [in Ukrainian].
5. Guts, V. S. (2009). Modelirovaniye pokazateley kachestva pishchevykh produktov i prognozirovaniye sroka ikh godnosti [Modeling of quality indicators of foods and forecasting of their suitability terms]. *Upakovka – Packaging*, 3, 30–34 [in Russian].
6. Koval, O. A., Huts, V. S. (2008). Kinetychna teoriia modeliuvannia yakosti y prohnozuvannia terminu prydatnosti kharchovykh produktiv [The kinetic theory of modeling of quality and forecasting of suitability terms of foods]. *Tovary i rynky – Commodities and markets*, 2, 67–74 [in Ukrainian].
7. Sydorenko, O. V. (2009). Naukove obgruntuvannia i formuvannia spozhyvnykh vlastyvoستي produktiv z prysnovodnoi ryby ta roslynnoi syrovyny [Scientific justification and formation of nutritional properties of foods made of fresh water fish and vegetable raw materials]. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Nasledov, A. (2013). *IBM SP SS Statistics 20 i AMOS: professionalnyy statisticheskiy analiz dannykh [IBM SP SS Statistics 20 and AMOS: professional statistical analysis of data]*. Saint Petersburg: Piter [in Russian].

Iuliia Motuzka, Ludmila Yaschenko, Olena Motuzka

MATHEMATICAL MODELING OF COMPLEX QUALITY INDICATORS FOR ENTERAL NUTRITION FOODS BY PHASE OF THEIR LIFE CYCLE

Urgency of the research. *The prolonged storage of foods always decreases their quality and amount, nutritional value, and changes their organoleptic properties.*

Target setting. *Mathematical modelling of complex quality indicators is an important means to guarantee that the nutrition properties of enteral nutrition foods are preserved during the preset period of storage.*

Actual scientific research and issues analysis. *Problems involved in the modeling of food quality and issues of forecasting its preservation are in focus of research works by I. Saguy, A. Martinus, VanBoekel, V. S. Huts, O. A. Koval, and others.*

Uninvestigated parts of general matters defining. *Application of kinetic modeling with account to the critical parameter of optimization is an advanced approach to mathematical modeling of complex quality indicators of foods by phase of life cycle and temperature regime.*

The research objective. *The objective is to perform mathematical modeling of complex quality indicators of enteral nutrition foods by phase of their life cycle.*

The statement of basic materials. *Single and group indicators of organoleptic properties, physical-chemical indicators and biological value are determined given the relative air humidity $75 \pm 5\%$ and three temperature regimes for storage of dry mixtures for enteral nutrition. It is found that when the temperature regime is $20 \pm 2^\circ\text{C}$, the largest quality losses in foods by organoleptic indicators will occur at the phases of their transportation; the largest quality losses by physical-chemical indicators will be at the phases of transportation to the locations of distribution and at the storage in the locations of distribution; the largest quality losses by biological value will occur at the phases of transportation to the locations of distribution, storage in the locations of distribution, transportation, and at the phase of consumption.*

Conclusions. *Mathematical models for the dependence of quality indicators of enteral nutrition foods are constructed by phase of the life cycle. The produced data can be used in setting the time limits of foods suitability.*

Keywords: *mathematical modeling; enteral nutrition foods; complex quality indicator; factor analysis; principal components method.*

Table: 3. References: 8.

Мотузка Юлія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, управління безпечністю та якістю, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото 19, м. Київ, 02156, Україна).

Motuzka Iuliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Commodity Science, Management of Safety and Quality, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kioto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: unmot@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0400-6445>

Ященко Людмила Олександрівна – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу економічних досліджень, Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук (вул. Є. Сверстюка, 4-А, м. Київ, 02002, Україна).

Yashchenko Ludmila – PhD in Economics, Senior Researcher, Senior Research of Department for Economic Studies, Food Resources Institute of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (4A E. Sverstiuk. Str., 02002 Kyiv, Ukraine).

E-mail: lud_ya@ukr.net

Мотузка Олена Миколаївна – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки та менеджменту зовнішньоекономічної діяльності, Національна академія статистики, обліку та аудиту (вул. Підгірна, 1, м. Київ, 02156, Україна).

Motuzka Olena – PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Management of Foreign Economic Activity of the National Academy of Statistics, Accounting and Audit (1 Pidhirna Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: olmotuzka@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9028-6994>

ResearcherID: K – 6501-2018

УДК 664.64.022.39

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-230-237

Олеся Савченко, Марина Лемеш, Дмитро Гунько, Ольга Сиза, Вікторія Челябієва

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСКАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЦЮ БОЛГАРСЬКОГО СУХОГО

Актуальність теми дослідження. Харчова промисловість із кожним роком стрімко розвивається в усіх напрямках, особливо в напрямку підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів.

Постановка проблеми. Коливання якості сировини, прискорені технології з використанням поліпшувачів і консервантів, проблема дефіциту в борошняних напівфабрикатах вітамінів, мікро- та макроелементів зумовлюють зниження якості хлібобулочних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових публікаціях показана перспективність введення в рецептуру хлібобулочних виробів рослинних компонентів із високим вмістом біологічно активних речовин, які підвищують харчову цінність готової продукції та поліпшують технологічні показники хліба.

Виділення не досліджених частин загальної проблеми. Особливої уваги для вирішення проблеми дефіциту в борошняних напівфабрикатах вітамінів, мікро- та макроелементів заслугоує овочева сировина. Одним із перспективних напрямків наукових досліджень є використання в хлібопекарській справі перцю Болгарського. Аналіз публікацій показав, що на сьогодні перець Болгарський сухий не отримав значного поширення при використанні як поліпшувач.

Постановка завдання. Розробка технології виробництва житньо-пшеничного хліба на заквасках спонтанного бродіння з використанням сухого перцю Болгарського.

Виклад основного матеріалу. Розроблена рецептура приготування житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння з додаванням перцю Болгарського сухого в кількості від 2 до 6 % до маси борошна. Дослідженнями встановлено, що під час молочнокислого бродіння в заквасках та тісті збільшується вміст вітаміну С, вільних амінокислот та зменшується кількість важких металів.

Висновки відповідно до статті. Показано доцільність використання перцю Болгарського в технології житньо-пшеничного хліба для підвищення ферментативної активності молочнокислих бактерій, скорочення тривалості технологічного процесу. Отримані зразки житньо-пшеничного хліба з додаванням Болгарського перцю сухого мають приємні органолептичні властивості, пористу м'якушку, привабливий колір із золотистою скоринкою.

Досліджено підвищення харчової цінності житньо-пшеничного хліба шляхом введення перцю Болгарського сухого подрібненого. Додаток збагачує вироби вітамінами, макро- і мікроелементами, не викликає зниження споживчих та технологічних властивостей хліба. Використання перцю Болгарського підвищує ферментативну активність молочнокислих бактерій, що скорочує тривалість технологічного процесу приготування хліба.

Ключові слова: перець Болгарський сухий; закваска спонтанного бродіння; мікроелементи; вітаміни; якість хліба.

Рис.: 2. Табл.: 5. Бібл.: 5.

Актуальність теми дослідження. Харчова промисловість із кожним роком стрімко розвивається в усіх напрямках, особливо в напрямку підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів, розширення їх асортименту та удосконалення технологічного процесу їх виробництва [1].

Постановка проблеми. Коливання якості сировини, прискорені технології з використанням поліпшувачів і консервантів, проблема дефіциту в борошняних напівфабрикатах вітамінів, мікро- та макроелементів зумовлюють зниження якості хлібобулочних виробів. Перспективним напрямком вирішення зазначених проблем є удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів за рахунок використання природної рослинної сировини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Введення в рецептуру хлібобулочних виробів рослинних компонентів із високим вмістом біологічно активних речовин підвищує харчову цінність готової продукції та поліпшує технологічні показники хліба [1-6]. Високою біологічною цінністю відрізняється хліб із додаванням пророщеного протягом доби зерна пшениці [6]. Мають попит у населення сорти хліба з додаванням насіння олійних і зернових культур. Проведені дослідження з харчовою добавкою «Тиквіта», що містить насіння гарбуза, кунжуту й подрібнених злаків. Додавання в рецептуру хліба порошку топінамбура, що містить інулін і різні вітаміни, робить його особливо корисним для діабетиків [6]. Запропоновано використання обліпихи та її пектинових екстрактів як біологічно активної добавки при виробництві вітамінізованих хлібобулочних виробів [7]. Водні екстракти із квітів липи, листя кропиви знайшли своє застосування в технології хліба [8]. Отримано дані про позитивний вплив пектинового екстракту плодів глоду на хлібопекарські властивості пшенично-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

го борошна й органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба. Також досліджені фізіологічні властивості ХБВ з екстрактом глоду, а саме взаємодію пектинових речовин, здатних до комплексоутворення, з іонами важких металів і виведення їх з організму [9].

Ученими запропоновано збагачувати пшеничні сорти хліба порошком із сушених плодів шипшини для підвищення їхньої харчової цінності. Завдяки високому вмісту аскорбінової кислоти порошок є природним хлібопекарським поліпшувачем, який інтенсифікує процес бродіння тіста та надає продукту приємного смаку [10]. Встановлено, що використання порошку з плодів та насіння шипшини дозволяє сповільнити окисне псування харчових продуктів завдяки високому вмісту в ньому антиоксидантів – аскорбінової кислоти, каротину, фенольних сполук [11].

Досліджено підвищення біологічної та харчової цінності пшеничного хліба шляхом введення оздоровчої добавки на основі зелених паростків пшениці, яка збагачує вироби вітамінами, макро- і мікроелементами. Використання харчової добавки активізує діяльність дріжджів, що скорочує тривалість приготування пшеничного хліба [12].

Особливої уваги для вирішення проблеми дефіциту в борошняних напівфабрикатах вітамінів, мікро- та макроелементів заслуговує овочева сировина. Одним із перспективних напрямків наукових досліджень є використання в хлібопекарській справі перцю Болгарського солодкого. Перець Болгарський солодкий у своєму складі має: грубу клітковину, жири, білки, амінокислоти, вуглеводи, антиоксиданти, ефірні масла, вітаміни (бета-каротин, групи В, С, Е, РР, Н), солі калію і натрію, фтор, магній, залізо, хром, цинк, мідь, марганець, кобальт, йод і безліч інших мінеральних речовин, що дає змогу інтенсифікувати процес бродіння та скоротити технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів. Вміст дефіцитних для борошняних напівфабрикатів вітамінів, мікро-, макроелементів дозволяє розглядати фітодобавку як перспективні збагачувачі поживних середовищ для розвитку бродильної мікрофлори. Отже, актуальна розробка технологій виробництва житньо-пшеничного хліба на заквасках із використанням перцю Болгарського сухого як біостимулятора ферментативних процесів, як поліпшувача структурно-механічних властивостей тіста. Оригінальний смак та аромат, висока біологічна активність добавки розширить асортимент продукції, створить хліб зі скорегованими фізіологічними властивостями. Використання перцю Болгарського дозволить зменшити використання синтетичних стабілізаторів якості та консервантів на підприємствах галузі, поліпшити екологічний стан готової продукції, харчову цінність, споживчі властивості, подовжити термін збереження її якості.

Мета роботи. Розробка технології виробництва житньо-пшеничного хліба на заквасках спонтанного бродіння з використанням сухого перцю Болгарського.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливості приготування тіста з використанням житнього борошна зумовлені його хлібопекарськими властивостями, а саме – станом вуглеводно-амілазного й білково-протеїназного комплексів. У зв'язку з цим технологія житніх і житньо-пшеничних сортів хліба передбачає приготування тіста на мікробіологічних заквасках, які створюють необхідний рівень кислотності тіста, зниження активності амілолітичних ферментів.

У разі відсутності чистих культур молочнокислих бактерій закваски можна вивести спонтанним зброджуванням, у процесі якого заквашування здійснюється мікрофлорою, внесеною з борошном.

Готували рідку закваску вологістю 71 % з борошна q води, залишали її заквашуватись при температурі 30-32 °С до кислотності 13-14 град. Після цього закваску поновлювали шляхом відбору половини її маси і додання такої ж кількості свіжеприготовленої для живлення суміші із борошна і води, і знову заквашували до 13-14 град. Для накопичення мікрофлори, оптимальної для отримання хліба високої якості, проводили багаторазове оновлення закваски для того, щоб у ній встановилася активна мікрофлора.

Одним із найважливіших показників, який характеризує хід технологічного процесу, є показник кислотності закваски й тіста. Кислотонакопичення в заквасці та тісті впливає на ступінь пептизації білків, активність α -амілази, структурно-механічні властивості тіста. Крім цього, накопичення в тісті молочної, оцтової та інших органічних кислот надає житньому хлібу властивого йому смаку й аромату. Для активізації процесів бродіння закваски і тіста та підвищення харчової цінності хліба вносили Болгарський перець сухий подрібнений. Результати досліджень свідчать, що кислотонакопичення зразків закваски збільшується в 1,5–2,0 рази відповідно до вмісту в ній Болгарського перцю від 2 до 6 % до маси борошна. Додаток активізує молочнокисле бродіння та зменшує підйомну силу закваски з 40 до 20 хв.

Розроблена рецептура приготування житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння з додаванням перцю Болгарського сухого (табл. 1).

Таблиця 1

Рецептура житньо-пшеничного хліба на заквасці спонтанного бродіння

Сировина	Контрольний зразок	Зразки хліба з додаванням перцю Болгарського до маси борошна		
		2 %	4 %	6 %
Борошно пшен. в/с, г	250	250	250	250
Борошно житнє обдирне, г	70	70	70	70
Сіль, г	5	15	15	15
Закваска, г	400	400	400	400
Перець Болгарський, г	-	8,7	17,4	26,4

Тісто готували двофазним способом. Внесення перцю Болгарського сухого забезпечує тістовим заготовкам кращу пластичність, газотримуючу здатність. У процесі дослідження кислотності тіста було помічено, що зі збільшенням вмісту добавки Болгарського перцю сухого в зразках кислотність зростає порівняно з контрольним на 10–20 %. Саме наявність у перці великої кількості вітамінів, мікро- та макроелементів необхідних для життєдіяльності молочнокислих бактерій активує процес бродіння тіста та кислотонакопичення в ньому. Це дає змогу гальмувати дію α -амілази при випіканні хліба, скорочувати період утворення під її впливом низькомолекулярних декстринів, що запобігає підвищенню липкості м'якушки.

Якість хліба оцінювали шляхом проведення пробних лабораторних випічок тіста, що приготовані із житнього та пшеничного борошна на житній заквасці спонтанного бродіння з додаванням перцю Болгарського сухого в різному відсотковому співвідношенні, солі та контролю без перцю. За органолептичними показниками визначали форму хліба, колір і зовнішній вигляд скоринки, смак і запах (рис. 1). Оцінювали якість хлібної продукції за її фізико-хімічними властивостями – вологістю, кислотністю, пористістю. Фізико-хімічні дослідження проводили відповідно до діючих методик: вологості хліба – за ГОСТ 21094-75, пористості хліба – ГОСТ 5669-96, кислотності – прискореним методом ГОСТ 5670-96, крихкуватість визначали шляхом зважування крихт, що утворилися внаслідок струшування 5 г наважки в конічній колбі об'ємом 250 см³; намокаємість визначали за методикою установаження кількості води, яку здатна поглинути м'якушка хліба.

