

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 96

(липень – грудень, 2020)



Allukrainian collection
of scientific works
GBDMM
GBDMM

MINING, CONSTRUCTIONAL, ROAD AND MELIORATION MACHINES

Allukrainian collection of scientific works

Founded KNUCA in 1965

Number 96

(July – December 2020)

<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 *Костянтин Почка*, 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

<i>Юрій Абрашкевич</i> , д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)	<i>Юрій Науменко</i> , д.т.н., проф. (НУВГП, Рівне)
<i>Олександр Вольченко</i> , д.т.н., проф. (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)	<i>Леонід Пелевін</i> , к.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
<i>Дмитро Гончаренко</i> , д.т.н., проф. (ХНУБА, Харків)	<i>Ігор Ребезнюк</i> , д.т.н., проф. (НЛТУУ, Львів)
<i>Володимир Гришин</i> , д.т.н., проф. (ОДАБА, Одеса)	<i>Роман Рогатинський</i> , д.т.н., проф. (ТНТУ, Тернопіль)
<i>Леонід Заміховський</i> , д.т.н., проф. (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)	<i>Володимир Сівко</i> , д.т.н., проф. (НТУ, Київ)
<i>Святослав Кравець</i> , д.т.н., проф. (НУВГП, Рівне)	<i>Всеволод Франчук</i> , д.т.н., проф. (ДВНЗ НГУ, Дніпро)
<i>В'ячеслав Ловейкін</i> , д.т.н., проф. (НУБіП, Київ)	<i>Леонід Хмара</i> , д.т.н., проф. (ПДАБА, Дніпро)
<i>Леонід Мазуренко</i> , д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)	<i>Валерій Яковенко</i> , д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)
<i>Володимир Лебедев</i> , д.т.н., проф. (ІЕЗ ім. Є.О.Патона, Київ)	<i>Goran Bryntse</i> , ass. prof. (SERO, Borlange, Sweden)
<i>Олександр Маслов</i> , д.т.н., проф. (КрНУ ім. М.Остроградського, Кременчук)	<i>Stanislav Fic</i> , prof., dr hab (Lublin University of Technology, Poland)
<i>Володимир Надутий</i> , д.т.н., проф. (ІГТМ ім. М.С.Полякова НАНУ, Дніпро)	<i>Jerzy Grudzinski</i> , dr hab (University of Life Sciences in Lublin, Poland)
<i>Іван Назаренко</i> , д.т.н., проф. (КНУБА, Київ)	<i>Eugeniusz Krasowski</i> , prof., dr hab (Polish Academy of Science in Lublin, Poland)

Рекомендовано до друку

вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури 21.12.2020 р., протокол № 36

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



Моделювання робочих процесів

Святослав Кравець, Олександр Лук'янчук, Володимир Супонєв, Олексій Гапонов
 Методика розрахунку параметрів скребкового робочого органу траншейного екскаватора на основі критичноглибинного блокованого різання ґрунтів 5

Гірничі та піднімально-транспортні машини

Володимир Волянчук, Дмитро Міщук, Євгеній Горбатюк
 Визначення інерційних навантажень поворотної стріли самохідного крана.. 13

Будівельні машини і технологічне обладнання

Вадим Шаленко, Борис Корнійчук, Андрій Маслюк
 Кінцевий вимикач осі Z 3D-принтер... 22

Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт

Володимир Рашківський, Богдан Федишин
 Аналіз засобів різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії землерийних машин 28

Ігор Русан, Євгеній Коротков
 Аналітичний огляд розробок та вдосконалення робочого органу кабелеукладача при безтраншейному прокладанні кабелів 35

Modeling workflows

Sviatoslav Kravets, Oleksandr Lukyanchuk, Vladimir Suponyev, Olexey Gaponov
 Method of calculating the parameters of the scraper working equipment of the trench excavator based on critical deep blocked soil cutting..... 5

Mining and lifting transport machines

Vladimir Volianiuk, Dmitry Mishchuk, Eugene Gorbatiuk
 Determination of inertial loads of the rotary boom of a self-propelled crane..... 13

Construction machines and technical equipment

Vadym Shalenko, Boris Korniychuk, Andrii Masluyk
 Z-axis limit switch 3D printer 22

