

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ГІРНИЧІ, БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ ТА МЕЛІОРАТИВНІ МАШИНИ

Всеукраїнський збірник наукових праць

Видається в КНУБА з 1965 р. двічі на рік

Випуск 97

(січень – червень, 2021)



Allukrainian collection
of scientific works
GBDMM
GBDMM

MINING, CONSTRUCTIONAL, ROAD AND MELIORATION MACHINES

Allukrainian collection of scientific works

Founded KNUCA in 1965

Number 97

(January – June, 2021)

<http://gbdmm.knuba.edu.ua>

(<http://gbdmm.at.ua>)

Київ / Kyiv

Засновник: Київський національний університет будівництва і архітектури
Свідоцтво про державну реєстрацію: KB № 15433-4005P від 09.07.2009

Головний редактор Михайло Сукач, д.т.н., проф.
Заступник редактора Олег Дєдов, д.т.н., проф.

Проблематика	Research areas
Моделювання робочих процесів машин	Modeling workflows
Гірничі та піднімально-транспортні машини	Mining and lifting transport machines
Будівельні машини і технологічне обладнання	Construction machines and technical equipment
Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт	Machines for earthworks, road and forestry work
Автоматизація і інформаційні технології	Automation and information technology

Редакційна колегія

Юрій Абрашкевич, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)	Іван Назаренко, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
Олександр Вольченко, д.т.н., проф. (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)	Костянтин Почка, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
Дмитро Гончаренко, д.т.н., проф. (ХНУБА, Харків)	Володимир Рашківський, к.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
Леонід Заміховський, д.т.н., проф. (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)	Ігор Ребезнюк, д.т.н., проф. (НЛТУУ, Львів)
Святослав Кравець, д.т.н., проф. (НУВГП, Рівне)	Роман Рогатинський, д.т.н., проф. (ТНТУ, Тернопіль)
Микола Кузьмінець, д.т.н., проф. (НТУ, Київ)	Володимир Супонєв, д.т.н., проф. (ХНАДУ, Харків)
В'ячеслав Ловейкін, д.т.н., проф. (НУБіП, Київ)	Всеволод Франчук, д.т.н., проф. (ДВНЗ НГУ, Дніпро)
Леонід Мазуренко, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)	Сергій Шатов, д.т.н., проф. (ПДАБА, Дніпро)
Олександр Маслов, д.т.н., проф. (КрНУ ім. М. Остроградського, Кременчук)	Валерій Яковенко, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
Олег Мачуга, д.т.н., проф. (НЛТУУ, Львів)	Stanislaw Fic, Dr hab, Prof. (Lublin University of Technology, Poland)
Володимир Мусійко, д.т.н., проф. (НТУ, Київ)	Jerzy Grudzinski, Dr hab, Ass. Prof. (University of Life Sciences in Lublin, Poland)
Юрій Науменко, д.т.н., проф. (НУВГП, Рівне)	Victor Mashkov, Dr Tech. Sc., Ass. Prof. (University J. Evangelista Purkune in Usti-nad-Laben, Czech Republic)

Рекомендовано до друку

вченою радою Київського національного університету
будівництва і архітектури 21.06.2021 р., протокол № 36

Усі права застережені. Відповідальність за зміст та достовірність
наведених даних несуть автори публікацій



Моделювання робочих процесів

Євгеній Горбатюк, Світлана Комоцька, Дмитро Міщук, Володимир Воляннюк

Вибір розрахункового еквівалента опорних пристроїв П-подібних рам землерийно-транспортних машин..... 5

Гірничі та піднімально-транспортні машини

Дмитро Міщук, Євген Міщук, Олександр Калашніков

Аналіз системи керування чіткої логіки колісного робота з диференціальним приводом..... 12

Будівельні машини і технологічне обладнання

Олександр Тетерятник, Максим Балака

Аналіз шляхів забезпечення енерго-незалежності будівельної техніки з використанням відновлювальних джерел енергії..... 24

Юрій Абрашкевич, Григорій Мачишин, Олександр Марченко, Світлана Комоцька

Механізована обробка будівельної техніки абразивними робочими органами..... 36

Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт

Михаил Сукач

Этапы и стадийность изучения морского дна для землеройных систем... 47

Володимир Рашківський, Богдан Федишин

Аналіз характеру стружкоутворення при роботі просторово-орієнтованими ножами динамічної дії..... 57

Modeling workflows

Ievgenii Gorbatyuk, Svitlana Komotska, Dmitry Mishchuk, Vladimir Volianiuk

Selection of the calculated equivalent of the supporting devices of U-shaped frames of earthmoving vehicles..... 5

Mining and lifting transport machines

Dmytro Mishchuk, Yuvgen Mishchuk, Oleksandr Kalashnikov

Analysis of the control system of the clear logic of the wheel drive with a differential drive..... 12

Construction machines and technical equipment

Oleksandr Teteriatnyk, Maksym Balaka

Analysis of ways to ensure the energy independence of construction equipment using renewable energy sources..... 24

Yury Abrashkevich, Hrigoriy Machyshyn, Oleksandr Marchenko, Svitlana Komotska

Mechanized processing of building equipment by abrasive working bodies..... 36

Machines for earthworks, road and forestry work

Mihail Sukach

Stages and staging of the study of the seabed for earthmoving systems 47

Volodymyr Rashkivskiy, Bohdan Fedyshyn

Analysis of character nature in the work of spatially oriented knives of dynamic action..... 57

Автоматизація і інформаційні технології

Стефан Зайченко, Наталія Жукова, Дмитро Яковлев, Вадим Шаленко, Борис Корнійчук

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.....

62

Automation and information technology

Stefan Zaichenko, Natalia Jukova, Dmitro Yakovlev, Vadym Shalenko, Boris Korniychuk

Intelligent multisensor system for identification and estimates of the technical mill of electrical engineering.....

62

Інформація

Михайло Сукач

Грантові наукові програми Китаю..... 68

Information

Mykhailo Sukach

Grant research programs in China... 68

УДК 624.132

Вибір розрахункового еквівалента опорних пристроїв П-подібних рам землерийно-транспортних машин

Євгеній Горбатюк¹, Світлана Комоцька²,
Дмитро Міщук³, Володимир Волянчук⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

¹ek_gor@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8148-5323>

²komotska.siu@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8418-5302>

³mischuk.do@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8263-9400>

⁴volian535@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6852-9037>

Received: 18.03.2021; Accepted: 28.05.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0101>

Анотація. В статті дано опис вибору розрахункового еквіваленту опорних пристроїв П-подібних рам землерийно-транспортних машин. При розрахунках П-подібних рам землерийно-транспортних машин на дію сил, що розташовані у площині рами, опорні пристрої необхідно представляти та розраховувати або як шарнірно-нерухомі опори або як статично визначену систему.

Різниця у виборі розрахункового еквівалента опорних пристроїв призводить до істотної різниці у розрахунковій навантаженості всієї рами. Розглядаючи одну й ту саму раму з однаковим навантаженням, але з різними опорними пристроями, неважко переконатися, що значення найбільшого згинаючого моменту в поперечній частині рами може різнитися на 30-35%. Значна різниця у навантаженості існує й в поздовжніх частинах рами. У зв'язку з цим є необхідність сформулювати критерії за якими може бути зроблено висновок про те, якому розрахунковому еквіваленту відповідає опорний пристрій рами, яка проектується.

Правильний вибір розрахункового еквівалента опорних пристроїв рами землерийно-транспортної машини істотно впливає на отримані при розрахунках результати та допомагає значно їх спростити.

В даній роботі розглядається П-подібна рама землерийно-транспортної машини з шарнірною опорою. В залежності від величини зазору в шарнірному кріпленні опори, розглянуто розрахункові схеми для випадку жорсткого затискання шарніра в опорі та вільного зі значним зазором. Для заданого зовнішнього навантаження, в роботі запропонована методика визначено зусилля в опорних шарнірах і з ураху-

ванням характеру кріплення та досліджено зміну навантаження в найбільш напруженій частині рами.

Результати представленого дослідження будуть цікавими для виробничих заводів, які займаються виготовленням елементів металоконструкцій машин бульдозерного типу, а також ремонтних підприємств будівельної техніки для якісного аналізу існуючих конструкцій подібних машин для їх відновлення.

Ключові слова: землерийно-транспортна машина, рама, розрахунковий еквівалент, опорний пристрій, штовхаючий брус, зазор.

ВСТУП

Машини для земляних робіт застосовують в промисловому та цивільному будівництві при плануванні майданчиків, розробці котлованів, траншей, в авто- і залізничному будівництві – при влаштуванні виюмок, насипів земляного полотна і т.п.

Машини для земляних робіт – головний засіб механізації земляних робіт в будівництві, видобутку корисних копалин, меліорації, військово-інженерній справі, бурінні свердловин, освоєнні надр Світового океану і космічних об'єктів [1].

Машини землерийно-транспортні – самостійні машини на пневматичному або гусеничному ході, призначені для профілювання земляних насипів, переміщення і розрівнювання ґрунтів, відділення гірської маси від масиву та її транспортування.

МЕТА РОБОТИ

Проаналізувати та дослідити варіанти вибору розрахункового еквіваленту опорних пристроїв П-подібних рам землерийно-транспортних машин.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Роль землерийних машин визначається не тільки зменшенням частки ручної праці, а і різким зростанням продуктивності при виконанні земляних робіт [1, 2].

Будь-яка вантажопідіймна, будівельна, дорожня або меліоративна машина містить у собі три основні елементи: механічну частину (механізми), привод і несучу металеву конструкцію (раму). Рама служить для кріплення на ній всіх вузлів, механізмів і агрегатів машини [3, 4].

При розрахунках П-подібних рам землерийно-транспортних машин на дію сил, які розташовані у площині рами, опорні пристрої, як правило, представляються у вигляді шарнірно-нерухомих опор [5 - 7].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При проведенні земляних робіт використовуються спеціальні землерийно-транспортні і землерийні машини, до яких відносяться бульдозери, скрепери, грейдери, екскаватори та інші машини.

Землерийно-транспортні машини поділяють на ножові (бульдозери й автогрейдери), ківшеві (скрепери) і з додатковим транспортувальним органом (грейдер-елеватори і струги). Застосовують їх переважно в дорожньому, гідротехнічному й аеродромному будівництві для планувально-профільовальних робіт у рівнинній місцевості на ґрунтах без великих кам'янистих вкраплень.

Основним елементом металевих конструкцій багатьох землерийно-транспортних машин (бульдозерів, розпушувачів, скреперів) є рама П-подібної форми, яка закріплена на машині за допомогою циліндричних шарнірів. При розрахунку таких рам на дію сил, які розташовані у площині рами, опорні пристрої, як правило, представляються у

вигляді шарнірно-нерухомих опор [1]. Це допущення обґрунтовується наявністю в шарнірному з'єднанні радіального зазору C (Рис. 1), який допускає кутове переміщення повздовжньої частини рами (стілки). Разом з цим наявність бічного зазору e , що допускає бічні переміщення повздовжньої балки, до уваги не береться [6, 8].

Різниця у виборі розрахункового еквівалента опорних пристроїв призводить до істотної різниці у розрахунковій завантаженості всієї рами (Рис. 2–3). Розглядаючи одну й ту саму раму з однаковим навантаженням, але з різними опорними пристроями, неважко переконатися, що значення найбільшого згинаючого моменту в поперечній частині рами (рігелі) може різнитися на 30-35%.

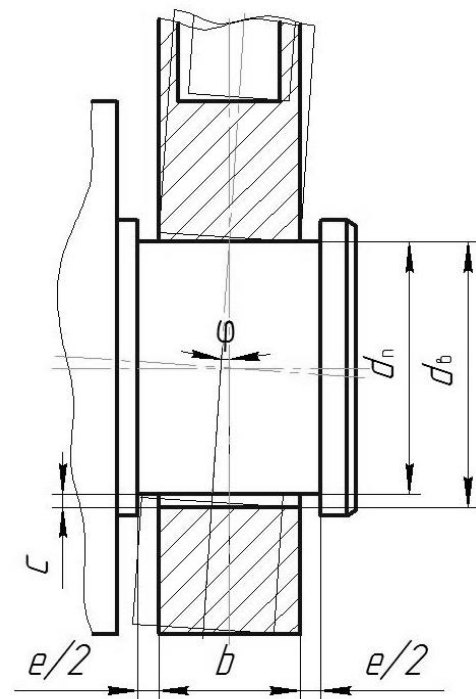


Рис 1. Схема кріплення повздовжньої частини (стілки) рами до машини.

Fig. 1. Scheme of fastening the longitudinal part (wall) of the frame to the machine.

Значна різниця у завантаженості існує й в повздовжніх частинах рами. У зв'язку з цим є необхідність сформулювати критерії за якими може бути зроблено висновок про

те, якому розрахунковому еквіваленту відповідає опорний пристрій рами, що проектується [9, 10].

Припустимо спочатку, що рама має шарнірно-нерухомі закріплення обох повздовжніх частин (Рис. 2).

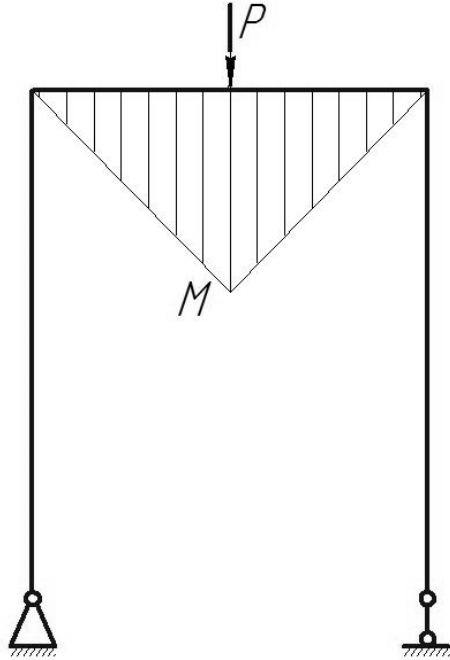


Рис 2. Рама П-подібної форми з шарнірно-нерухомим закріпленням

Fig. 2. U-shaped frame with hinged-fixed fastening

Для такої рами зусилля розпору дорівнюватиме:

$$X_1 = a(1-a) \frac{\frac{l^2}{h^2}}{2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta P}, \quad (1)$$

а кут повороту в опорному перерізі буде:

$$\varphi = \frac{a(1-a)}{6EI_2} \left[\frac{\left(\frac{\delta}{3} - \frac{l}{h}\right)}{\left(2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta\right)} + a \right] Pl^2, \quad (2)$$

де l, h – розміри рами; $a = \frac{al}{l}$ – параметр, що визначає положення точки прикладання сили P ; $\delta = \frac{I_2}{I_1}$ – відношення моментів інерції перерізів поперечної та повздовжньої частин рами; E – модуль пружності матеріалу.

Якщо сила P прикладена посередині поперечної частини рами, тобто при $a = 0,5$, вирази спрощуються:

$$X_1 = \frac{P}{4} \cdot \frac{\frac{l^2}{h^2}}{2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta}; \quad (3)$$

$$\varphi = \frac{Pl^2}{24EI_2} \left[\frac{\left(\frac{\delta}{3} - \frac{l}{h}\right)}{\left(2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta\right)} + 0,5 \right]. \quad (4)$$

У реальній конструкції шарнірного з'єднання кут повороту обмежується величиною радіального зазору:

$$c = d_b - d_{\pi}, \quad (5)$$

де d_b і d_{π} – діаметри втулки і пальця.

При цьому граничний кут повороту (вважаючи його достатньо малим), буде:

$$\varphi_{\text{гр}} = \frac{c}{b}, \quad (6)$$

де b – ширина вушка.

Прирівнюючи вирази (6) та (2), можна отримати значення граничного зусилля, при дії якого можливості кутового переміщення рами будуть вичерпані і в опорному пристрої виникне момент. В загальному випадку граничне зусилля:

$$P_{гр} = \frac{6EI_2c\left(2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta\right)}{abl^2(1-a)\left[\frac{l}{h}(2a-1) + \delta\left(\frac{1}{3} + \frac{4}{3}a\right)\right]}. \quad (7)$$

При $a = 0,5$:

$$P_{гр} = \frac{24EI_2c\left(2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta\right)}{bl^2\delta}. \quad (8)$$

Наявність в опорному пристрої осового зазору дозволяє спростити схему та розглядати раму як статично визначену систему (Рис. 3). Проте боковому переміщенню протидіє сила тертя F , яка виникає від дії вертикальної реакції в опорі. Бокове переміщення буде неможливим, якщо

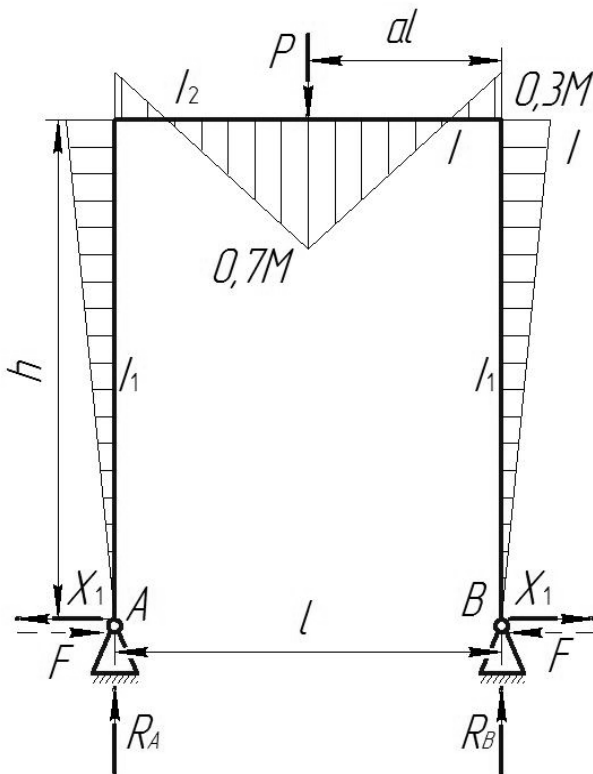


Рис 3. Рама П-подібної форми з шарнірно-нерухомим закріпленням, як статично визначена система

Fig. 3. U-shaped frame with hinged-fixed fastening as a statically defined system

$$F = R_b f \geq X_1, \quad (9)$$

де f – коефіцієнт тертя; R_b – вертикальна реакція в опорі.

Використовуючи вираз (1) та визначаючи $R_b = P(1-a)$, можна отримати значення граничного коефіцієнта тертя, при якому відсутнє бокове переміщення. В загальному випадку граничний коефіцієнт тертя:

$$f_{гр} = a \cdot \frac{\frac{l^2}{h^2}}{2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta}. \quad (10)$$

При $a = 0,5$:

$$f_{гр} = 0,5 \cdot \frac{\frac{l^2}{h^2}}{2\frac{l}{h} + \frac{4}{3}\delta}. \quad (11)$$

Таким чином, для розрахунку рами слід визначити $P_{гр}$ і $f_{гр}$ та в залежності від результатів співставлення їх значень із значеннями реально діючої на раму сили P і дійсним коефіцієнтом тертя f обрати розрахункову схему.

При $P < P_{гр}$ і $f > f_{гр}$ обираємо розрахункову схему за рис. 3.

Якщо $P < P_{гр}$ і $f < f_{гр}$ – обираємо розрахункову схему за рис. 2.

У випадку $P > P_{гр}$ і $f > f_{гр}$ ведемо розрахунок у два етапи: спочатку розраховуємо на силу $P_1 = P_{гр}$ раму за схемою рис. 3, потім на силу $P_2 = P - P_{гр}$ раму за схемою рис. 2, в та сумуємо отримані внутрішні силові фактори. Якщо $P > P_{гр}$ і $f < f_{гр}$, то спочатку розраховуємо на силу $P_1 = P_{гр}$ раму за схемою Рис. 2, потім на

силу $P_2 = P - P_{гр}$ раму за схемою Рис. 4 і потім теж сумуємо внутрішні силові фактори.

Визначимо, як приклад, напруження в небезпечному перерізі штовхаючого бруса робочого обладнання бульдозера (див. Рис. 3, переріз I-I) при наступних вихідних даних:

$$I = h = 290 \text{ см}; \quad a = 0,5; \quad \delta = \frac{I_2}{I_1} = 5;$$

$d_n = 10 \text{ см}; \quad c = 0,013 \text{ см}; \quad e = 0,2...0,25 \text{ см};$
 $b = 10 \text{ см}; \quad P = 120 \text{ кН};$ площа перерізу бруса $S = 68,8 \text{ см}^2$, момент опору $W = 200 \text{ см}^3$. Відповідно до запропонованих залежностей отримано $f_{гр} = 0,058$ і $P_{гр} = 100 \text{ кН}$.

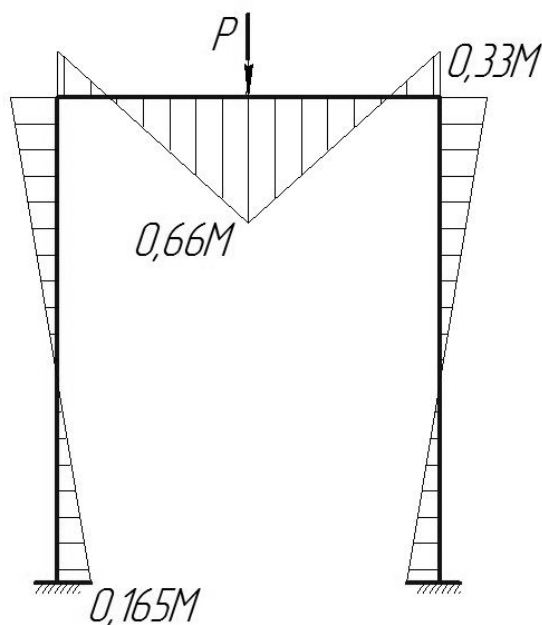


Рис 4. Рама П-подібної форми жорстко закріплена

Fig. 4. U-shaped frame is rigidly fixed

Враховуючи, що коефіцієнт тертя сталі по сталі в умовах обмеженого змащування можна прийняти рівним $f = 0,12...0,15$, отримаємо, що в нашому випадку $P > P_{гр}$ і $f > f_{гр}$. Виконуючи розрахунок у відповідності з приведеними вище рекомендаці-

ями, отримаємо, що напруження в небезпечному перерізі бруса $\sigma = 60115 \text{ кН/м}^2$.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження виведені залежності, які дозволяють при правильному виборі розрахункового еквівалента опорних пристроїв рами землерийно-транспортної машини спростити розрахункові результати та суттєво зменшити час розрахунків [3, 5].

В ході дослідження сформульовані критерії за якими можна зробити висновок про те, якому розрахунковому еквіваленту відповідає опорний пристрій рами, яка проектується.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Хмара Л. А.** Машины для земляных работ: навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке, Л. В. Назаров, М. П. Скоблюк, В. Г. Нікітін; під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
2. **Лівінський О. М.** Будівельна техніка: підручник / О. М. Лівінський, А. Д. Єсипенко, О. І. Курок і ін.; під заг. ред. О. М. Лівінського. – К.: КНУБА, Українська академія наук, "МП Леся", 2013. – 614 с.
3. **Pelevin L.** Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process / L. Pelevin, Ie. Gorbatyuk, S. Zaichenko, V. Shalenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – vol. 6, no. 2 (90): Information technology. Industry control systems. – pp. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118429>
4. **Сукач М. К.** Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник / Уклад.: М.К. Сукач, Є.В. Горбатюк, О.А. Марченко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2013. – 376 с.
5. **Горбатюк Є. В.** Проектування металоконструкцій будівельних машин: підручник / Горбатюк Є. В., Волянук В. О., Терент'єв О. О., Свідерський А. Т. Київ: ЦП Компрінт, – 2021. – 283 с.
6. **Gorbatyuk Ie.** Theoretical bases of construction of unclear model of evaluation of administrative decisions are at a management devel-

- opment of the systems of engineering complexes. Modern Movement of Science: abstracts of the 10th International Scientific and Practical Internet Conference, April 2-3, – 2020. – Dnipro, 2020. – P.1. 300-303.
7. **Пелевін Л. Є.** Проведення ефективного прогнозування роботи машин для земляних робіт / Пелевін Леонід, Фомін Анатолій, Горбатюк Євгеній, Шаленко Вадим. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2019. – №93. – Київ: КНУБА. – С. 12–18.
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0102>.
 8. **Мішук Д., Горбатюк Є.** Визначення геометричних параметрів маніпулятора за характеристиками робочого середовища / Д. Мішук, Є. Горбатюк, В. Волянчук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2019. – №94. – Київ: КНУБА. – С. 25–34.
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0201>.
 9. **Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph** / Hnes L., etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2020. 356 p. Available at: DOI-
<https://doi.org/10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III>.
 10. **Тетерятник О.** Аналіз конструкцій та концепції розвитку компактного екскаваторного обладнання / О. Тетерятник, О. Костенюк, А. Фомін // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К., 2018. – Вип. 92. – С. 56–62. DOI:
<https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0401>.
 4. **Sukach M., Gorbatyuk Ie., Marchenko O.** (2013). Synthesis of earthmoving and road machinery: textbook, Kyiv, Publishing house Lira, 376.
 5. **Gorbatyuk Ie., Volianiuk V., Terentyev O., Sviderskyy A.** (2021). Desing of construction machines: textbook. Kyiv, CE Comprint Publ., 283.
 6. **Gorbatyuk Ie.** (2020). Theoretical bases of construction of unclear model of evaluation of administrative decisions are at a management development of the systems of engineering complexes. Modern Movement of Science: abstracts of the 10th International Scientific and Practical Internet Conference, April 2-3, 2020. Dnipro, Vol.1. 300-303.
 7. **Pelevin L., Fomin A., Gorbatyuk Ie., Zaichenko V.** (2019). Conduction effective forecasting of earthmovind machines. Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.93, 12-18.
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0102>.
 8. **Mishchuk D., Gorbatyuk Ie., Volianiuk V.** (2019). Determination of geometrical parameters of the manipulator according to the characteristics of the working environment, Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.94. 25-34.
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0201>.
 9. **Hnes L.** (2020). Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 356.
<https://doi.org/10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III>.
 10. **Teteriatnyk O., Kosteniuk O., Fomin A.** (2018). Analiz konstrukcij ta koncepcii' rozvytku kompaktnogo ekskavacijnogo obladdannja. Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.92, 56–62. <https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0401>

REFERENCES

1. **Khmara L. A. Kravets S. V., Nichke V. V., Nazarov L. V., Skobliuk M. P., Nikitin V. H.** (2010). Mashyny dlja zemlianykh robot: navchalnyi posibnyk. Rivne, Dnipropetrovsk-Kharkiv, 557.
 2. **Livins'kij O. M., Esipenko A. D., Kurok O. I. Pelevin L. E., Smirnov V. M., Voljanjuk V. O.** (2013). Budivel'na tehnika [Building technique]. Kyiv, KNUBA, Ukraïns'ka akademiya nauk, "MP Lesja" Publ., 614.
 3. **Pelevin L., Gorbatyuk Ie., Zaichenko S., Shalenko V.** (2017). Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No. 2(90): Information technology. Industry control systems, 52–60.
- Selection of the calculated equivalent of the supporting devices of U-shaped frames of earthmoving vehicles**
- Ievgenii Gorbatyuk¹, Svitlana Komotska²
Dmitry Mishchuk³, Vladimir Volianiuk⁴*

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The article describes the choice of the design equivalent of the supporting devices of U-shaped frames of earthmoving vehicles. When calculating the U-shaped frames of earth-transport machines for the action of forces located in the plane of the frame, the supporting devices must be represented and calculated either as hinged-fixed supports or as a statically defined system.

The difference in the choice of the calculated equivalent of the supporting devices leads to an is-total difference in the estimated load of the entire frame. Considering the same frame with the same load, but with different resistance devices, it is easy to reconcile that the value of the largest bend-

ing moment in the transverse part of the raw can vary by 30-35%. A significant difference in load exists in the longitudinal parts of the frame. In this regard, there is a need to formulate the criteria by which it can be concluded that the supporting frame device that is designed corresponds to the calculated equivalent.

The correct choice of the calculated equivalent of the supporting devices of the ground-transport machine frame significantly affects the results obtained during calculations and helps to greatly simplify them.

Keywords: earthmoving vehicles, frame, design equivalent, supporting device, pushing bar, gap.

Аналіз системи керування чіткої логіки колісного робота з диференціальним приводом

Дмитро Міщук¹, Євген Міщук², Олександр Калашніков³

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

¹mischuk.do@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8263-9400>,

²mischuk.ieo@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-7850-0975>

³kalashnykov_os@knuba.edu.ua

Received: 15.04.2021; Accepted: 14.06.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0201>

Анотація. Здатність мобільного робота здійснювати переміщення в навколишньому середовищі є важливою задачею в робототехніці, тому розробка досконалих систем керування роботів є актуальною темою досліджень. Системи керування чіткої логіки роботизованих колісних машин є одними з найбільш розповсюджених. Такі системи прості за конструктивним виконанням, а отже мають найнижчу вартість у порівнянні з іншими. Одним з недоліків подібних систем керування є їх обмежена точність. Зазвичай це пов'язано з недосконалими програмами керування по яких працюють подібні системи та недосконалістю механічної системи перетворювачів приводу, зокрема для колісних роботів з диференціальним приводом можливі такі випадки, коли робот з керуванням за чіткою логікою може безкінечно здійснювати пошук цілі та виконувати переміщення до заданої точки простору навіть за відсутності перешкод на шляху його руху.

В даному дослідженні пропонується аналіз переміщень двоколісного робота за розробленим алгоритмом чіткої логіки. Для цього було розроблено математичну модель покрокового переміщення колісного робота, яка розраховує координати центра рухомої системи координат відомого робота відносно заданого початкового положення в нерухомій системі координат цілі, де таке положення прийнято за базове. На вхід математичної моделі необхідно на кожному кроці руху робота подавати координати положення цілі, а математичний апарат моделі визначає потрібний кут повороту та необхідне переміщення рухомої платформи робота. Система прийняття рішення в розробленій моделі побудована на релейному ("ON-OFF") контро-

лері, в якому кут повороту робота на кожному кроці вибирається з діапазону заданих значень.

Моделювання недосконалості процесу керування роботом виконується за рахунок введення випадкової похибки, яка накладається на значення виміряної роботом координати цілі.

Ключові слова: колісний робот, чітка логіка, диференціальний привід, система керування.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Застосування роботизованих систем в будівельному виробництві для виконання, як спеціальних так і рутинних робіт, призводить до зниження пов'язаних з ними витрат та підвищує якість виконання робіт. Колісні роботизовані системи, які пересуваються по плоским поверхням і здатні перевозити вантажі великої маси є найбільш простими в конструктивному виконанні та найбільш розповсюджені на логістичних процесах. В промисловості набули поширення пересувні двоколісні, триколісні і чотириколісні роботаки (роботизовані транспортні системи). Для ефективного функціонування, колісні інтелектуальні роботи обладнують системами сприйняття зовнішнього середовища, засобами аналізу ситуацій і прийняття рішень.