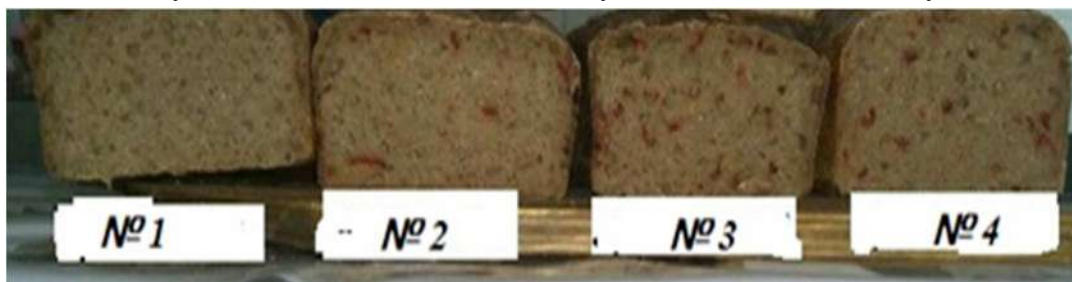


Рис. 1. Зразки випеченого хліба з різною концентрацією перцю Болгарського сухого: 1 – контроль; 2 – 2 % перцю; 3 – 4 % перцю; 4 – 6 % перцю до маси борошна

Таблиця 2

Органолептичні показники готових виробів

Показник	Контроль	2 % перцю	4 % перцю	6 % перцю
Колір і стан поверхні	Гладенька, рівномірна, присутні невеличкі підриви	Гладенька, рівномірна, присутні невеличкі підриви	Гладенька, рівномірна присутні невеличкі підриви	Гладенька, рівномірна, присутні невеличкі підриви
Колір і стан м'якушки	Сіра, пориста	Сіра, з ледь помітними включеннями перцю, дрібнопориста товстостінна	Сіра з помітними включеннями перцю, дрібнопориста товстостінна	Сіра з червонуватим відтінком, яскраво виражені включення перцю, дрібнопориста, товстостінна
Смак	Властивий цьому виду виробів, з ледь помітним кислуватим присмаком	Властивий цьому виду виробів, з ледь помітним кислуватим присмаком і легким присмаком перцю	Властивий цьому виду виробів, з ледь помітним кислуватим присмаком і смаком перцю	Властивий цьому виду виробів, з помітним кислуватим присмаком і яскраво вираженим смаком перцю
Запах	Властивий цьому виду виробів без сторонніх	Властивий цьому виду виробів без сторонніх, з ледь помітним запахом перцю	Властивий цьому виду виробів з добре вираженим запахом перцю	Властивий цьому виду виробів з яскраво вираженим запахом перцю

Отримані зразки житньо-пшеничного хліба з додаванням Болгарського перцю сухого мають приємні органолептичні властивості, пористу м'якушку, привабливий колір із золотистою скоринкою. Включення їх у раціон харчування сприяє поліпшенню здоров'я і підвищенню імунної опірності організму. Результати дослідження органолептичних показників готових виробів наведено в табл. 2.

Поліпшуються органолептичні й фізико-хімічні показники якості хлібобулочних виробів: колір і структура пористості м'якушки хліба, а також його смак і аромат. Крім того, добавка перцю знижує швидкість зміни крохмалю і білкової частини м'якушки при зберіганні, що зумовлює більший термін використання.

Вологість одержаних виробів становить 48,65–50,25 % (табл. 3), кислотність, зумовлена життєдіяльністю молочнокислих бактерій, становить для досліджуваних зразків 7,8-11,4 град.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники випечених зразків

Назва показника	Значення показників якості досліджуваного хліба			
	контроль	2 % перцю	4 % перцю	6 % перцю
Вологість м'якушки, %	50,25	49,7	49,7	48,65
Кислотність м'якушки, град	7,8	9,1	10,0	11,4
Пористість м'якушки, %	61,5	60,2	61,61	62,45
Крихкуватість м'якушки, %	1,25	1,28	1,76	2,73
Вода, яку поглинає м'якушка, %	102,17	243,12	182,9	175,9

Пористість хліба – це відношення об'єму пор м'якушки до загального об'єму м'якушки, яке виражають у відсотках. Пористість житньо-пшеничного хліба має бути не менше 55-56 %. Результати проведених досліджень показали, що пористість хліба з додаванням 4 % перцю Болгарського сухого подрібненого підвищується до 61,61 %; 6 % перцю – 62,45 %. При цьому пористість зразків – без порожот і ущільнень (табл. 3). Чим вища пористість виробів, тим довше вони зберігають свіжість. Добре розпушений хліб із рівномірною дрібною тонкостінною пористістю краще просочується соками системи травлення і тому повніше засвоюється організмом.

Визначення вмісту Цинку, Купруму, Кадмію, Плюмбуму (табл. 4) проводили після озолення вихідної сировини і в їх екстрактах атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Semy C-115 M 1; Меркурію – методом холодного пару за допомогою спектрофо-

тометра ГРГ-107 Кортек; Арсену – за допомогою атомно-адсорбційного спектрофотометра з термічною автоматизацією Varian Spectr AA 240 Z за методикою, викладеною в ГОСТ 26929-86 «Сырьё и продукты пищевые. Методы определения токсичных элементов».

Таблиця 4

Вміст токсичних елементів

Важкий метал, мг/100 г продукту	Закваска щойно приготована	Закваска зброджена протягом 7 діб	Контрольний зразок хліба	Хліб з перцем 4,0 %	Допустимий рівень, не більше, мг/100 г продукту
Цинк мг/кг	6,57881	6,57881	9,20884	5,59867	25,0
Купрум мг/кг	0,78380	0,51097	1,03366	1,01113	5,00
Меркурій (Hg), мг/кг	0,0070	0,00365	0,00379	0,00330	0,01
Кадмій (Cd), мг/кг	0,01122	0,00784	0,01597	0,00650	0,05
Плюмбум (Pb), мг/кг	0,47726	0,13357	0,23215	0,12026	0,30
Арсен (As), мг/кг	0,03090	0,01860	0,0272	0,02000	0,10

Результати визначення вмісту важких металів у досліджуваних зразках заквасок представлено на рис. 2 та табл. 4. Дослідженнями встановлено, що під час молочнокислого бродіння в заквасках та тісті зменшується кількість важких металів та збільшується вміст вітаміну С і вільних амінокислот. У збродженій протягом 7 діб заквасці вміст важких металів знижується в 1,5–3,6 раза.

Кількість токсичних елементів у хлібі контрольного зразка та зразка з дозуванням перцю Болгарського сухого (4 % до маси борошна) не перевищують допустимі рівні (табл. 4). У хлібі з додаванням перцю Болгарського вміст важких металів знижується: Меркурію, Арсену та Плюмбуму – у 2, а Кадмію – 2,5 раза.

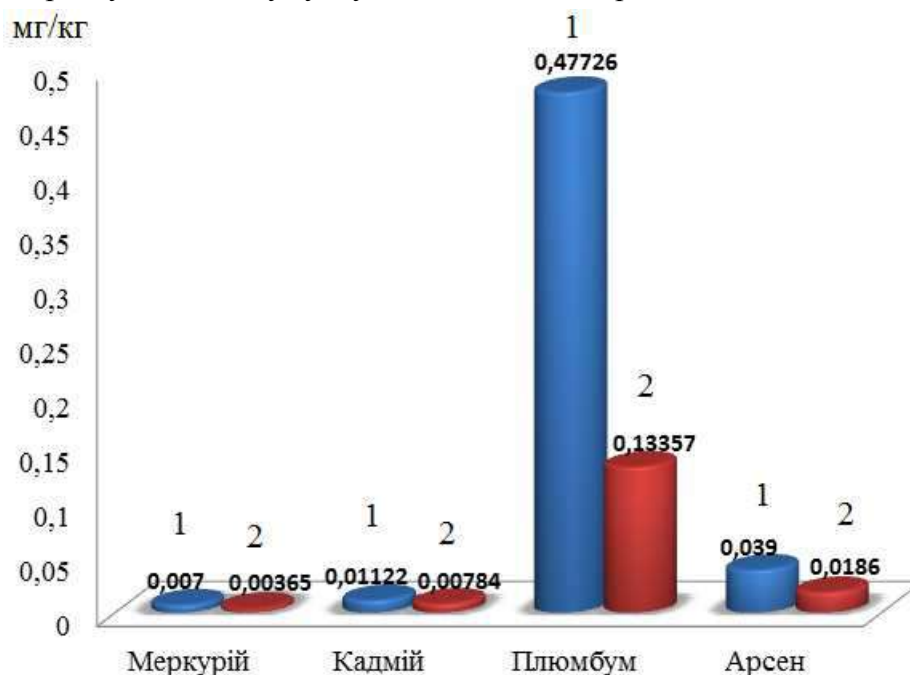


Рис. 2. Вміст токсичних речовин:

1 – у контрольному (щойно приготованому) зразку закваски; 2 – закваски збродженої протягом 7 діб

Також було досліджено харчову цінність житньо-пшеничного хліба з перцем Болгарським сухим (табл. 5) на вміст вітаміну С (ГОСТ 7047-55); вміст Кальцію (ДСТУ:7505-2014); вміст Феруму (ГОСТ 26928-86).

Таблиця 5

Харчова цінність житньо-пшеничного хліба

Мікронутрієнт	Зразок хліба	
	контрольний зразок	хліб з перцем (4 %)
Вітамін С, мг/100 г	1,76	4,4
Fe мг/100 г	0,039	0,1
Ca, мг/100 г	60,55	104,45

Наведені результати показують значну перевагу за дослідженими показниками харчової цінності житньо-пшеничного хліба з перцем Болгарським сухим порівняно з контрольним зразком.

Висновки відповідно до статті. Впровадження технології житнього хліба на заквасках спонтанного бродіння з додаванням перцю Болгарського сухого дасть змогу розширити асортимент житнього хліба та виготовляти його на підприємствах малої потужності й пекарнях.

Отримані зразки житньо-пшеничного хліба з додаванням Болгарського перцю сухого мають приємні органолептичні властивості, пористу м'якушку, привабливий колір із золотистою скоринкою. Регулярне споживання вітамінізованого хліба буде сприяти підвищенню стійкості організму до негативного впливу навколишнього середовища, прискоренню одужання при різних захворюваннях, підвищенню тонуусу при стресових ситуаціях і фізичних навантаженнях.

Список використаних джерел

1. *Прискорене* виготовлення житнього хліба / Н. Синявська, Є. Павловська, Л. Кузнецова, О. Афанасьєва // *Зерно і хліб*. – 2003. – № 4. – С. 38.
2. *Бачинська Я.* Дослідження якості хліба житньо-пшеничного «Бородинського» та підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів з використання ягід чорниці [Електронний ресурс] / Я. Бачинська, Т. Непочатих // *Прогресивні техніка і технології*. – 2011. – Вип. 1. – С. 274-281.
3. *Матвєєва І. В.* Мікроінгредієнти і якість хліба / І. В. Матвєєва // *Харчові інгредієнти. Сировина і добавки*. – 2000. – № 1. – С. 28-31.
4. *Назаров В. П.* Использование концентрата эламина для производства продуктов повышенной биологической ценности / В. П. Назаров // *Матеріали наук.-практ. конф. «Харчові добавки, інгредієнти, БАДи: їх властивості та використання у виробництві продуктів і напоїв»*. – К., 2003. – С. 43-44.
5. *Пат В. А.* Новые сорта хлебобучных изделий повышенной пищевой ценности и лечебно-диетических свойств / В. А. Пат, В. В. Щербатенко. – М. : ЦИНТИпищепром, 1964. – 50 с.
6. *Пути* повышения пищевой ценности хлебобучных изделий / Р. В. Кузьминский, В. А. Патт, В. В. Щербатенко, Л. Ф. Столярова. – М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1979. – 66 с.
7. *Желток К. В.* Использование облепихи и шиповника в качестве витаминизированной добавки в производстве хлебобучных изделий / К. В. Желток // *Успехи современного естествознания*. – 2011. – № 7. – С. 111.
8. *Лупинская С. М.* Изучение биологически активных веществ липы, крапивы и душицы и сывороточных экстрактов на их основе / С. М. Лупинская, С. В. Орехова, О. Г. Васильева // *Химия растительного сырья*. – 2010. – № 3. – С. 143-145.
9. *Использование* пектиновых веществ в производстве продуктов питания лечебно-профилактического назначения [Электронный ресурс] / Сокол Н. В. [и др.] // *Научный журнал КубЕАУ*. – 2006. – № 24 (8). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/15.pdf>.
10. *Порошкообразный* продукт из плодов шиповника и рябины в технологии хлебобучных изделий / В. В. Апаршева [и др.] // *Известия ВУЗов. Пищевая технология*. – 2011. – № 5-6. – С. 102-103.
11. *Разработка* хлебобучных изделий с применением стевии / О. Г. Чижикова [и др.] // *Вестник ТГЭУ*. – 2009. – № 4. – С. 79-88.
12. *Фітодобавки* на основі зелених паростків пшениці у хлібопекарському виробництві / О. М. Савченко, О. І. Сиза, М. С. Коваленко, О. Ю. Купчик // *Технічні науки та технології: науковий журнал*. – 2016. – № 1 (3). – С. 234-239.

References

1. Syniavska, N., Pavlovska, Ye., Kuznietsova, L., Afanasieva, O. (2003). Pryskorene vyhotovleniia zhytnoho khliba [Accelerated production of rye bread]. *Zerno i khlib – Grain and bread*, 4, 38 [in Ukrainian].
2. Bachynska, Ya., Nepochatykh, T. A. (2011). Doslidzhennia yakosti khliba zhytno-pshenychnoho "Borodynskoho" ta pidvyshchennia biolohichnoi tsinnosti khlibobulochnykh vyrobiv z vykorystanniam yahid chornytsi [Research of bread quality of rye-wheat «Borodinsky» and increase of biological value of bakery products using blueberries]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli – Progressive technology and technological restaurants of state restaurant and trade*, 1, 74-281 [in Ukrainian].
3. Matvieieva, I. V. (2000). Mikroinhrediienty i yakist khliba [Micro ingredients and quality of bread]. *Kharchovi inhrediienty. Syrovyna i dobavky – Nutritional Ingredients. Raw materials and additives*, 1, 28-31 [in Ukrainian].
4. Nazarov, V. P. (2003). Ispolzovanie kontcentrata elamina dlia proizvodstva produktov povyshennoi biologicheskoi tcennosti [The use of elamine concentrate for the production of products of high biological value]. *Kharchovi dobavky, inhrediienty, BADy: yikh vlastyvoli ta vykorystannia u vyrobnytstvi produktiv i napoiv – Nutritional Supplements, Ingredients, Dietary Supplements: Their Properties and Use in the Production of Products and Beverages: Materials of Scientific-Practical conference*, 43-44. Kyiv [in Russian].
5. Pat, V. A., Shcherbatenko, V. V. (1964). *Novye sorta khlebobulochnykh izdelii povyshennoi pishchevoi tcennosti i lechebno-dieticheskikh svoistv [New varieties of bakery products of high nutritional value and therapeutic and dietary properties]*. Moscow: TcINTI pishcheprom [in Russian].
6. Kuzminskii, R. V., Patt, V. A., Shcherbatenko, V. V., Stolyarova, L. F. (1979). *Puti povysheniia pishchevoi tcennosti khlebobulochnykh izdelii [Ways to improve the nutritional value of bakery products]*. Moscow: TcNIITEI pishcheprom [in Russian].
7. Zheltok, K. V. (2011). Ispolzovanie oblepikhi i shipovnika v kachestve vi-taminizirovannoi dobavki v proizvodstve khlebobulochnykh izdelii [The use of sea buckthorn and wild rose as a vitaminized additive in the production of bakery products]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia – Successes of modern science*, 7, 111 [in Russian].
8. Lupinskaia, S. M., Orekhova, S. V., Vasileva, O. G. (2010). Izuchenie biologicheskii aktivnykh veshchestv lipy, krapivy i dushitcy i syvorotochnykh ekstraktov na ikh osnove [The study of biologically active substances of lime, nettle and oregano and whey extracts based on them]. *Khimiia rastitelnogo syria – Chemistry of plant materials*, 3, 143-145 [in Russian].
9. Sokol, N. V. (2006). Ispolzovanie pektinovykh veshchestv v proizvodstve produktov pitaniia lechebno-profilakticheskogo naznacheniiia [The use of pectic substances in food production for therapeutic and prophylactic purposes]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU – Scientific Journal of KubSAU*, 24(8). Retrieved from: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/15.pdf> [in Russian].
10. Aparsheva, V. V., et al. (2011). Poroshkoobraznyi produkt iz plodov shipovnika i riabiny v tekhnologii khlebobulochnykh izdelii [Powdered product from rose hips and mountain ash in the technology of bakery products]. *Izvestiia VUZov. Pishchevaia tekhnologiia – University news. Food technology*, 5-6, 102-103 [in Russian].
11. Chizhikova, O. G., et al. (2009). Razrabotka khlebobulochnykh izdelii s primeneniem stevii [Development of bakery products using stevia]. *Vestnik TGEU – Bulletin of PNEU*, 4, 79-88 [in Russian].
12. Savchenko, O. M., Syza, O. I., Kovalenko, M. S., Kupchyk, O. Iu (2016). Fitodobavky na osnovi zelenykh parostkiv pshenytsi u khlibopekarskomu vyrobnytstvi [Phytoadditives based on green wheat germs in the baking industry] *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1, 234-239 [in Ukrainian].

UDC 664.64.022.39

Olesya Savchenko, Marina Lemesh, Dmytro Gunko, Olga Syza, Viktoriia Cheliabieva

MANUFACTURING TECHNOLOGY OF RYE AND WHEAT BREAD ON THE BASIS OF SOURDOUGH AND DRY SWEET PEPPER

Urgency of the research. Year by year, the food industry is rapidly developing, especially in the direction of increasing the nutritional value of bakery products.

Target setting. Fluctuations in the quality of raw materials, advanced technologies with the use of improvers and food additives, the lack of vitamins and micro- and macronutrients in flour semi-finished products lead to a decline in the quality of bakery products.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Actual scientific researches and issues analysis. Scientific publications show the benefits of introducing vegetable ingredients into the recipe of bakery products. These ingredients contain high level of biologically active substances that increase the nutritional value of the finished product and improve the technological performance of bread production.