Machines for earthworks, road and forestry work

Volodymyr Rashkivskiy, Bohdan Fedyshyn
 Actuality of development of new means of ground cutting spatially oriented knives of dynamic action when working with earth machines .. 28

Igor Rusan, Yevhenii Korotkov
 Analytical review of developments and improvements of the working body of the cable-layer at trenchless laying of cables 35

Автоматизація і інформаційні технології

Євген Міщук, Дмитро Міщук
Системи промислової автоматизації на основі IoT 42

Інформація

Михайло Сукач
Шоста міжнародна науково-практична конференція «Transfer of Innovative Technologies 2020»..... 51

Automation and information technology

Yevhen Mishchuk, Dmytro Mishchuk
IoT-based industrial automation systems 42

Information

Mykhailo Sukach
Sixth international scientific and practical conference «Transfer of Innovative Technologies 2020»..... 51

УДК 624.132.3

Методика розрахунку параметрів скребкового робочого органу траншейного екскаватора на основі критичноглибинного блокованого різання ґрунтів

Святослав Кравець¹, Олександр Лук'янчук²,
Володимир Супонев³, Олексій Гапонов⁴

^{1,2} Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028.

^{3,4} Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002.

¹ s.v.kravets@nuwm.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4063-1942>

² o.p.lukyanchuk@nuwm.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0892-545X>

³ y-suponev@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7404-6691>

⁴ kaf_bdm@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7853-3005>

Received: 23.11.2020; Accepted: 21.12.2020

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0101>

Анотація. В статті наведено методику розрахунку параметрів скребкового робочого органу траншейного екскаватора, що здійснює критичноглибинне різання: критичну глибину для його різців, число ліній різання, крок розстановки різців, висоту скребоків, швидкість різання, робочу швидкість, довжину лемешів різців, необхідне зусилля різання ґрунту, потужності на привід робочого органу і пересування, потужності підбору базової машини. Вихідними даними для розрахунку є: ширина різців $b_{ол}$, м і їх кут різання α_p , град; максимальна глибина траншеї H , м; ширина траншеї B , м; фізико-механічні характеристики ґрунтів (коефіцієнт зчеплення c , МПа; питома сила тяжіння γ_{gp} , МН/м³, кути внутрішнього φ_0 і зовнішнього тертя φ , град). Розроблена методика дозволяє створити енергоефективні робочі органи та визначити їх критичноглибинні режими роботи, що дають можливість підвищити продуктивність і зменшити енергоємність багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів, які здійснюють блоковане різання ґрунтів.

Ключові слова: траншейний екскаватор, робочий орган, параметри скребка, критична глибина

ВСТУП

Ланцюгові траншеєкопачі є універсальними екскаваторами, які використовуються для розробки ґрунту, але одночасно з універсальністю зменшується їх продуктив-

ність. Задача полягає в тому, щоб не змінюючи потужність базової машини, зменшити енергоємність і збільшити технічну продуктивність [3]. Також існує проблема з недостатністю їх модельного ряду для риття траншей різних розмірів і глибин.

Розстановка різців робочого органу і їхні розміри не є оптимальними. При виборі різців не враховано вплив швидкості руху екскаватора та геометрії параметрів процесу різання ґрунтів. Сумарна швидкість переміщення різця в забію являє собою геометричну суму двох швидкостей: швидкості ланцюга і швидкості руху екскаватора [3].

Виконавчий орган разом із руйнуванням ґрунтів виконує функцію транспортування ґрунту з траншеї. Піднятий з траншеї ґрунт накопичується на поверхні незруйнованого масиву, який просипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї.

МЕТА РОБОТА

Метою роботи є створення такого робочого органу, щоб багатоскребковий траншеєкопач для конкретного ґрунту мав максимальну технічну продуктивність і мінімальну енергоємність. З огляду на вихідні дані, необхідно розрахувати кількість різців, їх глибину різання ґрунту та довжину

лемешів, висоту транспортуючих скребоків і відстань між ґрунторозробними елементами (різцями).