В даний час виконано величезну кількість досліджень, пов'язаних з розробкою алгоритмів управління, які реалізуються мобільними роботами, зокрема, уточнення карт місцевості [1, 2], планування траєкторій для обходу перешкод [3, 4], проникнен-

ня у важкодоступні місця, переміщення по складним криволінійним траєкторіям [5] із забезпеченням заданої орієнтації елементів робота в просторі і ін. Проте в багатьох розглянутих працях відсутній якісний аналіз поведінки робота на задану програму керування, зокрема для відомих програм керування роботами не існує зрозумілих тестів за якими можна було б оцінити якість розробленої програми керування для визначного виду робота.

МЕТА РОБОТИ

Мета дослідження – розробити алгоритм тестування програм керування чіткої логіки та проаналізувати поведінку колісного робота на розробленій програмі прямого управління.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянемо задачу керування колісним роботом з диференціальним приводом, який пересувається на плоскій горизонтальній поверхні. В будь-який проміжок часу руху, положення центральної точки такого робота, як відомо, в прямокутній системі координат буде визначатися двома лінійними координатами та кутом орієнтації. На Рис. 1 зображено розрахункову схему для визначення положення розглядуваної рухомої механічної системи.

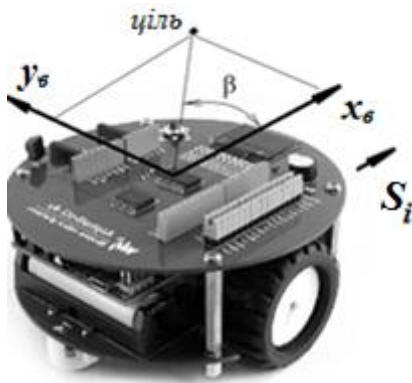


Рис. 1. Схема колісного робота з диференціальним приводом

Fig. 1. Scheme of a wheel robot with a differential drive

Прийmemo, що пересувна система робота має власну систему координат, яка зв'язана з її рухомим геометричним центром, а вісь напрямку руху S співпадає з віссю x . Робот повинен переміститися до заданої точки цілі. Якщо центральну точку робота зв'язати з точкою цілі, тоді кут між віссю напрямку руху робота (віссю x) та радіус-вектором до цілі буде:

$$\beta = \arctan\left(\frac{x_{ц(B)}}{y_{ц(B)}}\right), \quad (1)$$

де $x_{ц(B)}$ та $y_{ц(B)}$ – координати цілі в системі координат робота.

Прийнявши умову, що кут повороту робота ϕ обмежений і змінюється диференціально на задані значення від $-\phi_{\max}$ до $\phi_{\max}$, задано характер його зміни:

$$\phi = \begin{cases} -\phi_{\max}, & \text{при } \beta < 0; \\ 0, & \text{при } \beta = 0; \\ \phi_{\max}, & \text{при } \beta > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Дане припущення є справедливим для багатьох реальних систем, які мають обмеження на керування.

Досліджено покрокове переміщення робота до цілі (Рис. 2). На кожному кроці руху робота, величина його переміщення буде:

$$S_i = v \Delta t, \quad (3)$$

де v – швидкість переміщення, м/с; Δt – тривалість одного кроку, с.

Таким чином робот буде переміщуватися поступово з одного положення в інше. Наступне положення робота буде визначатися координатами його переміщення до цілі на попередньому кроці. В абсолютній системі координат переміщення робота на кожному кроці при русі до цілі буде:

$$\begin{pmatrix} \Delta x_{A(i)} \\ \Delta y_{A(i)} \end{pmatrix} = A_0 \bar{R}_{P(i)}, \quad (4)$$

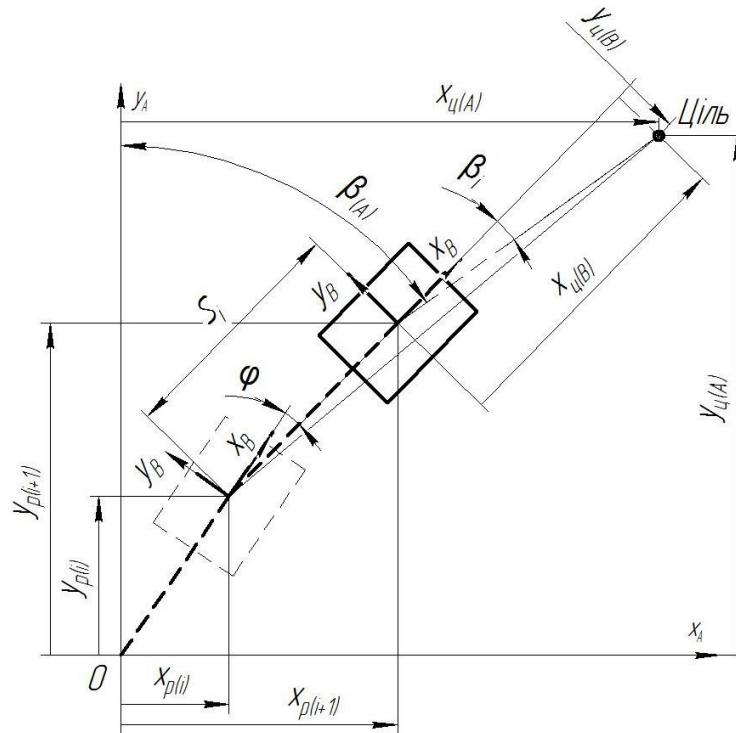


Рис. 2. Схема розрахунку покрокового переміщення робота

Fig. 2. Scheme for calculating the stepwise movement of the robot

де A_0 – матриця переносу координат при повороті з рухомої системи координат робота в абсолютну систему координат

$$A_0 = \begin{pmatrix} \cos(-\varphi + \varphi_0) & -\sin(-\varphi + \varphi_0) \\ \sin(-\varphi + \varphi_0) & \cos(-\varphi + \varphi_0) \end{pmatrix};$$

$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ – прийнятий кут повороту робота в абсолютній системі координат відносно базових осей і заміряний перед початком переміщення при встановленні робота в

початковій позиції; $\bar{R}_{p(i)} = \begin{pmatrix} S_i \\ 0 \end{pmatrix}$ – радіус-вектор, який характеризує переміщення робота у власній рухомій системі координат.

Координати наступних точок переміщення робота в абсолютній системі координат будуть:

$$x_{p(i+1)} = x_{p(i)} + \Delta x_{A(i)}; \quad (5)$$

$$y_{p(i+1)} = y_{p(i)} + \Delta y_{A(i)}, \quad (6)$$

де $x_{p(i)}$, $y_{p(i)}$ – поточні координати робота (початкові значення приймаються нульовими); $x_{p(i+1)}$, $y_{p(i+1)}$ – координати переміщення на наступному кроці.

З кожним кроком руху робота, його відстань до цілі буде зменшуватися і в абсолютній системі координат визначатиметься наступною залежністю:

$$\Delta x_{uA(i+1)} = x_{u(A)} - x_{p(i+1)}; \quad (7)$$

$$\Delta y_{uA(i+1)} = y_{u(A)} - y_{p(i+1)}, \quad (8)$$

де $x_{u(A)}$, $y_{u(A)}$ – координати цілі в абсолютній системі координат.

Так як згідно виразу (1) кут між напрямком руху робота та координатами цілі визначається в системі координат робота, тоді необхідно визначити оновлені значення координат цілі в системі координат робота за наступним виразом:

$$\begin{pmatrix} x_{u(B)} \\ y_{u(B)} \end{pmatrix} = A_1 \bar{R}_{u(i)}, \quad (9)$$

де A_1 – матриця переносу координат зміни відстані цілі до робота з абсолютної систе-

ми координат в рухому систему координат робота ($A_1 = \begin{pmatrix} \cos(-\varphi) & \sin(-\varphi) \\ -\sin(-\varphi) & \cos(-\varphi) \end{pmatrix}$);

$\bar{R}_{u(i)} = \begin{pmatrix} \Delta x_{uA(i)} \\ \Delta y_{uA(i)} \end{pmatrix}$ – радіус-вектор координат,

який визначає відстань цілі до робота в абсолютній системі координат.

Для розрахунку траєкторії переміщення робота за представленими виразами (1) – (9) необхідно встановити його пересувну систему в початкове положення на відстані до цілі, яке визначається довільно та для кожного кроку переміщення розрахувати координати і кути повороту. В даному дослідженні пропонується на кожному кроці задавати швидкість переміщення та кут ротації механічної системи робота.

На Рис. 3 представлено схему траєкторії переміщення колісного робота з диференціальним приводом на якій графічно накладено проекції руху моделі робота на траєкторії змодельовані геометричним способом та за допомогою розглянутих вище математичних виразів в системі Mathematica 10.0

для шести кроків переміщення при наступних параметрах системи: $v = 100$ мм/с; $x_{u(A)} = 500$ мм; $y_{u(A)} = 400$ мм; $\Delta t = 1$ с; $\varphi_{\max} = 10^\circ$.

З представленого графіка на Рис. 3 видно, що шести кроків переміщення для даного робота із заданими параметрами руху не достатньо для досягнення ним цілі, а для якісного розуміння необхідно мати показник, за яким можна буде визначати умову зупинки руху. В подальшому, для обмеження кількості кроків виконаних роботом, введено показник похибки, яким оцінюється відстань робота до цілі за лінійними обмеженнями:

$$\Delta x_{uA(i+1)} < \varepsilon \quad (10)$$

або

$$\Delta y_{uA(i+1)} < \varepsilon, \quad (11)$$

де ε – задана границя похибки.

На Рис. 4 – 6 представлено результати моделювання руху двоколісного робота за розробленою моделлю контролера.

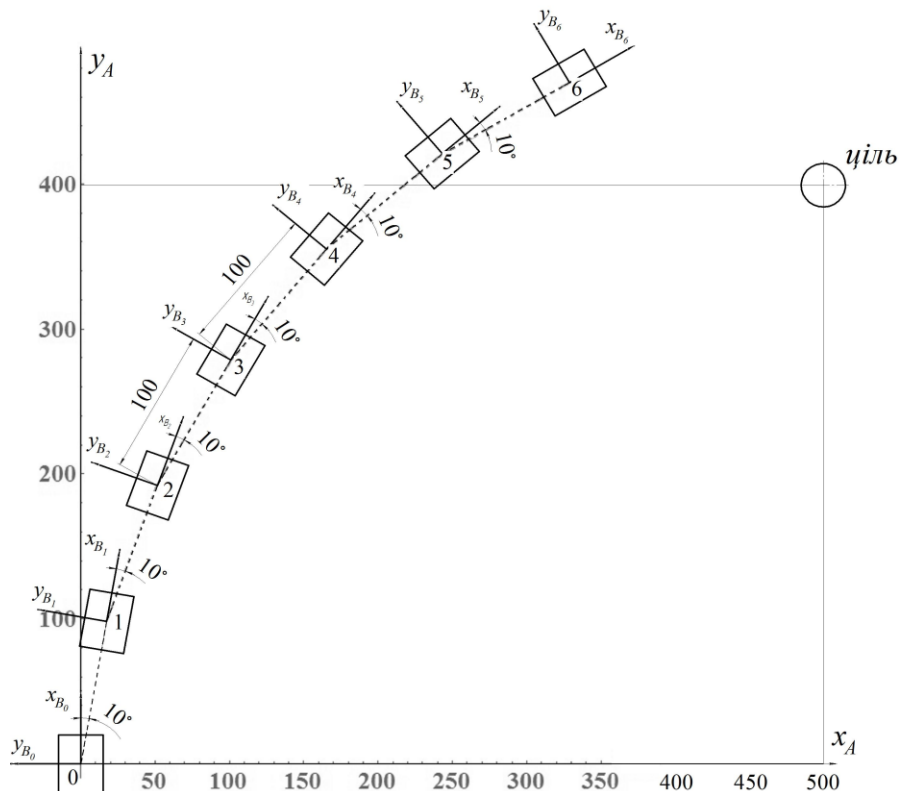


Рис. 3. Схема зміни траєкторії руху робота при його переміщенні до заданої точки цілі

Fig. 3. Scheme of changing the robot's trajectory when it moves to a given point of the target

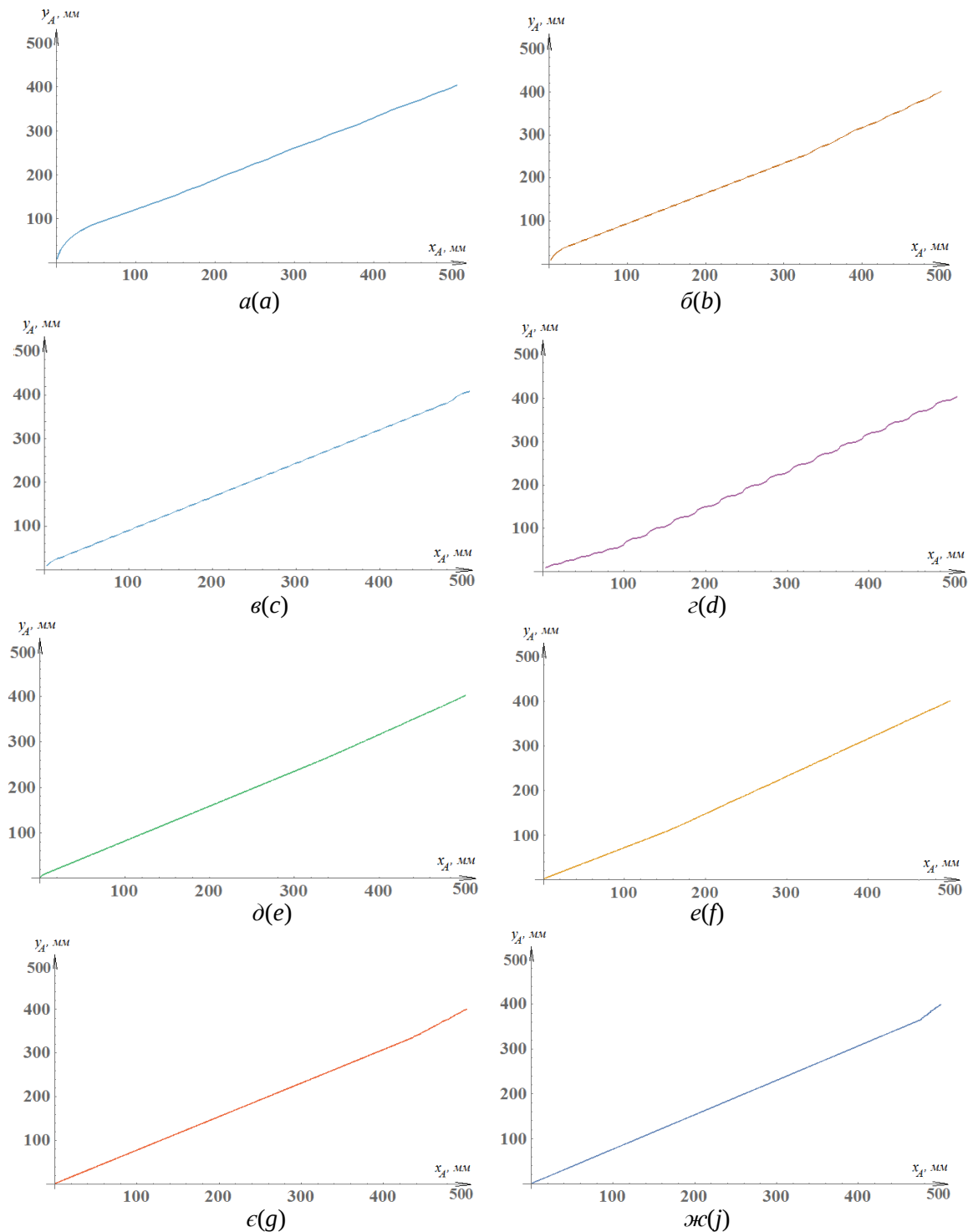


Рис. 4. Графіки траєкторій руху колісного робота з диференціальним приводом і системою керування чіткої логіки при різних параметрах керування: $a - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $b - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $c - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $d - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; $e - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $f - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $g - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $ж - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

Fig. 4. Graphs of trajectories of the wheel robot with a differential drive and a logic control system at the next control parameters: $a - v = 100 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $b - v = 100 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $c - v = 100 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $d - v = 100 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; $e - v = 10 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $f - v = 10 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $g - v = 10 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $j - v = 10 \text{ mm/s}$; $\Delta t = 0,1 \text{ s}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

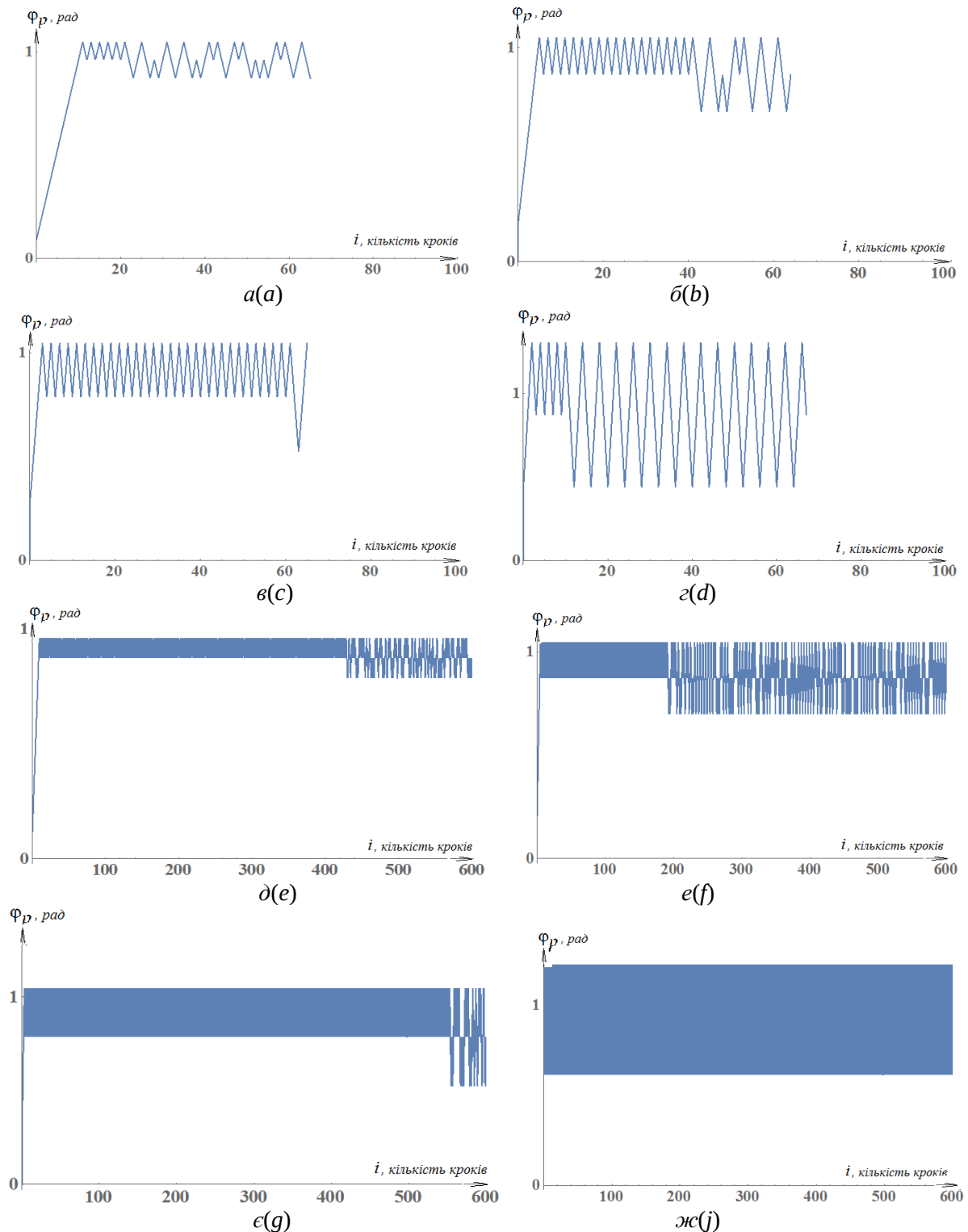


Рис. 5. Графіки зміни кута ротації колісного робота з диференційним приводом і системою керування чіткої логіки при різних параметрах керування: *a* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; *b* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; *c* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; *d* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; *e* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; *f* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; *g* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; *ж* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

Fig. 5. Graphs of change an angle of rotation a wheel robot with the differential drive and logic control system at the next control parameters: *a* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; *b* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; *c* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; *d* – $v = 100$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; *e* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; *f* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; *g* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; *j* – $v = 10$ мм/с; $\Delta t = 0,1$ с; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

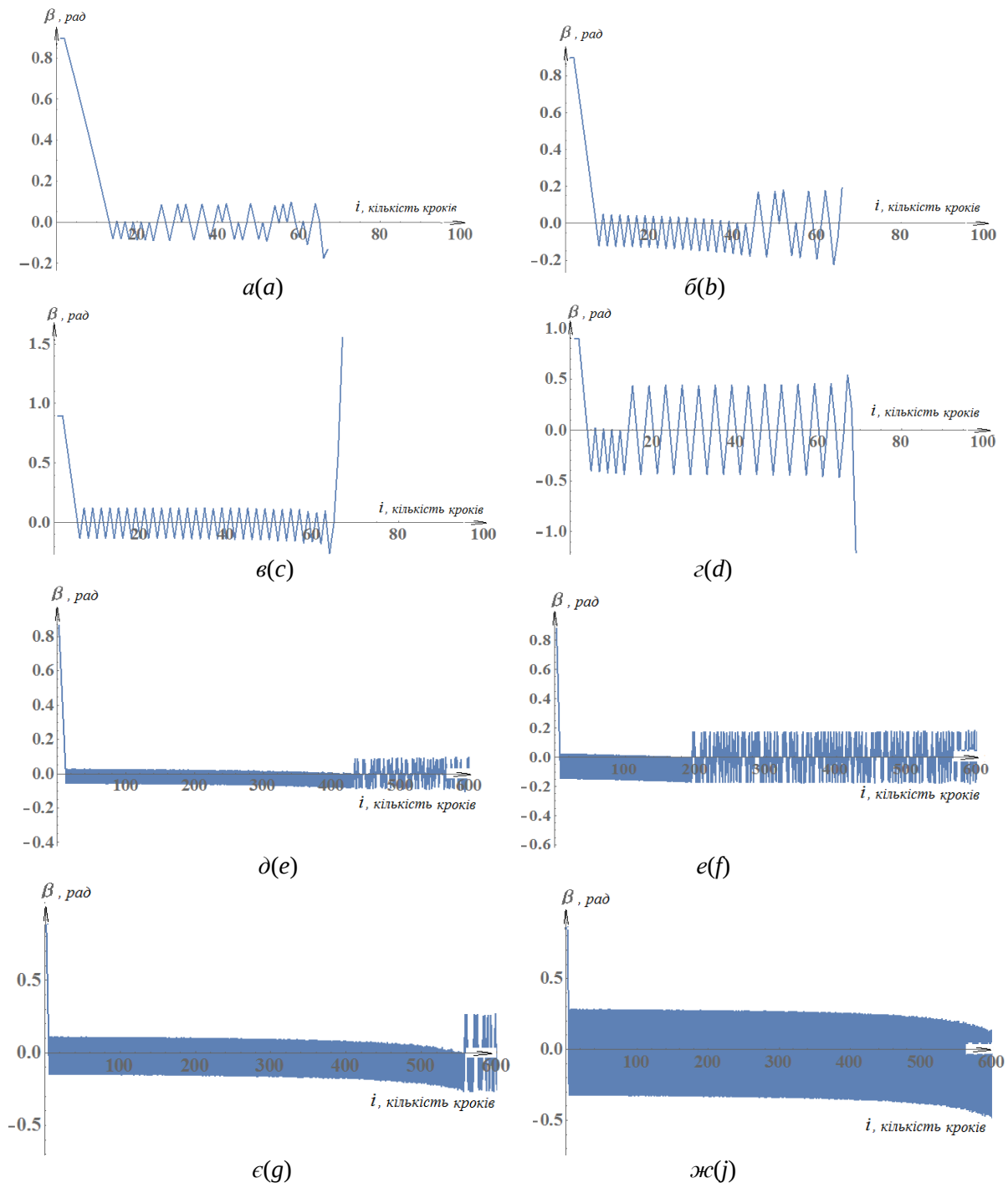


Рис. 6. Графіки зміни виміру роботом кута до цілі при різних параметрах керування: $a - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $b - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $c - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $d - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; $e - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $f - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $g - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $ж - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

Fig. 6. Graphs of change of measurement an angle by a robot to the purpose at next control parameters: $a - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $b - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $c - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $d - v = 100 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$; $e - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 5^\circ$; $f - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 10^\circ$; $g - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 15^\circ$; $j - v = 10 \text{ мм/с}$; $\Delta t = 0,1 \text{ с}$; $\varphi_{\max} = 35^\circ$

При математичному моделюванні траєкторій руху робота в програмний засіб моделювання вносились похибка, яка в реальному світі також буде присутньою, зокре-

ма, через неточність вимірювань роботом координат цілі. Для цього застосовано функцію з псевдо випадковим генератором чисел, який в даному дослідженні моделював

неточність датчика відстані та програмно записується у вигляді наступної системи рівнянь:

$$x_{u(A)} = x_{u(A)} \cdot \text{Rand}(z), \quad (12)$$

$$y_{u(A)} = y_{u(A)} \cdot \text{Rand}(z), \quad (13)$$

де z – число величини генератора чисел; $\text{Rand}()$ – функція генератора випадкового числа.

Отримані результати показують, що при швидкості робота 100 мм/с на кожному кроці при величині одного кроку 0,1 с для досягнення цілі роботу необхідно виконати 65-68 кроків, а при швидкості 10 мм/с кількість кроків збільшується до 644-675. Величина кута ротації робота на одному кроці як і швидкість переміщення також впливає на точність переміщення. Зокрема при малих кутах ротації на початковій стації руху, робот поступово і плавно починає рухатися до точки цілі, здійснюючи при цьому незначне відхилення траєкторії, що пояснюється саме обмеженим кутом його повороту. Проте при під'їзді до цілі в тому випадку, коли напрям руху робота значно не співпадає з напрямом до цілі, робот може проїхати точку цілі. При малих швидкостях руху це явище менше спостерігається, що пояснюється корекцією шляху на попередніх етапах руху. При цьому можуть виникати такі випадки, при яких робот взагалі не може відшукати точку цілі, зокрема, якщо по одній з координат переміщення вже було досягнуто заданого параметра, а по іншій – ні.

Таким чином очевидним і відомим недоліком даної системи керування робота є застосування "ON-OFF" контролера, який не здатний врахувати похибки переміщення на кожному кроці [6, 7].

Виконання повороту двоколісного робота з диференціальним приводом на заданий кут ротації можна здійснити за рахунок обертання коліс з різною швидкістю, при цьому швидкості можуть мати однаковий напрям або різний [8, 9]. Якщо напрям швидкостей коліс двоколісного робота співпадають, тоді буде здійснюватися його

переміщення по криволінійній траєкторії (Рис. 7).

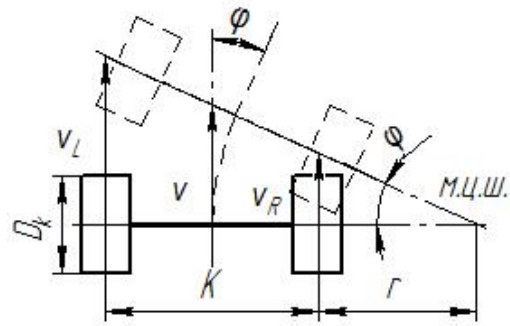


Рис. 7. Схема повороту робота за умови співпадіння напрямку векторів швидкостей коліс

Fig. 7. The scheme of rotation of the robot under the coincidence of the direction of the vectors of wheel speeds

Кут ротації робота для схеми на Рис. 7 буде визначатися через лінійні швидкості центру коліс:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{v_L - v_R}{K}\right), \quad (14)$$

де v_L та v_R – швидкості центру лівого та правого коліс робота; K – коія або відстань між центрами лівого та правого коліс.

У випадку, коли одна зі швидкостей колеса буде дорівнювати нулю, робот буде обертатися навколо центра контакту даного колеса з опорною поверхнею. Якщо за виразом (12) кут буде зі знаком «-», тоді обертання відбуватиметься в протилежну сторону до зображеного на схемі Рис. 7.

Відстань від центру повороту (миттєвого центру швидкостей) до центру правого колеса згідно Рис. 7:

$$r = \frac{K}{\left(\frac{v_L}{v_R} - 1\right)}. \quad (15)$$

Також кут ротації платформи двоколісного робота може бути визначено через довжину дуги пройдену одним його колесом при повороті, град:

$$\varphi = \frac{180^\circ l_R}{\pi r} \quad (16)$$

або

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{180^\circ v_R \Delta t (\frac{v_L}{v_R} - 1)}{\pi K} = \\ &= \frac{180^\circ \Delta t (v_L - v_R)}{\pi K}, \end{aligned} \quad (17)$$

де l_R – довжина дуги пройденої колесом (для розглянутої схеми на Рис. 7 правого колеса).

Якщо на колесі робота встановлено датчик, який розраховує кількість його обертів, тоді довжина шляху пройдена колесом буде

$$l_{L(R)} = \pi D_k \frac{\sum N}{N_{en1}}, \quad (18)$$

де N_{en1} – кількість тактів перемикання датчика (енкодера) за один оберт колеса; $\sum N$ – загальна кількість перемикань датчика за заданий проміжок часу або на заданій ділянці переміщення; D_k – діаметр колеса робота.

Кількість обертів колеса на заданій ділянці переміщення [10]:

$$n = \frac{l_{L(R)}}{\pi D_k}. \quad (19)$$

Частота обертання колеса за період часу Δt :

$$n_k = \frac{n}{\Delta t} = \frac{v_{L(R)}}{\pi D_k}. \quad (20)$$

Кутова швидкість обертання колеса

$$\omega_k = \frac{2v_{L(R)}}{D_k}. \quad (21)$$

При перекочуванні колеса робота по твердій поверхні, динамічне рівняння його руху може бути виражено наступною залежністю:

$$(J_k + \frac{m_{np} D_k^2}{4}) \frac{d\omega_k}{dt} = \sum M, \quad (22)$$

де $J_k = \frac{m_k D_k^2}{8}$ – момент інерції колеса;

m_{np} – маса робота приведена до центру обертання колеса; $\sum M$ – сумарний момент рушійних сил та сил опору

$$\sum M = M_{кр} - M_{mp} \mp M_i + M_{нов}, \quad (23)$$

де $M_{кр}$ – крутний момент на колесі; M_{mp} – момент опору від тертя колеса по поверхні; M_i – момент від ухилу поверхні; $M_{нов}$ – момент опору тертя при повороті робота.