Uninvestigated parts of general matters defining. Special attention should be paid to raw products that can solve the problem of the lack of vitamins and micro- and macronutrients in flour semi-finished products. One of the promising areas of bakery research is the use of sweet pepper. Analysis of the publications have shown that nowadays dry sweet pepper is not widely used as an improver for rye and wheat bread.

The research objective. Development of special technology for the production of rye and wheat bread on the basis of sourdough starters of spontaneous fermentation and dry sweet pepper.

The statement of basic materials. The recipe for the production of rye and wheat bread has been developed on the basis of sourdough starters of spontaneous fermentation and dry sweet pepper in the amount from 2% to 6% to the mass of flour. Studies have shown that during lactic fermentation in the starter dough and in the main dough, the number of vitamin C and free amino acids increases and the amount of heavy metals decreases.

Conclusions and suggestions. This research shows the expediency of using sweet pepper in the production technology of rye and wheat bread as it increases the activity of lactic acid bacteria and reduces the length of the technological process. The obtained samples of rye and wheat bread with dry sweet pepper have pleasant organoleptic properties, spongy crumb, and attractive color with golden crust.

Keywords: pepper Bulgarian dry; ferment of spontaneous fermentation; trace elements; vitamins; bread quality.

Table: 5. Fig.: 2. References: 12.

Савченко Олеся Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Savchenko Olesya – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: savchenkolm68@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0385-7232>

ResearcherID: H-1217-2016

Scopus Author ID: 7006763332

Лемеш Марина Володимирівна – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Lemesh Marina – Student, Student of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: lemesh.marina@gmail.com

Гулько Дмитро Валерійович – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Gunko Dmytro – Student, Student of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: Gunko_gunko@meta.com

Сиза Ольга Іллівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sizaya Olga – Doctor in Technical Sciences, Professor, Head of the Food Technologies Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: syza7@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4624-9656>

ResearcherID: H-1156-2016

Scopus Author ID: 6602398626

Челябієва Вікторія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Cheliabiieva Viktoriia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Food Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vika.chl@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5364-4633>

ResearcherID: F-7305-2014

Scopus Author ID: 6505851894

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

УДК 004.942

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-238-247

Ігор Корнієнко, Олексій Терещук, Світлана Корнієнко

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРІОРИТЕТНОСТІ ЧИЩЕННЯ СЕГМЕНТІВ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ЗА КРИТЕРІЄМ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Актуальність теми дослідження. Своєчасне прибирання вулично-дорожньої мережі міста в зимовий період потребує великої кількості прибиральної техніки. Нестача техніки призводить до перевищення термінів прибирання, а її надлишок – до перевитрат ресурсів, простоїв та втрати рентабельності підприємства. Оптимізація маршрутів прибирання вулично-дорожньої мережі міста за умов обмеженого парку техніки дозволить максимізувати міський та пасажирський трафік у місті.

Постановка проблеми. В умовах обмеження парку прибиральної техніки необхідно визначити найважливіші вулиці, першочергове прибирання яких забезпечить максимальну пропускну здатність та пасажиропотік вулично-дорожньої мережі міста.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У більшості праць, нормативних документів і методик питання пріоритетності порядку зимового чищення визначаються переважним чином категорією вулиці, при цьому питання забезпечення трафіку громадського транспорту, а відповідно, і міського пасажиропотоку не розглядаються.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Максимізація пропускну здатності вулично-дорожньої мережі потребує рекласифікації вулиць за пріоритетністю та інтенсивністю прибирання, що в подальшому дозволить оптимізувати схему маршрутів зимової прибиральної техніки.

Постановка завдання. Коригування пріоритетності чищення сегментів вулично-дорожньої мережі в зимовий період за критерієм інтенсивності руху громадського транспорту.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто питання встановлення черговості чищення вулично-дорожньої мережі міста під час зимового механізованого прибирання за показником інтенсивності транспорту громадського руху. Обґрунтовано критерій встановлення пріоритету сегментів вулично-дорожньої мережі. Сформована картограма черговості прибирання сегментів вулично-дорожньої мережі міста Чернігова.

Висновки відповідно до статті. Одержана картограма пріоритетності сегментів вулично-дорожньої мережі, яка сформована за показником інтенсивності руху громадського транспорту, є основою для корегування маршрутів прибиральної техніки. Врахування чинника громадського транспорту при ліквідації зимової негоди дозволить збільшити загальний міський пасажиропотік.

Ключові слова: прибирання вулично-дорожньої мережі; пріоритет сегментів; громадський транспорт; зимовий період.

Табл.: 4. Рис.: 6. Бібл.: 5.

Постановка проблеми. Прийнятими національними нормами [1; 2] встановлено порядок та інтенсивність застосування прибиральної техніки на об'єктах вулично-дорожньої мережі. Такий порядок визначається низкою чинників: категорією вулиці в генеральному плані, порою року, погодними умовами, що склалися, інтенсивністю застосування проїзної частини та тротуарів, наслідками негоди або іншими чинниками. Для зимового періоду прибирання такі вимоги є найжорсткішими, адже це пов'язане із забезпеченням пропускну здатності вулично-дорожньої мережі, наданням можливості для роботи оперативно-рятувальних та медичних служб і уникненням транспортного колапсу загалом. Особливістю зимового прибирання є необхідність одночасного застосування великої кількості прибиральної техніки та персоналу. Так, для ліквідації наслідків снігопадів здебільшого застосовується вся наявна прибиральна техніка. А в разі складних погодних умов, за спостереженнями, часові норми на зимове прибирання вулично-дорожньої мережі можуть бути значно перевищеними. Це призводить до зниження загального міського трафіку та підвищення аварійності на дорогах. За таких умов, або за умов обмеженої кількості прибиральної техніки, завдання максимізації пропускну здатності транспортної і пішохідної мережі лежить у площині аналізу та рекласифікації пріоритетності та інтенсивності прибирання сегментів вулично-дорожньої мережі, а також максимізації ефективності використання наявних ресурсів.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

В Європейській концепції міського руху чищення транспортної мережі здійснюється так: тротуари та велосипедні доріжки, маршрути громадського транспорту, під'їзди машин рятувальних та спеціальних служб, шляхи для транспорту життєзабезпечення міста та доставки товарів і лише потім решта транспортної мережі. Проте, відповідно до прийнятих національних норм та стандартів пріоритетність чищення вулиць визначається її рангом у міській інфраструктурі, при цьому важливість вулиці в забезпеченні пасажиропотоку не враховується.

Тому, на нашу думку, при визначенні порядку чищення вулично-дорожньої мережі та призначення маршрутів прибиральної техніки особливу увагу необхідно приділити забезпеченню трафіку громадського транспорту та пасажиропотоку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні є багато галузевих нормативних актів та методичних рекомендацій з організації утримання, зокрема і прибирання вулично-дорожньої мережі, які дають змогу сформувавши загальний підхід до здійснення організаційних заходів, сформувавши систему вимог та правил виконання прибирання, встановити співвідношення між розмірами об'єкта прибирання та кількістю і складом прибиральної техніки, а також нормами на витратні засоби. За останній час проведені наукові дослідження, наприклад [3; 4], з метою визначення або уточнення параметрів і характеристик вулично-дорожньої мережі, нормативних значень витрат часу або матеріалів на прибирання, порівняння якісних характеристик матеріалів для протиожеледної обробки дорожнього полотна. Такі норми й дослідження дозволяють сформувавши вимоги для завдання оптимізації прибирання вулично-дорожньої мережі.

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Оптимальна, чи принаймні раціональна організація зимового прибирання вулично-дорожньої мережі передбачає визначення пріоритетності та інтенсивності прибирання вулиць, доріг та тротуарів міста. Проте в «авральному» режимі ліквідації наслідків зимової негоди, наприклад снігопад або ожеледиця, виявляється гостра нестача персоналу та техніки для дотримання норм зимового прибирання. Максимізація пропускну здатності вулично-дорожньої мережі потребує рекласифікації вулиць за пріоритетністю та інтенсивністю прибирання, що в подальшому дозволить оптимізувати схему маршрутів зимової прибиральної техніки. Розв'язання такої задачі у ручному режимі представляється складною обчислювальною задачею $n \times t$ складності, проте використання аналітичних можливостей геоінформаційних систем дозволяє суттєво скоротити обчислення та спростити процес знаходження оптимального розв'язку за різними сценаріями вихідної дорожньої та погодної ситуації.

Мета статті. Визначити механізм встановлення пріоритетності прибирання сегментів вулично-дорожньої мережі в зимовий період за показником інтенсивності руху громадського транспорту.

Виклад основного матеріалу досліджень. Проектування та генерація оптимальних маршрутів прибирання вулично-дорожньої мережі належать до класу мережних оптимізаційних задач, які ефективно розв'язуються за допомогою методів геоінформаційного аналізу. Мережа формується як орієнтований граф, де проїзна частина вулиць та тротуари представляються ребрами, а перехрестя – вузлами графа. Граф може містити підграфи. Кожен підграф уособлює застосування прибиральної техніки конкретного типу. Наприклад, підграфом може бути мережа магістралей та вулиць, мережа тротуарів, складні (вузькі, важкодоступні) ділянки внутрішньоквартальних проїздів, де можливе прибирання лише спецтехнікою, мережа вулиць, на яких встановлений особливий порядок прибирання. Параметри ребер (назвемо їх вагою) визначатимуть черговість та інтенсивність прибирання, а також спосіб застосування техніки.

Взагалі вага ребер визначається шириною проїзної частини або тротуару (а відповідно, і кількістю транспортних засобів, що потребується для прибирання), інтенсивністю транспортного та пішохідного руху, маршрутами руху громадського транспорту, транспорту спеціальних служб тощо. Вага ребер може мати різні значення для різних

видів прибирання, наприклад снігоочищення, обробки протиожеледними матеріалами, підмітання. Ребра можуть містити імпеданс, величина якого визначається втратою часу при подоланні перехресть, пішохідних переходів, виконанні маневрів розвороту. Вага та імпеданс ребер зазначається в атрибутивній таблиці геоінформаційної моделі мережі прибирання, на основі якої в подальшому здійснюється оптимізація маршрутів прибирання. Основними критеріями ранжування ваги ребер є загальні вимоги до зимового прибирання, які визначені нормами [1; 2] та наведені в таблицях 1–4.

Таблиця 1

Нормативна тривалість снігоочищення доріг різних категорій

Група доріг і вулиць за їхніми транспортно-експлуатаційними характеристиками	Нормативна тривалість снігоочищення, год, не більше ніж
А	4
Б	5
В	6

Таблиця 2

Терміни ліквідації зимової слизькості на 100 км протяжності дороги загального користування

Середньорічна добова інтенсивність руху, авт./добу	Термін ліквідації зимової слизькості на 100 км дороги, год, не більше ніж
1 – 1000	15
1001 – 3000	10
3001 – 7000	7
Більше ніж 7000	4

Таблиця 3

Рекомендована періодичність виконання зимового прибирання

Клас тротуару	Рекомендована періодичність, год, при температурі повітря, °С		Рекомендована періодичність за відсутності снігопаду, доби
	нижче -2	вище -2	
I	через 3	через 1,5	через 3
II	через 2	через 1,0	через 2
III	через 1	через 0,5	через 1

Таблиця 4

Інтервал часу від початку снігопаду до очищення тротуарів та внутрішньоквартальних проїздів вдень

Найменування	Інтенсивність руху пішоходів, осіб за годину	Інтервал до початку очищення тротуару чи внутрішньоквартального проїзду, години
Тротуари	До 50	3
	Понад 50 до 100	2
	Понад 100	1
Внутрішньоквартальні проїзди	-	1-2

якщо снігопад триває, снігоочищення повторюють із таким самим періодом

У результаті дослідження вулично-дорожньої мережі централізованого прибирання міста Чернігова, була побудована геоінформаційна модель, що налічує 306 сегментів. Загальна довжина дорожнього покриття мережі прибирання складає 175 км, а загальна площа проїзної частини 1,81 км². Середня довжина сегмента прибирання становить 0,54 км, при цьому довжина сегмента змінюється в межах 0,07...2,0 км.

При формуванні маршрутів мережі прибирання необхідно оцінити потреби в техніці. Відповідно до [2], існують певні аналітичні вирази для розрахунку потреб у технічних засобах для виконання різних операцій із прибирання. Так, кількість плужно-щіткових машин M для проведення снігоочищення розраховується як:

$$M = \frac{F}{\Pi_s K_{зм} K_{в.л.}}, \tag{1}$$

де F – добовий обсяг прибиральних робіт тис. м² за добу;
 Π_s – експлуатаційна продуктивність прибиральних машин тис. м² за зміну;
 $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності;
 $K_{в.л.}$ – коефіцієнт випуску прибиральних машин на лінію.

Необхідну кількість машин для виконання кожної операції протягом директивного часу рекомендується визначати за формулою:

$$M = \frac{S}{\Pi T_{дир} K_{в.л.}}, \tag{2}$$

де S – площа покриття, яка підлягає механізованому прибиранню тис. м²;
 Π – експлуатаційна продуктивність прибиральних машин, тис. м²/год;
 $T_{дир}$ – директивний час виконання операцій прибирання, год.

Також експлуатаційну продуктивність плужно-щіткових снігоочисників, тис. м²/год, рекомендується визначати за формулою:

$$\Pi = uBK_B K_{вик}, \tag{3}$$

де u – робоча швидкість руху, км/год;
 B – ширина смуги, що очищується, м;
 K_B – коефіцієнт перекриття смуги, що очищується;
 $K_{вик}$ – коефіцієнт використання машин на лінії.

Наближена оцінка потреби у плужно-щіткових машинах для снігоочищення виконувалась за наведеними виразами для машин МАЗ МДК (які переважно використовуються для чищення у м. Чернігові). Відповідно до технічних характеристик МАЗ МДК, робоча швидкість снігоочищення при використанні щітки не має перевищувати 15 км/год у режимі чищення-підмітання (якісне прибирання проїзної частини), ширина відвалу становить 2,7-3,0 м. Коефіцієнт перекриття смуги, що очищується, залежить від ширини проїзної частини й товщини снігового шару. На рис. 1 наведені смуги перекриття при чищенні проїзної частини колонною машин для різної товщини ущільненого снігового шару, які були встановлені експериментально під час виконання науково-дослідної роботи [5].



Рис. 1. Запас смуги перекриття при встановленій ширині смуги чищення снігу колонною машин

При цьому перевищення від нормативних значень смуг перекриття пояснюється обов'язковим застосуванням щіток (режим роботи снігоочищення з підмітанням), вимогами до якості прибирання та нерівномірністю товщини накопиченого снігового шару на проїзній частині.

Якщо вважати, що в середньому ширина одного напрямку руху для вулиці Чернігова становить близько 4-6 метрів, тоді справедливо взяти коефіцієнт перекриття K_B у межах 0,84-0,75. Також вважатимемо, що коефіцієнт використання машин $K_{вик} = 1$. Таким чином, продуктивність однієї машини, відповідно до (3), буде в межах 3037-5040 м²/год (нижня і верхня межа відображає найгірший та найкращий випадки чищення).

Очевидно, що площа вулично-дорожньої мережі централізованого прибирання становить добовий обсяг прибирання, тоді за виразом (2) потреба в техніці за трьохзмінною схемою, де $K_{зм} = 0,9$ та $K_{вик} = 0,9$ становитиме від 19 до 31 одиниці відповідно на найкращий та найгірший випадки. Але, якщо ввести директивний час на прибирання, навіть для вулиць категорії В (табл. 1), то потреба в техніці за виразом (1) становитиме відповідно 67-110 одиниць. Очевидно, що така кількість лише плужно-щиткової техніки є надмірною для порівняно невеликого міста, з урахуванням того, що прибирання снігу відноситься до періодичних, а не регулярних робіт, і основний час техніка та персонал буде простоювати. Тому виникає питання підвищення ефективності використання техніки шляхом мінімізації простоїв, оптимізації маршрутів чищення, визначення пріоритетності в чищенні сегментів вулично-дорожньої мережі з метою уникнення транспортно-коллапсу і забезпечення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі.

Основне переміщення мешканців міста забезпечується громадським транспортом, тому природно, що вулиці з інтенсивним рухом громадського транспорту мають пріоритет чищення від снігу та ожеледі. У сформованій геоінформаційній моделі рух громадського транспорту відбувається за 198 сегментами із середньою інтенсивністю 361 транспортний засіб на добу або 23,8 транспортних засобів на годину (враховуючи час початку та кінця руху). Мінімальна інтенсивність громадського транспорту з окремого сегмента становить 30 одиниць, максимальна 3060 одиниць на добу (на годину відповідно 2 і 204 одиниці). Картограма інтенсивності руху громадського транспорту (побудована за методом квантілів) зображена на рис. 2. Вважаючи, що мережа руху громадського транспорту складає майже $\frac{2}{3}$ від усієї мережі централізованого прибирання, необхідно визначити пріоритетність сегментів для снігоочищення.