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Найбільш значущою складовою процесу копання ґрунту ланцюгово-скребковим робочим органом є різання ґрунту різцями (зубами) та скребками. Під час розрахунку сил різання робочий орган вважається складною механічною системою тягових ланцюгів і скребоків, на яких у визначеному порядку розставлені та закріплені різці з відомими кутовими параметрами. Відділення стружки від масиву ґрунту здійснюється скребками-різцями в умовах блокового, напівблокового та вільного різання ґрунту. В схемах з блокованим та вільним різанням установлені також зачисні скребки без різців. Слід також зважати на зміну питомого опору та енергоємності різання ґрунту зі зміною товщини стружки [2, 4]. Мінімальна енергоємність руйнування ґрунту має місце на критичній глибині різання [2]. Тому методика розрахунку параметрів ланцюгово-скребкових робочих органів траншейних екскаваторів ґрунтується на критичноглибинному різанні ґрунтів.

Вихідними даними для розрахунку є: ширина різців $b_{\text{ол}}$, м і їх кут різання α_p , град; максимальна глибина траншеї H , м; ширина траншеї B , м; фізико-механічні характеристики ґрунтів (коефіцієнт зчеплення c , МПа; питома сила тяжіння $\gamma_{\text{сп}}$, МН/м³, кути внутрішнього φ_0 і зовнішнього тертя φ , град) (Рис. 1).

Розрахунок параметрів проводиться за розробленою методикою в наступній послідовності:

1. Вибирається мінімальна ширина різців з умови міцності їх на згин при зустрічі різця з перешкодою. Відомо [6], що критична глибина прямопропорційна ширині різця і для блокованого різання у 2 рази менша за критичну глибину напівблокованого різання. Тому, щоб усі різці працювали на критичній глибині необхідно, щоб $b_{\text{ол}}^{\text{min}} = 2b_{\text{н.ол}}^{\text{min}}$.

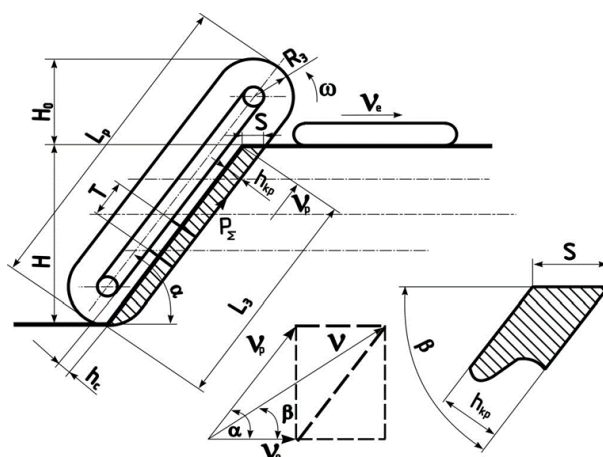


Рис. 1. Розрахункова схема взаємодії робочого органу з ґрунтом

Fig. 1. The scheme of interaction of the working equipment with soil

2. Критична глибина різання

$$h_{\text{кр}} = \frac{a \cdot b_{\text{ол}}}{(\tan \alpha_p)^n \cdot k_{\text{бок}}} \text{ м}, \quad (1)$$

де a і n – коефіцієнти, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту (типу ґрунту), визначені аналітичним способом у залежності від загальновідомих вихідних даних ґрунтів і наведені в літературі [6, 8, 10]; α_p – кут різання при якому енергоємність мінімальна ($\alpha_p = 25 \dots 35^\circ$) [9]; $k_{\text{бок}}$ – відношення глибини сколювання ґрунту до критичної глибини різання в момент утворення елемента стружки ($k_{\text{бок}} = 0,9 \dots 0,95$).

3. Кут нахилу бокових розширень прорізу до горизонту (при блокованому різанні) [9]

$$\gamma = \arccos \left[\frac{c \cdot \cos \varphi_0}{(1 - 0,74 \tan \varphi_0 - \frac{1,52 \cdot c}{q_{\text{кр}}}) q_{\text{сер}}} \right] - \varphi_0. \quad (2)$$

де c – коефіцієнт зчеплення, МПа; φ_0 – кут внутрішнього тертя ґрунту, град; $q_{\text{кр}}$, $q_{\text{сер}}$ – критичне та середнє значення тиску на ґрунторозробний орган, визначаються за [9], МПа.