Застосовуючи представлені залежності виконано дослідження динамічних характеристик двоколісного навчального робота AlphaBot-2 на базі мікроконтролера Arduino UNO Plus. На платформі робота встановлені два мотор-редуктори постійного струму з робочою напругою 6 вольт, діаметр коліс складає 44 мм, відстань між центрами коліс – 90 мм, передавальне відношення редуктора – 30:1, номінальний момент на валу одного двигуна 7,3 Н·см (при струмі 1,5А). Управління рухом робота здійснюється за допомогою спеціальної програми, завантаженої на контролер. Зміна швидкостей обертання коліс виконується за допомогою широтно-імпульсної модуляції (PWM) обертання двигунів.

На першому етапі дослідження виконано заміри часу проходження лінійних ділянок траси довжиною 140 мм та 280 мм при різних режимах PWM керування. Результати досліджень представлено в Табл. 8, а на Рис. 8 показано графік зміни швидкості робота, розрахованої за результатами з представленої таблиці.

Таблиця. Час проходження роботом ділянок прямолінійної траси в залежності від величини PWM, с

Table. The time the robot travels sections of a straight line depending on the value of PWM, s

№ п.п.	Довжина ділянки 140 мм				Довжина ділянки 280 мм				
	PWM								
	30	32	34	36	38	40	42	50	60
1	1,38	1,13	1,09	0,96	1,57	1,56	1,41	1,17	0,93
2	1,3	1,16	1,18	0,96	1,62	1,42	1,42	1,2	0,9
3	1,38	1,28	1,17	1,03	1,52	1,56	1,41	1,16	0,91
4	1,43	1,28	1,12	1,06	1,71	1,47	1,36	0,95	0,87
5	1,24	1,23	1,06	1	1,7	1,45	1,4	1,16	0,85
6	1,3	1,23	1,09	0,99	1,82	1,49	1,43	1,12	0,9
7	1,35	1,2	1,14	1	1,51	1,51	1,46	1,14	0,92

Як видно з представленого графіка, рух розглядуваного робота починається при сигналі PWM 30%, що пояснюється недостатньою потужністю на колесі при менших значеннях PWM сигналу керування.

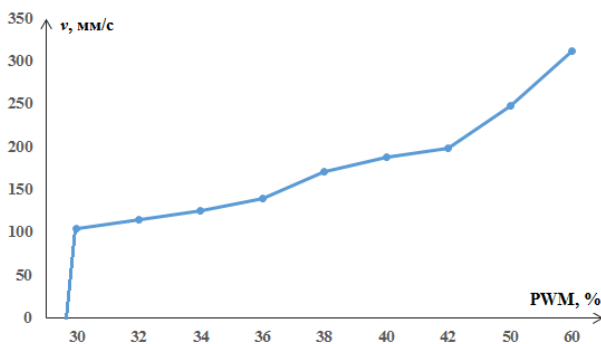


Рис. 8. Графік зміни швидкості колісного робота AlphaBot-2 при прямолінійному переміщенні по гранітній поверхні

Fig. 8. Graph of changes in the speed of the wheel robot AlphaBot-2 in a straight line on a granite surface

Виразимо крутний момент на колесі через момент на двигуні:

$$M_{кр} = M_{дв} i \eta_{заг}, \quad (24)$$

де $\eta_{заг} = 0,9$ – загальний коефіцієнт корисної дії приводу робота; i – загальне передавальне число редуктора приводу колеса, $M_{дв}$ – крутний момент на валу двигуна.

Момент опору тертя колеса по поверхні

$$M_{mp} = m_p g f \frac{D_k}{2}, \quad (25)$$

де f – коефіцієнт тертя колеса по поверхні; m_p – маса робота.

Враховуючи залежності (24), (25) та (22) визначено характер зміни привідного моменту на двигуні для двоколісного робота з диференціальним приводом при його русі прямолінійно по горизонтальній поверхні без ухилу:

$$M_{дв} = \left((m_k + m_{np}) \frac{\Delta v_{L(R)}}{\Delta t} + m_p g f \right) \frac{D_k}{2 i \eta_{заг}}, \quad (26)$$

де $\Delta v_{L(R)}$ – зміна швидкості на кожному кроці переміщення.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень були отримані залежності для аналізу силових факторів на привідному двигуні двоколісного робота з диференціальним приводом, а також практично досліджено залежність зміни швидкості переміщення робота для різних сигналів керування двигуном. Широтно-імпульсне керування (PWM) електричним двигуном є найбільш розповсюдженим в робототехніці, проте чіткі залежності про те як змінюється потужність приводу від режиму роботи генератора імпуль-

сів відсутні. В даній роботі здійснено спробу встановити співвідношення між режимом сигналу PWM і поведінкою колісного робота при його переміщенні. Це у подальшому дасть можливість удосконалити існуючі системи керування роботів, зокрема і на базі нейронних мереж [12].

ЛІТЕРАТУРА

1. **Кучерский Р. В.** Алгоритмы локальной навигации и картографии для бортовой системы управления автономного мобильного робота / Р. В. Кучерский, С. В. Манько // Известия ЮФУ. Технические науки, – 2012. – №3. <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-lokalnoy-navigatsii-i-kartografii-dlya-bortovoy-sistemy-upravleniya-avtonomnogo-mobilnogo-robota>.
2. **Oriolo Giu.** Wheeled Robots Encyclopedia of Systems and Control / O. Giu // Springer-Verlag. – London, – 2014. – P. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_178-1.
3. **Umili E.** Communication-based and communication-less approaches for robust cooperative planning in construction with a team of UAVs / E. Umili, M. Tognon, D. Sanalidro, G. Oriolo, A. Franchi // 2020 Int. Conf. on Unmanned Aircraft Systems, Athens, Greece, – pp. 279-288. <https://doi.org/10.1109/ICUAS48674.2020.9214044>.
4. **Scianca N.** A behavior-based framework for safe deployment of humanoid robots / N. Scianca, P. Ferrari, D. De Simone, L. Lanari, G. Oriolo // Autonomous Robots, – Vol. 45, – No. 4, – 2021. – pp. 435-456. <https://doi.org/10.1007/s10514-021-09978-5>.
5. **Pesterev A.** Stabilization problem for a wheeled robot following a curvilinear path on uneven terrain / A. Pesterev, Lev. Rapoport // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2010. No. 49. – pp. 672-680. <https://doi.org/10.1134/S1064230710040155>.
6. **Siciliano B.** Robotics: modelling, planning and control / B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo // Springer, – 2009. – London. – 632 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>.
7. **Iwasaki T.** (Generalized) KYP lemma and applications. In: Baillieul J., Samad T. (eds) // Encyclopedia of Systems and Control. Springer, London. – 2013. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_160-1.
8. **Aguilar C.** Numerical solutions to the dynamic programming equations of optimal control. In: Proceedings of the 2012 / C. Aguilar, A. J. Krener // American control conference. – 2012.
9. **Vachálek J., Tóth F., Krasňanský P., Čapucha Ľ.** Design and Construction of a Robotic Vehicle with Omni-directional Mecanum Wheels / J. Vachálek, F. Tóth, P. Krasňanský, Ľ. Čapucha // Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Mechanical Series. – No 60. – 2014. – pp. 97-104. <https://doi.org/10.22223/tr.2014-1/1983>.
10. **Casini M., Garulli A., Giannitrapani A., Vicino A.** A Remote Lab for Experiments with a Team of Mobile Robots // Sensors. – 2014, Vol. 14. – pp. 16486–16507. <https://doi.org/10.3390/s140916486>.
11. **Karalekas G., Vologiannidis S., & Kalomiros J.** EUROPA: A Case Study for Teaching Sensors, Data Acquisition and Robotics via a ROS-Based Educational Robot / G. Karalekas, S. Vologiannidis, J. Kalomiros // Sensors, – Vol. 20(9), – 2020. – 2469 p. <https://doi.org/doi:10.3390/s20092469>.
12. **Мищук Д., Бойченко А.** Розробка концепції системи керування роботом для штучатурних робіт на основі нейронної мережі / Д. Мищук, А. Бойченко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2019. – №93. – С. 46-60. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0501>.

REFERENCES

1. **Kucherskij R. V., Manko S. V.** (2012). Algoritmy lokalnoj navigacii i kartografii dlya bortovoj sistemy upravleniya avtonomnogo mobilnogo robota [Local navigation and mapping algorithms for the on-board control system of an autonomous mobile robot]. Izvestia SFedU. Technical science, No 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-lokalnoy-navigatsii-i-kartografii-dlya-bortovoy-sistemy-upravleniya-avtonomnogo-mobilnogo-robota>.
2. **Oriolo Giu.** (2014). Wheeled Robots Encyclopedia of Systems and Control Springer-Verlag London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_178-1.
3. **Umili E., Tognon M., Sanalidro D., Oriolo G., Franchi A.** (2020). Communication-based and communication-less approaches for robust cooperative planning in construction with a team of UAVs, 2020 Int. Conf. on Unmanned Aircraft Systems, Athens, Greece, 279-288,

- <https://doi.org/10.1109/ICUAS48674.2020.9214044>.
4. Scianca N., Ferrari P., De Simone D., Lanari L., Oriolo G. (2021). A behavior-based framework for safe deployment of humanoid robots, *Autonomous Robots*, Vol. 45, No. 4, 435-456, <https://doi.org/10.1007/s10514-021-09978-5>.
 5. Pesterev A., Rapoport Lev. (2010). Stabilization problem for a wheeled robot following a curvilinear path on uneven terrain. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 49. 672-680. <https://doi.org/10.1134/S1064230710040155>.
 6. Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. (2009). *Robotics: modelling, planning and control*. Springer, London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>
 7. Iwasaki T. (2013). (Generalized) KYP lemma and applications. In: Baillieul J., Samad T. (eds) *Encyclopedia of Systems and Control*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5102-9_160-1.
 8. Aguilar C., Krener A. J. (2012). Numerical solutions to the dynamic programming equations of optimal control. In: *Proceedings of the 2012 American control conference*.
 9. Vachálek, Ján & Tóth, Filip & Krasňanský, Pavol & Čapucha, Ľubomír. (2014). Design and Construction of a Robotic Vehicle with Omni-directional Mecanum Wheels. *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Mechanical Series*. 60. 97-104. <https://doi.org/10.22223/tr.2014-1/1983>.
 10. Casini M., Garulli A., Giannitrapani A., Vicino A. (2014). A Remote Lab for Experiments with a Team of Mobile Robots. *Sensors*, Vol. 14, 16486–16507. <https://doi.org/10.3390/s140916486>.
 11. Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2020). EUROPA: A Case Study for Teaching Sensors, Data Acquisition and Robotics via a ROS-Based Educational Robot. *Sensors*, 20(9), 2469. <https://doi.org/10.3390/s20092469>.
 12. Mischuk, D., Bojchenko A. (2019). Rozrobka koncepciyi sistemi keruvannya robotom dlya shtukaturnih robit na osnovi nejronnoyi merezhi [Development of the concept of control system work for plaster works based on neural network]. *Girnichy, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No. 93, 46-60. – (in

Ukrainian). <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0501>.

Analysis of the control system of the clear logic of the wheel drive with a differential drive

Dmytro Mishchuk¹, Yuvgen Mishchuk²,
Oleksandr Kalashnikov³

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The ability of a mobile robot to move in the environment is an important task in robotics, so the development of advanced control systems for robots is a hot topic of research. Clear logic control systems for robotic-wheeled machines are one of the most common. Such systems are simple in design, but still have the lowest cost compared to others. One of the disadvantages of such control systems is their limited accuracy. This is usually due to imperfect control programs on which similar systems work and the imperfection of the mechanical system of drive converters, in particular for wheeled robots with differential drive, there may be cases where the robot with clear logic control can endlessly search for targets and move to a given point in space, even in the absence of obstacles in its path.

This study proposes an analysis of the movements of a two-wheeled robot according to the developed algorithm of clear logic. A mathematical model of step-by-step movement of a wheeled robot was developed, which calculates the coordinates of the center of the mobile system. The decision-making system in the developed model is built on a relay ("ON-OFF") controller.

In this study work, the authors also proposed a method for determining the moment on the rotor of the drive motor of the robot wheel, depending on the speed of the robot on a straight surface. In addition, the dependences of the change in the speed of a wheeled robot with a differential drive depending on the change in the PWM frequency in the range from 30 to 60% have been studied and presented.

Graphs were presented that show how the switching frequency of the robot controller changes when it moves to the desired goal of movement in a straight line without obstacles.

Keywords: wheel robot, clear logic, differential drive, control system.

УДК 624.132.1

Аналіз шляхів забезпечення енергонезалежності будівельної техніки з використанням відновлювальних джерел енергії

Олександр Тетерятник¹, Максим Балака²

Київський національний університет будівництва і архітектури
пр-т Повітрофлотський, 31; Київ, Україна, 03037

¹teteriatnyk.oo@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-9983-0551>

²balaka.mm@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4142-9703>

Received: 10.03.2021; Accepted: 10.05.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0301>

Анотація. Останні десятиріччя ставлять перед суспільством нові виклики, одним з яких є зміна парадигми енергетичного забезпечення суспільства. Реальна загроза виснаження корисних копалин потребує від людства вирішення проблеми енергетичного забезпечення суспільства. Основною проблемою при вирішенні цього питання є те, що споживання енергії постійно збільшується.

Міжнародне енергетичне агентство (*International Energy Agency, IEA*) прогнозує, що світовий попит на електроенергію зросте на 60% і складе майже чверть загального попиту на енергію, порівняно з 19%, 2017 року; очікується зниження попиту на вугілля і нафту; частка поновлюваних джерел енергії може досягти 40%, 2040 року порівняно з 25% в 2017 році. Ще одним альтернативним сценарієм розвитку є сценарій, який називається «майбутнє за електрикою», з набагато більш активним розвитком використання електроенергії для пересування та опалення: попит на електроенергію збільшиться на 90% замість 60% до 2040 року; коли половина автомобільного парку стане електричною, якість повітря значно покращиться, але це матиме незначний вплив на викиди вуглекислого газу, без великих зусиль зі збільшення частки поновлюваних джерел енергії та джерел низьковуглецевої електроенергії.

За словами доктора Фатіха Біроля, виконавчого директора Міжнародного енергетичного агентства, «Впродовж останніх десятиліть, поновлювані джерела енергії досягають значних успіхів, але загалом їх надбання залишаються значною мірою, обмеженими у виробництві електроенергії. Наступною віхою в історії поновлюваних джерел енергії, є розширення їх використання в промисловості, будівництві та

транспорті з величезним потенціалом зростання». [1]

Ключові слова: відновлювальна енергетика, розподілені енергосистеми, електричний привод; вітрові турбіни, сталий розвиток.

ВСТУП

За даними Міністерства енергетики США промислові споживачі (сільське господарство, гірничо-промисловість, виробництво, будівництво) споживають близько 37% від всієї виробленої енергії. Особистий та комерційний транспорт споживає близько 20%; індивідуальне опалення, освітлення і електроприлади використовують 11%; комерційне споживання (освітлення, опалення й охолодження комерційних будівель, водопостачання та каналізація) становить близько 5% від загального споживання енергії.

Решта 27% світового споживання енергії, втрачаються під час виробництва та передачі електроенергії. Ефективність наявних електростанцій, становить близько 38%. Нове покоління газових ТЕЦ може досягати значно більшу ефективність – в 55%. Але найбільш поширеним паливом для ТЕЦ у світі, все одно залишається вугілля.

Європейське агентство з навколишнього середовища (ЕЕА) враховує лише кінцеве споживання енергії (тобто не долучає енергію, втрачену під час виробництва та передачі електроенергії) і вважає, що транспорт використовує 31,5% кінцевого споживання

енергії, промисловість – 27.6%, домашні господарства – 25,9%, сектор послуг – 11,4% і сільське господарство – 3,7%. Споживання енергії відповідальне за більшу частину викидів парникових газів (79%), причому енергетичний сектор відповідальний за 31%, транспорт – 19%, промисловість – 13%, домашні господарства – 9%, інші – 7% [2].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Енергоефективність вироблення електроенергії має велике значення для державної політики європейських країн, враховуючи, що понад 70% вугільних електростанцій Європейського Союзу мають вік більше 20 років і працюють з ефективністю 32...40%. [3]. Технологічні розробки 1990-х років, дозволили підвищити ефективність до рівня 40...45% на нових ТЕЦ. Однак, згідно оцінки Європейської комісії, це все знаходиться нижче рівня найкращих наявних сучасних технологій (НСТ), які мають ефективність 46...49%. Ефективність газових ТЕЦ в середньому становить 52% порівняно з 58...59%, найкращої наявної технології. Газові та нафтові котельні працюють із середнім ККД 36% (НСТ забезпечує 47%). Наявні показники є недостатніми для забезпечення відповідного рівня декарбонізації викидів у промисловому секторі в рамках виконання Паризької кліматичної угоди 2015 року [4].

Наведені вище оцінки, а також багато інших чинників та системних показників змусили міжнародні інституції з проблем екології, енергетики та сталого розвитку сформулювати основні положення щодо успішного розв'язання проблеми енергозабезпечення й дотримання вимог сталого розвитку стратегія паливно-енергетичного комплексу має спиратися на:

- підвищення ефективності використання енергії, тобто створення й використання енергоефективних технологій, матеріалів, організації виробництва;
- широкомасштабне використання поновлюваних та інших нетрадиційних (для нашого часу) джерел енергії;

– створення та максимально ефективного використання нового покоління технологій спалювання органічних викопних видів палива [5].

Якщо придивитися уважніше до кожного з цих напрямків, то можна побачити, що українські вчені та наукові школи вносять значний вклад у вирішення проблеми енергозабезпечення.

Щодо створення енергоефективних технологій можна згадати відому в усьому світі теорію динамічного руйнування ґрунтів професора Баладінського В.Л., з якої випливає, що зменшення енергоємності розробки ґрунтів можна досягти за рахунок інтенсифікації прикладання навантаження на робоче середовище робочими органами безперервної дії. Динамічні ґрунторуйнуючі машини мають значно меншу масу і габарити, досягають значно більшої продуктивності при менших енерговитратах у порівнянні з існуючими машинами, в яких використовується, так зване, силове (статичне) різання, тобто руйнування ґрунту зі сталою силою різання і невеликими, до 2 м/с, швидкостями різання [6].

Зважаючи на теорію динамічного руйнування ґрунтів на кафедрі будівельних машин Київського національного університету будівництва і архітектури було розроблено та захищено патентами України конструкції робочих органів динамічної дії, в яких використовуються позитивні ефекти високошвидкісного руйнування ґрунтів [7, 8]. Розроблені робочі органи мають низьку енергоємність та високу питому продуктивність, що позитивно вирізняє їх серед більшості вітчизняних та іноземних аналогів.

До технологій, що призначені для ефективного використання енергії належить і створення розподілених енергосистем (DER - Distributed Energy Resources) [9, 10]. Розподілені енергетичні системи – це напрямок розвитку енергетики, що забезпечує можливості переходу від традиційної організації енергетичних систем до нових методик та практик. Цей перехід здійснюється в умовах децентралізації енергетичних систем при максимальній автоматизації та комп'ютеризації їх складових. Цей процес відбувається з використанням різних видів

енергетичних ресурсів та передбачає зниження екологічного впливу на довкілля. Метою децентралізації енергетичних систем є підвищення енергетичної ефективності системи в цілому (Рис. 1).

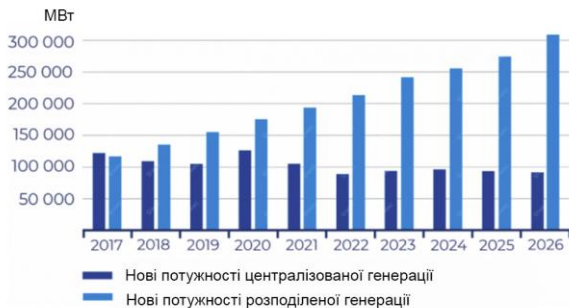


Рис. 1. Прогноз введення нових потужностей централізованої та розподіленої генерації у світі

Fig. 1. Forecast of the introduction of new capacities of centralized and distributed generations in the world

Найбільш розвинутою складовою розподіленої енергетики є розподілена генерація, яка представлена комплексними енергооб'єктами потужністю до 25 МВт, що розташовуються максимально близько до кінцевого споживача.

Слід зазначити, що у зв'язку з появою нових технологій змінився підхід у розвитку енергетичних систем. Об'єднання великої кількості об'єктів розподіленої генерації в розумну мережу забезпечує високу надійність і гнучкість роботи системи.

Нині мала розподілена енергетика є єдиним дієвим інструментом зниження вартості електроенергії підприємств малого та середнього бізнесу. Можливість роботи обладнання малої розподіленої енергетики на різних видах палива (у тому числі на зрідженому газі) дозволяє встановлювати такі об'єкти на територіях із великою географією.

Основу технологій розподіленої генерації енергії складають установки потужністю до 25 МВт, включаючи нетрадиційні (мікротурбіни, двигуни стирлінгу, роторно-лопатеві двигуни, накопичувачі енергії) та відновлювані джерела енергії (Рис. 2).

Іншим перспективним напрямом розподіленої генерації є використання попутного нафтового газу (ПНГ) на підприємствах нафтогазової галузі.

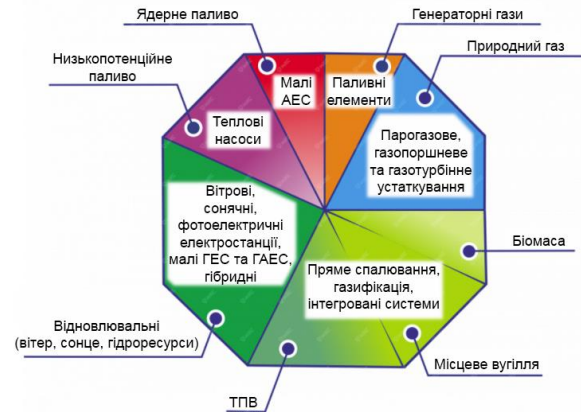


Рис. 2. Ресурси і склад технологій розподіленої генерації енергії

Fig. 2. Resources and composition of distributed energy generation technologies

На сьогоднішній день найбільш економічно доцільним напрямком розвитку галузі малої генерації є використання мобільних та високоефективних газопоршневих установок (ГПУ). Їх поки що значні переваги над альтернативними джерелами енергії (ефективність яких залежить в значній мірі від зовнішніх факторів), забезпечують позиціонування газової генерації як сучасного, ефективного та високорентабельного напрямку енергетичного бізнесу, що стрімко набирає популярності в останні роки.

Світовими передумовами розвитку газової генерації є наступні її переваги:

- доступне паливо - природний газ є найдоступнішим і найефективнішим видом палива в перспективі на найближчі 30-40 років;

- поступова відмова від використання вугільного палива - вугілля є достатньо дорогим та неекологічним видом палива. Зокрема, це підтверджується останнім часом переведенням великих електростанцій на газове паливопостачання;

- зниження частки атомної енергетики - атомна енергетика є дорогим видом виробітку електроенергії з високою часткою тех-

нологічного ризику. Цей факт підтверджується згортанням або зменшенням частки ядерного вироблення в енергетичних проєктах у світі;

- висока ефективність когенерації та тригенерації - теплова мала генерація на базі ГПУ є високоефективним способом вироблення електроенергії, що дозволяє отримувати попутні види енергії (теплова енергія та холод).

Основна перевага розподілених енергосистем над централізованими, не зважаючи на більшу складність та собівартість систем контролю та керування – це зниження тарифу на енергоресурси. Така можливість реалізується за рахунок розміщення об'єкта генерації біля споживача, що дозволяє споживачу заощаджувати на транспорті енергії, електричної та теплової, і це зумовлює зниження вартості кінцевого продукту. Є й інші важливі моменти, наприклад підвищення надійності електропостачання.

Ще один вагомий аргумент – швидкість введення нових потужностей. Якщо брати мережеві компанії, то підключення споживачів з урахуванням будівництва ліній може розтягнутися на роки. У середньому це близько двох років, і то за умови, що у відповідному централізованому об'єкті є вільні потужності. Якщо їх нема, то термін приєднання нових споживачів триває значно довше. Для порівняння: мінімальний термін запуску потужностей малої енергетики – близько 8 місяців. Достатньо швидко.

Інший напрямок розвитку енергетичного комплексу у світі зумовлює будівництво та введення в експлуатацію об'єктів енергетичного комплексу, що виробляють енергію з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). До таких джерел енергії належать періодичні або сталі потоки енергії, що розповсюджуються в природі і обмежені лише стабільністю Землі як космопланетарного елемента: променева енергія Сонця, вітер, гідроенергія, біоенергетика, природна теплова енергія тощо. До 2040 року заплановано до 40 % світової електроенергії виробляти із відновлюваних джерел [11].

Але швидкий розвиток ВДЕ (в більшій мірі за рахунок сонячних електростанцій та

вітрових парків) має і іншу сторону – значне коливання потужності.

Потужність виробництва електроенергії на сонячних та вітрових електростанціях може різко змінюватися і слабо прогнозована через пряму залежність від зміни погоди — наявності сонця та вітру. Тому, щоб зберегти в енергосистемі баланс попиту та виробництва електроенергії, потрібен великий резерв потужностей для маневрування — швидкого завантаження і розвантаження енергоблоків у разі коливань виробництва електроенергії на вітрових та сонячних електростанціях. В енергосистемі України для маневрування використовують гідроелектростанції (ГЕС) та вугільні ТЕС, на які припадає більша частка навантаження. При цьому доведеться скорочувати базове навантаження на АЕС, які увесь час видають однакову потужність, і збільшувати його на вугільних ТЕС, аби вони мали більше можливостей для маневрування. Іншими словами, в українській енергосистемі складається парадоксальна ситуація — збільшення кількості вітрових та сонячних електростанцій призводить до збільшення вуглецевих та інших шкідливих викидів [12, 13].

Якщо проаналізувати представлену ситуацію, то можна побачити, що один із напрямків вирішення цієї проблеми лежить в поєднанні цих двох складових, що може суттєво збільшити їх сумарну ефективність та знизити негативні складові таких систем великої потужності. Мова йде про створення розподілених енергосистем на базі ВДЕ невеликої потужності. Для цього необхідно більш детально придивитися до вітрової енергетики.

Більша частина вітрових турбін, які використовуються в перетворенні кінетичної енергії вітру в електричну належать до промислових вітрогенераторів (Рис. 3).

Промислові вітрогенератори встановлюються державними органами або енергетичними компаніями. Потужність сучасних промислових вітрогенераторів може досягати 8 МВт. Як правило, такі генератори об'єднують у мережу. Основна відмінність вітроелектростанцій від теплових електростанцій — повна відсутність сировини та відходів. Створення таких електростанцій

економічно доцільне в районах з високим середньорічним значенням швидкості вітру або у віддалених від промислових електромереж районах.



Рис. 3. Вітровий парк вітрогенераторів з горизонтальною віссю

Fig. 3. Wind farm wind turbines with a horizontal axis

Вітрогенератори приватного призначення мають відносно невелику потужність (звичайно до декількох кіловат) та використовуються разом з стаціонарною електромережею як джерела додаткової енергії, або як складові (разом з сонячними панелями, акумуляторними батареями, інверторами) в системах автономного електрозабезпечення. Такі генератори є популярним об'єктом аматорського конструювання.

Вітрогенератори спеціального призначення використовуються для автономного електрозабезпечення окремих технологічних об'єктів: туристичних стоянок, вітрильних гоночних яхт тощо. Такі генератори мають малу потужність (звичайно до десятків ват) і часто використовуються без інверторів — як джерела постійного струму для підзарядки акумуляторних батарей (в тому числі — батарей мобільних пристроїв через USB-адаптери).

За конструкцією вітряної турбіни вітрогенератори поділяються на апарати з горизонтальною та вертикальною віссю.

Апарати з горизонтальною віссю (HAWT — Horizontal Axis Wind Turbine)

вимагають додаткового пристрою орієнтації та високої щогли, але характеризуються найвищим значенням коефіцієнту використання енергії вітру (КВЕВ) серед інших конструкцій (Рис. 4) та відносно малими динамічними навантаженнями. Завдяки своїм перевагам отримали широке використання. Високе значення КВЕВ досягається за рахунок оптимізації профілів лопатей турбіни, що дозволяє отримати на лопатях значну підйомну силу, яка сприяє збільшенню крутного моменту. Вітрові парки більшості країн світу використовують вітрогенератори з горизонтальною віссю.

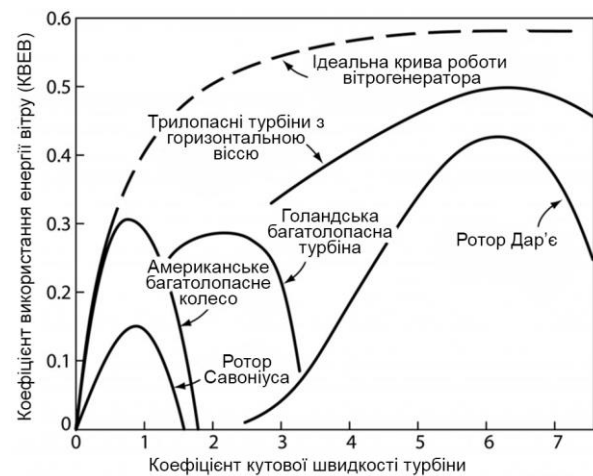


Рис. 4. Графік порівняльної ефективності основних видів вітрових установок

Fig. 4. Graph of comparative efficiency of the main types of wind turbines

В останні роки у світовій вітроенергетиці спостерігається тенденція до збільшення одиничної потужності вітрогенераторів типу HAWT, що пояснюється зниженням вартість електроенергії, що отримується з 1 м² робочої поверхні, зменшуються витрати на експлуатацію та технічне обслуговування установки, скорочуються площі відчужування земельних ділянок, зростає ефективність установки. Проте подальше укрупнення вітрогенераторів є малоефективним. Враховуючи особливості конструкції та монтажу можна сказати, що розміри вітрогенераторів з горизонтальною віссю досягли верхньої межі. На лопаті, крім відцентрових, діють згинальні сили, змінні за величиною і напрямом, що обмежує їх геоме-

ISSN(online)2709-6149. Mining, constructional, road and melioration machines, 97, 2021, 24-35

тричні розміри, істотно знижує надійність і скорочує терміни експлуатації вітрогенераторів. Тому перехід великі потужності передбачає якісну зміну конструкції.