Для забезпечення руху громадського транспорту в зимових умовах важливим є уникнення заторів та забезпечення безпеки руху. З огляду на існуючу транспортну модель у м. Чернігові, спостерігається певна нерівномірність розподілу маршрутів з великою та малою інтенсивністю руху громадського транспорту за сегментами вулично-дорожньої мережі. Переважно затори під час снігопадів виникають на ділянках із великою інтенсивністю руху, тому, відповідно, й інтенсивність чищення таких ділянок має бути більшою, а черговість пріоритетною. Загальні співвідношення між інтенсивністю руху громадського транспорту в м. Чернігові, кількістю сегментів, по яких рухається громадський транспорт та їх сумарною довжиною, показані на рис. 3.

З розподілу інтенсивностей (рис. 3) видно, що довжина маршрутів руху громадського транспорту, де інтенсивність перевищує 1000 одиниць на добу порівняно невелика, проте, суттєвий приріст довжини маршрутів спостерігається при невеликій інтенсивності руху громадського транспорту (<400 авт/добу).



Рис. 2. Картограма інтенсивності руху громадського транспорту в м. Чернівці



Рис. 3. Розподіл руху громадського транспорту за інтенсивністю

Сформувавши ряд сегментів за інтенсивністю руху та визначивши їх площу, можна побачити, що загальна площа сегментів прибирання на ділянках з інтенсивністю до 400 авт/добу становить майже половину загальної площі всіх сегментів (рис. 4).

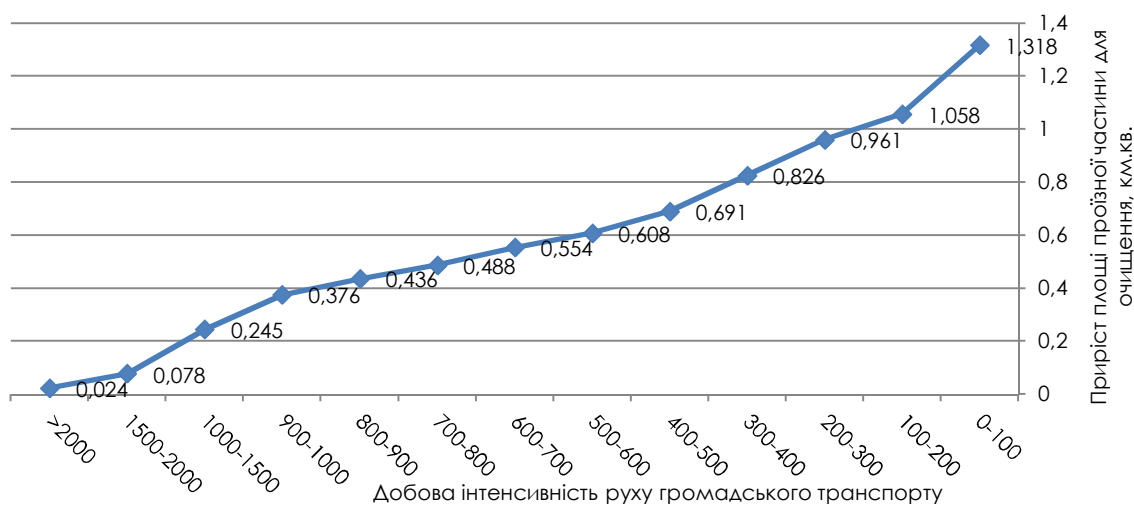


Рис. 4. Приріст площі прибирання проїзної частини відповідно до інтенсивності руху громадського транспорту

Результат обчислення потреби прибиральної техніки для чищення сегментів за якими відбувається рух громадського транспорту, наведений на рис. 5. Обчислення проведені для найгіршого та найкращого варіантів чищення. З огляду на наявну кількість техніки для прибирання в місті, можна вважати, що першочерговому чищенню підлягають сегменти, які утворюють ряд з інтенсивністю понад 400-500 авт/добу. Прийнявши таке значення за критерій чищення сегментів I черги, для яких $M_{потр} \leq M_{наявн}$, де $M_{потр}$ – потреба прибиральної техніки; $M_{наявн}$ – наявність прибиральної техніки, можна сформувати картограму черговості прибирання сегментів вулично-дорожньої мережі відповідно до інтенсивності руху громадського транспорту (рис. 6).

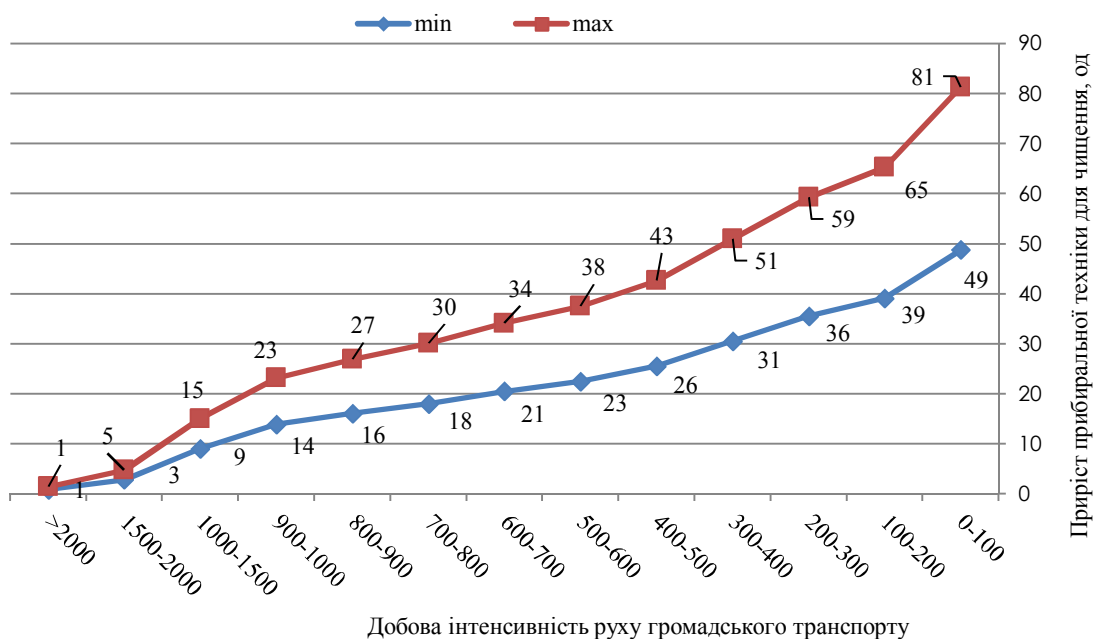


Рис. 5. Приріст потреби кількості прибиральної техніки відповідно до інтенсивності руху громадського транспорту



Рис. 6. Картограма пріоритетності сегментів вулично-дорожньої мережі за інтенсивністю руху громадського транспорту

Така модель дещо ідеалізована, оскільки на показник $M_{потр}$ впливають втрати на маршрутизації та імпедансу сегментів та вузлів (перехресть) графа, що можна представити через деякий коефіцієнт k . Тоді для критерію черговості чищення можна прийняти $M_{потр} \leq kM_{наєвн}$.

Визначена пріоритетність сегментів не є остаточною. Важливим показником для формування пріоритетності чищення сегментів є також загальна інтенсивність руху транспорту та під'їзні маршрути до важливих соціальних об'єктів, насамперед – це заклади охорони здоров'я та пожежні депо тощо. Тобто в кінцевому рахунку пріоритетність сегментів має визначатися інтегральною оцінкою множини чинників, які визначають важливість сегмента в забезпеченні трафіку міського транспорту в місті.

Крім того, треба зазначити, що формування маршрутів має здійснюватись з урахуванням не лише пріоритетності сегментів, а також з урахуванням кількості прибиральної техніки в колоні для чищення вулиці в одному напрямку руху, місць можливого розвороту колони прибиральної техніки, імпедансу на шляху пересування, способу очищення

перехресть, часу доби та завантаженості вулично-дорожньої мережі. Також для економії ресурсів необхідно використовувати алгоритми пошуку найкоротшого маршруту.

Висновки відповідно до статті. На основі зібраних статистичних даних обґрунтовано критерій пріоритетності чищення сегментів вулично-дорожньої мережі. Сформована картограма відображає можливість чищення сегментів вулично-дорожньої мережі I та II черг у нормативний час. Використання результатів геоінформаційного моделювання дозволить оптимізувати маршрути руху прибиральної техніки.

Список використаних джерел

1. *Технічні правила ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів* [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 14.02.2012 № 54. – Режим доступу : zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12.

2. *Методичні рекомендації з прибирання території об'єктів благоустрою населених пунктів* [Електронний ресурс] : Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 07.07.08 № 213. Режим доступу : blagoustruy.info/media/legislation/10082b78-62d1-4e97-b971-00ce91349f17.doc.

3. *Обґрунтування методики визначення вихідних параметрів для оптимізації мережі механізованого прибирання вулиць населеного пункту* / І. Корнієнко, С. Корнієнко, А. Кошма, О. Богукалець, В. Ярова // *Технічні науки та технології : науковий журнал*. – 2017. – № 3 (9). – С. 179-188

4. *Коригування статистичних показників погодних умов для зимового періоду чищення вулично-дорожньої мережі з використанням даних веб-ресурсу* / І. Корнієнко, О. Терещук, С. Корнієнко, А. Кошма // *Технічні науки та технології : науковий журнал*. – 2017. – № 4 (10). – С. 255-265.

5. *Обґрунтування та розробка моделі мережі прибирання доріг та вулиць міста Чернігова* / О. І. Терещук [та ін.]. – Чернігів, 2017. – 376 с. – Деп. в Управлінні ЖКГ Чернігівської міської ради.

References

1. *Tekhnichni pravyla remontu i utrymanna vulyts ta dorih naselenykh punktiv* [Technical rules for the repair and maintenance of streets and roads of settlements]. № 54 (dated February 14, 2012). Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12>.

2. *Metodychni rekomendatsii z prybyrannia terytorii ob'ektiv blahoustroiu naselenykh punktiv* [Methodical recommendations for cleaning the territory of the objects of improvement of settlements]. № 213 (dated 07.07.08). Retrieved from <http://blagoustruy.info/media/legislation/10082b78-62d1-4e97-b971-00ce91349f17.doc>.

3. Korniienko, I., Korniienko, S., Koshma, A., Bohukalets, O., Yarova, V. (2017). *Obgruntuvannia metodyky vyznachennia vykhidnykh parametriv dlia optymizatsii merezhi mekhanizovanoho prybyrannia vulyts naselenoho punktu* [The substantiation of the methodology of determination of output parameters for optimization of the network of mechanized cleaning up of streets of settlements] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 3 (9), 179-188 [in Ukrainian].

4. Korniienko, I. Tereshchuk, O., Korniienko, S., Koshma, A. (2017). *Koryhuvannia statystychnykh pokaznykiv pohodnykh umov dlia zymovoho periodu chyshchennia vulychno-dorozhnoi merezhi z vykorystanniam danykh web-resursu* [Implementation of statistical indicators for weather conditions for the winter period of clearing the high-road network using web resources data] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 4 (10), 179-188 [in Ukrainian].

5. Tereshchuk, O. (2017). *Obgruntuvannia ta rozrobka modeli merezhi prybyrannia dorih ta vulyts mista Chernihova* [Justification and development of the network model cleaning of roads and streets in Chernihiv]. Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian]. – Dep. v Upravlinni ZhKH Chernihivskoi miskoi rady – Offered in the Office of the Communal Services of the Chernihiv City Council.

UDC 004.942

Ihor Kornienko, Oleksii Tereshchuk, Svitlana Kornienko

GEOINFORMATION MODELING OF THE PRIORITY OF CLEANING OF HIGH-ROAD NETWORK SEGMENTS UNDER CRITERIA OF INTENSITY OF PUBLIC TRANSPORTATION

Urgency of the research. The timely cleaning of the city's street-road network in the winter requires a large amount of cleaning equipment. Lack of technology leads to exceeding the terms of cleaning, and its surplus to over-utilization of resources, downtime and loss of profitability of the enterprise. Optimizing routes for cleaning the city's street-road network in a limited fleet of vehicles will maximize city and passenger traffic in the city.

Target setting. In the conditions of restriction of the park of cleaning equipment, it is necessary to determine the most important streets, the primary cleaning of which will ensure the maximum throughput and passenger traffic of the city's highway network.

Actual scientific researches and issues analysis. In most works, normative documents and methodologies the priority of the order of winter cleaning are determined predominantly by the category of the street, while the issue of ensuring the traffic of public transport, and, accordingly, urban passenger traffic are not considered.

Uninvestigated parts of general issues defining. Maximizing the throughput of the street-road network requires reclassification of streets by priority and intensity of cleaning, which will further optimize the scheme of routes of winter cleaning equipment.

The research objective. Adjusting the priority of cleaning the streets and road network segments during the winter period by the criterion of the intensity of public transport traffic.

The statement of basic materials. The issue of establishing the priority of cleaning the street-road network of the city during the winter mechanized cleaning by the indicator of the intensity of public transport is considered. The criteria for determining the priority of segments of the street-road network is substantiated. The cartogram of the priority of cleaning the segments of the street and road network of the city of Chernihiv is formed.

Conclusions. The cartogram of priority of segments of the street-road network, which is formed by the indicator of the intensity of public transport, is the basis for correction of routes of cleaning equipment. Taking into account the public transport factor in the elimination of the winter weather will increase the total urban passenger traffic.

Keywords: street-road network cleaning; priority segments; public transport; winter period.

Table: 4. Fig.: 6. References: 5.

Корнієнко Ігор Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Korniienko Ihor – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of geodesy, cartography and land planning, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cornel@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9105-0780>

Терещук Олексій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, директор навчально-наукового інституту будівництва, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Tereshchuk Oleksiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Director of Education and Research Institute of Construction, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National Technological University (4 Belova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: olexter1957@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6433-9351>

Корнієнко Світлана Петрівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Korniienko Svitlana – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cornel@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>

УДК 528.3

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-248-257

Всеволод Бурачек, Сергій Крячок, Тетяна Малік,
Людмила Мамонтова, Володимир Немих

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ

Актуальність теми дослідження. Україна є відомою країною з транспортного літакобудування та має розгалужену систему аеропортів. Для подальшого розвитку та модернізації інфраструктури авіаційного транспорту в нашій державі прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року.

Постановка проблеми. Для проведення догляду та реконструкції штучних покриттів у аеропортах: злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, перонів необхідно мати інформацію про рельєф їх поверхонь. З цією метою періодично виконується нівелювання поверхонь штучних покриттів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені технологіям нівелювання поверхонь.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз наведених способів нівелювання поверхонь свідчить про те, що переміщення геодезичного приладдя виконується переважно ручним способом, як і запис та опрацювання результатів.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є розробка нового пристрою для нівелювання поверхонь аеропорту з підвищеним рівнем мобільності та автоматизації виконання робіт.

Вклад основного матеріалу. Авторами даної статті розроблено автоматизовану систему геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги. До її складу входять: мобільні нівелювальники; мобільні нівелірні рейки, які розташовуються на злітно-посадковій смугі; керуючі пристрої, що розміщені на центральній станції керування технічними системами аеропорту, яка розташована на диспетчерській вежі. Наведено функціональні елементи конструкції мобільного нівелювальника, мобільної нівелірної рейки та центральної станції керування. Показано принципи функціонування автоматизованої системи геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги.

Висновки відповідно до статті. Розроблена система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги дає змогу отримати значення висот точок в автоматичному режимі на заданій поверхні з регульованим кроком сканування. Така система ефективна для нівелювання великих за площею та протяжністю штучних покриттів аеропорту. Система дозволяє швидко визначити відмітки в режимі дистанційного ГІС/GPS керованого комплексу мобільних нівелірних роботів.

Ключові слова: нівелір; нівелювання поверхні; штучне покриття аеропорту.

Рис.: 8. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Україна є відомою країною з транспортного літакобудування та має розгалужену систему аеропортів. Для подальшого розвитку та модернізації інфраструктури авіаційного транспорту в нашій державі прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року [1].

Постановка проблеми. Для проведення догляду та реконструкції штучних покриттів у аеропортах: злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, перонів необхідно мати інформацію про рельєф їх поверхонь. З цією метою періодично виконується нівелювання поверхонь штучних покриттів [2].