4. Відстань між суміжними ґрунторозробними органами (різцями, скребками) (Рис.2):

Для схеми з блокованим різанням

$$a_p^{\text{бл}} = 2 \cdot h_{\text{кр}} \cdot k_{\text{бок}} \cdot \cot \gamma, \text{ м.} \quad (3)$$

5. Число ліній різання з умови: для схеми з блокованим різанням [11, 12]

$$B = i_l^{\text{бл}} b_{\text{бл}} + (i_l^{\text{бл}} - 1) a_p^{\text{бл}}, \text{ м.} \quad (4)$$

Звідки

$$i_l^{\text{бл}} = \frac{B + a_p^{\text{бл}}}{b_{\text{бл}} + a_p^{\text{бл}}}, \text{ шт.} \quad (5)$$

Число ліній різання необхідно заокруглити до найближчого цілого числа та уточнити відстань між різцями.

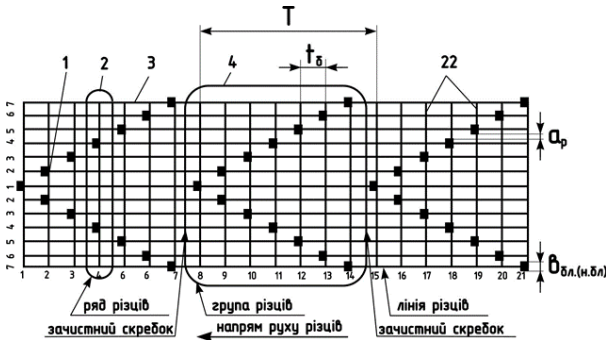


Рис. 2. Ступенева схема розстановки різців (блокована, напівблокована): 1 – різець; 2 – ряд різців; 3 – лінія різців; 4 – група різців; 1...21 – номери різців; 22 – скребки

Fig. 2. Step scheme of arrangement of cutters (blocked, semi-blocked): 1 – cutter; 2 – a number of incisors; 3 – line of incisors; 4 – group of incisors; 1... 21 – numbers of cutters; 22 – scrapers

6. Якщо в ряду встановлено по 2 різці, то кількість їх рядів (балок) дорівнює

$$Z_{\text{бл}} = 1 + \frac{i_l - 1}{2} = \frac{i_l + 1}{2}, \text{ шт.} \quad (6)$$

$Z_{\text{бл}}$ необхідно заокруглити до цілого числа.

7. Різання ґрунту на критичній глибині

можливе за умови

$$\frac{S}{T} = \frac{v_{\text{г}}}{v_p}, \quad (7)$$

де T – крок встановлення однойменних різців у сусідніх групах ґрунторозробних органів (див. Рис. 2), м.

Тому

$$T = S \cdot \frac{V_p}{V_e} = v_e \cdot t_p \cdot \frac{V_p}{V_e} = V_p \cdot t_p = \frac{H}{\sin \beta}, \text{ м.} \quad (8)$$

При такому кроці розстановки різців будуть діяти мінімальні динамічні навантаження на приводні ланцюги, оскільки різання буде здійснюватися постійним числом різців.

8. Крок встановлення різців

$$t_{\text{б}} = \frac{T}{Z_{\text{бл}}} = \frac{H}{Z_{\text{бл}} \sin \beta}, \text{ м.} \quad (9)$$

9. Кількість груп різців, що одночасно знаходяться в заборі

$$Z_{\text{гр}}^3 = \frac{l}{T} = \frac{H/\sin \beta}{H/\sin \beta} = 1, \text{ шт.} \quad (10)$$

10. Висота скребок (балок) з різцями h_c . Зруйнований двома різцями ґрунт (з урахуванням його розпушення) заповнює об'єм між двома суміжними транспортуючими скребками, що встановлені з кроком $t_{\text{б}}$ (див. Рис. 2). Тому

$$h_c \cdot \frac{BT}{Z_{\text{бл}}} \geq 2h \cdot (b_{\text{бл}} + h_{\text{кр}} \cdot k_{\text{бок}}^2 \cdot \cot \gamma) \cdot k_p \cdot \frac{H}{\sin \beta}. \quad (11)$$

У зв'язку з тим, що $T=H/\sin \beta$ для блокованого різання, якщо a_p визначається за залежністю (3)

$$h_c^{\text{бл}} \geq \frac{2h_{\text{кр}} \cdot Z_{\text{бл}}}{B} \cdot (b_{\text{бл}} + h_{\text{кр}} \cdot k_{\text{бок}}^2 \cdot \cot \gamma) \cdot k_p, \quad (12)$$

де k_p – коефіцієнт розпушення ґрунту ($k_p=1,08..1,32$) відповідно для ґрунтів I...IV категорій [11, 12].