Попри всі переваги HAWT дана конструкція має декілька недоліків. По-перше, вітрогенератори з горизонтальною віссю є доволі небезпечними для птахів та кажанів. За матеріалами досліджень причиною загибелі птахів є травмування лопатями турбіни, а загибель кажанів настає від баротравми легень внаслідок формування області зниженого тиску на кінцях лопатей турбін. Згідно зі статистикою, лопаті кожної встановленої турбіни є причиною загибелі не менш як чотирьох особин птахів на рік [14]. Крім того, збільшення діаметрів обертових елементів турбін потужних вітрогенераторів збільшує область низькочастотних шумів, що виключає можливість встановлювати даний тип обладнання поблизу населених територій. Це знижує ефективність HAWT у системі розподіленої генерації.

Ще одним недоліком апаратів з горизонтальною віссю є створення гвинтами зони турбулентності та зниженого тиску при проходженні вітру через лопаті. Це збільшує ефективну відстань встановлення одного вітрогенератора від іншого. Для ефективного використання енергії вітру та позбавлення впливу однієї установки на іншу, ефективна дальність встановлення повинна бути більшою 10-ти діаметрів гвинта вітрогенератора. Тому вітрові парки з установками великої потужності займають значні території - десятки та сотні гектарів. Причому на цих територіях неможлива будь-яка господарська діяльність. Крім того, існують думки та проводяться дослідження щодо впливу великих вітрогенераторів та вітрових парків на зміну клімату та екологічні зміни на прилеглих територіях [15].

Апарати з вертикальною віссю (VAWT — Vertical Axis Wind Turbine) не вимагають пристроїв орієнтації відносно напрямку вітру (Рис. 5). Довгий час суттєвим недоліком таких турбін у порівнянні з турбінами з горизонтальною віссю, крутний момент яких залишається незмінним протягом одного обороту, було те, що лопаті вертикальних турбін при обертанні створюють пе-

ріодичні імпульси, що призводить до додаткових навантажень на елементи їх конструкції. В подальшому цей недолік був усунутий шляхом гвинтового повороту лопаток турбіни (Рис. 6).



Рис. 5. Найбільший VAWT з ротором Дар'є, центр інтерпретації енергії вітру, Квебек, США

Fig. 5. Largest VAWT with Darrieus turbine, Wind Energy Interpretation Center, Quebec, USA

Турбіни VAWT зустрічаються досить рідко і використовуються, як правило, у домашніх системах через порівняно низький рівень шуму при роботі. Проте існують проекти застосування таких генераторів у шельфових електростанціях. Крім того існують компанії, які намагаються використовувати у вітрових парках VAWT (наприклад американська компанія FloWind).

Навіть враховуючі недоліки, що присутні у конструкціях VAWT, вітрогенератори такого типу мають достатньо велику перспективу застосовуватися у системах розподіленої генерації. Завдяки зниженому рівню шумів та вібрацій такі установки вже в теперішній час використовуються для забезпечення потреб в електроенергії невеликих громадських об'єктів (наприклад, два вітрогенератори, потужністю 5кВт кожний, з турбіною Горлова встановлено на Ейфеле-

вій вежі для забезпечення потреб споруди в електроенергії) [16].

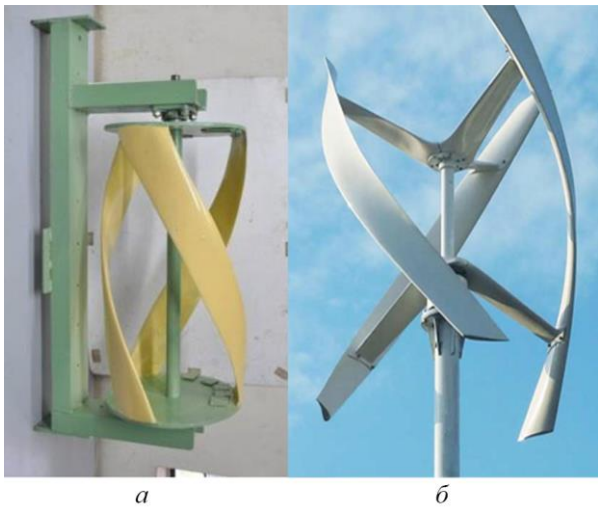


Рис. 6. Ротор Горлова (а) та вітрова установка аналогічного типу (б)

Fig. 6. Gorlov turbine (a) and wind turbine of similar type (b)

Активізація досліджень в цьому напрямку дозволяють крок за кроком позбавлятися недоліків конструкцій VAWT. Наприклад, вітрогенератор у вигляді ротора Дар'є має достатньо великий КВЕВ (див. Рис. 4) при швидкостях вітру 8-15 м/с, але не має можливості самостійного пуску, як, до речі, і майже всі апарати з горизонтальною віссю. Але відомий вітрогенератор у вигляді ротору Савоніуса (Рис. 7), який підтримує можливість самозапуску і має найбільший КВЕВ при швидкостях вітру до 6-8 м/с.

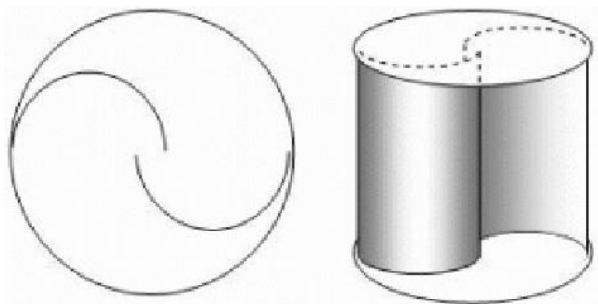


Рис. 7. Ротор Савоніуса

Fig. 7. Savonius turbine

Для поєднання позитивних ефектів створюються вітрогенератори, які складаються з обох конструкцій (Рис. 8), що дозволяє при малих швидкостях вітру самостійно

запускати установку в роботу за рахунок ротора Савоніуса, а при більших швидкостях вітру забезпечувати значно вищу ефективність роботи за рахунок ротору Дар'є [17].

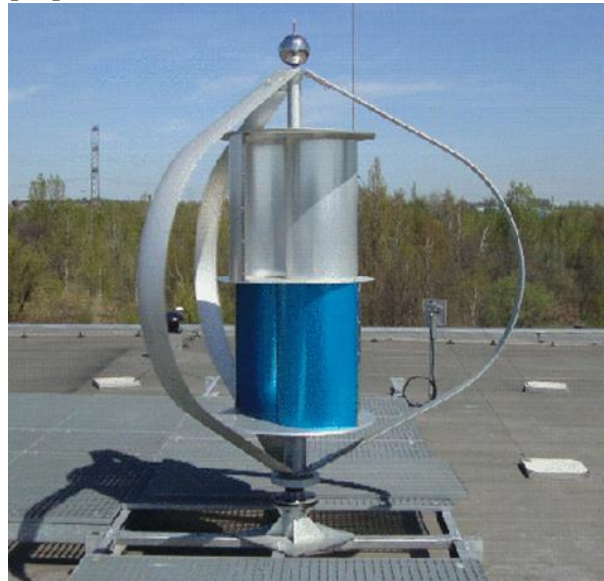


Рис. 8. Конструкція вітрогенератора з ротором Савоніуса та ротором Дар'є

Fig. 8. Design of wind turbine with Savonius turbine and Darrieus turbine

Завдяки VAWT можна продуктивніше та оптимальніше створювати системи енергозабезпечення в концепції розподіленої генерації. Основна перевага апаратів з вертикальною віссю полягає у тому, що вони можуть розташовуватися на невеликих відстанях одне від одного, що може забезпечувати створення інфраструктури вітрових парків на невеликих площах.

Якщо підійти більш детально до вирішення проблеми енергозабезпеченості окремих галузей, то вітрова енергетика може допомогти не тільки в широкому сенсі (забезпечення енергією селищ та міст, освітлення споруд та території тощо), а і в більш конкретній ситуації.

Наприклад, якщо придивитися до сучасного парку будівельної техніки, то можна побачити, що майже всі великі виробники такої техніки вже мають у модельному ряду майже повністю електричні машини, які аналогічні серійним машинам з ДВЗ. Причому, враховуючи розширення модельного

ряду та мінімізацію будівельної техніки для роботи в міських умовах, потужності силових агрегатів такої техніки знаходяться в межах 2-10 кВт.

Компанія Bobcat на міжнародній виставці Bauma 2019 представила перший в світі електричний міні-екскаватор Bobcat E10e (Рис. 9). Завдяки електроприводу, низькому рівню шуму та невеликим габаритам (ширина екскаватора складає 72см) дана модель може працювати на об'єктах з обмеженим простором та в закритих приміщеннях.



Рис. 9. Електричний міні-екскаватор Bobcat E10e

Fig. 9. Bobcat E10e electric mini excavator

Компанія CASE Construction Equipment у 2020 році представила до уваги перший в галузі екскаватор-навантажувач 580 EV (Рис. 10).



Рис. 10. Електричний екскаватор-навантажувач CASE 580 EV

Fig. 10. CASE 580 EV electric backhoe loader
ISSN(print)2312-6590. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини, 97, 2021, 24-35

Німецька компанія Wacker Neuson представила міні-екскаватор моделі 803 з функцією dual power. До екскаватора на додаток до вбудованого дизельного двигуна можна підключити електрогідравлічний пристрій HPU8, що дозволить екскаватору працювати з нульовими викидами (Рис. 11).



Рис. 11. Міні-екскаватор Wacker Neuson 803 dual power з електрогідравлічним пристроєм HPU8

Fig. 11. Mini excavator Wacker Neuson 803 dual power with electrohydraulic device HPU8

Крім того, багато виробників спеціалізованої техніки, зокрема виробники аеродромних тягачів (Рис. 12) використовують в своєму парку техніки електричні моделі [18]. Такі машини вже мають достатньо великі потужності та тягові характеристики.



Рис. 12. Електричний аеродромний тягач Trepel Challenger 280e для повітряних судів з рульовою масою 250т

Fig. 12. Electric airfield tractor Trepel Challenger 280e for aircraft with a steering mass of 250 tons

У більшості будівельних компаній при експлуатації даної техніки (або взагалі будь-якої техніки з електричною або гібридною силовою установкою) виникає додаткова «проблема», що пов'язана із необхід-

ністю заряджати акумуляторні батареї будівельної техніки. В більшості випадків така «проблема» не вимагає якогось додаткового обладнання і вирішується достатньо просто, але і загальному випадку все це призводить до збільшення навантажень на місцеву енергомережу.

Зважаючи на це, та враховуючи розподілену генерацію разом з досягненнями в області конструювання вітрогенераторів з вертикальною віссю можна запропонувати ідею розташування на базі підприємства, що має в наявності будівельні машини з електричним приводом, станцій для зарядки акумуляторів. Така станція може розташовуватися на території підприємства та мати необхідну потужність для забезпечення обслуговування акумуляторних батарей всієї наявної на підприємстві будівельної техніки з електричними силовими установками. В якості джерел енергії доцільніше всього використовувати вітрогенератори типу VAWT, виходячи з того, що декілька пристроїв такого типу можна буде розмістити на достатньо невеликій площі (наприклад, на даху адміністративної будівлі).

Якщо проаналізувати наведену модель енергозабезпечення, можливо побачити доволі багато аспектів та можливостей застосування альтернативних джерел енергії. Наприклад, якщо не обмежуватися встановленням вітрогенераторів лише на даху, можливо створити систему веж у вигляді сходинок, яка дозволить встановлювати вітрогенератори на різних висотних рівнях, що дозволить, по-перше збільшити кількість джерел та, по-друге, використовувати вітрові потоки, які ще не втратили частину своєї енергії. Причому при збільшенні кількості генеруючих об'єктів можливо зменшувати їх габарити та вагу при сталій необхідній потужності. Такий крок дозволить проектувати систему енергозабезпечення в достатньо широкому діапазоні геометричних розмірів, технічних рішень та цінової політики.

Крім того, якщо згадати про інший вид відновлювальних джерел енергії, а саме про сонячні панелі, та реалізувати можливість їх інтеграції у загальну систему разом з вітрогенераторами, кількість можливих техні-

чних рішень реалізації подібних проектів зростає на порядок. може при проходженні через інші

Причому, якщо взяти до уваги загальносвітову тенденцію побудови машин (і в тому числі будівельних) та агрегатів за модульним принципом [19, 20], можна представити технічні рішення на ще більш універсальному рівні. Це може бути окремий модуль, який буде мати оптимізоване значення потужності та можливість поєднання з більшістю сучасних моделей будівельної техніки. Такий модуль можливо буде агрегатовувати комбінованими VAWT та достатньою кількістю сонячних панелей. На початковому етапі це може вийти достатньо велика та громіздка конструкція причепного або напівпричепного типу. Одним з критеріїв функціональності даного обладнання буде габаритний розмір по висоті устаткування, який повинен забезпечувати безперешкодне переміщення у межах населеного пункту. При відповідному розрахунку такий модуль може застосовуватися для забезпечення живлення декількох одиниць будівельної техніки на одному будівельному майданчику. Можливим вважається створення достатнього запасу потужності даного виду устаткування для забезпечення можливості заряду акумуляторів безпосередньо на місці проведення будівельних робіт при паралельному забезпеченні роботи техніки напряму вад агрегату. Така технологія дуже схожа на сучасне використання дизель-генераторних станцій при забезпеченні роботи в польових умовах засобів малої механізації.

Зрозуміло, що не можна залишати поза увагою і недоліки відповідних відновлювальних джерел енергії. До них відносяться невеликий ККД пристроїв, велика залежність від кліматичних умов, що може призводити до нерівномірності вироблення енергії. Але на початковому етапі існує можливість створювати аналогічні силові модулі з гібридною силовою установкою. Причому обов'язковим компонентом системи повинно бути можливість акумулювання надлишків енергії, яка буде вироблятися в період максимально сприятливих умов (сонячна погода, сприятливий темпе-

ратурний режим, швидкий вітер тощо). Враховуючи досягнення та швидкість прогресу в секторі створення різних конструкцій та видів акумуляторів, вже в наш час можна створювати досить компактні та ємнісні системи акумуляування енергії, причому це стосується не лише електричних та хімічних елементів, а і систем з механічним збереженням енергії (кінетичні накопичувачі енергії).

До того ж існує цілий рад винаходів, що можуть значно збільшити ефективність альтернативних енергетичних систем в найближчому майбутньому. Це і аеровисотна вітроенергетика, нові конструкції вітрогенераторів (наприклад ротор Оніпко), вітрові гірлянди. Причому не стоїть на місці й сонячна енергетика, створюючи нові сонячні елементи та покращуючи характеристики існуючих.

ВИСНОВКИ

В світлі вищевикладеного в статті можна зробити наступні висновки, що відновлювальні джерела енергії швидко розвиваються і найближчим часом будуть активно конкурувати з традиційними способами отримання енергії. Їх переваги достатньо впливові для збереження екологічної рівноваги в природних системах. Тому розширення сфери застосування екологічно чистих технологій є пріоритетним напрямком наукових досліджень в Україні та світі, який підтримується урядами багатьох країн, в тому числі і урядом України.

В подальшому є можливість проведення більш глибоких досліджень за даною тематикою з наступним синтез методик розрахунку основних параметрів відповідних елементів для перевірки можливості конструктивного виконання запропонованих технічних рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
2. **Зарубіжний досвід** з підвищення енергетичної ефективності та впровадження нових

технологій виробництва електричної енергії.
https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/4.-Efektyvn_vyrobn_elektroenergiyi.pdf

3. **Новые ТЭС в Европе** – состояние и перспективы. Энергетика за рубежом, №2, 2013
4. **Nordhaus, W.** (2018), "Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies", American Economic Journal: Economic Policy 10(3), 333–60.
5. **Коробко Б. П., Оніпко О. Ф.** (2005) Енергетична стратегія України: роль і місце поновлювальних джерел енергії // Винахідник і раціоналізатор, №1 с. 19-29.
6. **Баладінський В. Л., Фомін А. В.** (2001) Наукові основи динаміки руйнування природних робочих середовищ // Вісник Академії будівництва України. – Вип. 10. – К.: ДП „Укрархбудформ“, С. 34–37.
7. **Фомін А. В., Костенюк О. О., Тетерятник О. А., Боковня Г. І.** (2013) Методика розрахунку основних типів високошвидкісних робочих органів // Всеукр. збірник наук. праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини» – Вип. 81. – К.: КНУБА, С. 83–90.
8. **Горбатюк Є.В., Пристайло М.О., Тетерятник О.А.** (2015) Обґрунтування конструктивних особливостей низькоенергоємних динамічних робочих органів та навісок землерийних машин // Всеукр. збірник наук. праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини» – Вип. 85. – К.: КНУБА, С. 97–104.
9. <https://mks-group.ru/a/raspredeleennaya-energetika>
10. https://go.schneider-electric.com/WW_201906_Smart-Distribution-Utility-Strategies-that-Maximize-Grid-Efficiency-Content_EA-LP-EN.html?source=Content&sDetail=Smart-Distribution-Utility-Strategies-that-Maximize-Grid-Efficiency_WW
11. **Кудря С. О.** (2012) Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Підручник / — К. НТУУ «КПІ», — 492 с.
12. **Сергій Савчук:** Здобутки та плани розвитку сонячної енергетики в Україні обговорили із гравцями ринку на конференції «CISOLAR 2019». saee.gov.ua (українська). Управління комунікації та зв'язків з громадськістю Держенергоефективності. 17 квітня 2019.
13. **«Гнучкість** для енергосистеми майбутнього. Вирішення українського „зелено-

- вугільного“ парадоксу»
https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/white-papers/europe/wartsila-bwp---flexibility-to-future-proof-the-ukrainian-power-system.pdf?sfvrsn=4d4d1444_6
14. <https://dpssmk.gov.ua/pozytyvni-ta-nehatyvni-aspekty-vykorystannia-vitroenerhetyky/>
 15. Василюк О., Кривохижа М., Прекрасна Є., Норенко К. (2015) Вітряні електростанції та зміни клімату / К.: UNCG, 32 с. https://www.researchgate.net/publication/325343361_Vitryni_elektrystancii_ta_zmini_klimatu_Vasiluk_O_Krivozhiza_M_Prekrasna_E_Norenko_K_-_K_UNCG2015_32_s
 16. <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/719-na-eyfelevu-bashnyu-ustanovili-vetrovye-generatory.html>
 17. Редчиц, Д. А., Приходько, А. А. Аэродинамика роторов Дарье и Савониуса // Институт транспортных систем и технологий НАНУ, Украина. Днепропетровский национальный университет, Украина
 18. <https://os1.ru/article/26234-tyagachi-s-elektroprivodom-dlya-buksirovki-vozdushnyh-sudov-pod-znakom-e>
 19. Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л.В. та ін. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Машина для земляних робіт: Навчальний посібник / Рівне - Дніпропетровськ - Харків. - 2010.
 20. Фомін А. В., Костенюк О. О., Тетерятник О. А. (2018) Аналіз конструкцій та концепції розвитку компактного екскаваторного обладнання // Всеукр. збірник наук. праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини» – Вип. 92. – К.: КНУБА, С. 56–62.
 4. Nordhaus, W. (2018), “Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies”, American Economic Journal: Economic Policy 10(3), 333–60.
 5. Korobko B. P., Onipko O. F. (2005) Enerhetychna stratehiia Ukrainy: rol i mistse ponovliuvannykh dzherel enerhii. Vynakhidnyk i ratsionalizator, No.1, 19–29. (in Ukrainian).
 6. Baladinskyi V. L., Fomin A. V. (2001) Naukovi osnovy dynamiky ruynuvannya pryrodnykh robochykh seredovysch. Visnyk Akademii budivnytstva Ukrainy, Vol. 10, Kyiv, DP „Ukrarkhbudform“, 34–37 (in Ukrainian).
 7. Fomin A. V., Kosteniuk O. O., Teteriatnyk O. A., Bokovnia H. I. (2013). Metodyka rozrakhunku osnovnykh typiv vysokoshvydkykh robochykh orhaniv. Girnychy, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No. 81, 83–90. (in Ukrainian)
 8. Horbatiuk Ye. V., Prystailo M. O., Teteriatnyk O. A. (2015). Obgruntuvannya konstruktivnykh osoblyvosti nyzkoenerhoiemnykh dynamichnykh robochykh orhaniv ta navisok zemlerynykh mashyn. Girnychy, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.85, 97–104. (in Ukrainian)
 9. <https://mks-group.ru/a/raspredeleennaya-energetika> (in Russian)
 10. https://go.schneider-electric.com/WW_201906_Smart-Distribution-Utility-Strategies-that-Maximize-Grid-Efficiency-Content_EA-LP-EN.html?source=Content&sDetail=Smart-Distribution-Utility-Strategies-that-Maximize-Grid-Efficiency_WW
 11. Kudria S. O. (2012) Netradytsiini ta vidnovliuvani dzherela enerhii: Pidruchnyk, Kyiv, NTUU «KPI», 492. (in Ukrainian)
 12. Serhii Savchuk: Zdobutky ta plany rozvytku soniachnoi enerhetyky v Ukraini obhovoryly iz hravtsiamy rynku na konferentsii «CISOLAR 2019». saee.gov.ua (ukrainska). Uprav-linnia komunikatsii ta zviazkiv z hromads-kisti Derzhenerhoefektyvnosti. 17 kvitnia 2019. (in Ukrainian)
 13. «Hnuchkist dlia enerhosystemy mai-butnoho. Vyryshennia ukrainskoho „zeleno-vuhilnoho“ paradoksu»
https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/white-papers/europe/wartsila-bwp---flexibility-to-future-proof-the-ukrainian-power-system.pdf?sfvrsn=4d4d1444_6

REFERENCES

1. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
2. Zarubizhnyi dosvid z pidvyshchennia enerhetychnoi efektyvnosti ta vprovadzhennia novykh tekhnolohii vyrobnytstva elektrychnoi enerhii. https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/4.-Efektyvn_vyrobn_elektroenergiyi.pdf (in Ukrainian).
3. Novye TES v Evrope – sostoyanie i perspektivy. Energetika za rubezhom, №2. (2013). (in Russian)

- [future-proof-the-ukrainian-power-system.pdf?sfvrsn=4d4d1444_6](#) (in Ukrainian)
14. <https://dpssmk.gov.ua/pozytyvni-ta-nehatyvni-aspekty-vykorystannia-vitroenerhetyky/> (in Ukrainian)
 15. **Vasyliuk O., Kryvokhyzha M., Prekrasna Ye., Norenko K.** (2015) Vitriani elektrostantsii ta zminy klimatu /– K.: UNCG, 32 c. [https://www.researchgate.net/publication/325343361_Vitriani_elektrostancii_ta_zmini_klimatu_Vasi-luk_O_Krivohiza_M_Prekasna_E_Norenko_K_-_K_UNCG2015_32_c._\(in_Ukrainian\)](https://www.researchgate.net/publication/325343361_Vitriani_elektrostancii_ta_zmini_klimatu_Vasi-luk_O_Krivohiza_M_Prekasna_E_Norenko_K_-_K_UNCG2015_32_c._(in_Ukrainian))
 16. <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/719-na-eyfelevu-bashnyu-ustanovili-vetrovye-generatory.html> (in Russian).
 17. **Redchic, D. A., Prihod'ko, A. A.** Aerodinamika rotorov Dar'e i Savoniusa. Institut transportnyh sistem i tekhnologij NANU, Ukraina. Dnepropetrovskij nacional'nyj universitet, Ukraina (in Russian).
 18. <https://os1.ru/article/26234-tyagachi-s-elektroprivodom-dlya-buksirovki-vozdushnyh-sudov-pod-znakom-e> (in Russian)
 19. **Khmara L. A., Kravets S. V., Nichke V. V. Nazarov L. V.** (2010). Pid zahalnoiu redaktsiieiu prof. Khmary L.A. ta prof. Kravtsia S.V. Mashyny dlia zemlianykh robit: Navchalnyi posibnyk, Rivne-Dnipropetrovsk-Kharkiv. (in Ukrainian)
 20. **Fomin A. V., Kosteniuk O. O., Teteriatnyk O. A.** (2018). Analiz konstruksii ta kontseptsii rozvytku kompaktnoho ekskavatsiinoho obladnannia. Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny [Mining, Construction, Road and Melioration Machines], No.92, 56-62. (in Ukrainian)

Analysis of ways to ensure the energy independence of construction equipment using renewable energy sources

Oleksandr Teteriatnyk¹, Maksym Balaka²

Kyiv National University of
Construction and Architecture

Abstract. In recent years, society has faced the problem of constantly increasing energy consumption. This increases the rate of consumption of minerals. Another problem is the increase in harmful emissions into the Earth's atmosphere. Both problems pose tasks that need to be addressed first.

The most promising sources of "clean" energy today are wind and solar energy. The rapid development of the industry leads to the constant generation of new ideas and new technical solutions both in the industry itself and in related areas of economic activity. The idea of distributed energy generation, which is still implemented by classical technologies, requires a similar application of renewable energy sources in the modern distribution of energy balance.

Given the advantages and disadvantages of different types of wind turbines, it was determined that in the conditions of settlements it is advisable to use wind turbines with a vertical axis. This design allows for small size and dense mutual location to create compact and energy-independent power supply systems for construction equipment.

Given the trends of global manufacturers to expand the range of construction equipment through models type zero emission - without harmful emissions into the atmosphere, will increase the number of batteries that will need to be serviced in enterprises. Such operations can be provided at the expense of distributed generation facilities, which are aggregated by "clean" energy sources.

The introduction of the concept of modular equipment and modular systems of construction equipment allows to develop compact technical solutions in the form of mobile energy modules that can ensure energy independence of individual construction sites. Given the current geopolitical situation in the world, this concept of energy infrastructure can be applied not only in the field of construction.

Keywords: renewable energy, distributed energy resources, electric drive; wind turbines, sustainable development.

УДК 621.923

Механізована обробка будівельної техніки абразивними робочими органами

Юрій Абрашкевич¹, Григорій Мачишин²,
Олександр Марченко³, Світлана Комоцька⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

¹abrashkevych.iud@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8396-7812>

²machyshyn.gm@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8230-0060>

³marchenko.aa@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2136-6071>

⁴komotska.siu@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8418-5302>

Received: 15.04.2021; Accepted: 14.06.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0302>

Анотація. Виконання зачисних операцій при проведенні механізованої обробки будівельної техніки від лакофарбових покриттів, іржі, різного роду забруднень відноситься до масових трудомістких операцій [1]. Для виконання вказаних операцій широкого розповсюдження набули ручні машини, робочими органами в яких є абразивні круги і металеві щітки. Багатофункціональність та універсальність цих машин в поєднанні з правильним підбором потрібного абразивного робочого інструменту дозволяє значно прискорити та полегшити виконання зачисних і шліфувальних операцій з досягненням необхідного ефекту.

Проте більшість з них мають недоліки застосування при очищенні тонколистового металу, оскільки в процесі очищення відбувається також зняття основного металу, що в більшості випадків не припустимо. Так при обробці неметалевих матеріалів металевими щітками робоча поверхня забивається дрібними часточками металу, що згодом призведе до утворення іржі, а при очищенні металевих поверхонь утворюються борозенки. Металеві щітки також малоефективні при очищенні поверхонь від синтетичних емалей, криволінійних поверхонь та важкодоступних місць. Обробка вказаними інструментами достатньо енергоємна і вимагає використання ручних машин значної потужності. Фіброві та пелюсткові абразивні інструменти не є самоочисними та втрачають різальну здатність внаслідок заповнення міжзернового простору відходами очищення. Піскоструминна обробка поверхонь екологічно небезпечна для робітників і навколишнього середовища, оскільки витратний

матеріал пісок, розлітається на достатньо великій відстані (особливо при очищенні висотних конструкцій та споруд).

Аналіз показав, що одним із ефективних інструментів для очищення металевих і неметалевих поверхонь від лакофарбових покриттів, іржі та інших забруднень без зняття шару основного матеріалу є полімерно-абразивна щітка. Однак недостатні дослідження по механізмі її роботи, енергетичних та теплових процесах, що протікають під час роботи та чинять вирішальний вплив на працездатність полімерно-абразивної щітки.

У роботі наведені результати досліджень впливу конструктивних та режимних параметрів ручних кутових шліфувальних машин з полімерно-абразивними щітками. Вивчення цих питань є актуальною задачею, так як дозволить визначити параметри привідної машини, раціональні режими та схеми їх експлуатації, а також області використання таких робочих органів.

Ключові слова: полімерно-абразивне волокно, очищення, коливання стержня, згин стержня.

ВСТУП

У процесі експлуатації будівельної техніки на її деталях та металоконструкціях, особливо у важкодоступних місцях для візуального огляду, можливе виникнення осередків корозії, тріщини та мікротріщини від втоми металу. Завчасне виявлення котрих може подовжити термін слу-

жби машини, тому велику увагу приділяють роботам по технічному обслуговуванню та діагностуванню. За їх допомогою проводять оцінку технічного стану механізмів та складових частин машини, що дозволяє встановити потребу у поточному ремонті окремих елементів машини без її повного розбирання, а також залишковий ресурс як машини в цілому так і її окремих елементів до капітального ремонту [2]. Особливу увагу слід приділяти огляду стану металевих конструкцій, а саме зварних з'єднань (відсутність тріщини, деформацій, потоншення стінок внаслідок корозії), стану робочого органу, стану блоків, осей та деталей їх кріплення.

МЕТА РОБОТИ

Огляд абразивних робочих органів для проведення механічної обробки будівель-

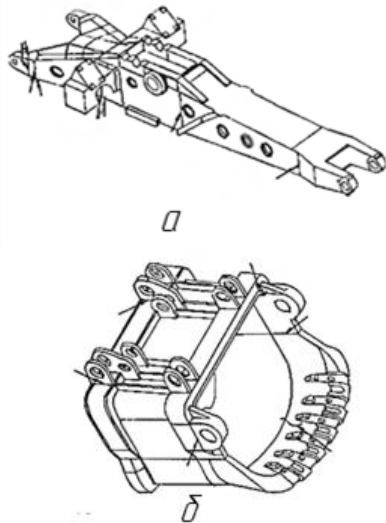


Рис. 1. Місця виконання операцій по очищенню та зачистці:

a – стріла екскаватора;
б – ківш екскаватора

Fig. 1. Cleaning and stripping places:
a – excavator boom;
b – bucket of the excavator

Зачисні операції та операції по очищенню [9, 10] (вказано стрілочками Рис. 1...3), ISSN(print)2312-6590. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини, 97, 2021, 36-46

них машин та визначення ефективності їх застосування. Дослідження закономірностей режимів роботи полімерно-абразивними щітками зачистки та шліфуванні різних виробів

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Технологія ремонту будівельних машин, наприклад екскаваторів, дозволяє виконувати операції по очищенню його поверхонь та зачищенню зварних швів (вказано стрілочками на Рис. 1) безпосередньо на монтажному майданчику або в умовах заводу, майстерні. Для виконання даних робіт можливе використання як ручних так і переносних або стаціонарних машин [3], а також використання піскоабразивної або гідроабразивної обробки [4, 5] та хімічного способу очищення [6, 7, 8].