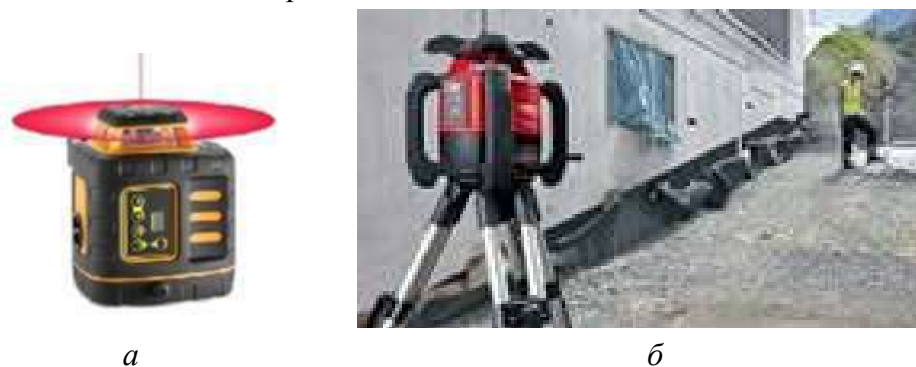
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині в практиці геодезичних вимірювань усе більше використовуються супутникові технології (рис. 1) [3–5]. Вони мають переваги в порівнянні з традиційними методами геодезії: незалежність від погодних умов, відсутність прив'язки до геодезичних пунктів (автономність), отримання координат точок у реальному часі.

Однак точність визначення висотних координат – відміток точок, нижча точності визначення планових координат. Значення висот, отриманих супутниковими методами, мають систематичні похибки [6]. Вони виникають внаслідок того, що під час опрацювання даних супутникового нівелювання використовується глобальна модель геоїда і не враховуються локальні його особливості в районі розташування штучних покриттів.



Рис. 1. Базовий та роверний GPS-приймачі

Нівелювання поверхні можна виконати з використанням ротаційних лазерних нівелірів (рис. 2) [7; 8]. Для цього ротаційний лазерний нівелір встановлюють зазвичай у центрі майданчика та приводять його в робочий стан. Навколо нівеліра ініціюється видима оком площина, що утворюється лазерним випромінюванням (рис. 2, а). Оператор послідовно переміщує рейку у точки визначення відміток на поверхні майданчика та бере відліки за рейкою. Також користується детектором, який може переміщуватись по рейці та реєструвати відліки за рейкою (рис. 2, б). Точність роботи кращих ротаційних лазерних нівелірів становить близько одного міліметра на кожні 10 м відстані від нівеліра. Максимальна відстань до рейки становить 400–700 м.



*Рис. 2. Нівелювання поверхні з використанням ротаційного лазерного нівеліра:
а – ротаційний лазерний нівелір; б – нівелювання майданчика*

Нівелювання поверхні виконують за допомогою електронних (цифрових) нівелірів (рис. 3) [9; 10]. Для цього нівелір приводиться в робочий стан. Рейку встановлюють у окремі точки майданчика та наводять зорову трубу нівеліра на рейку. Відліки за рейкою виконуються в автоматичному режимі.



Рис. 3. Електронний нівелір та штрих-кодова рейка

Стандартні розрахунки з визначення відміток точок виконуються завдяки вбудованому процесору. Точність визначення перевищення становить кілька сотих міліметра – з використанням інварної штрих-кодової рейки та близько одного міліметра – з використанням стандартної штрих-кодової рейки. Максимальна відстань від нівеліра до рейки становить 100 м.

Відомий мобільний пристрій для автоматизованого нівелювання поверхонь [11] (рис. 4). Він дозволяє отримати значення висот точок в автоматичному режимі по заданій створній лінії з регульованим кроком сканування.

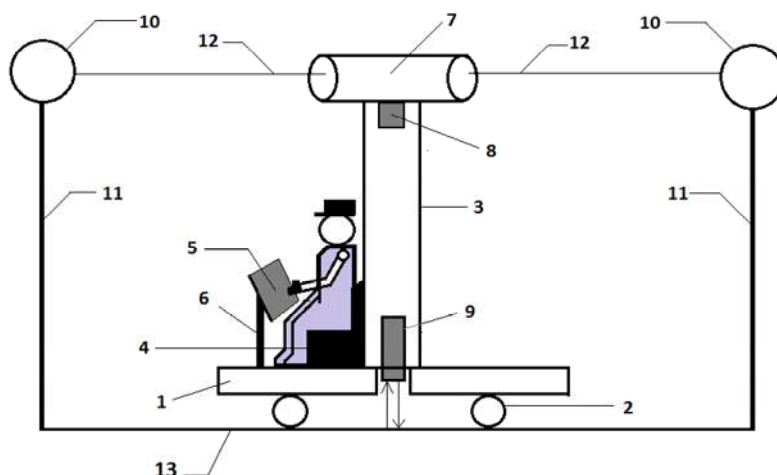


Рис. 4. Схема пристрою для автоматизованого нівелювання:

- 1 – мобільний пристрій; 2 – ходова частина; 3 – верхня стійка; 4 – сидіння оператора;
 5 – пульт управління; 6 – стійку пульта управління; 7 – нівелірний оптико-електронний прилад;
 8 – механізм обертання блока 7; 9 – блок ультразвукової локації; 10 – візирні марки;
 11 – стійки візирних марок; 12 – візирні промені; 13 – поверхня майданчика

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз наведених способів нівелювання поверхонь свідчить про те, що переміщення рейок, ротаційних нівелірів, супутникових приймачів виконується вручну. Необхідно розмічувати місця їх встановлення на поверхнях нівелювання.

Застосування мобільного пристрою для автоматизованого нівелювання має той недолік, що необхідно переміщувати та встановлювати вручну опорні візирні цілі з відбивачами на опорні точки з відомими відмітками – для виконання нівелювання кожного створу та визначати відмітки крайніх точок кожного створу нівелювання.

Мета статі. Головною метою цієї роботи є розробка нового пристрою для нівелювання поверхонь із підвищеним рівнем мобільності та автоматизації виконання робіт.

Виклад основного матеріалу. Нами розроблено автоматизовану систему геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги (АСГМ ЗПС) [12]. До складу АСГМ ЗПС входять мобільні нівелювальники (МН), мобільні нівелірні рейки (МНР), які розташовані на ЗПС, та керуючі пристрої, що знаходяться на центральній станції керування технічними системами аеропорту, яку розміщено на диспетчерській вежі.

На рис. 5 зображено взаємодію мобільних пристроїв та блоків центральної станції керування технічними системами аеропорту. Блоки 1, 2, 3, 4, 5, 6 розміщують на центральній станції управління технічними системами аеропорту. МН 7 та МНР 8 керуються з центральної станції та передають інформацію через блок 6 на центральну станцію керування технічними системами аеропорту за допомогою каналів радіозв'язку.

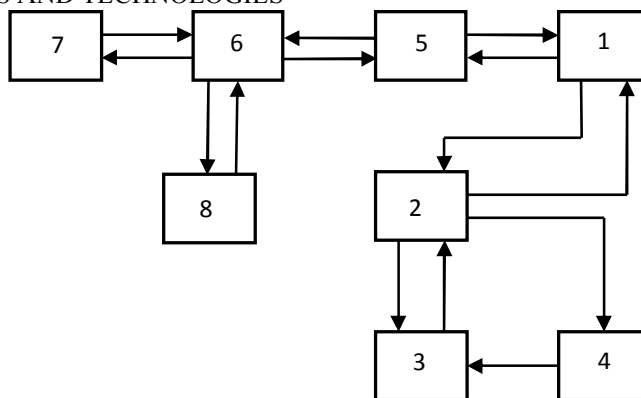


Рис. 5. Взаємодія мобільних пристроїв та блоків центральної станції керування технічними системами аеропорту:

1 – блок керування з монітором; 2 – блок обробки та зберігання інформації; 3 – блок інтелектуальної підсистеми з комплектом логістичних програм; 4 – блок геоінформаційної системи з приймачем GPS; 5 – блок кодування сигналів; 6 – блок прийому та передачі радіосигналів; 7 – мобільний нівелювальник (МН); 8 – мобільна нівелірна рейка (МНР)

Блоки кодування сигналів потрібні для усунення несанкціонованого доступу в роботу АСГМ ЗПС.

На рис. 6 показано розташування мобільного нівелювальника та мобільних нівелірних рейок на площині ЗПС під час нівелювання.

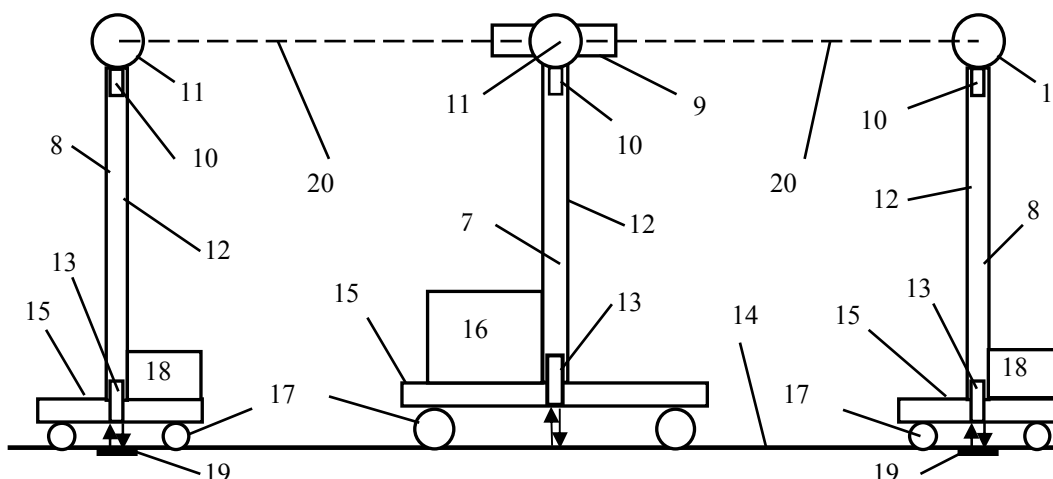


Рис. 6. Розташування мобільного нівелювальника та мобільних нівелірних рейок на площині ЗПС:

9 – оптико-електронний прилад (ОЕП) та світловіддалемірні блоки; 10 - механізм повороту ОЕП 9 та візирної цілі 11; 12 – вертикальна стійка; 13 - ультразвуковий давач перевищень основи над поверхнею 14, яка нівелюється; 15 – підставка; 16 – бокс із комплектом блоків МН; 17 – ходова частина візка; 18 – комплект блоків МНР 8; 19 – репер висотної підготовки; 20 – візирний промінь

МН 7 має оптико-електронний прилад (ОЕП) 9 з подвійною фотоприймальною матрицею та двома об'єктивами, що утворюють дві оптичні труби з візирними осями у взаємно протилежних напрямках, нижче якого розташовані два світловіддалемірні блоки з тими ж самими напрямками світлових зондуючих променів. Площина візирної цілі 11 МН розташована паралельно візирному променеві 20 оптико-електронного приладу 7. Візирні цілі 11 МН 7 та МНР 8 містять площини з набором, наприклад, світлодіодних матриць, а в нижній частині візирної цілі встановлено відбивач для світловіддалемірних вимірювань. Репери 19 виготовлені, наприклад, у вигляді металевих пластин з плоскими горизонтальними поверхнями, закладеними в одному рівні з покриттям ЗПС.

На рис. 7 зображено взаємодію комплекту блоків мобільного нівелювальника.

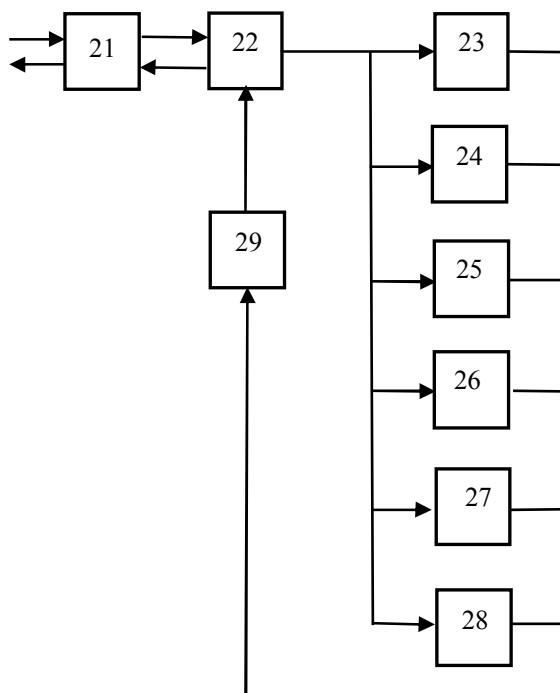


Рис. 7. Склад блоків мобільного нівелювальника:

21 – блок прийому та передачі радіосигналів; 22 – блок кодування сигналів; 23 – електронний блок керування ходовою частиною; 24 – блок світловідалемірних вимірів; 25 – блок ультразвукової локації; 26 – блок приймача GPS; 27 – блок повороту ОЕП, візирної цілі та блок світловідалемірних вимірів; 28 – ОЕП; 29 – блок формування сигналів

На рис. 8 показано взаємодію комплекту блоків мобільної нівелірної рейки.

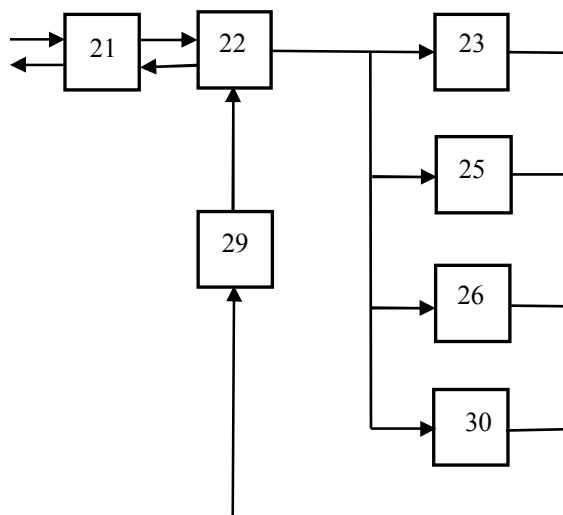


Рис. 8. Комплект блоків мобільної нівелірної рейки:

21 – блок прийому та передачі радіосигналів; 22 – блок кодування сигналів; 23 – електронний блок керування ходовою частиною; 25 – блок ультразвукової локації; 26 – блок приймача GPS; 30 – блок повороту візирної цілі

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Функціонування АСГМ ЗПС полягає в наступному. Після ввімкнення живлення комплексу блоків, розмічених на центральній станції керування технічними системами аеропорту (рис. 5), з блока керування 1 через блок обробки та зберігання інформації 2 надходить команда до інтелектуальної підсистеми 3 про вибір варіанта логістичної програми для вирішення конкретних задач нівелювання ЗПС. Ці програми забезпечують порядок розстановки МН та МНР на площині ЗПС та маршрути їх переміщення на ділянках нівелювання ЗПС. Також у блоці 3 знаходиться програма з пошуку та розпізнання образів – для ідентифікації візирних цілей за їх зображеннями, отриманими ОЕП МН. За запитом блока 3 з блока геоінформаційної системи 4 надходять планові координати точок нівелювання та реперів висотної підготовки 19 (рис. 6), дані про яких заздалегідь введені до блока 4. Крім того, заздалегідь визначаються відмітки реперів висотної підготовки H_{Ri} , наприклад геометричним нівелюванням, відстані l_{Ni} по вертикальним стійкам від центрів візирних цілей до чутливої площини ультразвукових здавачів МНР 8 та l – довжина вертикальної стійки МН від прийомно-передавальної площини ультразвукового давача до центральної точки оптико-електронного приладу, які вводяться до блока 4. Приймач GPS блока 4 працює в режимі базової станції та виконує координатне забезпечення роботи МН та МНР з необхідною точністю. Інформація з блоків 4 та 3 надходить до блоку обробки інформації 2, де виконується опрацювання сигналів та створення інформаційного пакету, який через блок керування 1 надходить до блока кодування 5, в якому сигнал інформаційного пакета кодується та передається в ефір блоком прийому та передачі радіосигналів 6.

МНР 8 (рис. 6) отримують радіосигнали від центральної станції в блоці прийому та передачі радіосигналів 21, які (рис. 8) проходять розкодування в блоці 22 та виділення складових сигналів з інформаційного пакету в кожному з відповідних блоків: 23, 25, 26, 29. За сигналом електронного блока керування ходовою частиною 23 та за фактичними координатами МНР з блока приймача GPS 26 виконується переміщення МНР 8 у точки розташування реперів висотної підготовки 19 (рис. 2), координати яких надійшли з центральної станції. Після зупинки МНР 8 над реперами висотної підготовки та за командою з центральної станції і виділенням її з інформаційного пакета в блоці 22 (рис. 8, рис. 6), блоком ультразвукової локації 25 виконується вимірювання відстані $\Delta l_{N_1}, \Delta l_{N_2}$ від поверхні ЗПС 14 до приймально-передавальних площин ультразвукового давачів 13 МНР № 1 та МНР № 2, відповідно. За командами з блока повороту візирної цілі 30 та роботою механізмів повороту 10 візирні цілі встановлюються в напрямку виконання нівелювання. Інформація з блоку 25 про вимірне перевищення, з блока 26 про координати місцезнаходження МНР та про виконання команд переміщення МНР з блока 23 та з блока повороту візирних цілей 30 надходить до блоку формування сигналів 29, в якому формується інформаційний сигнал, що кодується в блоці 22 та передається по радіоканалу блоком 21 на центральну станцію.