Якщо на балках-скребка встановлено по одному різцю, то у чисельнику формули (12) відсутній множник «2».

Висота зачисних скребків (без різців)

$$h_{zc} = h_c + h_{кр}, \text{ м.} \quad (13)$$

11. Швидкість різання φ_p залежить від кутової швидкості приводної зірочки ω та радіуса різання. Кутова швидкість ω обґрунтовується на основі визначення часу t_p та кута розвантаження φ_p в залежності від коефіцієнтів зовнішнього тертя ґрунту μ_1 та висоти скребка h_c при умові, що $\varphi_p = \omega t_p < \frac{\pi}{2}$ (Рис. 3) [7].

Умова розвантаження корегується кутовою швидкістю ω

$$(\omega_{max} = \frac{\pi}{2t_p} = \frac{3,14}{2 \cdot 0,2} = 7,85 \text{ рад/с}).$$

Швидкість різання дорівнює

$$V_p = \frac{t_{ланц}}{2 \sin(180^\circ/n_z)} \cdot \omega, \text{ м/с,} \quad (14)$$

де $t_{ланц}$ – крок ланцюга ($t_{ланц} = 0,1 \dots 0,2$ м); n_z – число зубів приводної зірочки ($n_z = 7 \dots 11$).

12. Технічна продуктивність робочого органа за виносною здатністю

$$P_{техн} = 3600 \cdot B \cdot h_c \cdot V_p \cdot \frac{k_n}{k_p} \Delta_p, \text{ м}^3/\text{год} \quad (15)$$

де k_n – коефіцієнт заповнення ґрунтом міжскребкових екскаваторних ємностей (для ґрунтів I...IV категорій відповідно 0,9...1,2 та 0,7...0,9) [11, 12]; Δ_p – коефіцієнт розтрушування ($\Delta_p = 0,97; 0,92; 0,85; 0,75$ відповідно для $V_p = 0,1; 1,0; 1,5; 2,0$) [10, 11].

13. Робоча швидкість екскаватора

$$V_e = \frac{P_{техн}}{3600BH}, \text{ м/с.} \quad (16)$$

14. Кут між векторами швидкостей робочого органу v_e та різання ґрунту v_p (див. Рис. 1) визначається за залежністю [11]

$$\beta = \arctan \left(\frac{V_p \sin \alpha}{V_p \cos \alpha + V_e} \right) \text{град,} \quad (17)$$

де α – кут установлення робочого органу до горизонту ($\alpha = 30 \dots 55^\circ$, переважно $\alpha = 45 \dots 55^\circ$), град [11, 12].