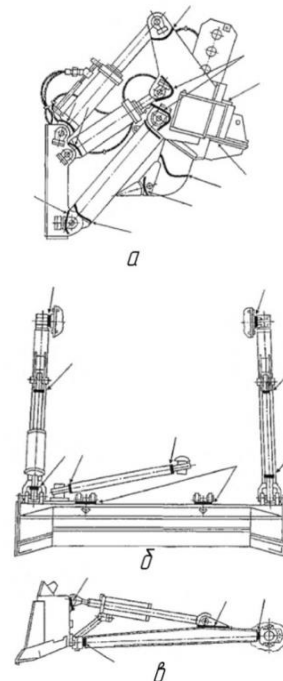


Рис. 2. Місця проведення очисних та зачисних операцій:

a – навіски розпушника;
б, в – робочого обладнання бульдозера

Fig. 2. Cleaning and cleaning places:
a – slingshots;
б, в – working equipment of the bulldozer

що виконуються при монтажі та ремонті будівельної техніки та її устаткування мо-

жуть бути представлені наступними групами: обробка зварних швів та поверхонь із видаленням шару металу; очищення від лакофарбових покриттів, іржі, різноманіт-

ного бруду поверхонь без видалення шару металу з метою встановлення датчиків, виявлення тріщини та інших дефектів.

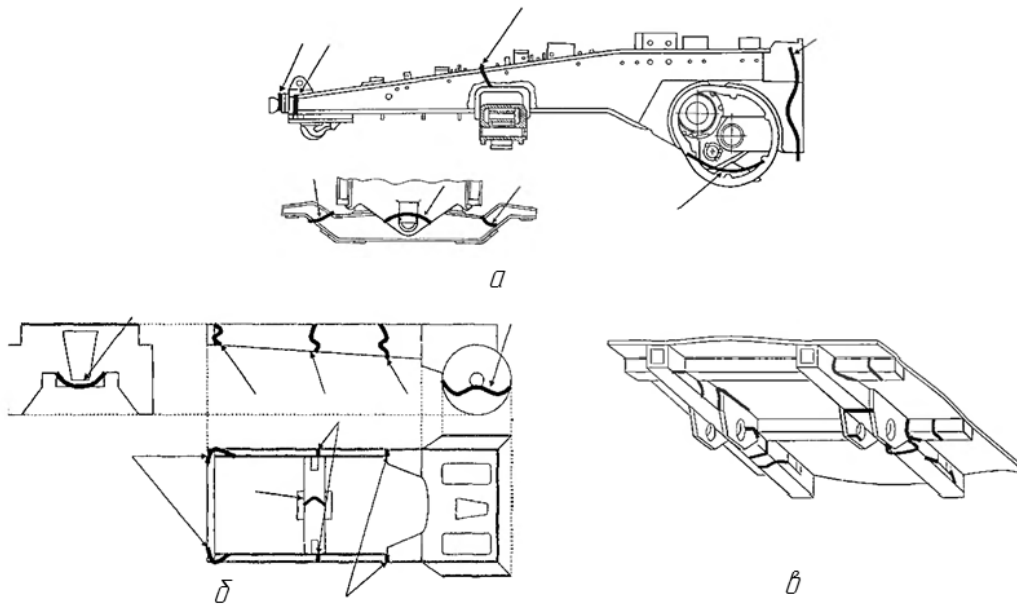


Рис. 3. Місця проведення очисних та зачисних операцій:
а – рами Т-500; б – рами Т-130; в – лонжеронів і опор кузова

Fig. 3. Cleaning and cleaning places:

а – T-500 frames; б – frames T-130; в – spars and supports of the case

Продуктивність виконання тієї або іншої зачисної операції залежить від двох основних чинників – правильного вибору ручної машини та інструменту до неї і правильних прийомів роботи ручною машиною. Зачисні операції можна здійснювати шліфувальними машинами, рубильними молотками, пневмозубилами, пучковими молотками та іншим інструментом.

Всі зачисні операції, виконувані абразивними робочими органами, можна умовно розділити на два види:

- **операції по зачищенню металевих поверхонь**, які включають зачищення фасок на листовому металі, заздалегідь знятих способом газового різання, для отримання поверхонь без структурних змін в металі, зняття іржі і нерівностей;

- **операції по зняттю шару металу**, зокрема видалення дефектних ділянок зварних швів, зачищення зварних швів в рівень з основним металом, зняття фасок на листах і трубах. Ці операції відрізняються від різання і зачищення металевої поверхні

тим, що вони поєднують в собі елементи роздільного різання і зачищення. До цього ж виду операцій слід віднести зачищення кореню зварного шва. Всі ці операції, за винятком операції зачищення кореню зварного шва, виконуються зачисними армованими кругами товщиною 4,5 мм і вище.

Для операцій по зачищенню в більшості випадків доцільно застосовувати кутові шліфувальні машини. Виняток становлять лише окремі випадки, коли зачистку виконують периферією круга. Потужність машини підбирають виходячи з тривалості роботи, товщини шару металу, характеру оброблюваної поверхні, що знімається. При тривалій роботі і тонкому шарі металу, що знімається, раціонально застосовувати машини меншої потужності (до 1000 Вт), але легшої ваги; при товстому шарі металу, що знімається, зокрема при зачищенні зварного шва в рівень з основним металом і т.п., необхідні потужні машини.

Для зачисних операцій слід користуватися кругами більшого за допустимий ді-

метр за умов роботи, оскільки при цьому легше направляти і утримувати машину на оброблюваній поверхні. При цьому слід враховувати, що діаметр круга не повинен перевищувати гранично допустимого для даної шліфувальної машини. Слід застосовувати круги більшої висоти, враховуючи їх велику стійкість і, отже, менші відносні втрати часу на перестановку круга.

Значний вплив на продуктивність і зношення кругів надає тип приводу. При одній і тій же потужності двигуна і кутової швидкості продуктивність зачищення і зносо-стійкість абразивного інструменту вищі при роботі електрошліфувальними машинами в порівнянні з пневматичними. Це пояснюється тим, що під навантаженням частота обертання пневмодвигунів знижується і відповідно зменшується колова швидкість абразивного круга. Враховуючи, що при зачистці до 80% вартості робіт доводиться на абразивний інструмент виконувати зачисні операції доцільніше електрошліфувальними машинами.

Для виконання зачисних операцій також використовуються металеві щітки і пелюсткові круги, фіброві і сітчасті диски. У даній статті розглядаються тільки механічні способи очищення, оскільки хімічні, термічні і пневмогідроабразивні не одержали широкого застосування на будівельно-монтажних роботах.

Пелюсткові круги вдало поєднують порівняно жорстке кріплення абразиву і високу еластичність в радіальному і тангенціальному напрямках. Вони представляють набір вирубаних з шліфшкурки пелюсток, що скріплюють в центрі або по периферії. У першому випадку це круги, що працюють колом, в другому – торцевою частиною. Можливе виготовлення пелюсткових кругів на вимогу замовника практично будь-яких розмірів, з будь-яких видів шліфшкурки і будь-якої густини упаковки. Вони забезпечують експлуатаційні показники у ряді випадків значно вищі, ніж використання шліфшкурки і стрічок з неї, а особливо в місцях важко доступних для обробки.

Сітчасті диски виготовляються шляхом нанесення шліфматеріалу на сітчасту основу (лавсан, склосітка і т.д.). Викорис-

товуються замість шліфшкурки (полірування) і фібрових дисків (зачистка поверхонь). При збільшенні зв'язного одержують жорсткі сітчасті диски, які використовуються для розрізання заготовок малого діаметру і дорогих матеріалів.

Фіброві диски – абразивні диски, виконані нанесенням шліфувального матеріалу на фіброву основу. Фібра – твердий, гнучкий і пластичний матеріал з целюлози, просочений хлористим цинком. Фіброві диски використовуються для зачисних і шліфувальних операцій.

Металеві щітки розрізняються за конструкцією, діаметром, матеріалом, формою і кількістю дротиків, способу закладання пучків. Від поєднання цих параметрів, а також швидкості обертання залежить застосування щітки для виконання тієї або іншої операції. Для ефективної роботи щіток приводна машина повинна мати реверс, оскільки після деякого часу роботи ворс відхиляється убік, протилежний напрямку обертання щітки.

В даний час випускається велика номенклатура металевих щіток для очищення поверхонь від продуктів корозії і різних забруднень. Для обробки виробів з легованих сталей і алюмінієвих сплавів, а також кореню зварного шва використовуються радіальні щітки з дротом з легованої сталі.

Радіальні щітки виготовляються з короткою, середньою і довгою щетиною.

Короткощитинні радіальні щітки з густою щетиною завдовжки близько 10 мм, які мають найкращі ріжучі властивості, створюють на оброблюваній поверхні найбільшу ударну дію. Найчастіше щетина таких щіток, що працюють при окружній швидкості близько 30 м/с, складається з дроту діаметром 0,3 мм. Такі щітки застосовують, наприклад, при обробці шестерень для зняття задирок і утворення радіусу на вершині кожного зуба.

Щітки з щетиною середньої (близько 40 мм) довжини найбільш придатні для зачищення зварних швів, оскільки надають на оброблювану поверхню велику ударну дію. Такі щітки (зазвичай з діаметром дроту, рівним 0,3 мм), широко застосовують, зокрема, на автомобільних заводах для за-

чищення зварних швів на кузовах автомобілів. Колова швидкість зазвичай складає 30...40 м/с.

При обробці трубопроводів під антикорозійний захист застосовують радіальні щітки з дроту діаметром 0,5 або 0,63 мм при коловій швидкості 22...30 м/с. Ці щітки, що виготовляються із спеціально обробленого сталевго дроту, застосовують для зачищення під зварювання, зняття корозії і окалини, видалення старої фарби з конструкцій.

Щітки з довжиною щетини більше 40 мм застосовують в гумотехнічній промисловості для видалення гумового шару. Їх колова швидкість досягає 60 м/с. При такій швидкості щетина утворює вузьку ріжучу кромку, достатню для зрізування гумового шару з формованих виробів.

Щітки діаметром 250 і 300 мм застосовують, в основному, для обробних операцій. При швидкості 23...28 м/с ці щітки використовуються також для видалення фарби, лаку, окалин.

Щітки з щетиною середньої довжини з гофрованого дроту діаметром від 100 до 200 мм застосовуються для зачищення задирок і досягнення високої частоти поверхні оброблюваної деталі. Завдяки еластичності таких щіток робочий може легко утримувати оброблювану деталь в руках. Ця ж властивість дозволяє обробляти деталі різних форм.

При роботі ручними машинами, що мають торцеву і кутову компоновку, застосовують металеві щітки чашкового типу. Такі щітки, що працюють на швидкості 40...50 м/с, застосовують при монтажі трубопроводів для зачищення зовнішньої поверхні труб перед покриттям. Застосування ручних машин в поєднанні з металевими щітками чашкового типу дозволяє економити і швидко зачищення великих поверхонь.

Останнім часом, разом з описаними, випускають радіальні дротяні щітки з синтетичним зв'язним – пружним або жорстким. При пружному зв'язному щітка працює аналогічно щітці з густою щетиною; дроти мають можливість переміщення в певних межах, що додає їм пом'якшувального ефек-

кту. При жорсткому зв'язному щітки більш продуктивні.

Абразивні армовані круги є універсальним інструментом багатоцільового призначення. Проте при видаленні іржі, лакофарбових покриттів з тонколистового металу, зачищенні близькошовної зони зварюваних труб одночасно відбувається і знімання основного металу, що неприпустимо. З метою підвищення продуктивності праці і якості виконання зачисних операцій розроблений новий самоочисний абразивний інструмент, який поєднує в собі переваги обробки металевими щітками, фібровими і пелюстковими кругами. Принцип його роботи полягає в руйнуванні оброблюваної поверхні шляхом ударної дії на неї абразиву, що знаходиться на торці полімерного волокна. Враховуючи, що динамічна жорсткість волокна зростає під дією відцентрових зусиль у міру збільшення швидкості обертання інструменту, полімерно-абразивні щітки розроблялися тільки дискової форми. При цьому абразив вводився в масу полімерних волокон (Рис. 4).



Рис. 4. Полімерно-абразивні щітки

Fig 4. Polymer-abrasive brushes

Визначення силових параметрів взаємодії полімерно-абразивної щітки з поверхнею [11, 12] розпочато з визначення кінетичної енергії удару одиничного абразивного зерна об поверхню, так як механізм роботи подібний до піскоструминного способу обробки – де абразивним зернам надається кінетична енергія.

Енергія удару одного абразивного зерна об поверхню (Рис. 5) визначається із залежності

$$E_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{\vartheta_3 \rho_3 V_3^2}{2}, \quad (1)$$

де ϑ_3 – об'єм одиничного зерна масою m_3 ; ρ_3 – питома густина матеріалу абразиву (для карбіду кремнію $\rho_3 = 3,1 \cdot 10^3$ кг/м³); V_3 – лінійна швидкість одиничного зерна.

Лінійна швидкість одиничного зерна визначається із залежності

$$V_3^2 = ((\omega R)^2 + V_{II}^2 - 2(\omega R)V_{II} \cos \alpha). \quad (2)$$

Отже

$$E_3 = \frac{\vartheta_3 \rho_3}{2} \cdot ((\omega R)^2 + V_{II}^2 - 2(\omega R)V_{II} \cos \alpha).$$

Сумарна енергія мікроударів всіх зерен у зоні контакту складе

$$E_{заг} = \sum_{z=1}^{n_z} E_3, \quad (3)$$

де n_z – число зерен, що одночасно знаходяться у контакті з поверхнею.

Загальне число абразивних зерен, що одночасно знаходяться у зоні контакту визначаємо за залежністю

$$n_z = \frac{n_{мор} N_6 l_k}{2\pi R}, \quad (4)$$

де $n_{мор} = \frac{3}{2} \cdot \frac{x_6}{100} \cdot \frac{d_6^2}{d_3^2}$ – кількість абразивних зерен, що розташовані на торці одного полімерно-абразивного волокна; $l_k = 2\sqrt{i(R-i)}$ – довжина зони контакту; x_6 – об'ємний вміст абразивних зерен у волокні; $N_6 = \frac{8K_{III}(R-L)b_{III}}{d_6^2}$ – загальна кількість волокон у щітці; K_{III} – відношення сумарної площі поперечного перетину волокон до площі щітки в місці закріплення; b_{III} – ширина щітки; i – натяг волокна; d_6 – діаметр волокна; d_3 – діаметр зерна абразиву.

Продуктивність обробки Q_{III} пропорційна сумарній енергії ударів зерен, що знаходяться одночасно в роботі на довжині l_k

$$Q_{III} \approx E_{заг} = \sum_{z=1}^{n_z} E_3. \quad (5)$$

$$Q_{III} = k \sum_{z=1}^{n_z} \frac{\pi d_3^3 \rho_3}{12} ((\omega R)^2 + V_{II}^2 - 2(\omega R)V_{II} \cos \alpha). \quad (6)$$

де k – коефіцієнт, що характеризує матеріал, визначався експериментально, для Ст.3 – $k = 3,29 \times 10^{-2}$ м/с².

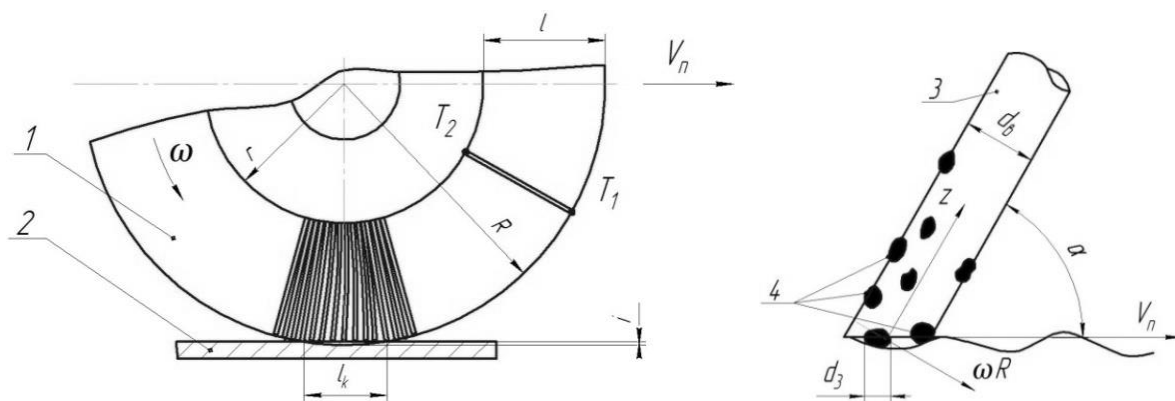


Рис. 5. Схема взаємодії полімерно-абразивної щітки з поверхнею:

1 – щітка; 2 – поверхня; 3 – одиничне волокно; 4 – зерна абразиву

Fig. 5. Scheme of interaction of the polymer-abrasive brush with the surface:

1 – brush; 2 – surface; 3 – single fiber; 4 – abrasive grains

Результати розрахунків часу контакту та енергії удару абразивних зерен, потужності приводу та продуктивності очищення полі-

мерно-абразивною щіткою відображено на Рис. 6....9.

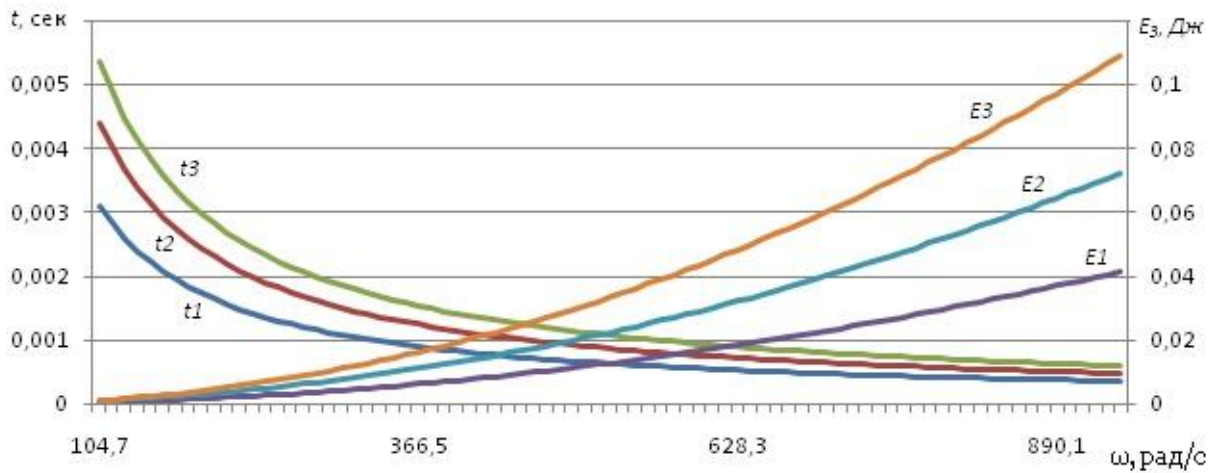


Рис. 6. Залежність часу контакту t та енергії удару абразивних зерен E в зоні контакту з поверхнею від частоти обертання ω для різних значень натягів: E_1 енергія удару та t_1 час контакту при натягу 1 мм; E_2 енергія удару та t_2 час контакту при натягу 2 мм; E_3 енергія удару та t_3 час контакту при натягу 3 мм

Fig. 6. Dependence of contact time t and impact energy of abrasive grains E in the contact zone with the surface on the rotation speed ω for different values of tension: impact energy E_1 and contact time t_1 at a tension of 1 mm; E_2 impact energy and contact time t_2 at a tension of 2 mm; E_3 impact energy and contact time t_3 at a tension of 3 mm

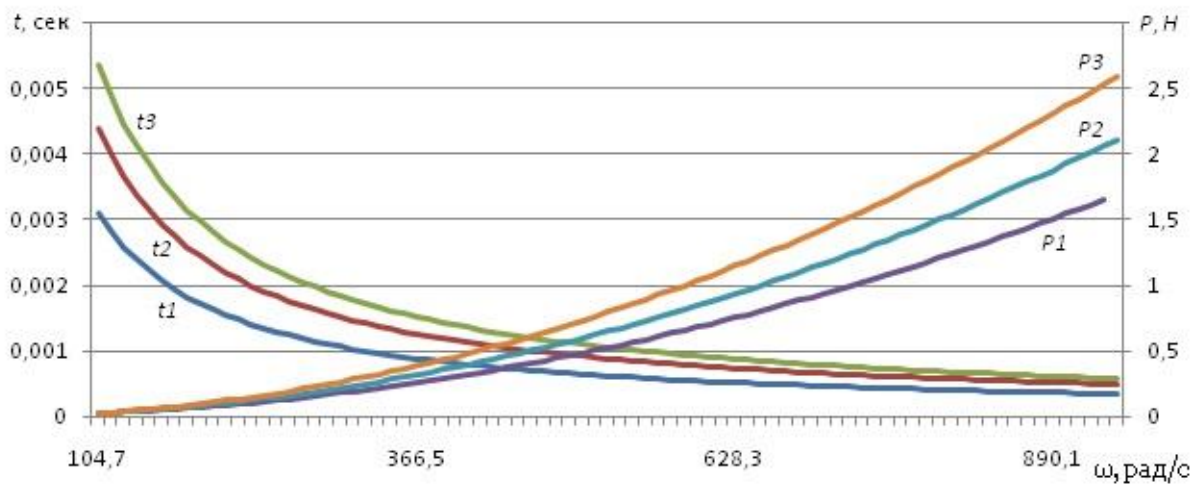


Рис. 7. Залежність часу контакту t та сили удару абразивних зерен P з поверхнею у зоні контакту від частоти обертання ω для різних значень натягів: t_1 час контакту та P_1 сила удару при натягу 1 мм; t_2 час контакту та P_2 сила удару при натягу 2 мм; t_3 час контакту та P_3 сила удару при натягу 3 мм

Fig. 7. Dependence of contact time t and impact force of abrasive grains P with the surface in the contact zone on rotation speed ω for different values of tension: contact time t_1 and impact force P_1 at tension of 1 mm; contact time t_2 and impact force P_2 at a tension of 2 mm, contact time t_3 and impact force P_3 at a tension of 3 mm

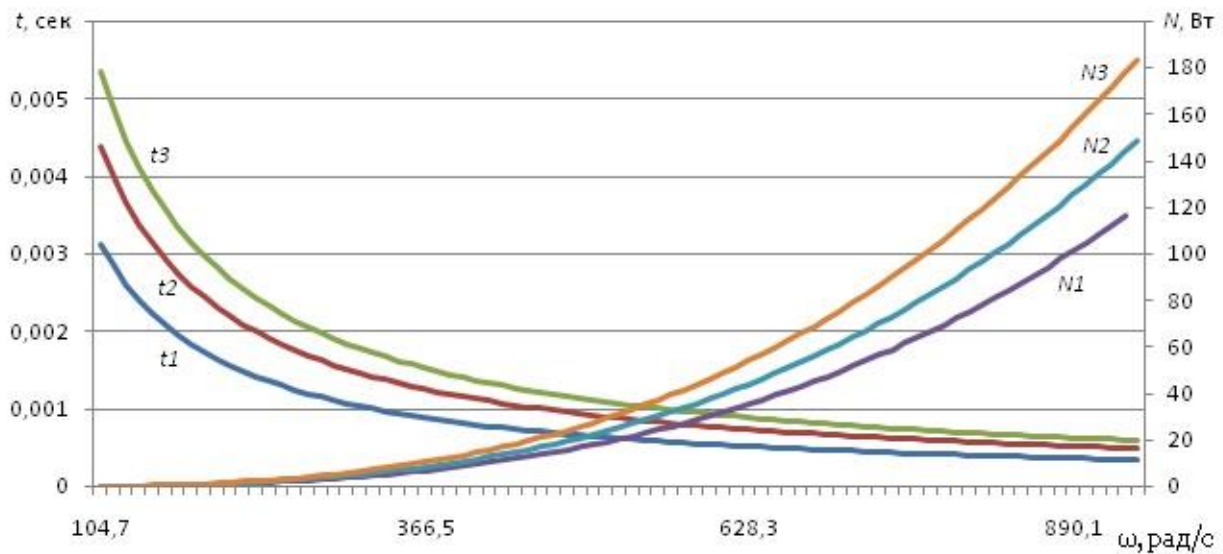


Рис. 8. Залежність часу контакту t та потужності приводу N однієї полімерно-абразивної щітки від частоти обертання ω для різних значень натягів: $t1$ час контакту та потужність приводу $N1$ при натягу 1 мм; $t2$ час контакту та потужність приводу $N2$ при натягу 2 мм; $t3$ час контакту та потужність приводу $N3$ при натягу 3 мм

Fig. 8. Dependence of contact time t and drive power N of one polymer-abrasive brush on speed ω for different values of tensions: contact time $t1$ and drive power $N1$ at tension 1 mm; $t2$ contact time and power of the $N2$ drive at a tension of 2 mm; contact time $t3$ and drive power $N3$ at a tension of 3 mm

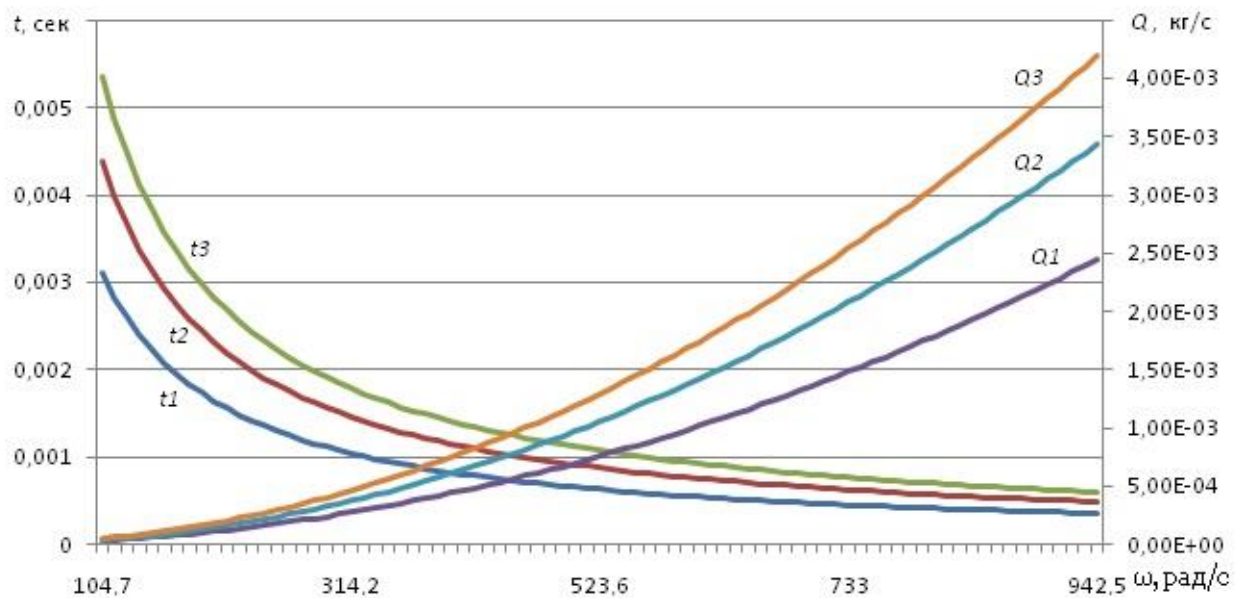


Рис. 9. Залежність часу контакту t та продуктивності очищення Q від частоти обертання ω для різних значень натягів: $t1$ час контакту та продуктивність очищення $Q1$ при натягу 1 мм; $t2$ час контакту та продуктивність очищення $Q2$ при натягу 2 мм; $t3$ час контакту та продуктивність очищення $Q3$ при натягу 3 мм

Fig. 9. Dependence of contact time t and cleaning productivity Q on rotation frequency ω for different values of tensions: $t1$ contact time and cleaning productivity $Q1$ at tension 1 mm; $t2$ contact time and cleaning performance $Q2$ at a tension of 2 mm; $t3$ contact time and cleaning performance $Q3$ at 3 mm tension

З метою підвищення продуктивності при використанні полімерно-абразивних щіток розміром $\varnothing 125 \times 52 \times 12$ у поєднанні з ручними кутошліфувальними машинами потужністю понад 600 Вт було запропоновано конструкцію подовжувача для встановлення комплекту із трьох щіток на одну машину (Рис. 10) [11, 12]. Що дозволяє змінювати величину зони обробки та підвищити продуктивність виконання операцій по очищенню без збільшення енерговитрат.



Рис. 10. Ручна машина з комплектом із трьох щіток

Fig. 10. Manual machine with a set of three brushes

ВИСНОВКИ

1. Аналіз залежностей часу контакту t та енергії удару абразивних зерен E в зоні контакту з поверхнею при змінних значеннях натягу i від частоти обертання ω , а також часу контакту t і продуктивності очищення Q при змінних значеннях натягу i від частоти обертання ω дозволяє вибрати ефективну область використання полімерно-абразивної щітки, що становить 337...630 рад/с.

2. В результаті розгляду взаємодії одного волокна із поверхнею отримані значення величини енергії, швидкості та критерії оцінки згасання коливань стрижня волокна з моменту виходу волокна з контакту до нового контакту для частоти обер-

тання та маси, що зосереджена на кінці стрижня волокна.

3. Встановлено, що коефіцієнт корисної дії щітки зростає, якщо: питома теплостійкість, маса волокна та кількість градусів, на які нагрівається волокно за один оберт щітки зменшується, а кількість зерен абразиву, границя міцності, переріз волокна та довжина дуги контакту зростають.