МН 7 отримує радіосигнали з центральної станції в блоці 21, які розкодовуються (рис. 6, рис. 7) у блоці 22, та виконується виділення складових сигналів з інформаційного пакета в кожному з відповідних блоків: 23-28. За командою з блока 24 МН 7 виконує маневрування та за фактичними координатами з блока 26 виходять у точку виконання нівелювання, координати якої надійшли з центральної станції. За командами з блока ОЕП 28 та блока повороту ОЕП 27 виконується пошук візирних цілей 11 МНР 8 та встановлення візирних осей ОЕП на візирні цілі 11. За сигналами з блока 28 проводиться реєстрація відліків a_1 і a_2 на матрицях ОЕП. За командою з блока світловіддалемірних вимірів 24 вимірюються відстані S_1 та S_2 світловіддалемірним блоком МН 7 до відбивачів візирних цілей 11 МНР № 1 та МНР № 2 відповідно. За командою з блоку 25 виконується вимірю-

вання відстані Δl від поверхні ЗПС 14 до приймально-передавальної площини ультразвукового давача 13 МН 7. Дані про виміри та виконання команд з блоків 23–28 надходять до блока формування сигналів 29, формуються у інформативний пакет, кодуються в блоці 22 та передаються блоком 21 на центральну станцію.

На центральній станції (рис. 5) радіосигнали приймаються блоком 6, розкодовуються у блоці 5 та через блок 1 надходять до блока 2. Тут інформаційний пакет розформовується на відповідні складові сигнали, які надходять до блоку керування – для втручання оператора в роботу системи (в разі необхідності), до інтелектуальної підсистеми – для порівняння фактичних координат МНР та МН з запланованими та виробленням корегуючих сигналів і передачі їх зворотним шляхом до МНР та МН. Крім того, у блоці 3 виконується обчислення відміток площини ЗПС 14 під ультразвуковими давачами перевищень 13 за формулою

$$H = \frac{1}{2} \left[H_{M_1} + H_{M_2} - \frac{(S_1 - S_2)(H_{M_1} - H_{M_2})}{S_1 + S_2} \right] - \frac{1}{2f} (S_1 a_1 + S_2 a_2) - l - \frac{1}{2} (\Delta l_{N_1} + \Delta l_{N_2}), \quad (1)$$

де $\left. \begin{array}{l} H_{M_1} = H_{R_1} + l + \Delta l_{N_1}, \\ H_{M_2} = H_{R_2} + l + \Delta l_{N_2}, \end{array} \right\}$ – відмітки висот центрів візирних цілей МНР № 1 та МНР № 2,

H_{R_1} і H_{R_2} – відмітки опорних реперів R_1 і R_2 ,

l – довжина вертикальної стійки МН від приймально-передавальної площини ультразвукового давача до центральної точки оптико-електронного приладу,

$\Delta l_{N_1}, \Delta l_{N_2}$ – відстані від поверхні ЗПС до приймально-передавальних площин ультразвукового давача МНР №1 та МНР №2,

f – фокусні відстані цифрових камер оптико-електронного приладу,

S_1 і S_2 – горизонтальні відстані, що вимірюються від оптико-електронного приладу до центрів візирних цілей МНР №1 та МНР №2,

a_1 і a_2 – відліки в долях пікселів на чутливих елементах подвійної матриці оптико-електронного приладу.

Значення обчисленої відмітки з блока 3 надходить на зберігання до блока обробки та зберігання інформації 2 і за запитом з блоку 1 – на екран монітору.

У випадку розташування частини реперів висотної основи аеропорту поза межами ЗПС, наприклад, на бічних смугах безпеки, можуть бути використані стаціонарні нівелірні рейки з прикріпленими до них візирними цілями та відбивачами – аналогічно візирній цілі 11 (рис. 6), які встановлюються на пункти висотної основи.

Висновки відповідно до статті. Запропонована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги дозволяє отримати значення висот точок в автоматичному режимі на заданій поверхні з регульованим кроком сканування. Така система ефективна для нівелювання великих за площею та протяжністю поверхонь злітно-посадкових смуг, ґрунтових стартів, руліжних доріжок, перонів аеропортів та дозволяє швидко визначити відмітки в режимі дистанційного ПС/GPS керування комплексу мобільних нівелювальних роботів.

Список використаних джерел

1. *Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року* [Електронний ресурс] : Постанова Кабінет Міністрів України від 24.02.2016 № 126. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show>.

2. *Крячок С. Д.* Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів / С. Д. Крячок // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2018. – № 1 (11). – С. 239-251.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Tereshchuk O. Efficiency of application of satellite technology when performing land cadastral works in settlements / O. Tereshchuk, I. Nystorik // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – Львів, 2016. – Вип. 84. – С. 90–98.

4. *Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі* / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторак. // *Інженерна геодезія*. – 2014. – № 61. – С. 58–77.

5. *Калинич І. В. Розробка методики побудови мереж GPS-нівелювання в Закарпатському регіоні* : автореферат дис. ... кан. техн. наук / І. В. Калинич ; Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2006. – 16 с.

6. Гавриленко Ю. Н. Систематическая составляющая ошибки GPS-нивелирования при коротких базах, вызванная влиянием уклонения отвесных линий / Ю. Н. Гавриленко, В. И. Соколов, К. В. Ковалев // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна»*. – 2009. – № 9 (143). – С. 35–43.

7. *Лазерный и оптический измерительный инструмент* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://geo-laser.com.ua/>.

8. *SOKKIA Global Portal* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sokkia.com>.

9. *Цифровые нивелиры Trimble* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.trimble.com>.

10. *Цифровые нивелиры Topcon* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.topcon.com>.

11. *Пат. 112334, Україна МПК (2016.01) G01C 5/00. Пристрій автоматизованого нівелювання* / В.Г. Бурачек, А.В. Телюков, С.Д. Крячок, Я.П. Брик, Т.М. Малік; заявники та патенто-власники В.Г. Бурачек, А.В. Телюков, С.Д. Крячок, Я.П. Брик, Т.М. Малік. – u201606614; заявл. 16.06.2016; опубл. 12.12.2016. - Бюл. № 23.

12. *Заявка на корисну модель № а 2018 08760. Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги* / В. Г. Бурачек, С. Д. Крячок, Т. М. Малік, Л. С. Мамонтова, В. П. Німіх; заявл. 15.08.2018.

References

1. Pro zatverdzenia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [On Approval of the State Target Program for the Development of Airports for the period up to 2023]. № 126 (from February 24, 2016). Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF>.

2. Kriachok, S. D. (2018). Topografo-heodezychne zabezpechennia aeroportiv [Topographic and geodetic provision of airports]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Bulletin of the Chernihiv State Technological University. Series «Technical Sciences», 1 (11), 239-251* [in Ukrainian].

3. Tereshchuk, O., Nystoriak, I. (2016). Efficiency of application of satellite technology when performing land and cadastral works in settlements. *Heodeziia, kartohrafiya i aerofotoznimannya – Geodesy, Cartography and Aerial Survey, 84, 90-98* [in English].

4. Schultz, R. V., Tereshchuk, O. I., Annenkov, A. O., Nystoryak, I. O. (2014). *Praktychni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat za suputnykovymy tekhnolohiiamy u realnomu chasi* [Research accuracy of the coordinates satellite technology in real time]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering Geodesy, 61, 59-78* [in Ukrainian].

5. Kalynych, I. V. (2006). *Rozrobka metodyky pobudovy merezh GPS-niveljuvannja v Zakarpatskomu regioni* [Improvement of the technology of construction of coordinate basis for the aims of State Cartography]. (Abstract of Candidate's thesis). Lviv: Natsionalnyi universytet «Lvivska politehnika» [in Ukrainian].

6. Gavrilenko, Yu. N., Sokolov, V. I., Kovalev, K. V. (2009). Sistematischeckaya sostavlyayushchaya oshibki GPS-nivelirovaniya pri korotkikh bazakh, vyzvannaya vliyaniem ukloneniya otvesnykh liniy [Systematic component of GPS-leveling errors at short bases, caused by the influence of the oblique deviation of the curved lines]. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya «Hirnycho-heolohichna» – Scientific works of Donetsk National Technical University. Series «Mining and Geology», 9 (143), 35-43* [in Russian].

7. *Lazernyy i opticheskiy izmeritelnyy instrument* [Laser and optical measuring tools]. *geo-laser.com.ua*. Retrieved from <http://geo-laser.com.ua>.

8. SOKKIA Global Portal. *www.sokkia.com*. Retrieved from <http://www.sokkia.com>.
9. Tsifrovyye niveliry Trimble [Digital levels Trimble]. *www.trimble.com*. Retrieved from <http://www.trimble.com>.
10. Tsifrovyye niveliry Topcon [Digital levels Topcon]. *www.topcon.com*. Retrieved from <http://www.topcon.com>.
11. Burachek, V. H., Teliukov, A. V., Kriachok, S. D., Bryk, Ya. P., Malik, T. M. (2016). Prystrii avtomatyzovanoho niveliuвання [Device for automated leveling]. *Utility Model Patent of Ukraine № 112334* [in Ukrainian].
12. Burachek, V. H., Kriachok, S. D., Malik, T. M., Mamontova, L. S., Niemykh, V. P. (2018). Avtomatyzovana systema heodezychnoho monitorynhu zlitno-posadkovoyi Smuhy [Automated system for geodesic monitoring of runway]. *Application for utility model № a 2018 08760* [in Ukrainian].

UDC 528.3

*Vsevolod Burachek, Sergiy Kryachok, Tetiana Malik,
Liudmyla Mamontova, Volodymyr Niemykh*

AUTOMATED SYSTEM OF GEODETIC MONITORING OF THE RUNWAY

Urgency of the research. *Ukraine is a well-known country of transport aircraft construction and has an extensive airport system. For the further development and modernization of the air transport infrastructure in our state, the State target program for the development of airports for the period up to 2023 was adopted.*

Target setting. *For the maintenance and reconstruction of artificial coverings at airports (runways, taxiways, aprons) we need the information about the relief of their surfaces. For this purpose, the leveling of surfaces of artificial coatings is periodically performed.*

Actual scientific researches and issues analysis. *The latest open access publications devoted to surface alignment technologies were reviewed.*

The research objective. *Analysis of the ways of leveling surfaces shows that the movement of geodetic tools is performed mainly in manual way, as well as recording and processing of results.*

The statement of basic materials. *The authors of this article developed an automated system of geodetic monitoring of the runway. It consists of mobile levelers, mobile level rails, which are located on the runway. The system also includes control devices located at the central control station of the airport's technical systems. The controls are located on the control tower.*

The functional elements of the mobile leveler, mobile level rail and central control station is given. The work principle of the automated system of geodetic monitoring of the runway is shown.

Conclusions. *The developed system of geodetic monitoring of the runway allows to obtain the value of points heights in the automatic mode on a given surface with an adjustable scan step. Such a system is effective for leveling large areas and the length of the artificial cover of the airport. The system allows to identify quickly markings in the remote GIS / GPS mode of a managed set of mobile leveling robots.*

Keywords: *level; leveling of the surface; artificial covering of the aerodrome; geodetic monitoring.*

Fig.: 8. References: 12.

Бурачек Всеволод Германович – доктор технічних наук, професор кафедри Геодезії, землеустрою та екології, Приватний вищий навчальний заклад Університет новітніх технологій (провулок Машинобудівний, 28, м. Київ, 03067, Україна).

Vsevolod Burachek – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Geodesy, Land Management and Ecology, Private Institution of Higher Education University of emerging technologies (Mashynobudivnyi lane 28, Kyiv, 03067, Ukraine).

E-mail: vbur2008@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9005-9254>

ResearcherID: V-6491-2018

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5633-1501>

ResearcherID: N-3061-2016

Малік Тетяна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, землеустрою та екології, приватний вищий навчальний заклад Університет новітніх технологій (провулок Машинобудівний, 28, м. Київ, 03067, Україна).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Tetiana Malik – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Geodesy, Land Management and Ecology, Private Institution of Higher Education University of emerging technologies (Mashynobudivnyi lane 28, Kyiv, 03067, Ukraine).

E-mail: malik.tat@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1362-8433>

ResearcherID: V-5877-2018

Мамонтова Людмила Степанівна – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Mamontova Lyudmila - Senior Lecturer of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: liudmila.mamontova@yandex.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4144-5261>

ResearcherID: N-3070-2016

Немих Володимир Павлович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Niemykh Volodymyr – master, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vovanfefd@yandex.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5619-0315>

ResearcherID: V-6056-2018

УДК 628.11

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-258-268

Володимир Іванишин, Єгор Чорний

**ТЕХНІКА Й ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУТКУ ПІДЗЕМНИХ ВОД
ІЗ ЧЕРНІГІВСЬКОГО РОДОВИЩА**

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження полягає в необхідності постійно здійснювати моніторинг, контролювати якість підземної питної води, яку використовують не лише для потреб населення Чернігова, але і для виробництва продукції, яка експортується.

Постановка проблеми. Якість підземної питної води, яка видобувається з різних родовищ, залежить від багатьох факторів, зокрема, від технічних засобів і технологій, які застосовуються в цьому процесі. Тому важливою є інформація про те, як вирішуються ці питання на Чернігівському родовищі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікації про техніку й технології, які застосовуються при видобутку підземних питних вод з Чернігівського родовища, відсутні. У статті викладені технічні й технологічні результати видобутку підземних питних вод із Чернігівського родовища, які не публікувалися.

Виділення недосліджених раніше частин загальної проблеми. Загальна проблема, яка стосується води, має надзвичайно широке коло недосліджених частин. До них можна віднести класифікацію підземних вод, метаморфізм (зміну) їх з глибиною, технологію обеззараження води тощо.

Постановка завдання. Цільовим завданням було інформувати широке коло зацікавлених фізичних і юридичних осіб про технічні й технологічні результати видобутку підземних вод із Чернігівського родовища.

Виклад основного матеріалу. Чернігівське відділення ПАТ «САН Ін Бев Україна» використовує питні підземні води Чернігівського родовища для забезпечення власних господарсько-побутових та виробничих потреб. До складу водозабору, що експлуатує це родовище, входять свердловини 1, 2, 3. Свердловиною 1 (глибина 135 м) добувається вода з бучацького водоносного горизонту (палеоген), свердловинами 2 і 3 (глибина 702 і 710 м) – із сеноман – нижньокрейдових відкладів. Облік видобутої води здійснюється через лічильник «PROMAG 53» німецької фірми «Endress+Hauser». Під час експлуатації родовища відбувається постійний контроль за якісними характеристиками води. Основним критерієм оцінки якості води є стабільність та незмінність хімічного складу та його відповідність Д Сан ПН 2.2.4-171-2-10.

Для запобігання забрудненню підземних вод навколо свердловин облаштовані зони суворого санітарного режиму. Територія зон огорожена. Поверхневі стоки відводяться за межі підприємства. У зоні суворого режиму забороняється проведення будь-яких гірничо-технічних та будівельних робіт. У статті наведено принципову схему водопостачання, схему облаштування оголовка свердловин, схему водопідготовки.

Висновки відповідно до статті. Забруднення водоносних горизонтів та комплексів, на які облаштовані свердловини водозабору Чернігівського відділення ПАТ «САН Ін Бев Україна» природним шляхом неможливе. Першочергова увага при проектуванні свердловин повинна звертатися на конструктивні їх особливості, ізоляцію водоносних горизонтів, що залягають вище в розрізі над горизонтом наміченим до експлуатації для запобігання забрудненню через затрубний простір.

Ключові слова: свердловина; підземні води; водозабор; родовище; обладнання; техніка; технологія.

Рис.: 3. Табл.: 3. Бібл.: 1.

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження полягає в необхідності постійно здійснювати моніторинг, контролювати якість підземної питної води, яку використовують не лише для потреб населення Чернігова, але і для виробництва продукції, яка експортується.

Постановка проблеми. Якість підземної питної води, яка видобувається з різних родовищ, залежить від багатьох факторів, зокрема, від технічних засобів і технологій, які застосовуються в цьому процесі. Тому важливою є інформація про те, як вирішуються ці питання на Чернігівському родовищі

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікації про техніку й технології, які застосовуються при видобутку підземних питних вод із Чернігівського родовища, відсутні. У статті викладені технічні й технологічні результати видобутку підземних питних вод із Чернігівського родовища, які не публікувалися.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Недостатньо вивчено та проаналізовано зарубіжні досягнення у вирішенні цієї проблеми.