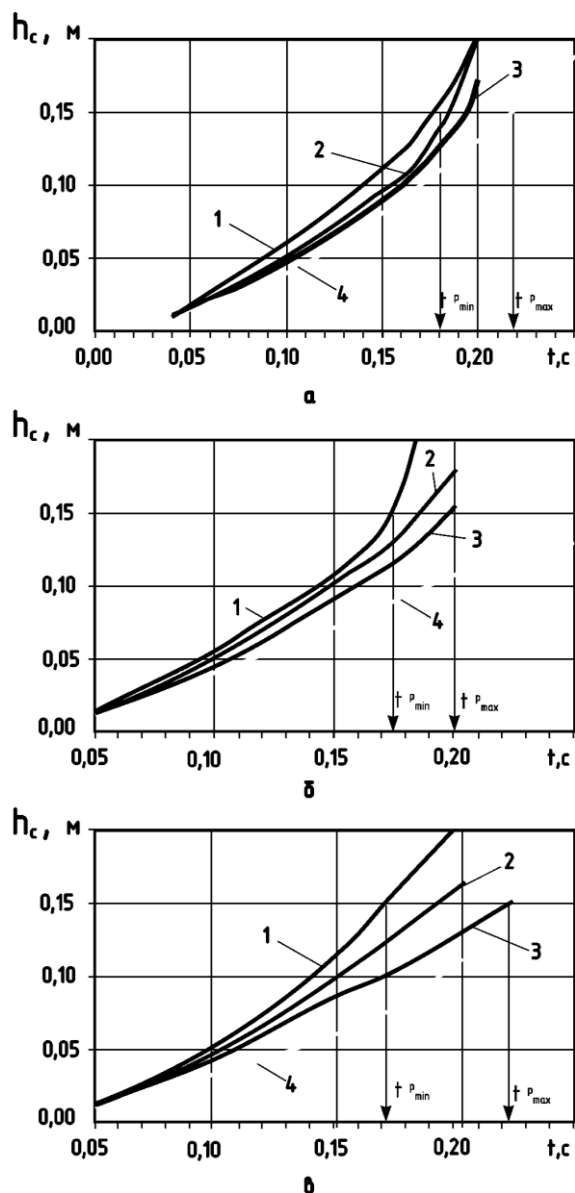


Рис. 3. Залежності зміни шляху переміщення ґрунту по поверхні розвантажувальних скребків від часу розвантаження: а) – $\omega = 5,0 \text{ с}^{-1}$; б) – $\omega = 7,0 \text{ с}^{-1}$; в) – $\omega = 9,0 \text{ с}^{-1}$; 1) – $\mu_1 = 0,2$; 2) – $\mu_1 = 0,3$; 3) – $\mu_1 = 0,4$; 4) – $\mu_1 = 0,6$

Fig. 3. Dependences of change of a way of movement of soil on a surface of unloading scrapers on time of unloading: а) – $\omega = 5,0 \text{ с}^{-1}$; б) – $\omega = 7,0 \text{ с}^{-1}$; в) – $\omega = 9,0 \text{ с}^{-1}$; 1) – $\mu_1 = 0,2$; 2) – $\mu_1 = 0,3$; 3) – $\mu_1 = 0,4$; 4) – $\mu_1 = 0,6$

15. Час різання ґрунторозробними елементами (різцями, скребками)

$$t_p = \frac{H}{V_p \sin \beta}, \text{ с.} \quad (18)$$

16. Подача на кожний різець

$$S = V_e \cdot t_p = \frac{P_{\text{техн}}}{3600 B V_p \sin \beta}, \text{ м.} \quad (19)$$

17. Висота робочого органу над поверхнею H_0 визначається за умови, що довжина одного приводного ланцюга дорівнює трьом крокам між групами скребків

$$l_p = \frac{2(H + H_0)}{\sin \alpha} = 3T = \frac{3H}{\sin \beta}, \text{ м.} \quad (20)$$

Звідки, якщо прийняти $\alpha \approx \beta$

$$H_0 \approx \frac{H}{2}, \text{ м.} \quad (21)$$

18. Кількість груп різців для прийнятої умови $Z_{cp} = 3$.

19. Число різців, що одночасно розробляють ґрунт в умовах блокованого різання якщо a_p визначається за залежністю (1.3)

$$n_{bl} = i_{bl}^{\beta_l}, \text{ шт.} \quad (22)$$

20. Кут зсуву ґрунту в поздовжній площині (у напрямку руху ґрунторозробних органів)

$$\psi = a_\psi + k_\psi \cdot \alpha_p, \text{ рад,} \quad (23)$$

де a_ψ, k_ψ – коефіцієнти інтерполяції для сталого режиму різання, які залежать від типу ґрунту [5, 6, 8]; α_p – кут різання різця, рад.

21. Довжина лемешів середніх різців, що здійснюють симетричне блоковане різання (без обмеження бокових розвалів)

$$l_L = \frac{l_c}{k_{бок}} = \frac{-B_* - \sqrt{B_*^2 - 4A_* \cdot C_*}}{2A_* \cdot k_{бок}}, \text{ м,}$$

де

$$\begin{cases} A_* = -\sin^2 \alpha_p (\cot \alpha_p + \cot \psi) c \\ B_* = 2 \sin \alpha_p (\cot \alpha_p + \cot \psi) c \cdot h_{кр} - \\ \quad - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_0} \cdot b_p \cdot q_{сер} \\ C_* = \frac{c \cdot h_{кр}}{\sin \psi} (b_p + \arcsin \left(\frac{\tan \psi}{\tan \gamma} \right) h_{кр} \cot \psi \end{cases} \quad (24, \text{ а})$$