4. Отже, нагрів волокна буде тим менший чим меншими будуть: кількість зерен, їх маса, швидкість руху зерен під час контакту, мінімальних обертах та при більших інших параметрах робочого процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Обладнання** для монтажних робіт: підручник / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Є. Пелевін, В. П. Рашківський. – К: КНУБА, 2016. – 232 с.
2. **Будівельна** техніка: Підручник / В. Л. Баладінський, А. М. Тугай, О. М. Гаркавенко, І. В. Русан. – К.: КНУБА, 2002. – 237с.
3. **Металлоконструкции** горных машин. Конструкции, эксплуатация, расчет: Учебное пособие/ В.С. Квагинидзе [и др.] – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 392с.
4. **Сотников** Г. А. Средства малой механизации и специальный инструмент для ремонтных и монтажных работ. Тематический обзор/ Г. А. Сотников. – М.: ВНИИТ-ЭНЕФТЕХИМ, 1975. – 72 с.
5. **Підвищення** технологічної надійності деталей ГТД за рахунок впровадження гідроабразивної обробки на остаточних операціях виготовлення / Матеріали ІХ Всесоюзної науково-технічної конференції «Конструкційна міцність двигунів». – Куйбишев. – 1983.
6. **Химико-термическая** обработка металлов и сплавов. Справочник / Г. В. Борисенко, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошнин. — М.: Металлургия, 1981. — 255 с.
7. **Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н.** Химико-термическая обработка металлов – М.: Металлургия, 1985. — 424 с.
8. **Подураев В. Н.** Технология физико-химических методов обработки. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
9. **Материаловедение** и технология металлов: Учебник для студентов машиностроительных спец. вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 638 с.

10. **Мачишин Г. М.** Робочі органи машин та механізмів для очищення поверхонь будівельної техніки. Всеукраїнський збірник наукових праць "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини". - Київ, 2014. - №83. - С. 69-79.
11. **Абрашкевич Ю. Д., Л. Є. Пелевін, Г. М. Мачишин.** Полімерно-абразивні щітки для очищення металопрокату. Науково виробничий журнал «Промислове будівництво та інженерні споруди». – Київ, 2014. - № 2'2014. - С. 44-47.
12. **Патент** України № 69712, МПК (2012.01) B24D 13/00. Дисківна щітка / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Є. Пелевін, Г. М. Мачишин; заявник і патентовласник КНУБА; заявл. u2011 12584; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9.

REFERENCES

1. **Abrashkevich Ju. D., Pelevin L. E., Rashkivs'kij V. P.** (2016). Obladnannja dlja montazhnyh robot: pidruchnik. K: KNUBA. 232. (in Ukrainian).
2. **Baladins'kij V. L., Tugaj A. M., Garkavenko O. M., Rusan I. V.** (2002). Budivel'na tehnika: Pidruchnik. K.: KNUBA. 237. (in Ukrainian).
3. **Kvaginidze V. S. and etc.** (2011). Metallokonstrukcii gornyh mashin. Konstrukcii, jekspluatacija, raschet: Uchebnoe posobie. Moscow, Gornaja kniga Publ.. 392. (in Russian).
4. **Sotnikov G. A.** (1975). Sredstva maloj mehanizacii i special'nyj instrument dlja re-montnyh i montazhnyh robot. Tematicheskij obzor. Moscow, VNIIT-JeNEFTEHIM. 72. (in Russian).
5. **Kujbishev.** (1985). Pidvishhennja tehnologichnoї nadijnosti detalej GTD za rahunok vprovadzhennja gidroabrazivnoї obrobki na ostatochnih ope-racijah vigotovlennja. Materiali IX Vsesojuznoї naukovo-tehnichnoї konferencii «Konstrukcijsna micnist' dviguniv». (in Ukrainian).
6. **Borisenok G. V., Vasil'ev L. A., Voroshnin L. G.** (1981). Himiko-termicheskaja obrabotka metallov i splavov. Spravochnik. Moscow, Metallurgija. 255. (in Russian).
7. **Lahtin Ju. M., Arzamasov B. N.** (1985). Himikotermicheskaja obrabotka metallov. Moscow, Metallurgija. 424. (in Russian).
8. **Poduraev V. N.** (1985). Tehnologija fiziko-himicheskikh metodov obrabotki. Moscow, Mashinostroenie. 264. (in Russian).

9. **Materialovedenie i tehnologija metallov:** Uchebnik dlja studentov mashino-stroitel'nyh spec. Vuzov. (2001). G. P. Fetisov, M. G. Karpman, V. M. Matjunin i dr. M.: Vyssh. shk. 638. (in Russian).
10. **Machishin G. M.** (2014). Robochi organi mashin ta mehanizmiv dlja ochishhennja poverhon' budivel'noї tehniki. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, Constructional, Road and Melioration Machines], No.83. 69-79. (in Ukrainian)
11. **Abrashkevich Ju. D., L. Є. Pelevin, G. M. Machishin.** (2014). Polimerno-abrazivni shhitki dlja ochishhennja metaloprokatu. Naukovo virobничий zhurnal «Promislove budivnictvo ta inzhenerni sporudi», No2. 44-47. (in Ukrainian)
12. **Abrashkevich Ju. D., Pelevin L. E., Machishin G. M.** (2012). Patent Ukraine No. 69712. MPK (2012.01) B24D 13/00. Diskova shhitka. Bul., No. 9. (in Ukrainian)

Mechanized processing of building equipment by abrasive working bodies

Yury Abrashkevich¹, Hrigoriy Machyshyn²,
Oleksandr Marchenko³, Svitlana Komotska⁴

Kyiv National University of
Construction and Architecture

Abstract. Carrying out of the clearing operations at carrying out mechanized processing of construction equipment from paints and varnishes, rust, various kinds of pollution belongs to mass labor-consuming operations [1]. To carry out these operations, widespread use of hand-held machines, working bodies that have abrasive wheels and metal brushes. The versatility and versatility of these machines, combined with the correct selection of the desired abrasive work tool, can significantly accelerate and facilitate the performance of cleaning and grinding operations with the desired effect.

However, most of them have drawbacks in the cleaning of thin-sheet metal, since the removal of the base metal also takes place, which in most cases is not acceptable. So when processing non-metallic materials with metal brushes the working surface is clogged with small particles of metal, which subsequently leads to the formation of rust, and when cleaning the metal surfaces grooves are formed. Metal brushes are also ineffective in cleaning surfaces of synthetic enamels, curvilinear surfaces and inaccessible areas. Machining these tools

is energy-intensive and requires the use of heavy-duty hand machines. Fiber and petal abrasive tools are not self-cleaning and lose their cutting power due to the filling of the intergranular space with cleaning waste. Sand blasting is environmentally hazardous for workers and the environment, since the sand consumables fly over long enough distances (especially when clearing tall structures and structures).

The analysis showed that one of the effective tools for cleaning metal and non-metal surfaces from paint coatings, rust and other contaminants without removing the base material layer is a polymer-abrasive brush. However, there is insufficient

research on the mechanism of its operation, energy and thermal processes that occur during operation and have a decisive influence on the performance of the polymer-abrasive brush.

The results of studies of the influence of structural and mode parameters of manual angle grinders with polymer-abrasive brushes are presented in the paper. The study of these issues is an urgent task, as it will allow to determine the parameters of the drive machine, rational modes and schemes of their operation, as well as the scope of use of such working bodies.

Keywords: polymer-abrasive fiber, cleaning, oscillation of the rod, bend of the rod.

УДК 621.878

Этапы и стадийность изучения морского дна для землеройных систем

Михаил Сукач

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский просп. 31, Киев, Украина, 03037
msukach@ua.fm, <https://orcid.org/0000-0003-0485-4073>

Получено 18.05.2021, принято 23.06.2021
<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2021.97.0401>

Аннотация. Разработке и освоению полезных ископаемых и строительных материалов в акваториях, прокладке подводных средств коммуникаций, планировочным и дноуглубительным работам под водой предшествуют детальные изыскания грунтовых массивов. В них устанавливают литологию и генезис отложений, батиметрию донной поверхности, физико-механические, акустические и другие свойства подводных грунтов. Эти исследования подчинены в основном задачам геологии. Вместе с тем, для освоения глубоководной части Мирового океана предполагается использование грунторазрабатывающей и транспортной техники. Кинематические параметры оборудования, применяемого для инженерно-геологических исследований далеко не соответствуют кинематике существующих или проектируемых подводных систем. Несмотря на определенный прогресс в развитии инженерно-геологических методов исследования океана, достоверных данных о механических свойствах донных отложений в естественном залегании в настоящее время нет. Практически единственным способом идентификации прочностных свойств глубоководных грунтов является метод пробоотбора (трубками, грейферами, драгами). Характеристики грунтов определяют по образцам, поднятым на поверхность, в береговой или судовой лаборатории.

Одна из специфических особенностей проводимых испытаний – учет гидростатического давления, влияние на трехфазных грунтах которого особенно велико. Поэтому следует ожидать, что погрешности измерений характеристик донных отложений в атмосферных условиях из-за нарушения их структурных связей при подъеме, с больших глубин может на порядок и выше отличаться от истинных значений пара-

метров грунтовой среды. Таким образом, для определения условий эксплуатации и задания внешних нагрузок на грунторазрабатывающие подводные машины необходимо проведение измерений прочностных, деформационных и других характеристик донных грунтов в натурных условиях под гидростатическим давлением. В настоящей работе рассмотрены методы и технические средства, применяемые для глубоководного исследования морского дна. Особое внимание уделено инженерно-геологическим методам, позволяющим на стадии детальной разведки получать не только прогнозные оценки ресурсов минерального сырья Мирового океана, но и определять физико-механические свойства донных отложений, на которых предстоит работать глубоководным грунторазрабатывающим машинам.

Ключові слова: морское дно, подводный грунт, физико-механические свойства, инженерно-геологические методы, естественное залегание, грунторазрабатывающие машины

ВСТУП

Первые систематические научные исследования Мирового океана относятся к началу прошлого столетия. В это время океанография выделяется в самостоятельную науку. Исследуют все большие глубины океана, начинают изучение донных осадков, разрабатывают глубоководные пробоотборники, создают и переоборудуют суда для морских исследований. Этот этап характеризуется попытками приспособить к морским условиям аппаратуру и методику исследований, применяемые на суше.

Однако к середине пятидесятых годов пришли к заключению, что морская геология имеет свою специфику. Началось создание специальной морской гидрофизической аппаратуры.

Для изучения рельефа дна акваторий стали применять эхолоты. На втором этапе создаются новые гидрофизические методы разведки – сейсмология, геоакустика, гравиметрия, магнитометрия и др., позволившие изучать недоступные ранее глубины океана и толщи осадочных пород.

Морские исследования стали проводиться комплексно и на регулярной основе. К этому времени проведены огромные работы по изучению гидросферы и геофизических особенностей ложа океанов. Достигнуты значительные успехи в разведке и оценке минеральных ресурсов Мирового океана: нефти, газа, железомарганцевых конкреций, сульфидных руд, газогидратов. Впервые проведено глубинное морское бурение. В судовых лабораториях исследованы стратиграфия, литология и некоторые физико-механические свойства донных осадков.

Начиная с восьмидесятых годов стали широко применяться цифровые вычислительные машины для обработки геологических данных в реальном масштабе времени (третий этап). Этот период характеризуется зрелым пониманием особенностей морских исследований. Это привело к созданию автоматизированных геофизических комплексов на специализированных судах. Необходимость технологической совместимости методов исследования и технических средств обусловили создание специфического геодезического обеспечения, в том числе космической связи и навигации.

МЕТОДЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ГРУНТОВ

По стадийности методы исследования Мирового океана подразделяются на региональные, поисковые и разведочные (Рис.1). Такое деление установлено с целью оптимальной последовательности выпол-

нений морских геологоразведочных работ, соблюдая принципы аналогии, последовательного приближения, максимальной эффективности и соблюдения международных обязательств (Конвенции ООН по морскому праву, 1982 г.).

Региональные (масштаб 1:2000000) и, поисковые работы (масштаб 1:1000000) проводятся с использованием спутниковых систем навигации и включают геофизические и геохимические методы исследования [3, 4].

Цель региональных работ состоит в общегеологическом исследовании и обосновании перспективности рудных полей или их частей. Задачи этих исследований заключаются в изучении основных закономерностей геологического строения морфотектонических структур океанического дна; выделении и оконтуривании рудных полей, а также изучении общих закономерностей их размещения; изучении качественного состава конкреций и оценке прогнозных ресурсов минерального сырья.

На стадии региональных работ применяются сейсмологические и сейсмические исследования; геоакустические, гравимагнитные исследования; исследования естественных и искусственных электромагнитных полей; термометрические и радиометрические исследования.

Первый вид исследований применяется для выявления общих закономерностей геологического строения земной коры и поисково-разведочных работ на нефть, газ и газогидраты в акваториях. С этой целью применяют методы глубинного сейсмического зондирования земной коры, корреляционный метод преломленных волн, непрерывное сейсмическое профилирование. С помощью этих методов выявляют эпицентры землетрясений, районируют акватории по сейсмической активности, изучают разрез земной коры и верхней мантии с разрешающей способностью 0,5...2 км и глубиной до 30 км, изучают структуру осадочного чехла с расчленением разреза на литофизические и стратиграфические комплексы.

Геоакустические исследования предназначены для поиска месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ) на шельфе и в Мировом океане, геоморфологической съемки, геокартирования и прогнозирования отдельных видов ТПИ, а также обследования морского дна для инженерных целей. Для этого применяются методы непрерывного сейсмоакустического профилирования, эхолотирование (в том числе многолучевое) и гидролокация бокового обзора (ГЛБО). Этими методами изучают верхнюю часть геологического разреза с разрешающей способностью 2...15 м при глубинности по грунту 0,2...1 км; рельеф морского дна и типов морских грунтов по профилям с разрешением до 1 метра и глубиной до 50 м; площадный рельеф морского дна в полосе обзора по 250 м на ка-

ждую сторону с разрешением 1,5°.

Гравимагнитные исследования используются для нефтегазопромысловых работ на шельфе в диапазоне глубин 5...300 м. Применяют непрерывное набортное гравиметрическое профилирование, поисково- и донногравиметрические дискретные наблюдения, непрерывное гидромагнитное профилирование. Этими методами изучают гравитационные аномалии с целью общетектонического районирования акваторий; полный вектор магнитного поля Земли и его аномалий; а также применяют их для создания опорной сети с помощью маятниковых приборов [17, 20].

Исследование естественных и искусственных электромагнитных полей предполагает общегеологические исследования, нефтегазопромысловые работы на шельфе гео-

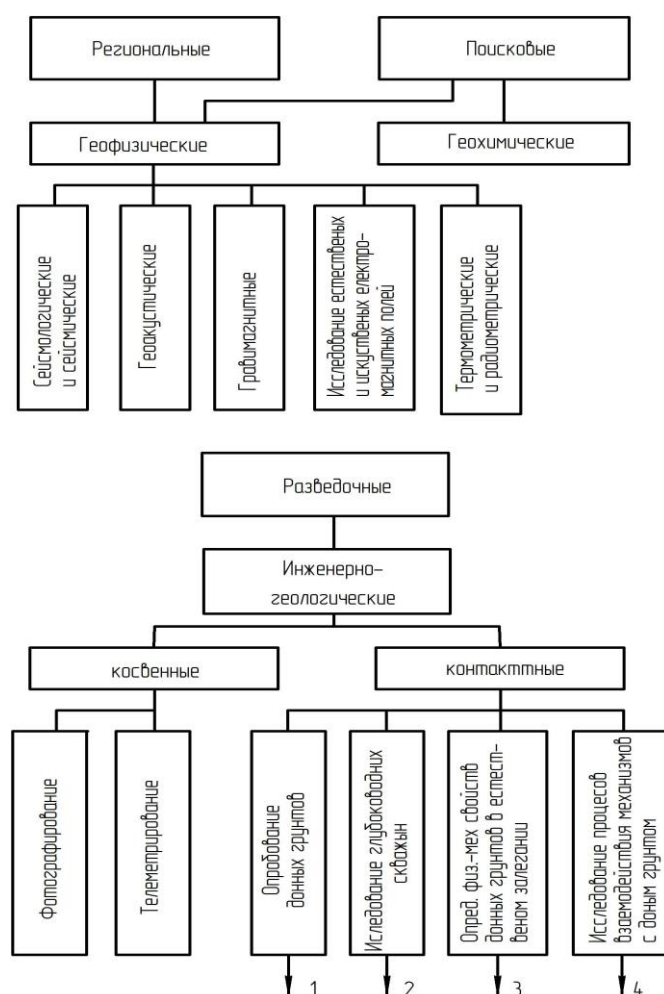


Рис. 1. Методы изучения дна океана

Fig. 1. Methods for studying the bottom ocean

логическое картирование, инженерную геологию и рудопоисковые работы на шельфе [2]. При этом применяют методы, магнитотеллурического зондирования, кругового зондирования становлением поля в ближней зоне, непрерывного дипольного осевого зондирования постоянным током, непрерывное профилирование методом постоянного тока с разносом электродов до нескольких, сотен метров; а также методы вызванной поляризации и естественного потенциала. С помощью них изучают электропроводность и термическое состояние слоев земной коры до глубины 15 км, геоэлектрический разрез до глубины 6 км; а также выявляют геоэлектрические неоднородности верхней части разреза (до сотен метров); включения, обладающие полной проводимостью; аномалии естественного потенциала, связанные с зонами субмаринной разгрузки, изменениями литологии и др.

Термические и радиометрические исследования используют для нефтегазопоско-вых работ, геологического картирования и рудной геологии [4]. Применяют методы изучения теплового потока в отдельных пунктах и радиометрическое профилирование, с помощью которых выясняют аномалии теплового потока и изучают естественное гамма излучение придонных осадков.

Поисковые и поисково-оценочные работы (масштаб 1:500000) применяются с целью обоснования заявки на получение участка в Международном районе морского дна, а также выделения в пределах первоначального района месторождения железомарганцевых конкреций (ЖМК) и обоснования очередности изучения частей месторождения.

Задачи поисковых работ: выделение в пределах рудных полей или их частей нескольких потенциальных рудных зон площадью до 300 тыс. км²; установление промышленно значимой конкрециенности; эпизодическое изучение инженерно-геологических свойств конкреций и донных осадков; изучение технологических свойств ЖМК на основании минералоготехнологических проб; изучение качест-

венного состава конкреций; получение общих сведений о гидробиологических, гидрохимических и гидрооптических характеристиках района исследования.

Задачами поисково-оценочных работ являются выделение месторождений ЖМК, изучение его внутренней структуры и условий залегания; оценка весовых концентраций конкреций данного месторождения и средних значений содержания основных, попутных, вредных и шлакообразующих компонентов; качественная и количественная оценка инженерно-геологических свойств конкреций и донных осадков; оценка площадной неоднородности в строении поверхности дна.

На стадии разведочных работ (масштаб 1:50000 и крупнее) исследования проводятся с привязкой в донной гидроакустической системе. Цель этих работ заключается в подготовке месторождения к промышленному освоению, достижении установленных нормативных соотношений запасов и ресурсов, а также обеспечении текущего и перспективного планирования, контроля за полнотой отработки и уровня загрязнения (Рис.2).

Задачи разведочных работ: выделение и оконтуривание рудных тел, изучение их внутренней, структуры и условий залегания; изучение характера распределения промышленной конкрециенности в зависимости от топографии морского дна; изучение вещественного состава; изучение технологических свойств на лабораторных и полупромышленных пробах; изучение горногеологических условий участка промышленной эксплуатации; обоснование коэффициента рудоносности; детальные исследования динамики искусственного антропогенного загрязнения; стационарное изучение основных гидрологических параметров.

Основной вид исследований акваторий и морского дна на стадии разведочных (детальных) работ – инженерно-геологические, которые включают косвенные и контактные (непосредственные) методы исследования [1, 5, 9, 10].

К косвенным методам относят глубоководное фотопрофилирование и телевизионную малокадровую съемку поверхности морского дна [3, 18]. Эти методы предназначены для получения визуальной информации о состоянии донной поверхности и залегающих на ней геологических и антропогенных объектов в дискретных точках

съемки площадью 12...16 м² через каждые 15...30 метров и позволяют выделять выходы коренных пород, оценивать прогнозные ресурсы ЖМК, их минералогический состав и др.

Контактные методы инженерно-геологических исследований заключаются в опробовании донных грунтов, исследова-

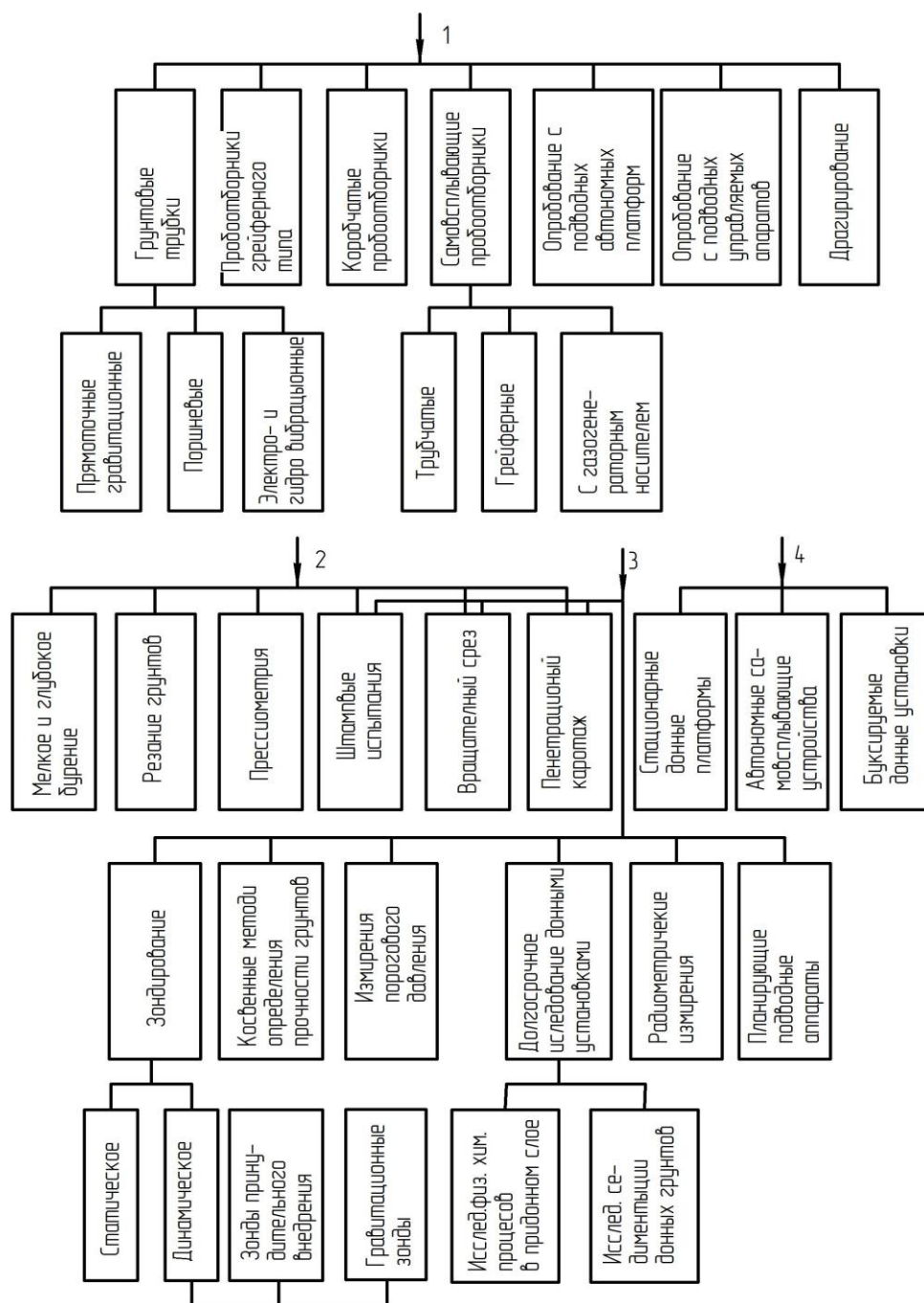


Рис. 2. Инженерно-геологические изыскания морского дна
Fig. 2. Engineering and geological survey of the seabed

нии глубоководных скважин, определении физико-механических свойств грунтов в естественном залегании, исследовании процессов взаимодействия механизмов с донными грунтами [6, 7, 9, 10].

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАДКОВ МОРСКОГО ДНА

Глубоководные осадки представляют собой пелитовые, алевропелитовые, алевроитовые и органогенные океанические илы. По генезису их можно разделить на терригенные, биогенные и полигенные.

Терригенные осадки в основном распространены на окраинах акваторий и морском шельфе. Они обусловлены выносом с континентов терригенного осадочного материала при их механической денудации под действием атмосферных осадков в бассейнах рек.

Для глубоководного ложа океана характерны биогенные и полигенные осадки. Биогенные осадки представлены фораминиферовыми, алевроитовыми и пелитовыми илами, часто неоднородными по своему гранулометрическому составу. Полигенные осадки состоят в основном из тонкопелитовых илов терригенного, вулканогенного и космогенного происхождения, а также скелетов радиолярий.

Наибольший интерес для промышленного освоения представляют океанические донные осадки, включающие железомарганцевые конкреции [12–14]. Глубоководные залежи ЖМК, отличающиеся высоким содержанием марганца, железа, меди, никеля и др., встречаются практически во всех регионах Мирового океана. Но наиболее продуктивные районы, с плотностью залегания ЖМК: свыше 5 кг/м^2 и покрытием площади дна более 25% находятся в срединной (приэкваториальной) части Тихого океана.

Для упрощения рассмотрения и изучения верхнего слоя донного массива однотипные осадки можно объединить в пачки. Нижняя часть осадочной толщи (пачка 1) представлена пелитоморфным известняком – карбонатными осадками. Текстура осадка однородная трещиноватая с включениями

гидроокислов марганца. По цвету они белые, светло-серые или светло-коричневые.

Выше по разрезу осадки представлены продуктами декарбонатизации коричневого цвета (пачка 2). Текстура землистая за счет алевроитовой составляющей, представленной скелетами радиолярий, диатомей и спикулами губок. Отличается высокой пористостью и переувлажненностью.

Для осадков 3 пачки характерны уплотненные сланцеватые глины темных цветов с оттенками от красновато-коричневых до серовато-черных. Осадки 4 пачки представлены темно-коричневыми однородными и пятнистыми глинами. Здесь можно выделить слабокарбонатные глины, включающие чаще всего раковины фораминифер, а также наличие фораминиферового песка.

В верхнем слое донных осадков находится активный слой. Это глинистый разжиженный слой темной однородной глины жидкотекучей консистенции.

Параметры донных осадков, необходимые для оценки внешних нагрузок на рабочие органы и движители подводных грунтообрабатывающих машин, можно разделить на две группы. К первой относят показатели, дающие качественную оценку грунта и характеризующие его природу и состав: петрографический, минералогический, химический, гранулометрический составы, показатели пластичности, текучести, а также влажность, температуру.

Показатели второй группы дают количественную характеристику грунта и используются в практических расчетах. К основным из них относят несущую способность, сцепление осадков, угол внутреннего трения, вязкость, пористость, объемную массу, структурную связность, липкость и др.

Несущая способность осадков характеризуется сопротивляемостью их смятию нагрузками, нормальными к плоскости индентора $\sigma = f(x, \dot{x})$ и зависит, от нормальной деформации x и скорости сдвига $\dot{x}$. Сцепление осадков характеризуется сопротивлением их сдвигу $\tau = f(x, \dot{x}, \sigma)$ является функцией деформации x , скорости сдвига $\dot{x}$ и сопротивления смятию σ .

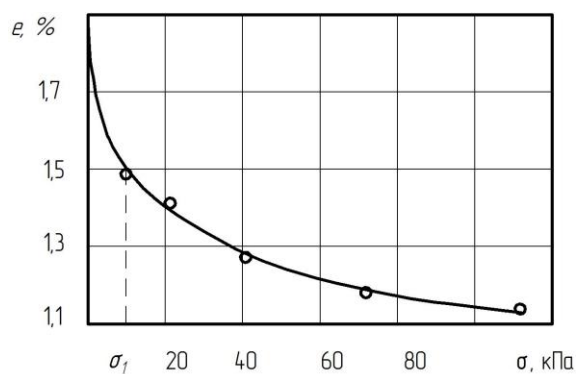


Рис. 3. Компрессионная кривая
для глинистого дна
Fig. 3. Clay bottom compression curve

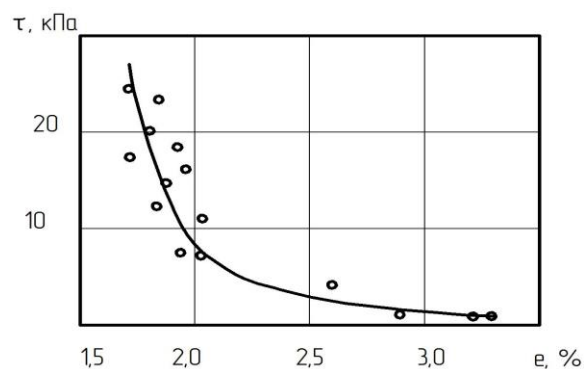


Рис. 4. Зависимость сопротивления сдвигу
ила от коэффициента пористости
Fig. 4. Dependence of sludge shear resistance on
porosity coefficient

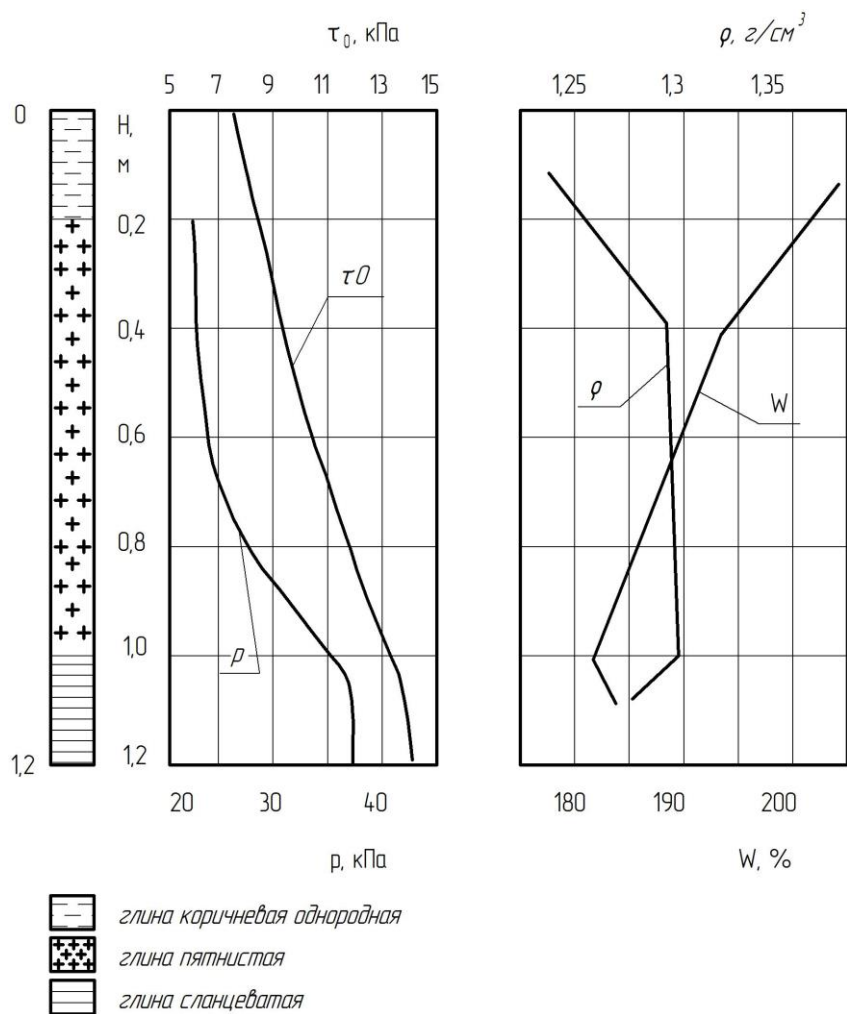


Рис. 5. Свойства океанических осадков по глубине колонки пробоотбора:
 P – удельная сила резания; τ_0 – сцепление; W – влажность; ρ – плотность
Fig. 5. Properties of ocean sediments by the depth of the sampling column:
 P is the specific cutting force; τ_0 – soil adhesion; W – humidity; ρ – density

Глубоководные осадки имеют влажность выше предела текучести и большие значения коэффициента пористости. Особенностью донных илов является низкая плотность и относительно большие коллоидные связи, обуславливающие их устойчивость при весьма рыхлой структуре. Органические вещества, содержащиеся в илах, повышают их сцепление и уменьшают угол внутреннего трения.