Мета статті. Метою статті є інформація для науковців та виробничників про гідрогеологію кайнозойських і, частково, мезозойських відкладів Дніпровсько-Донецької западини, техніку і технологію видобутку підземних питних вод, їх якість.

Виклад основного матеріалу. Чернігівський пивний комбінат «Десна» першим в Україні став частиною бельгійської компанії «Interpbrew». У 1999 році до неї приєднався Миколаївський пивний завод «Янтар», а у 2000 – Харківський пивний завод «Рогань». Це був останній етап організації «Сан ІнБев Україна». Злиття ЗАТ Пивкомбінат

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

«Десна», ВАТ «Пивзавод «Рогань» і ВАТ «Пивзавод Янтар» та формування єдиної юридичної особи ВАТ «Сан ІнБев Україна» відбулося у 2006 році. Ці пивкомбінати були реорганізовані в безбалансове відділення ВАТ «Сан ІнБев Україна», яке є підрозділом найбільшого у світі пивоварного концерну Anheuser-Busch in Bev та лідером на Українському ринку пива.

Чернігівське відділення ПАТ «Сан ІнБев Україна» експлуатує й використовує питні підземні води Чернігівського родовища переважно для забезпечення власних господарчо-побутових та виробничих потреб у обсязі 3672,37 м³/добу, 1340,24 тис. м³/рік. До складу його водозабору входять свердловини 1, 2, 3.

Свердловина 1 глибиною 135 м споруджувалася з 18 грудня 1986 р. до 7 липня 1987 р. на бучацький водоносний горизонт. Робочу частину гравійно-дротяного фільтру свердловини діаметром 219 мм встановлено в інтервалі глибин 110,0–128,0 м, на відклади бучацької серії палеогену, які складені пісками сірими, що залягають на глибині 110,0–130,0 м.

Свердловину обладнано насосом ЕЦВ 8-16-40 зануреним на глибину 90 м. Облік води здійснюється через лічильник «PROMAG 53» з максимальною можливістю 65 м³/год виробництва фірми «Endress+Hauser» (Німеччина).

Свердловина 2 глибиною 702 м споруджувалася з 18 грудня 1986 р. до 7 липня 1987 р. на сеноман-нижньокрейдвий водоносний комплекс. Робочу частину дротяного фільтра свердловини діаметром 168 мм встановлено на глибині 646,0–692,0 м на сеноман-нижньокрейдві відклади, які складені пісками середньозернистими з прошарками щільної глини, що залягають в інтервалі глибин 642,0–695,0 м. Свердловину обладнано насосом 8 SDS 150/10 зануреним на глибину 127 м. Облік води здійснюється через лічильник «PROMAG 53» з максимальною можливістю 150 м³/год виробництва фірми «Endress+Hauser» (Німеччина).

Свердловина 3 глибиною 710 м споруджена у 1997 році на водоносний комплекс у сеноман-нижньокрейдвих відкладах, які складені пісками дрібнозернистими, що залягають на глибині 630,0–695,0 м. Робочу частину сітчатого фільтра свердловини діаметром 168 мм встановлено в інтервалі глибин 644,0–695,0 м. Свердловину обладнано насосом 8 SDS 100/10 зануреним на глибину 117 м. Облік води здійснюється через лічильник «PROMAG 53» з максимальною можливістю 125 м³/год виробництва фірми «Endress+Hauser» (Німеччина).

Основні дані про експлуатаційні свердловини наведені в табл. 1, схематичний план розташування споруд та водопроводів на водозаборі Чернігівського відділення ПАТ «Сан ІнБев Україна» (свердловини 1, 2, 3) показано на рис. 1.

Таблиця 1

Основні дані про експлуатаційні свердловини

№ св.	Рік буріння	Геол. вік	Глибина, м	Абс. відмітка устя, м	Глибина по кривлі вод. гор. м	Товщина, м	Статичний рівень, м	Динамічний рівень, м	Зниження рівня, м	Дебіт, м ³ /год	Інтервал робочої частини фільтра, м	Сучасне використання
1	1987	P ₂ bc	135	143,0	110	20	37	44,5	7,5	30	110-128	Екс пл.
2	1987	K ₂ s+K ₁	702	143,0	642	45	60,82	113,82	53	130	646-692	Екс пл.
3	1997	K ₂ s+K ₁	710	144,02	630	65	62,82	104,82	42	100	644-695	Екс пл.

Водозабір фактично працює з початку 1988 року.

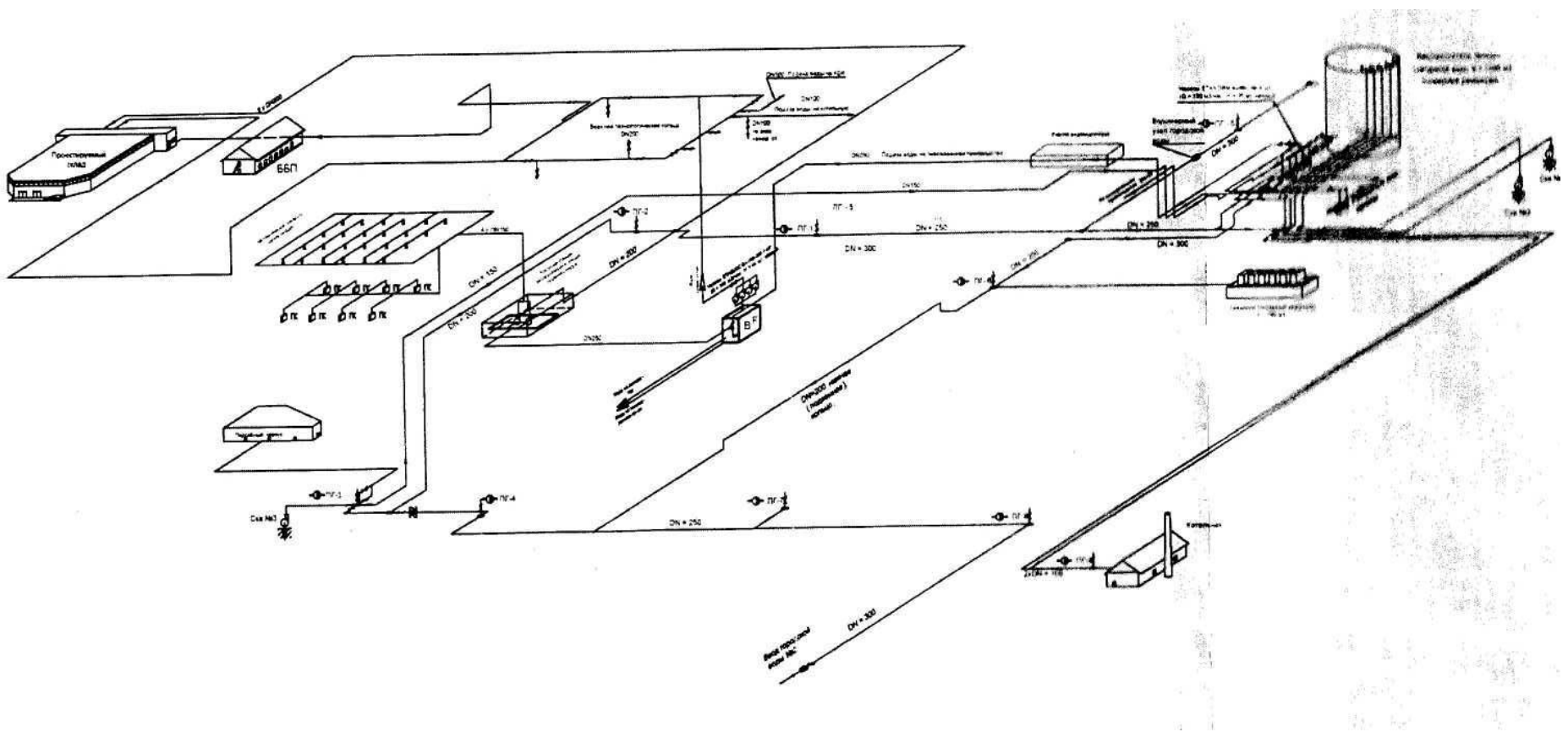
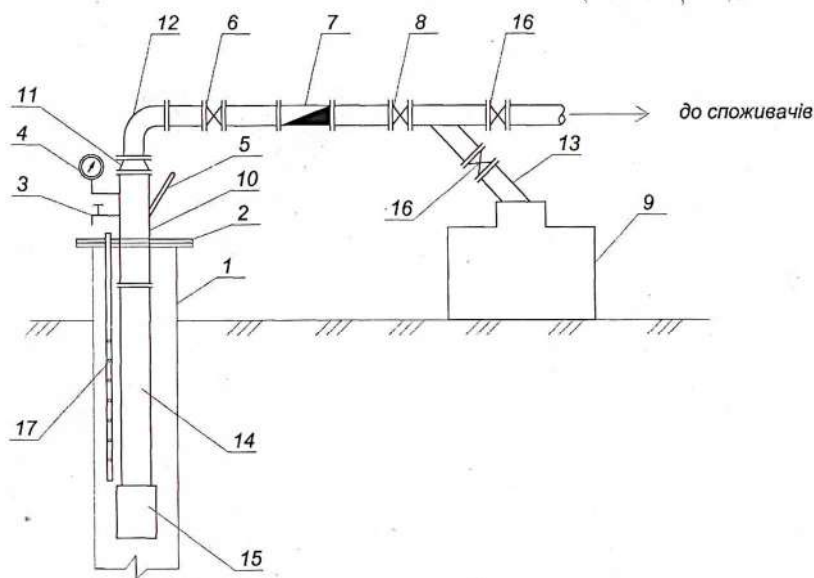


Рис. 1. Принципова схема водопостачання

Свердловини облаштовані спеціальним оголовком, схема якого наведена на рис. 2.



1. Оголовок свердловини.
2. З'єднувальний фланець.
3. Кран для відбору проб води.
4. Манометр.
5. Термометр.
6. Контрольна засувка.
7. Водомір.
8. Основна засувка.
9. Мірна ємність.
10. Спецпатрубок.
11. Перехід.
12. Коліно.
13. Відвідний патрубок.
14. Водогідійомні труби.
15. Занурювальний насос.
16. Засувка.
17. П'єзометрична трубка.

Рис. 2. Схема облаштування оголовка свердловини

Оголовок свердловини облаштовано фланцем, до якого кріпиться спеціальний патрубок із трьома ввареними штуцерами для манометра, термометра та крану для відбору проб води. До фланця кріпиться п'єзометрична трубка діаметром 30–40 мм для заміру води в свердловині. П'єзометрична трубка перфорована. Глибина її занурення відповідає глибині занурювання насоса мінус 5–6 м. На горизонтальній ділянці оголовка встановлена контрольна засувка, водомір та основна засувка. Зі спеціальним патрубком горизонтальна частина оголовка з'єднується коліном та переходом.

Для перевірки точності водоміра потрібно проводити його періодичне тарування. Тому на оголовку передбачений відвідний патрубок із засувкою та мірна ємність.

Для частотного управління двигуном з метою підтримання заданого тиску в системі водопостачання встановлені частотні регулятори фірми Danfoss.

При експлуатації свердловин здійснюється контроль за якісними характеристиками води, яка використовується для водопостачання ПАТ «Сан ІнБев Україна». Основним критерієм оцінки якості води є стабільність та незмінність хімічного складу води та його відповідність ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [1].

Для запобігання забрудненню підземних вод навколо свердловин облаштовані зони суворого санітарного режиму радіусом 15 м. Територія зон огорожена, очищається від сміття. Всі поверхневі стоки відводяться за межі підприємства. У зоні суворого режиму забороняється проведення будь-яких гірничо-технічних та будівельних робіт. Стороннім допуск у зону суворого режиму заборонено.

Вода на господарські та протипожежні потреби подається в систему водопостачання ПАТ «САН ІнБев Україна» без додаткового очищення. А вода, яка використовується для питних та технологічних потреб, із міської мережі та зі свердловин подається в бак-накопичувач для непідготовленої води $V = 1000 \text{ м}^3$. Цей бак використовується і як пожежний резервуар. Після чого ця вода проходить додаткове очищення на дільниці водопідготовки.

Головна мета експлуатації водозабірних свердловин – це безперебійне забезпечення підприємства підземною водою відповідної якості. Для запобігання ускладнень під час експлуатації необхідно:

- експлуатацію водозабірних свердловин повинен здійснювати штатний спеціально підготовлений працівник;
- проводити систематичний нагляд і контроль за роботою всіх споруд і обладнання;
- поточний і капітальний ремонт проводити для усунення всіх неполадок у роботі споруд;
- своєчасно проводити заміну обладнання, водорегулюючої арматури й контрольно-вимірювальних приладів, що вийшли з ладу.

Однією з головних вимог під час експлуатації свердловин є ведення експлуатаційного журналу, в якому фіксуються всі дані показників їх роботи:

- манометра;
- водолічильника;
- амперметра;
- час включення та виключення;
- тривалість роботи;
- відмітку динамічного та статичного рівня води;
- виявлені неполадки обладнання та їх усунення.

Профілактичний огляд насосного обладнання потрібно виконувати в зазначені в паспорті терміни.

Виконання поточного і капітального ремонтів здійснюється на основі річних планів, що складаються службою експлуатації.

Можливі неполадки і причини припинення подачі води, методи їх усунення наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Можливі неполадки і причини в припиненні подачі води, методи їх усунення

Неполадки	Можливі причини	Дії обслуговуючого персоналу й методи усунення неполадок
1	2	3
Артезіанські свердловини		
Не запускається глибинний насос	Відсутня напруга на одній фазі	Перевірити наявність напруги у фазах
	Відсутня напруга в мережі управління – згорів запобіжник	Поставити новий запобіжник
	Розрив ізоляції проводу підключення	Знайти місце пошкодження і усунути дефект
Неполадки	Можливі причини	Дії обслуговуючого персоналу і методи усунення неполадок
Насосний агрегат не розвиває належної потужності подачі води	Можливий кальматаж фільтрів свердловини	Демонтувати агрегат і прочистити фільтр
	Знос робочих коліс насоса	Демонтувати агрегат і замінити робочі колеса насоса
	Негерметичність з'єднань водопідіймних труб	Замінити гумові прокладки або підтягнути болти фланцевого з'єднання
	Зносилися водопідіймні труби	Замінити водопідіймні труби
Після короткочасної роботи спрацьовує захист	Агрегат знаходиться вище динамічного рівня	Наростити водопідіймні труби
	Захист станції управління не відповідає потужності агрегату	Провести наладку захисту
При високому тиску мала подача води	Прикрита засувка на свердловині	Відкрити засувку
	При закриванні засувки перевіряється шток	Замінити засувку

1	2	3
Вода не відповідає ДСанПіН 2.2.4-171-10 (Бактеріологічний аналіз не відповідає нормам)	Попадання поверхневої води у свердловину	Перевірити герметизацію оголовка і при необхідності підтягнути болти фланця. Загерметизувати оголовок
	Пошкоджені водопідйомні труби	Замінити водопідйомні труби
При нормальній роботі артсвердловини мала подача води в резервуар	Порив водогону від насосної станції	Ліквідувати порив

Під час експлуатації водозабору категорично **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**:

1. Експлуатувати свердловини з дебітом більшим зазначеного у паспорті.
2. Проводити пуск насосного устаткування на повну потужність після тривалої перерви.
3. Відкачувати воду зі свердловин із вмістом піску.
4. Залишати свердловини без нагляду.
5. Виконання робіт із монтажу насосного обладнання та ремонту свердловин неспеціалізованими організаціями.

Вода для виготовлення пива повинна бути без смаку й запаху, практично безбарвною і малокаламутною. Особливі вимоги висуваються до жорсткості, лужності, рН, окислюваності, вмісту заліза, хлоридів, сульфатів, нітратів і сухого залишку.

Підприємство має насосну станцію водопостачання продуктивністю 445 м³/годину в блоці з вертикальним водозбірним резервуаром об'ємом 1000 м³ та обладнання ділянки водопідготовки та водоочищення (приміщення підготування води). У приміщенні для підготовки води встановлена система водопідготовки та водоочищення фірми «Berkefeld-Filter Anlagenbau GmbH» (Німеччина). Ця система має сертифікат відповідності № 205194 та висновок Чернігівської обласної санітарно-епідеміологічної станції.

Схема водопідготовки Чернігівського ПАТ «САН ІнБев Україна» наведена на рис. 3.

Вона передбачає такі етапи:

1. Дозування флокулянта (FeCl₃) 6H₂O. Дозування відбувається автоматично. Норма дозування становить 10–15 мг/л.

2. Аерація. Границі мінімальної та максимальної витрати повітря встановлені на витратомірі. Повітря подається з компресорної (беззмазуючі компресори). У відділенні водопідготовки знаходиться запасний компресор, який можна використовувати для аерації в аварійних ситуаціях.