Важным фактором является наличие в осадках газовой составляющей, обусловленной катагенным преобразованием рассеянного океанического вещества, подводным выходом нефти, газа, вулканизмом и т.п. Чувствительность осадков $\xi = \sigma_n / \sigma_{\text{деф}}$ представляет собой отношение прочности на сжатие ненарушенного σ_n и деформированного $\sigma_{\text{деф}}$ образца или отношение предельных сопротивлений сдвигу $\xi = \tau_n / \tau_{\text{деф}}$. Величина $\tau = 1/\xi$ характеризует структурную прочность осадков. Компрессионная кривая для глинистого ила и зависимость сопротивления сдвигу от коэффициента пористости показаны на Рис. 3 и 4.

Многочисленные исследования океанических донных грунтов показали [1, 11, 15, 16], что по гранулометрическому составу глубоководные осадки представлены частицами размером от 0,005 мм до 50...100 мм. Толщина осадочного чехла в глубоководном ложе может достигать 200 метров и больше. Изменения свойств осадков по глубине залегания показаны на Рис.5.

В Табл.1 представлены усредненные данные о свойствах глубоководных осадков в трех регионах Мирового океана [8, 18, 19], полученные путем геологической обработки образцов, поднятых с дна.

Стандартные методы изучения деформационно-прочностных характеристик илистых грунтов разработаны большей частью для атмосферных условий, а также применяются при испытаниях под гидростатическим давлением до нескольких МПа. Исследования же подводных осадков на глубинах до 6000 метров не обеспечены соответствующими методиками, носят выборочный характер и требуют подтверждения достоверности в натурных, испытаниях на месте залегания.

Таблица 1. Свойства глубоководных осадков
Table 1. Properties of deep sea sediments

Параметры	Регион		
	1	2	3
Плотность, кг/м ³	1200...1320	1100...1500	1400...1500
Влажность, %	95...260	115...320	80...120
Пористость, %	24...57	39...51	–
Сопротивление сдвигу, кПа	4,3...16,2	0,95...11,7	5,3...10,6
Сопротивление резанию, кПа	28,4–105	6,3...77	33...65
Удельное сопротивление пенетрации, кПа	7,2...28	1,85...20,7	4...25,5
Несущая способность кПа	$\frac{6,6^*}{71,1}$	$\frac{3,73}{30,5}$	–
Липкость, кПа	1,3...2,75	2,2...4,5	–
Вязкость, кПа	5...450	30...1200	–
Угол внутреннего вращения, град.	0...3	0...5	1...5
Абразивность	Весьма малая		Малая

* В числителе – погружение штампа 0,1 м; в знаменателе – то же 0,5 м

ЛИТЕРАТУРА

1. **Архангельский И. В.** (1980). Морское бурение инженерно-геологических скважин, Ленинград, Недра, 263.
2. **Белявский Г. А.** (1977). Физико-механические свойства донных осадков северной части Индийского океана, Киев, Наукова думка, 120.
3. **Глумов И. Ф.** (1986). Автоматизированные геофизические комплексы для изучения геологии и минеральных ресурсов Мирового океана. Москва, Недра, 334.
4. **Звольский С. Т.** (1984). Радиоизотопные методы исследования физико-механических свойств донных осадков. Киев, Наукова думка, 216.
5. **Исследование** процессов взаимодействия различных типов движителей со слабонесущими грунтами (1985). Отчет о НИР х/д № 3035, Горький, ГПИ, 86.
6. **Моисеенко В. Г., Сукач М. К., Нарущий О. А.** (1991). Экспресс метод определения свойств подводных грунтов. Строительные и дорожные машины, № 8, 25-26.
7. **Неудачин Г. И., Чаленко А. А., Жигулин Б. А.** (1984). Морская погружная гидровибрационная установка для отбора донных проб в рыхлых отложениях. Методы и технические средства для морских инженерно-геологических исследований: Сб. статей ВНИИморгео, Рига, 8-3.
8. **Смолдырев А. Е.** (1978). Методика и техника морских геологоразведочных работ. Москва. Недра, 303.
9. **Сукач М. К.** (1991). Гравитационные зонды для определения прочности подводных, грунтов. Торфяная промышленность, № 9, 37-40.
10. **Сукач М. К.** (1992). Глубоководная установка для исследования прочности донного грунта на ходу судна. Изв. вузов. Геология и разведка, № 2, 125-129.
11. **Сукач М. К.** (2002). Идентифікація робочих процесів глибоководних ґрунторозробних машин. Дисс. д.т.н.: спец. 05.05.04 «Машины для земляных та дорожніх робіт», 346.
12. **Сукач М. К.** (2013). Синтез землерийної і дорожньої техніки. Київ, Ліра-К, 376.
13. **Сукач М. К., Филонов Ю. П., Пузаков Д. В.** (2006). Характеристики процесса резания грунта в замкнутом пространстве. Гірн., буд., дор. і меліорат. машини. Київ, КНУБА, Вип. 67, 8-11.
14. **Трофименко Ю. Г., Воробков П. Н.** (1981). Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. Москва, Стройиздат, 214.
15. **Ферронский В. И., Грязнов Т. А.** (1979). Пенетрационный каротаж. Москва, Недра, 335.
16. **Шехтер Е. Ю.** (1983). Методы исследования механических свойств грунтов морского дна. Москва, Недра, 192.
17. **Blair A. E.** Hydrographic sampling device. US Patent № 3509772.
18. **March J.** (1979). Deep sea mineral resources investigation in the central eastern part of the Central Pacific Basin. GH-76-1 Cruise Report 8, Tokio, Geological survey of Japan.
19. **James L. T. et al.** (1981). Oceans81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol. 1.
20. **Langguth A. F.** Deep ocean sampler. US Patent № 3280633.

REFERENCES

1. **Arhangel'skij I. V.** (1980). Morskoe burenie inzhenerno-geologicheskikh skvazhin, Lenin-grad, Nedra, 263 (*in Russian*).
2. **Beljavskij G. A.** (1977). Fiziko-mehanicheskie svojstva donnyh osadkov severnoj chasti Indijskogo okeana, Kyiv, Naukova dumka, 120 (*in Russian*).
3. **Glumov I. F.** (1986). Avtomatizirovan-nye geofizicheskie komplekсы dlja izuchenija geologii i mineral'nyh resursov Mirovogo okeana. Moskva, Nedra, 334 (*in Russian*).
4. **Zvol'skij S. T.** (1984). Radioizotopnye metody issledovanija fiziko-mehanicheskikh svojstv donnyh osadkov. Kiev, Naukova dumka, 216 (*in Russian*).
5. **Issledovanie** processov vzaimodejstvija razlichnyh tipov dvizhitelej so slabonesushhimi gruntami (1985). Otchet o NIR h/d № 3035, Gor'kij, GPI, 86 (*in Russian*).
6. **Moiseenko V. G., Sukach M. K., Naruckij O. A.** (1991). Jekspress metod opredelenija svojstv podvodnyh gruntov. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, No.8, 25-26 (*in Russian*).
7. **Neudachin G. I., Chalenko A. A., Zhigulin B. A.** (1984). Morskaja pogruzhnaja gidrovibracionnaja ustanovka dlja otbora donnyh prob v ryhlyh otlozhenijah. Metody i tehicheskie sredstva dlja morskikh inzhe-nerno-geologicheskikh issledovanij: Sb. statej VNIImorgeo, Riga, 8-3 (*in Russian*).

8. **Smoldyrev A. E.** (1978). Metodika i tehnika morskih geologorazvedochnykh rabot. Moskva. Nedra, 303 (*in Russian*).
9. **Sukach M. K.** (1991). Gravitacionnye zondy dlja opredelenija prochnosti podvodnykh, gruntov. Torfjanaja promyshlennost', No.9, 37-40 (*in Russian*).
10. **Sukach M. K.** (1992). Glubokovodnaja ustanovka dlja issledovanija prochnosti donogo grunta na hodu sudna. Izv. vuzov. Geologija i razvedka, No. 2, 125-129 (*in Russian*).
11. **Sukach M. K.** (2002). Identifikacija robochih procesiv glubokovodnykh gruntorozrobnykh mashyn. Diss. d.t.n.: spec. 05.05.04 «Mashyny dlja zemljanykh ta dorozhnykh robit», 346 (*in Ukrainian*).
12. **Sukach M. K.** (2013). Sintez zemlerijnoï i dorozhnoï tehniki. Kiïv, Lira-K, 376 (*in Ukrainian*).
13. **Sukach M. K., Filonov Ju. P., Puzakov D. V.** (2006). Harakteristiki processa rezanija grunta v zamknutom prostranstve. Girn., bud., dor. i meliorat. mashini. Kiïv, KNUBA, Vyp.67, 8-11 (*in Russian*).
14. **Trofimenko Ju. G., Vorobkov P. N.** (1981). Polevye metody issledovanija stroitel'nykh svojstv gruntov. Moskva, Strojizdat, 214 (*in Russian*).
15. **Ferronskij V. I., Grjaznov T. A.** (1979). Penetracionnyj karotazh. Moskva, Nedra, 335 (*in Russian*).
16. **Shehter E. Ju.** (1983). Metody issledovanija mehanicheskikh svojstv gruntov morskogo dna. Moskva, Nedra, 192 (*in Russian*).
17. **Blair A. E.** Hydrographic sampling device. US Patent № 3509772.
18. **Deep sea mineral resources investigation in the central eastern part of the Central Pacific Basin** (1979). J. March GH-76-1 Cruise Report 8, Tokio, Geological survey of Japan.
19. **James L. T. et al.** (1981). Oceans 81, Conf. Rec. Boston, mass., New York, Vol.1.
20. **Langguth A. F.** Deep ocean sampler. US Patent № 3280633.

Stages and staging of the study of the seabed for earthmoving systems

Mikhailo Sukach

Kyiv National University of
Construction and Architecture

Abstract. The development and development of minerals and building materials in water areas, the laying of underwater communications, planning and dredging under water are preceded by detailed surveys of soil massifs. They establish the lithology and genesis of deposits, bottom surface bathymetry, physico-mechanical, acoustic and other properties of underwater soils. These studies are mainly subordinated to the tasks of geology. At the same time, for the development of the deep-water part of the World Ocean, it is planned to use soil-development and transport equipment. The kinematic parameters of the equipment used for engineering and geological research do not correspond to the kinematics of existing or planned underwater systems. Despite some progress in the development of engineering-geological methods for studying the ocean, there are currently no reliable data on the mechanical properties of bottom sediments in natural occurrence. Practically the only way to identify the strength properties of deep-water soils is the sampling method (tubes, grabs, dredges). Soil characteristics are determined from samples brought to the surface in a shore or ship laboratory.

One of the specific features of the tests being carried out is the consideration of hydrostatic pressure, the effect of which on three-phase soils is especially large. Therefore, it should be expected that the measurement errors of the characteristics of bottom sediments in atmospheric conditions due to the violation of their structural relationships during ascent from great depths can differ by an order of magnitude or more from the true values of the parameters of the soil environment. Thus, in order to determine the operating conditions and set external loads on underwater digging machines, it is necessary to measure the strength, deformation and other characteristics of bottom soils in natural conditions under hydrostatic pressure. This paper considers the methods and technical means used for deep-sea exploration of the seabed. Particular attention is paid to engineering-geological methods, which make it possible at the stage of detailed exploration to obtain not only predictive estimates of the mineral resources of the World Ocean, but also to determine the physical and mechanical properties of bottom sediments, on which deep-sea digging machines will have to work.

Keywords: seabed, underwater soil, physical and mechanical properties, engineering-geological methods, natural occurrence, soil excavation machines.

УДК 621.878.23-182.38

Аналіз характеру стружкоутворення при роботі просторово-орієнтованими ножами динамічної дії

Володимир Рашківський¹, Богдан Федішин²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна,

¹rashkyvsky@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5369-6676>

²fedyshyn_bm@knuba.edu.ua

Received: 10.03.2021; Accepted: 10.05.2021

<https://doi.org/10.32347/qbdtmm2021.97.0402>

Анотація. Представлено результати аналізу характеру стружкоутворення при лобовому та косокутному різанню ґрунтів. Досліджувались експериментальні дані різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами професора В.М. Смірнова, де було проведено ряд експериментів з використанням ножів косокутного різання, а саме: планувального ножа шириною 25 см; гострокутного ножа шириною 3, 5, 7 і 10 см з кутом різання 30, 50, 70 та 90 градусів і кутом повороту в плані 0°, 22°30', 45° і 67°30'. Складено гіпотезу стружкоутворення при роботі просторово орієнтованого ножа динамічної дії.

Ключові слова: косокутне різання, просторово орієнтований, стружкоутворення

просторово орієнтованим ножом динамічної дії.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основним способом механічної розробки ґрунтів являється, різання з відокремленням стружки. При цьому способі розробки ґрунтів також є різновиди в залежності від геометричних умов. Основними геометричними умовами відокремлення ґрунтової стружки, визначаються різновидами способів механічної розробки ґрунтів, пропонується вважати положення кромки ріжучого клина відносно напрямку різання і поверхні масиву, обриси ріжучої кромки, обриси і кількість робочих поверхонь ріжучого клина, число поверхню так званого бокового зрізу і так званих блокованих поверхонь зрізу. По цим признакам виділені різновиди процесу і створена класифікація видів різання з відокремленням стружки [1].

При роботі землерийної машини її виконавчий механізм взаємодіє із ґрунтом, руйнуючи й відокремлюючи його від масиву. Основними характеристиками процесу копання є геометричні, кінематичні, силові й енергетичні параметри а також показники, що визначають фізичні особливості руйнування ґрунту, і властивості ґрунту як об'єкта взаємодії, конструкції робочого органа й умов взаємодії робочого органа з ґрунтом.

Робочий орган землерийної техніки долає комплекс опорів ґрунту, який називається опором копанню. Сила, що приклада-

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Копання ґрунтів є однією з найбільш енергоємних операцій землерийних машин. Великий вплив на енергоємність копання роблять кінематичні умови та конструкція робочого органа. Тому, особливо актуальним являється питання, визначення енергоємності копання та кінематики руху, робочого органа з просторово орієнтованим ножом динамічної дії. Одним з показників є стружкоутворення, але сигналізує як протікає процес різання ґрунту.

МЕТА РОБОТИ

Встановлення характеру стружкоутворення під час розробки ґрунту просторово орієнтованими ножами динамічної дії, та побудова гіпотези розробки ґрунтів робочим органом з

ється до робочого органу для подолання цього опору по дотичній траєкторії руху, називається силою копання, а по нормалі до траєкторії – нормальною силою копання. Установлено що сила різання становить істотну частину сили копання, а в ряді випадків – переважну частину.

Сила різання, в той же час є найбільш змінною її частиною в часі. Це внаслідок коливальної природи процесу різання. Коливання сили відбувається в результаті періодичності відділення елементів зрізу, варіації міцнісних властивостей ґрунтів, непостійності геометричних і кінематичних параметрів процесу, а також інших факторів.

Особливість процесу копання полягає в тому, що його силові й енергетичні показники залежать від кінематичних умов, та від геометричних параметрів – товщини, ширини і площі зрізу, а також від кутів орієнтації робочого органу в просторі.

Признак класифікації:

- по положенню ріжучої кромки інструмента відносно напрямку різання;
- по обрисам робочої поверхні ріжучого клина;
- по обрисам ріжучої кромки;
- по числу робочих поверхонь ріжучого клина;
- по положенню ріжучої кромки відносно поверхні масиву;
- по числу поверхонь зрізу;
- по числу блокованих поверхонь зрізу;

Вид різання з відокремленням стружки:

- прямокутне, косокутне;
- плоским клином, криволінійним клином;
- клином з прямолінійною, криволінійною або ломаною ріжучою кромкою;
- клином з однією, двома або декількома робочими поверхнями;
- паралельно поверхні масиву, під прямим кутом, під косим кутом до неї;
- з однією, двома або трьома поверхнями зрізу;
- блоковане, вільне, напівблоковане.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Характер і особливості утворення стружки як засіб для пояснення процесу і пошуку способу керування ним. Однією з ознак процесу різання ґрунтів являється тип стружкоутворення. Стружка поділяється на чотири типи:

- Зливна;
- Ступінчаста;
- Елементна;
- Відривна.

Зливна стружка відрізняється формою цілісної стрічки, гладкою зі сторони різця і шорсткою, але майже без нерівностей на зовнішній стороні.

Ступінчаста стружка це як видозмінена елементна. Відрізняється лише тим, що послідовні елементи які вилучаються з масиву з'єднуються знову. Така стружка має гладку поверхню зі сторони різця і ступінчасту зовні.

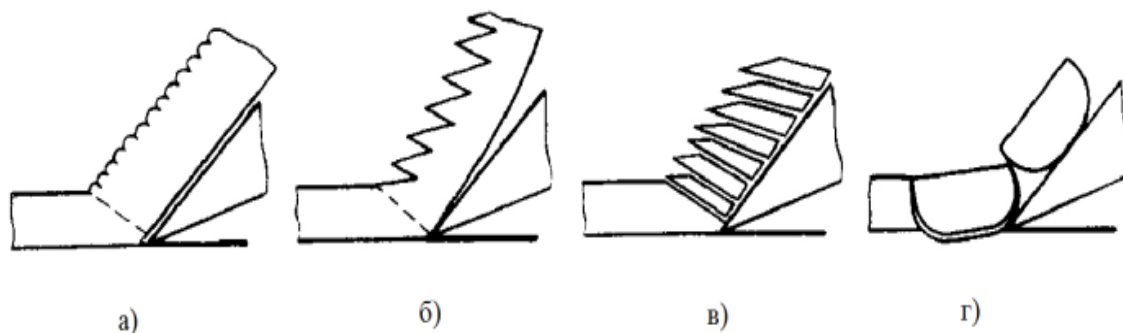


Рис. 1. Види стружки при різанні ґрунтів: а) зливна; б) ступінчаста; в) елементна; г) відривна

Fig. 1. Types of shavings when cutting soils: a) drain; b) stepped; c) elemental; d) detachable

Елементна стружка складається з окремих кусочків а форма має закономірність.

Відривна стружка утворюється у вигляді незв'язних між собою кусків матеріалу неправильної форми [1].

Також досліджувались експериментальні дані різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами професора В. М. Смірнова [3]. Де було проведено ряд експериментів з використанням ножів косокутного різання а саме: планувальний ніж шириною 25см; гострі ножі шириною 3,5, 7 й 10 см. з кутом різання 30, 50, 70 й 90 градусів і з кутом повороту в плані 0°; 22°30'; 45° й 67°30'. Всі дослідницькі ножі мали однакову різальну кромку й задній кут різання 10°.

Руйнування ґрунтів і середовищ при різанні ножами супроводжується формуванням стружки, відокремлюваної від масиву. Стружка є свого роду відбивачем внутрішніх змін у матеріалі. Тому характер й особливості утворення стружки здобувають значення як засіб для пояснення процесу й відшукування способу керування ним. Одним з ознак процесу різання ґрунтів є тип стружкоутворення [1].

Характер стружкоутворення в ґрунті може змінюватися залежно від геометричних умов процесу різання.

Відомо, що при прямокутному блокованому різанні ґрунтів зі зміною глибини (товщини) зрізу спостерігається зміна видів стружкоутворень у того ж самого ґрунту. При тонких зрізах утворюється зливна стружка, але після збільшення товщини зрізу починає відокремлюватися стружка ступінчаста й елементна. При деякій глибині зрізу руйнування супроводжується утворенням одного великого елемента у лобовій поверхні ножа, тобто ширина зрізу й ширина елемента стають рівними. Пояснення полягає в тім, що процес різання із пластичним деформуванням ґрунту в межах всієї товщини зрізу переходить у процес різання із пластичним деформуванням тільки частини ґрунту відокремлюваного елемента. Це явище знайшло підтвердження в серії дослідів по різанню досліджуваних ґрунтів ножами з кутом повороту в плані 0°; 22°30'; 45° й 67°30' [3].

Досліди показали, що при різних кутах

різання ґрунтова стружка формується по-різному. При куті різання 30° між наступними відділеннями від масиву двох великих елементів стружки (характерною рисою їх є пересічення поверхні відділення з горизонтальною поверхнею масиву) відокремлюються також дрібні елементи стружки. Число проміжних елементів стружки в 3-5 разів більше числа великих елементів, у той час як маси їх перебувають у співвідношенні 1:7-1:10. Збільшення кута різання до 50° супроводжується зменшенням числа проміжних елементів стружки й ростом їхньої маси. При куті різання 70° поверхні відділення всіх елементів стружки перетинаються з горизонтальною поверхнею масиву, а при куті різання 90° маса елементів, що відокремлюються, практично постійна або утворюється зливна стружка.

Таким чином, з ростом кута різання зменшується об'єм ґрунту, що відокремлюється від масиву, зростають у ньому пластичні деформації, виникають витрати енергії на деформування масиву під різальною кромкою ножа, енергоємність різання збільшується.

Неодночасність відділення елементів стружки виникає у випадках, коли ширина ножа (при незмінній ширині зрізу) у багато разів перевищує товщину зрізу. У тих випадках, коли ширина ножа порівнянна з товщиною зрізу або менше товщини зрізу, це явище не виникає.

Внаслідок неодночасності відділення елементів стружки по ширині зрізу збільшується коефіцієнт енергоємності. Відбувається це тому, що максимумами сил різання зменшуються, а мінімумами їх зростають. Через більше здрібнювання ґрунту збільшується також енергоємність процесу різання.

Було знайдено закономірності при зміні кутів різання й повороту ножа в плані, що доцільно надавати різальному інструменту землерийних машин кута різання не більше 35-40° і кута повороту в плані не більше 30-45° для найбільш продуктивного різання ґрунту.

Робоча гіпотеза базується на тому що рух просторово орієнтованого ножа, буде здійснюватись позадвжньо – поступальним

рухом, перпендикулярно до траєкторії руху робочого органа. Що схематично зображено на (Рис. 2).

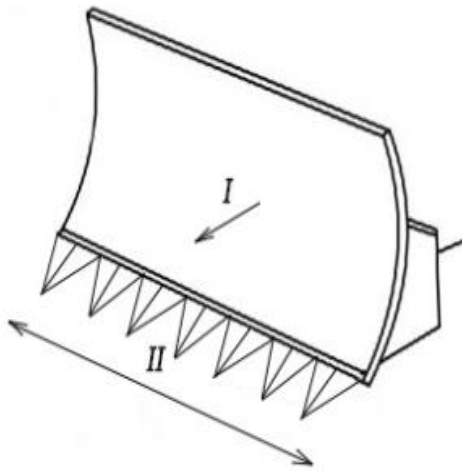


Рис. 2. Схематичне зображення траєкторій руху робочого органа: I) траєкторія руху робочого органа; II) траєкторія руху просторово орієнтованого ножа динамічної дії

Fig. 2. Schematic representation of the trajectories of the working body: I) the trajectory of the working body; II) the trajectory of the spatially oriented knife of dynamic action

Динамічний рух ножа буде виконуватись за допомогою автоколивального гідравлічного вібратора [4] (Рис. 3).

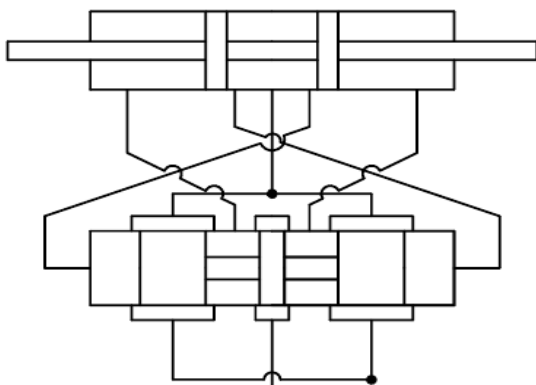


Рис. 3 Автоколивальний гідравлічний вібратор

Fig. 3 Self-oscillating hydraulic vibrator

Розробка такого рішення втілювалась на кафедрі будівельних машин КНУБА, передумовами слугували напрацювання колективу, зокрема проф. Смірнова В. М. [3] у

відношенні конструктиву робочого органа та проф. Баладінського В. М. [2] у відношенні закономірностей створення динамічних рухів різальних елементів землерийних машин. А також, по працям д.т.н Хмара Л. А. у відношенні інтенсифікації механізації земляних робіт в будівництві [5].

На нашу думку, дане переміщення робочого органа і просторово орієнтованого ножа динамічної дії повинно створювати дві сили різання, які паралельні до траєкторії руху. При розробці ґрунтів, дані сили будуть об'єднуватись в сумарну силу різання, (Рис. 3). Тому від геометричних параметрів як кут повороту в плані, не більше $30-45^\circ$, просторово орієнтованим ножом динамічної дії, будуть залежати сили різання які виникають при взаємодії з ґрунтом, та характер стружкоутворення і в цілому на енергоємність копання та для найбільш продуктивного різання ґрунту.

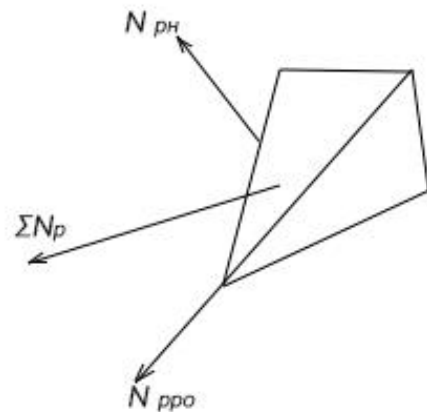


Рис. 3. N_{pn} – сила різання просторово орієнтованим ножом динамічної дії; N_{ppo} – сила різання паралельно траєкторії руху робочого органа; ΣN_p – сумарна сила різання

Fig. 3. N_{pn} – cutting force with a spatially oriented knife of dynamic action; N_{ppo} – cutting force parallel to the trajectory of the working body; ΣN_p – is the total cutting force

Очікується, що динамічний рух двогранного ножа не суттєво вплине на ущільнення ґрунту по траєкторії свого руху, а навпаки спричинить відокремлення його шляхом підрізання, цим самим полегшуючи відокремлення.

кремлення стружки та зменшення енергоємності процесу різання.

Ідея робочої гіпотези ефективності роботи просторово орієнтованого ножа підлягає наступному геометричному моделюванню.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано праці професора Ю. А. Ветрова, та професора В. М. Смірнова.

2. Процес різання із пластичним деформуванням ґрунту в межах всієї товщини зрізу переходить у процес різання із пластичним деформуванням тільки частини ґрунту відокремлюваного елемента. Це явище знайшло підтвердження в серії дослідів по різанню досліджуваних ґрунтів ножами з кутом повороту в плані 0° ; $22^\circ 30'$; 45° й $67^\circ 30'$.

3. Встановлено, закономірності при зміні кутів різання й повороту ножа в плані, що доцільно надавати різальному інструменту землерийних машин кута різання не більше $35-40^\circ$ і кута повороту в плані не більше $30-45^\circ$ для найбільш продуктивного різання ґрунту.

4. Побудовано гіпотезу розробки ґрунтів робочим органом з просторово орієнтованим ножем динамічної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ветров Ю. А. Резание ґрунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971 – 357 с.
2. Баладінський В. Л. Будівельна техніка: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2001. 368 с.
3. Смірнов В. М. Основи теорії різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами землерийних машин / К.: «МП Леся», 2009 – 260 с.
4. Пат. Україна № 53190, кл. E02F 3/04. Робочий орган землерийно-транспортної машини активної дії / В. Л. Баладінський, Є. Л. Пеле-

він, В. П. Рашківський, В. М. Смірнов, Р. М. Солонко. Опубліковано 15.01.03 Бюл. № 1.

5. Хмара Л. А., Балонев В. И. Повышение производительности машин для земляных работ. – К.: Будівельник, 1988. – 152 с.

REFERENCES

1. Vetrov Yu. A. (1971). Rezanye hruntov zemleroinymy mashynamy. Moscow, Mashynostroenye, 357.
2. Baladins`kyi V. L. (2001). Budivel`na tehnika: navchal`nyi posibnyk. Kyiv, Lybid`, 368.
3. Smirnov V. M. (2009). Osnovy teorii rizannia gruntiv prostорово orietovanymy nozhamy zemleryinyh mashyn. Kyiv, "MP Lesya", 260.
4. Baladinsky V. L., Pelevin E. L., Rashkivsky V. P., Smirnov V. M., Solonko R. M. (2003). Patent Ukraine No. 53190, class. E02F 3/04. Published 15.01.03 Bull. No.1.
5. Khmara L. A., Balonev V. Y. (1988). Povysheniie proizvoditelnosti mashyn dlia zemlianykh rabot, Kyiv, Budivelnky, 152.

Analysis of character nature in the work of spatially oriented knives of dynamic action

Volodymyr Rashkivskiy¹, Bohdan Fedyshyn²

Kyiv National University of
Construction and Architecture

Abstract. The results of the analysis of the nature of chip formation in frontal and oblique cutting of soils are presented. Experimental data of soil cutting with spatially oriented knives of Professor Smirnov V.M. Where a number of experiments were carried out using knives of oblique cutting, namely: planning knife 25 cm wide; sharp knives 3,5,7 and 10 cm wide with a cutting angle of 30, 50, 70 and 90 degrees and with a rotation angle of 0° ; $22^\circ 30'$; 45° and $67^\circ 30'$. The hypothesis of chip formation at work of the spatially oriented knife of dynamic action is made.

Keywords: oblique cutting, spatially oriented, chip formation.

УДК 62-833.4

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання

*Стефан Зайченко¹, Наталія Жукова²,
Дмитро Яковлев³, Вадим Шаленко⁴, Борис Корнійчук⁵*

^{1,2,3}Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна,

^{4,5}Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

¹e-mail: zstefv@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8446-5408>

²e-mail: nataliaz127@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4215-6981>

³e-mail: dima444666@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8176-6627>

⁴e-mail: vadshal@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6984-0302>

⁵e-mail: Fait@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3881-1581>

Received: 11.05.2021; Accepted: 11.06.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0501>

Анотація. Сучасний етап розвитку енергетики характеризується широким використанням альтернативних та відновлюваних джерел енергії, вітрогенератори сонячні панелі. Такі системи, як правило, мають надскладну структуру і мають високу питому вартість електроенергії. Наявність поновлюваних джерел енергії дозволяє використовувати їх як окремі, але ефективність та надійність повністю залежать від добових ритмів та пори року. Ці особливості істотно обмежують використання альтернативних джерел енергії як надійного автономного джерела енергії. Наявність надійного резервного джерела живлення на сучасному підприємстві - запорука безпечної та якісної роботи.

Ключові слова: джерело енергії, двигун внутрішнього згоряння, автономне електропостачання, мультисенсорна система.

ВСТУП

Єдиним надійним та економічно ефективним рішенням для резервних джерел живлення є електростанції на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Використання цього типу обладнання для виробництва електроенергії військовими та судовими електростанціями є свідченням його найвищої надійності та безпеки серед можливих варіантів автономного електропостачання.

Частота використання резервного джерела живлення залежить від надійності основної системи електропостачання і може коливатися від одноразових запусків на рік до щоденного використання. Готовність обладнання значно знижується, як у першому випадку через інтенсивний режим роботи, так і у другому через старіння полімерних елементів системи та погіршення паливно-мастильних матеріалів, що призводить до відкладень у каналах електропостачання, розмагнічування ротора тощо. Ці процеси, які відбуваються в автономних джерелах живлення на базі двигунів внутрішнього згоряння, вимагають постійного моніторингу, щоб мати можливість використовувати це обладнання як резервне джерело живлення. Вирішенням цієї проблеми є розробка системи діагностики автономних джерел енергії на основі двигунів внутрішнього згоряння.

Вирішуючи проблему визначення технічного стану автономних джерел енергії на базі двигунів внутрішнього згоряння, дослідники залежно від сфери своєї діяльності звертають увагу на механічну (двигун внутрішнього згоряння) або електромеханічну частину (генератор) об'єкта [1-5]. При цьому використовуються різні датчики для контролю електричних, механічних і масових діагностичних параметрів. Розглядаючи лише частину об'єкта, виділяються можливі умови та діагностичні показники, які можуть визначити стан лише окремого компонента. Таким чином, ISSN(online)2709-6149. Mining, constructional, road and melioration machines, 97, 2021, 62-67

для визначення стану об'єкта необхідно впровадити комплекс тестів для окремих заздалегідь визначених компонентів, що значно збільшує час та вартість діагностики. Створення системи технічного діагностування стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання з використанням нових типів датчиків, яка дозволяє з мінімальними витратами і високою надійністю визначити технічний стан об'єкта, що досліджується є актуальною науковою проблемою. Принципово новими датчиками, які з високою надійністю і швидкістю визначають діагностичні ознаки різних складних об'єктів, у тому числі, таких як людина, є електронні аналізатори газів (електронний ніс) [6-9]. Застосування електронних аналізаторів газів давно стали нормою для гірничої промисловості, пожежної служби, таможні, правоохоронних органів. Широка сфера застосування зумовила появу цілого ряду, які розділяються за принципом дії на електрохімічні, каталітичні, фотоіонізаційні, інфрачервоні, напівпровідникові, ультразвукові, голографічні.

Особливістю роботи електричних машин є недосконалість перетворення енергії зі збільшенням ентропії системи, що супроводжується з виділенням теплоти. Виділення теплоти призводить до нагрівання елементів системи, які в свою чергу інтенсивно виділяють у атмосферу молекули верхніх шарів поверхонь. Визначення хімічного складу газового оточення обладнання дозволяє локалізувати місце дефекту.

МЕТА РОБОТИ

Метою дослідження є розроблення концепції будови системи технічного діагностування автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання з використанням електронних аналізаторів газів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити можливі стани автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання (АГЕЕ);

- для кожного стану автономного генератора електричної енергії визначити характерні газові випаровування;
- підібрати комплект датчиків які з високою точністю визначають концентрацію компонентів у повітрі;
- розробити алгоритм роботи комплексу обладнання технічного діагностування на основі роботи принципів нейронної системи і електронних газових датчиків;
- перевірити розроблений діагностичний комплекс електронних аналізаторів газів для визначення стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання.

На Рис. 1 зображено схему інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану для діагностування енергогенеруючого обладнання (Рис. 1) містить насос 1, корпус 2, датчики концентрацій метану 3, чадного газу 4, кисню 5, хлороводню 6, альдегідів 7, фенолів 8 та легких вуглеводнів 9, аналогового комутатора 10, підсилювача сигналів 11, аналого-цифрового перетворювача 12, мікроЕОМ 13 та запам'ятовуючого пристрою 14.

Інтелектуальна мультисенсорна система для ідентифікації та оцінки технічного стану працює таким чином. Насос 1 нагнітає повітря енергогенеруючого обладнання у корпус 2, в якому змонтовано датчики концентрацій метану 3, чадного газу 4, кисню 5, хлороводню 6, альдегідів 7, фенолів 8 та легких вуглеводнів 9. Сигнали з датчиків потрапляють на аналоговий комутатор 10. З аналогового комутатора 10 сигнал, збільшуючись підсилювачем сигналів 11, потрапляє до аналого-цифрового перетворювача 12, і після, до мікро ЕОМ 13. МікроЕОМ 13, в залежності від комбінації концентрацій газів, приймає рішення відносно розташування дефекту енергогенеруючого обладнання і записує данні в запам'ятовуючий пристрій 14.

Підвищення точності локалізації при пошуку дефекту шляхом додаткового хімічного аналізу газів енергогенеруючого обладнання забезпечується аналізом концентрацій хлороводню, альдегідів, фенолів та легких вуглеводнів.

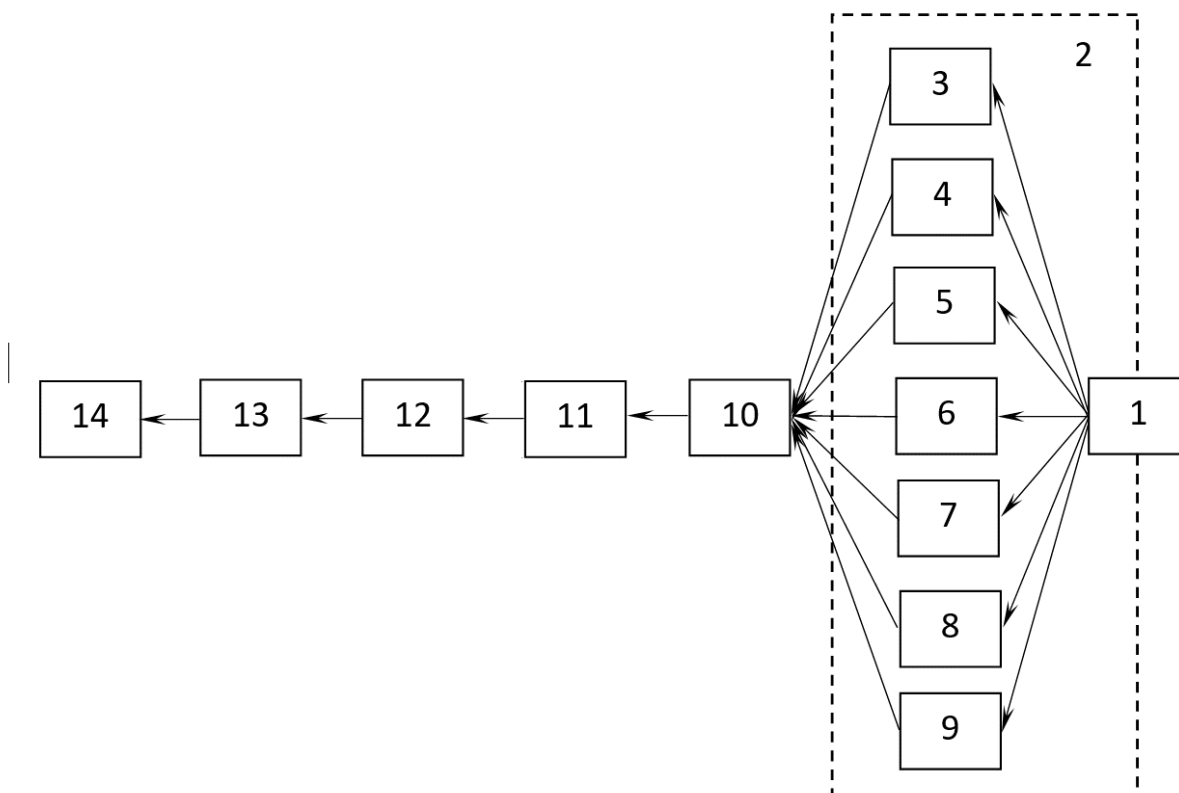


Рис. 1. Схема інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

Fig. 1. Scheme of intelligent multi-sensor system for identification and assessment of technical condition of electrical equipment.

Система працює наступним чином.

На вхід з датчиків приходить інформація, яка передається на блоки нейронної мережі прямого поширення (НП). Якщо є збіг, то для кожної групи інформаційних ознак tp отримуємо макро-слої, що містять нейронна сеть з макрослоями (НСМ) в залежності від кількості збігів. Так, як рішення приймається завдяки наявності інформації про дефекти в кожному з наявних N слоїв НСМ, тоді вона повинна містити $N+1$ слоїв. Де вихідний слоїв призначений для керування рішеннями в кожному наступному. Структурна схема нейронної мережі показана на Рис. 2.

Кожна НМС налаштовується за алгоритмом зворотного поширення помилки.

Спочатку налаштовуються нейронні мережі першого слоїв. Потім вже вихідний слоїв. Для роботи НМ необхідна база даних, у якій виділено три блоки:

- база даних;
- база моделей нейронних мереж ;
- база навчальних вибірок.

База даних містить інформацію про стандарти концентрації речовин в повітрі, які необхідно аналізувати та призначені для формування навчальних вибірок.

База моделей нейронних мереж формується в процесі налаштування нейронних мереж у відповідних шарах НММ.

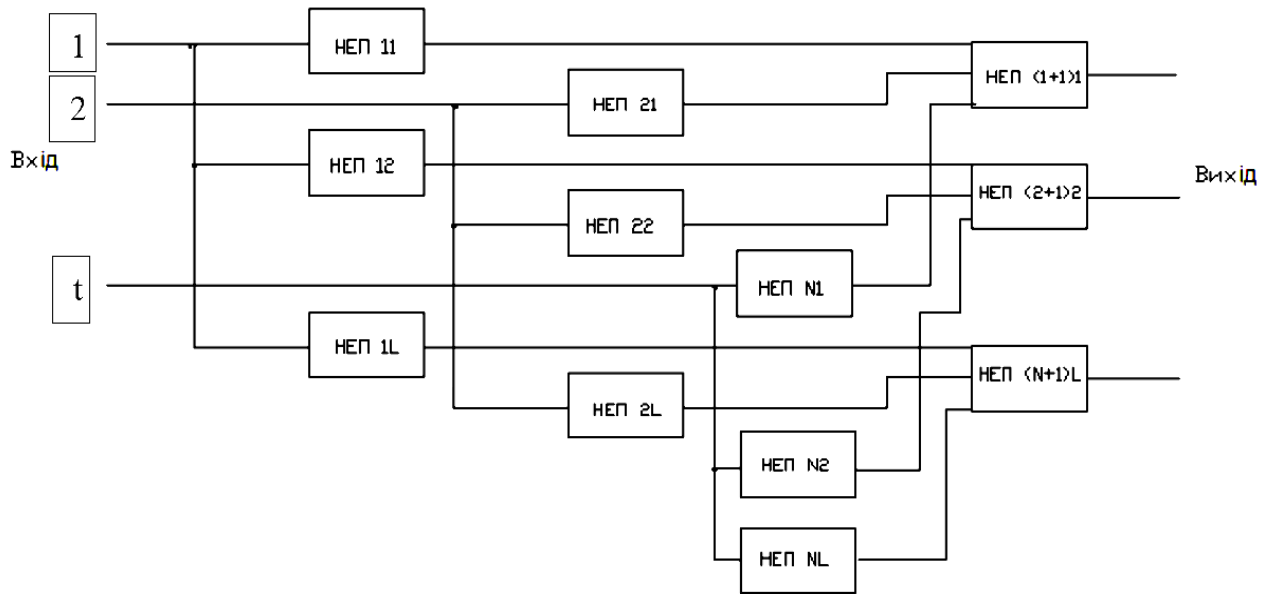


Рис. 2. Структурна схема нейроної мережі з макросломи для інтелектуальної мультисенсорної системи для ідентифікації та оцінки технічного стану електротехнічного обладнання.

Fig. 2. Block diagram of a neural network with macroslots for intelligent multi-sensor system for identification and assessment of technical condition of electrical equipment.

ВИСНОВКИ

Особливістю представленої системи діагностування стану автономного генератора електричної енергії на базі двигуна внутрішнього згорання є можливість проведення діагностичних робіт без виводу обладнання з роботи, що мінімізує втрати від простою. Також використання даної системи дозволяє виявити розвиток дефекту на ранніх стадіях розвитку, що перешкоджає і значно зменшує вартість ремонту енергетичного опри виході з справного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Denysiuk S.** Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management // EUREKA: Physics and Engineering, (2). – 2021. – С. 19-31.
2. **Зайченко С.** Зменшення ступені невизначеності технічного стану автономного джерела живлення/ С. Зайченко, Р. Куліш// Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ Том 1, С. 175-178.
3. **Zaichenko S.** Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). – IEEE, 2020. – С. 305-308.
4. **Zaichenko S.** Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). – IEEE, 2020. – С. 262-265.
5. **Zaichenko S.** Substantiation of diagnostic parameters of autonomous sources of electric energy on the basis of the internal combustion engine at development of system of technical diagnostics // POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology. – 2020. – №. 3. – С. 29-34.
6. **Saraoğlu H. M.** Elektronik burun teknolojisi ve uygulama alanları. – 2008.
7. **Saraoğlu H. M., A. O. Selvi, İnsan Nefesinden Kandaki** Glikoz ve HbA1c Değerlerinin Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi, 18. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2014)
8. **Saraoğlu H. M. ve Koçan M.,** “Diyabetli Kan Glukoz değerinin Nefes Kokusundan QCM Sensör Tabanlı Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi”, 15. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2010)

9. **Saraoğlu H. M., Selvi A. O.** Determination of glucose and Hba1c values in blood from human breath by using radial basis function neural network via electronic nose //2014 18th National Biomedical Engineering Meeting. – IEEE, 2014. – C. 1-4.

REFERENCES

1. **Denysiuk S.** (2021). Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management. EUREKA: Physics and Engineering, (2), 19-31.
2. **Zaichenko S., Kulish R.** (2021). Zmenshennia stupeni nevyznache-nosti tekhnichnoho stanu avtonomnoho dzherela zhyvlennia. Prykladni naukovo-tekhnichni doslidzhennia: materialy V mizhnar. nauk.-prak. konf., 5-7 kvit. 2021. Akademiia tekhnichnykh nauk Ukrainy. Ivano-Frankivsk Tom 1, 175-178.
3. **Zaichenko S.** (2020). Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). IEEE, 305-308.
4. **Zaichenko S.** (2020). Autonomous electric power source energy efficiency improvement by internal combustion engine gases distribution control. 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). IEEE, 262-265.
5. **Zaichenko S.** (2020). Substantiation of diagnostic parameters of autonomous sources of electric energy on the basis of the internal combustion engine at development of system of technical diagnostics. POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology, No.3, 29-34.
6. **Saraoğlu H. M.** Elektronik burun teknolojisi ve uygulama alanlari, 2008.
7. **Saraoğlu H. M., A. O. Selvi, İnsan Nefesinden** (2014). Kandaki Glikoz ve HbA1c Değerlerinin Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi, 18. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2014)
8. **Saraoğlu H. M. ve Koçan M.** (2010). “Di-yabetli Kan Glukoz değerinin Nefes Kokusundan QCM Sensör Tabanlı Elektronik Burun Kullanılarak Belirlenmesi”, 15. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2010)
9. **Saraoğlu H. M., Selvi A. O.** (2014). Determination of glucose and Hba1c values in blood from human breath by using radial basis function neural network via electronic nose. 2014

18th National Biomedical Engineering Meeting. IEEE, 1-4.

Intelligent multisensor system for identification ta estimates of the technical mill of electrical engineering

*Stefan Zaichenko¹, Natalia Jukova²,
Dmitro Yakovlev³, Vadym Shalenko⁴,
Boris Korniyshuk⁵*

^{1,2,3}*Kyiv Polytechnic Institute National
Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky
Kyiv Polytechnic Institute”*

^{4,5}*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The problem of diagnosing power generating equipment by analyzing gases released into the atmosphere. The object of study is the process of diagnosing power generating equipment based on an internal combustion engine.

The purpose of the work is the research is to develop the concept of the structure of the intellectual multisensory system of technical diagnostics of the autonomous electric generator on the basis of the internal combustion engine with use of electronic gas analyzers.

To achieve this goal, the following tasks have been solved. To determine the possible states of the autonomous generator of electric energy on the basis of the internal combustion engine. For each state of the autonomous generator of electric energy to define characteristic gas evaporations. Choose a set of sensors that will determine the concentration of components in the air with high accuracy. To develop an algorithm for the operation of a set of technical diagnostic equipment for the basic work of the principles of the neural system and electronic gas sensors. To check the developed diagnostic complex of electronic gas analyzers for determination of a condition of the independent generator of electric energy on the basis of the internal combustion engine.

Improving the accuracy of localization in the search for a defect by additional chemical analysis of gases of power generating equipment is provided by the analysis of concentrations of hydrogen chloride, aldehydes, phenols and light hydrocarbons.

A feature of the presented system for diagnosing the state of an autonomous electric power generator based on an internal combustion engine is the ability to perform diagnostic work without re-
ISSN(online)2709-6149. Mining, constructional, road and melioration machines, 97, 2021, 62-67

moving the equipment from work, which minimizes downtime. Also, the use of this system allows you to detect the development of a defect in the early stages of development, which prevents and significantly reduces the cost of repairing the energy source.

Keywords: energy source, internal combustion engine, autonomous power supply, multi-sensor system.

Грантові наукові програми Китаю

Михайло Сукач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680
msukach@ua.fm, <https://orcid.org/0000-0003-0485-4073>

Received: 18.06.2021; Accepted: 23.06.2021
<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2021.97.0601>

Анотація. В Китайській народній республіці разом з Україною засновано міжурядовий Українсько-китайський центр Шовкового шляху, укладено низку контрактів із китайськими урядовими компаніями та підприємствами. Це відкриває нові можливості для українсько-китайського наукового співробітництва в рамках грантових програм Китайської народної республіки «Один пояс, Один шлях». Створено спеціальну онлайн платформу, яка представляє собою уніфікований онлайн портал для подачі заявок на участь українських науковців у грантових програмах КНР на проведення спільних наукових досліджень. Для участі в програмі потрібно зареєструватися на порталі для створення особистого кабінету, персонального облікового запису та ID номеру науковця, який використовується для подачі заявок на грантові проекти. Підготовка грантової заявки починається після попереднього визначення китайських партнерів та відповідного рівня гранту. Наразі Українсько-китайський центр впроваджує грантову програму постдокторського стажування, а також запрошує науковців до роботи в лабораторіях та дослідницьких групах Китаю.

Наразі з Центром співпрацюють понад 30 університетів, вони беруть участь у спільних наукових дослідженнях з робототехніки, машинобудування, інформаційних технологій, систем автоматизації, економіки, медицини, сільського господарства та ін. 2020 року Українсько-китайський центр Шовкового шляху, включено до реєстрів іноземних компаній, з якими рекомендовано співпрацю в освітній та наукових сферах для подачі грантових запитів Пекінської біржі високих технологій.

Ключові слова: грантова апіляційна система, високі технології, наукове співробітництво, постдокторальне стажування.

У 2016 році в Китайській народній республіці засновано Українсько-китайський центр Шовкового шляху, який проводить активну діяльність щодо залучення науковців до проведення спільних досліджень у різних сферах виробництва, налагодженні ділових контактів фахівців обох країн, долучається до спільних конференцій наших держав, сприяє подальшому наближенню наукових, освітніх та ін. програм.



2020 року було заключено низку контрактів із китайськими урядовими компаніями та підприємствами. Наразі Центр включено до реєстрів іноземних компаній, з якими рекомендовано співпрацю в освітній та наукових сферах для подачі грантових запитів Пекінської біржі високих технологій.

Нещодавно Українсько-китайським центром запроваджено Грантову апіляційну систему, яка запрошує українських науковців до участі у грантових програмах Китаю. Це відкрило нові можливості для українсько-китайського наукового співробітництва



登录 - Увійдіть у систему (登入 - Вхід)



信息 - Info:

Народної Республіки «Один пояс, Один шлях». Для участі українських науковців у грантових програмах запущено єдину в Україні онлайн платформу **Грантова аплікаційна система «Один пояс, Один шлях»** www.uccsr.org.ua/online. Це уніфікований онлайн портал для подання аплікацій на участь українських науковців у грантових програмах Китайської Народної Республіки на проведення спільних наукових досліджень.

Науковцям необхідно зареєструватися на порталі для створення особистого кабінету, персонального облікового запису та ID номеру науковця, який використовується для подачі заявок на грантові проекти. Наукові гранти поділяються за такими напрямками:

- грантові програми на спільні наукові дослідження між університетами *University Joint Research Center*
- короткострокові грантові програми на наукові дослідження *Academician Work Station* (1-3 місяці на рік)
- короткострокові грантові програми на наукові дослідження *Overseas Scientific Expert – Short Term* (1-3 місяці на рік)
- довгострокові грантові програми на наукові дослідження *Overseas Scientific Expert*

на 2 роки)

- програми наукового стажування та досліджень для молодих науковців (10 місяців на рік, 2 роки) *Post Doctoral Station*.

Після реєстрації та заповнення особистого кабінету на електронну адресу здобувача буде надіслано підтвердження реєстрації з персональним ID номером науковця.

Відповідно до ваших наукових досягнень та наукових ступенів, Грантовий відділ Українсько-китайського центру Шовкового шляху обробляє аплікацію та надає перелік доступних грантів, проектів і партнерів серед китайських підприємств та навчальних закладів для спільної подачі заявки на грант.

Процедура підготовки грантової заявки, яка подається через Грантову онлайн систему починається після визначення китайських партнерів та рівня гранту.

Українсько-китайським центром Шовкового шляху проводиться активна робота щодо комунікації партнерів серед представників наших держав, сприяючи науковому співробітництву України і Китаю. Налагоджуються партнерські стосунки з фахівцями різних галузей, підписуються угоди з директорами китайських і українських заводів. Сторони приймають участь у бага-

тьох форумах та самітах талантів, які відбуваються на теренах наших країн.

Розширюється співпраця в освітній сфері. Так, у 2020 році Українсько-китайським центром Шовкового шляху підписано унікальну **грантову угоду постдокторського стажування у Фошаньському університеті**, одному з провідних вищих навчальних закладів Китаю.

Університет розташований у мальовничому місті Фошань провінції Гуандун, за 16 км від легендарного міста Гуанчжоу. Молоді вчені віком до 35 років зі ступенем кандидата наук запрошуються до участі у міжнародному науковому гранті за програмою Post-Doctor.

Напрями стажування: природничі науки, технічні науки, медицина, системи автоматизації, IT, сільське господарство, біологія, матеріалознавство та ін. Грант є повним фінансуванням і зарплатою за проведення досліджень протягом двох років. Він включає:

- річний переліт в обидві сторони
- проживання в університетському готелі
- заробітну плату близько \$ 2,0 тис./міс.

Правовий статус – вища державна стипендія Міністерства освіти Китаю. На час дії гранту видається офіційний дозвіл на проживання в Китаї. Після закінчення міжнародного дослідницького гранту Фошань-

ський університет пропонує постійну роботу у своїх провідних дослідницьких групах.

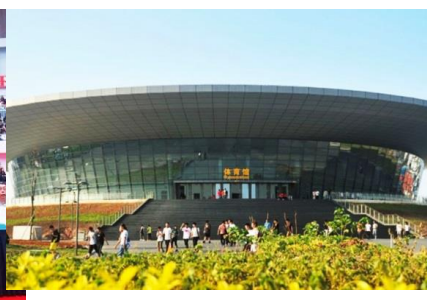
Вимоги до претендента:

- ступінь кандидата наук
- досвід роботи у наукових чи освітніх колективах не менше 4 років (навчання в аспірантурі зараховується як стаж)
- наявність нових наукових публікацій (опублікованих за останні 3 роки)
- наявність цікавих наукових ідей та бажання дізнаватися про нове
- мобільність, вміння працювати в міжнародній команді.

Українські науковці залучаються до роботи в лабораторіях та дослідницьких групах Китаю. Зокрема, *Цзянсуський педагогічний університет* запрошує висококваліфікованих іноземних спеціалістів з науковим ступенем. Умови контракту:

- тривалість від 1 року і більше (з офіційним працевлаштуванням в Китаї)
- проживання надає роботодавець (номер в університетському готелі)
- заробітна плата залежно від рівня кваліфікації (\$ 3,5...5,0 тис./міс.).

Відділи та напрями роботи: гуманітарний коледж, факультет лінгвістики, факультет історії, школа філософії, юридичний факультет, коледж іноземних мов, інститут педагогічних наук, школа математики та





статистики, школа фізики та електронної техніки, коледж хімії та матеріалознавства, коледж природничих наук, факультет географії, геодезії та містобудування, коледж спортивної освіти, музична школа, академія образотворчих мистецтв, інститут мас-медіа та кіношколи, бізнес-школа, школа менеджменту та освіти, механіко-електротехнічний факультет, інститут електротехніки та автоматики, коледж медичних наук, академія математики.

Цзянсуський педагогічний університет заснований 1952 року, розташований у місті Сюйчжоу, підпорядковується уряду провінції Цзянсу і Центральному міністерству освіти. Має чотири кампуси загальною площею 163,8 га та 22 наукові школи. В університеті навчається понад 20 тис. студентів денної форми навчання, понад 3,5 тис. аспірантів та 414 іноземних студентів. За свою 70 років існування випустив понад 200 тис. фахівців, багато з них зараз відіграють важливу роль у сферах політики, економіки, культури, науки, техніки й освіти. В Сюйчжоу розташовані 31 незалежний науково-дослідний інститут, 335 науково-дослідних центрів, 14 коледжів та університетів, включаючи Китайський гірничо-технологічний університет, Сюйчжоуський медичний коледж, Цзянсуський педагогічний університет, Сюйчжоуський технологічний інститут та ін.

Вимоги до аплікантів:

- вчений ступінь не нижче кандидата наук
- досвід роботи в дослідницьких групах
- вміння працювати в міжнародній команді
- наявність свіжих наукових публікацій

Переваги надаються науковцям, які мають дипломи учасника міжнародних, державних, приватних академій, наукових організацій тощо.

Запроваджуються спільні програми з **виробничими організаціями** щодо проведення наукових досліджень, підвищення ефективності виробництва тощо. Так, компанія «Shandong Agricultural Development Limited Company» має зацікавленість у спільних наукових дослідженнях в аграрній сфері. Вона володіє більше ніж 20 запатентованими технологіями, професійна команда має сильний оригінальний інноваційний потенціал в Китаї.



В компанії є виробничий комплекс площею 40 тис. м² із сучасною виробничою установою площею, центром досліджень і розробок, заводом з виробництва бактерій і річною потужністю 100 тис. тон мікробних агентів (добрив), з виробничою потужністю 10 тис. тон корисних мікробних препаратів. Компанія є великим професійним виробником сільськогосподарських мікробних препаратів в Китаї. Актуальні напрями для досліджень: дражування насіння, розробка нових видів добрив, мікроекологія рослин. За цією тематикою приймаються заявки на державні наукові гранти Китаю.

Українсько-китайський центр Шовкового шляху працює в багатьох інших напрямках наукового співробітництва між нашими країнами, зокрема проводить спільні конференції, ділові зустрічі, підтримує стартапи, творчі ініціативи авторів тощо.

(За матеріалами сайту www.uccsr.org.ua/online)

Правила підготовки рукописів та Приклади оформлення статей наведено на сайті збірника www.gbdtmm.knuba.edu.ua.

Підписані авторами матеріали разом із електронною версією, супровідними документами і зовнішньою рецензією подаються до редакції безпосередньо або електронною поштою за адресою gbdtmm@ukr.net. Звертаємо увагу на відповідність матеріалів зазначеній у збірнику проблематиці, вимогам ВАК та державних стандартів до наукових статей.

Збірник розміщено в бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури та в Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського. Електронний архів його зберігається на сайті НБУВ www.irbis-nbuv.gov.ua в розділі “Журнали та продовжувані видання” і на сайті КНУБА <http://science.knuba.edu.ua> в розділі “Наукові видання університету” та доступний через мережу Internet.

ВЗНП “Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини” включено до міжнародних наукометричних баз даних:

- ”Ulrichs web” – <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>,
- ”Index Copernicus” – www.journals.indexcopernicus.com,
- ”Research Bible” – <http://journalseeker.researchbib.com>,
- ”Web ИРБИС” – <http://irbis-nbuv.gov.ua>,
- ”Get CITED” – <http://www.getcited.org>,
- ”JOUR Info” – <http://jourinfo.com>.
- ”The Global Impact Factor” – <http://globalimpactfactor.com>,
- ”Scientific Indexing Services” – <http://www.sindexs.org>
- ”Google academy” – <http://scholar.google.com.ua/citations?user=2-FASc4AAAAJ&hl=uk>.
- ”Socioindex” – <http://socio.in.ua>,
- ”EBSCO” – <https://www.ebscohost.com>,
- ”Universal Impact Factor” – <http://uifactor.org>,
- ”ProQuest” – <http://www.proquest.com>,
- ”GEOBASE” – <https://www.elsevier.com/solutions/engineering-village/content/geobase>,
- ”Engineering Village” – <http://www.engineeringvillage.com>,
- ”Ingentaconnect” – <http://www.ingentaconnect.com>,
- ”USJ” – <http://usj.org.ua>.