3. Піщані фільтри. Як фільтруючий матеріал використовується спеціальний кварцовий пісок з різною крупністю зерен. Незаповнений простір становить 600 мм. Фільтруючий шар 2: 1,5–2,5 мм, висота – 800 мм. Фільтруючий шар 1: 0,71–1,25 мм, висота 900 мм. Підтримуючий шар 1: 1,0–2,0 мм, висота 150 мм. Піщані фільтри працюють паралельно. Переключення на зворотне промивання виконується автоматично після проходження 3000 м³ води через фільтр (приблизно 1 раз на добу залежно від роботи водопідготовки). Зворотне промивання проводиться водою з проміжної ємності згідно з програмою, яка закладена в комп'ютері. Закінчення зворотного промивання відбувається за часом. Продуктивність насоса для зворотного промивання приблизно в два рази вища.

4. Хлорування/обеззаражування. Використовується гіпохлорид Na марки А. Датчик на лінії контролює хлор після проміжної ємності. Вимірювання ведеться в mV (в межах 600-700). Оператор контролює вміст хлору через експрес-тести. Норма дозування 1 г/м³. Витрата реагенту складає 63-120 кг на добу залежно від потреби води на виробництві.

5. Зберігання в проміжній ємності. Об'єм –150 м³. Концентрація вільного хлору на виході з проміжної ємності – 1 – 2 мг/л.

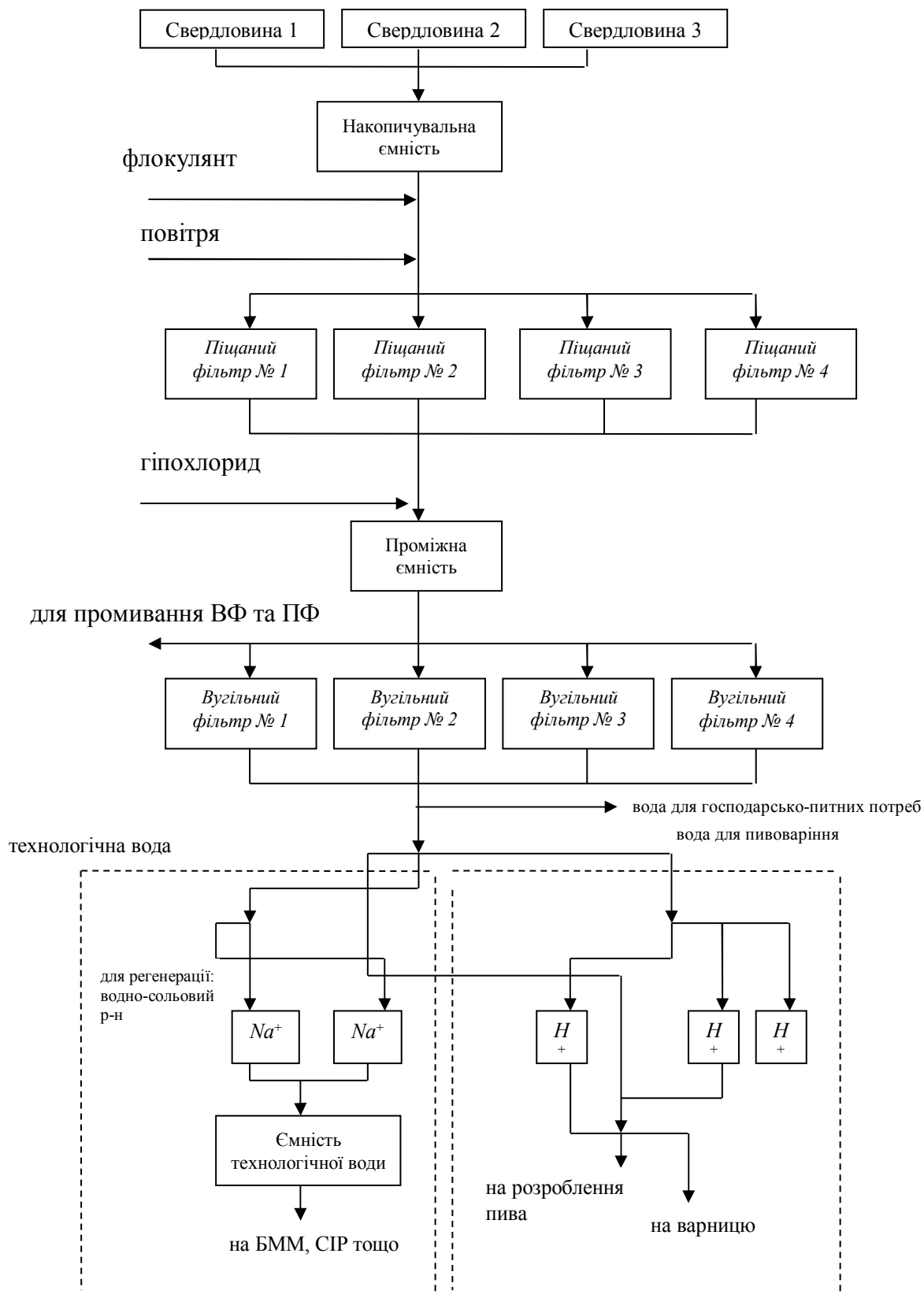


Рис. 3. Схема водопідготовки

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Вугільні фільтри. Використовуються спеціальне активоване вугілля з високою поглинаючою здатністю. Незаповнений простір становить 850 мм. Фільтруючий шар: 0,6–2,4 мм. Підтримуючий шар 1: 1,0–2,0 мм. Вугільні фільтри працюють паралельно. Переключення на зворотне промивання виконується автоматично після проходження 15 000 м³ води через фільтр. Зворотне промивання проводиться водою з проміжної ємності згідно з програмою, яка закладена в комп'ютері. Закінчення зворотного промивання відбувається за часом. Для дезінфекції та стерилізації фільтрів передбачене оброблення їх паром. Періодичність оброблення паром проводиться в залежності від показників мікробіологічних аналізів води після вугільних фільтрів, згідно зі схемою контролю, але не рідше 15 днів. Програма оброблення паром закладена в комп'ютері. Пара подається з котельної. Фільтри тонкого очищення проектом не передбачені.

7. Для приготування води, яка використовується для технологічних потреб, використовуються Na-катионові фільтри. Використовується іонообмінна смола – С 600, Na – 4,825 л. Інертна смола IF 62 – 700 л. Підтримуючий шар: Berkosan 1,0-2,0 мм, висота – 150 мм. Na-катионові фільтри працюють поперемінно. Відключення на регенерацію виконується автоматично після проходження 1400 м³ води через фільтр. Регенерація виконується автоматично в режимі протитока. Для регенерації використовується водно-сольовий розчин NaCl (410 кг). Регенерація ведеться згідно з програмою, яка закладена в комп'ютері. Після регенерації фільтр залишається в режимі очікування до відключення другого фільтра на регенерацію. Технологічна вода готується через змішування води після вугільного фільтра та Na-катионітового фільтра у співвідношенні 1:2.

8. Зберігання в баці технологічної води. Вода використовується для бутиломиєчної машини, СІП тощо. Загальна жорсткість води – до 10°F. При необхідності для мийки ємності можна використовувати насос високого тиску.

9. Для приготування води, для пивоваріння, використовуються H-катионітові фільтри (декарбонізатори). Використовується іонообмінна смола – С 600 Н – 2,350л, інертна смола IF 62–325 л. H-катионітові фільтри працюють паралельно. Відключення на регенерацію виконується автоматично після проходження 400 м³ води. Для регенерації використовується 33 % соляна кислота. Регенерація ведеться згідно з програмою, яка закладена в комп'ютері. Водно-кислотний розчин після процесу регенерації накопичується в ємності для нейтралізації. Нейтралізація проводиться розчином каустика до рН 6-7 (циркуляція) (150-200 кг на одну регенерацію).

10. Змішування води для розбавлення пива. Вода для розбавлення пива готується через змішування води після H-катионітового фільтру та вугільних фільтрів у співвідношенні 2:1 в потоці при подачі води в ємність фарфасного відділення.

Для питних потреб Чернігівського відділення ПАТ «САН ІнБев Україна» використовується вода, яка пройшла очистку з 1 до 7 етапу (які наведені вище) на станції водопідготовки.

Контроль якості води відбувається на всіх етапах водопідготовки. Місця відбору проб, періодичність, показники, що контролюються наведено в табл. 3.

Якість води контролюється на всіх етапах лабораторією підприємства та щоквартально (зі свердловин та після водопідготовки) лабораторією Чернігівського міського відділу лабораторних досліджень.

Перелік місць відбору проб, періодичність контролю та перелік показників
на етапах підготовки питної води

Об'єкт контролю	Місце відбору	Показник, що підлягає контролю	Періодичність контролю	Відповідальний
1	2	3	4	5
Вода з підземних джерел				
Вода з артсвердловин	Накопичувальна ємність води зі свердловин	- провідність - рН - лужність - загальна - жорсткість - NH ₄ - NO ₂ - NO ₃ - Fe - хлориди - хлорин, ClO ₂ - візуальний аспект	щотижня	Інженер СК
Підготовлена вода				
після декарбонізації (корекція тимчасової жорсткості)	з кожного декарбонізатора з пробовідбірною крану	- провідність - рН - лужність	2 рази на тиждень (аналіз продукту)	Інженер СК
		- лужність - візуальний аспект	4 рази за зміну (контроль процесу)	оператор
після хлорування	Проміжна накопичувальна ємність (після дотації гіпохлориду) та ємність технічної води	- хлор, ClO ₂	4 рази за зміну (контроль процесу)	оператор
		- дегустація	щоденний контроль продукту	Дегустаційна команда
після дехлорування	Вихід з вугільного фільтра	- тригалометани	1 раз на півроку	інженер СК
		- залишковий хлор	4 рази за зміну (контроль процесу)	оператор
		- дегустація	щоденний контроль продукту	Дегустаційна команда
після катіонообмінника	вихід установки пом'якшення	- провідність - рН - загальна - жорсткість - візуальний аспект - хлор - нітрати	щотижня	інженер СК
		- дегустація (тільки після проведення дезінфекції)	Щоденний контроль продукту	Дегустаційна команда
пара та конденсат	Холодний конденсат харчової пари та зворотній конденсат від пляшко- мийних машин	- провідність - рН - візуальний аспект - запах (конденсат)	Щотижневий аналіз продукту	оператор
деаерована вода	Вихід з деаератора	дегустація	Щоденний контроль продукту	оператор
		дегустація	щоденно	Дегустаційна команда
		- рН - розчинений кисень - температура	1 раз за зміну	оператор інженер СК

1	2	3	4	5
вода пивоварена	Ємність пивовареної води	- рН - загальна жорсткість - візуальний аспект - провідність	1 раз на добу	інженер СК
Технічна вода				
генерація пари	вода для котла	- рН - провідність - загальна жорсткість - лужність	щотижня	оператор
конденсатор охолодження	Вихід з конденсатора	- рН - провідність - загальна жорсткість - лужність	щотижня	оператор

Висновки відповідно до статті. Забруднення водоносних горизонтів та комплексів, на які облаштовані свердловини водозабору Чернігівського відділення ПАТ «САН Ін Бев Україна» природним шляхом неможливе. Першочергова увага при проектуванні свердловин повинна звертатися на конструктивні їх особливості, ізоляцію водоносних горизонтів, що залягають вище в розрізі над горизонтом наміченим до експлуатації для запобігання забрудненню через затрубний простір.

Список використаних джерел

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

References

1. SanPin 2.2.4-171-10 «Hygienic requirements to potable water intended for human consumption».

UDC 628.11

Volodymyr Ivanyshyn, Egor Chorny

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY OF GROUNDWATER EXTRACTION OF THE CHERNIHIV FIELD

Urgency of the research. The urgency of the research topic is the need to continuously monitor and control the quality of underground drinking water, which is used not only for the needs of the population of Chernihiv, but also for the production of products that are being exported.

Target setting. The quality of underground drinking water, which is extracted from different fields, depends on many factors, in particular, on the technical means and technologies that are used in this process. Therefore, it is important to know how these issues are resolved at the Chernihiv field.

Actual scientific researches and issues analysis. There are no publications on the techniques and technologies that are used in the extraction of underground drinking water of Chernihiv field. The article presents the technical and technological results of underground drinking water production of Chernihiv field, which have not been published.

Uninvestigated parts of general matters defining. The general water problem has an extremely wide range of unexplored parts. These include classification of underground waters, metamorphism (change) of them with depth, technology of disinfection of water, etc.

The research objective. The objective was to inform a wide range of interested individuals and legal entities about the technical and technological results of underground water production of Chernihiv field.

The statement of basic materials. Chernihiv branch of PJSC "SAN In Bev Ukraine" uses drinking underground water of Chernihiv field to provide its own domestic and industrial needs. The composition of the water intake, which operates this field includes wells 1, 2, 3. Well 1 (depth 135m) produces water from the buchat aquifer (Paleogene), wells 2 and 3 (depth 702 and 710 m) – with Cenomanian – lower Cretaceous deposits. Accounting for the extracted water is carried out through the meter PROMAG 53" German company "Endress+Hauser". During the operation of the field there is a constant monitoring of the quality characteristics of water. The main criterion for assessing the quality of water is the stability and immutability of the chemical composition and its compliance with San PIN D 2.2.4-171-2 10.

To prevent contamination of groundwater around the well equipped with a zone of strict sanitary regime. The territory of the zones is fenced. Surface runoff is discharged outside the plant. In the zone of strict regime prohibited the holding of any mining engineering and construction works. The article contains a schematic diagram of water supply, the scheme of arrangement of the head of wells, the scheme of water treatment.

Conclusions. *Pollution of aquifers and complexes which are equipped with water intake wells Chernihiv branch of PJSC "SAN In Bev Ukraine" naturally impossible. Priority attention in the design of wells should be paid to their design features, isolation of aquifers lying higher in the section above the horizon, scheduled for operation to prevent pollution through the annulus.*

Keywords: *well, groundwater, water intake, field, equipment, technique, technology.*

Fig.: 3. Tabl.: 3. References: 1.

Іванишин Володимир Андрійович – доктор геологічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, 14035, Чернігів, Україна).
Ivanyshyn Volodymyr – Doctor of Geological Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology, Honorary scout (95, Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: gkz.kaf@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2394-1837>

Чорний Єгор Іванович - виконуючий обов'язки директора дочірнього підприємства «Водземпроект».

Chornyı Yehor Ivanovych – Acting Director of the subsidiary «Vodzempromekt».

E-mail: dp.Vodzempromekt@gmail.com

**ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ
НАУКОВИХ СТАТЕЙ ДО НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

Шановні дописувачі!

Для подання статті необхідно спочатку надіслати на електронну адресу tst.technical.sj@gmail.com Вашу статтю, рецензію та довідку про автора (ів) для попереднього розгляду редакційною колегією журналу «Технічні науки та технології».

Після отримання позитивного відгуку прохання сплатити вартість публікації і відправити весь пакет документів.

Для публікації статті у журналі «Технічні науки та технології» необхідно в обов'язковому порядку подати:

- електронний варіант статті, оформленої за зразком;
- рецензію на статтю за підписом доктора наук;
- довідку про авторів;
- квитанцію (скановану) про сплату вартості публікації наукової статті.

Опублікування наукових статей у журналі «Технічні науки та технології» є платним. Вартість публікації 1 сторінки наукової статті становить **65 грн** (прохання обов'язково уточнювати вартість публікації). Оплата підтверджується квитанцією.

**УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ, ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ, РЕКВІЗИТИ
ОПЛАТИ ТА ОСТАННІ НОМЕРИ НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЇ» РОЗМІЩЕНО НА САЙТІ ЧЕРНІГІВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ:**

<http://tst.stu.cn.ua/>

Контактна інформація.

Матеріали необхідно надсилати на адресу: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, к. 242 (науково-дослідна частина).

Контактна особа: **Кормило Ірина Миколаївна.**

Тел. роб.: (0462) 66-51-15

Тел. моб.: (093) 592-78-12

E-mail: tst.technical.sj@gmail.com

**Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.
Неправильно оформлені автором стаття та супровідні документи,
що не відповідають зазначеним вимогам, розглядатися не будуть.**

Редакція розглядає надходження публікації та супровідних документів (рецензії, довідки про авторів тощо) як згоду дописувача (ів) щодо передачі авторського права на використання твору (тиражування, розповсюдження тощо).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (14)

Відповідальний за випуск
Коректор
Комп'ютерна верстка і макетування

С. П. Сапон
О. С. Смелова
Т. М. Колот

Підписано до друку 17.12.2018. Формат 60×84/8. Друк різнографія.
Ум. друк. арк. – 31,39. Тираж 100 пр. Замовлення № 448/18.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.