для асиметричного блокованого різання крайніми боковими різцями

$$\begin{cases} A_* = \sin^2 \alpha_p (\cot \alpha_p + \cot \psi) \cdot \\ \quad \cdot \left(\frac{\xi \cdot q_{сер} \tan \varphi_0}{2} - c \right) \\ B_* = 2 \sin \alpha_p (\cot \alpha_p + \cot \psi) c \cdot h_{кр} - \\ \quad - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_0} \cdot b'_p \cdot q_{сер} \\ C_* = \frac{c \cdot h_{кр}}{\sin \psi} (b'_p + \arcsin \left(\frac{\tan \psi}{\tan \gamma} \right) \frac{h_{кр}}{2} \cot \psi \end{cases} \quad (24, \text{ б})$$

де ξ – коефіцієнт бокового тиску який визначається за формулою Покровського Г.І. [9]:

$$\xi = 1 - 0,74 \cdot \text{tg} \varphi_0 - \frac{1,52 \cdot c}{q_{кр}}. \quad (25)$$

22. Середній тиск на лемеші різців при блокованому різанні

$$q_{сер} = (0,75 \dots 0,8) \cdot q_{кр}, \text{ МПа,} \quad (26)$$

де $q_{кр}$ – критичний тиск на ґрунт по його несучій здатності

$$q_{кр} = \left(\gamma_{зр} \cdot h + \frac{c}{\tan \varphi_0} \right) \tan^4 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right), \quad (27)$$

де $\gamma_{зр}$ – питома сила тяжіння ґрунту, МН/м³.

23. Сила блокованого різання одним різцем

$$P_1 = q_{cep} l_L \cdot b_{\delta l(n.\delta l)} \sin \alpha_p (1 + f \cdot ctg \alpha_p), \quad (28)$$

24. Сумарна сила блокованого різання всіма різцями, якщо відстань між ними $a_p^{\delta l}$.

$$P_{\Sigma P} = i_l^{\delta l} P_1 - P_{\Sigma \epsilon} = i_l^{\delta l} q_{cep} l_L \delta_{\delta l} \sin \alpha_p (1 + f ctg \alpha_p) + P_{\Sigma \epsilon}, \quad (29)$$

де $P_{\Sigma \epsilon}$ – сумарна сила вільного різання ґрунту, який залишився незруйнованим у фронтальній площині між різцями у вигляді трикутників з основою a_p і висотою $h_{кр}$ [9]

$$P_{\Sigma \epsilon} = [-(\sin \psi_\epsilon + tg \varphi_0 \cos \psi_\epsilon) \cdot \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi_\epsilon)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \cdot q_0 + c \cdot ctg \psi] \cdot h_{кр}^2 \cdot ctg \gamma \cdot (i_l^{\delta l} - 1), \quad (30)$$

де

$$\psi_\epsilon = 90^\circ - \frac{\alpha_p + \varphi + \varphi_0}{2}, \text{ град}, \quad (31)$$

q_0 – мінімальний нормальний тиск ґрунту на скребок при контакті з незруйнованими виступами трикутної форми, які залишилися між ножами

$$q_0 = c \cdot (A_1 - 1) ctg \varphi_0, \quad (32)$$

де A_1 – коефіцієнт, який залежить від кута різання та кута внутрішнього тертя ґрунту, чисельні значення якого приведені в [1].

25. Сила опору транспортування зрізаного ґрунту поверхнею забою [12]

$$P_{mp} = \frac{B h_{кр} H \gamma_{zp}}{k_p \sin \beta} (1 + tg \varphi_0 \cdot ctg \alpha) \sin \alpha, \quad (33)$$

де k_p – коефіцієнт розпушення ґрунту ($k_p = 1,08 \dots 1,32$ відповідно для ґрунтів I...IV категорії [11, 12]).

26. Сила натягу ланцюга, що необхідна для підйому ґрунту із забою дорівнює силі тяжіння цього ґрунту

$$P_{nid} = B \cdot h_c \cdot \gamma_{zp} \left(\frac{H}{2} + H_0 \right) \frac{k_H}{k_p \cdot \sin \alpha}, \quad (34)$$

де h_c – висота скребка визначена відповідно до залежності (4); k_H – коефіцієнт заповнення міжскребкового простору (для ґрунтів I...IV категорій відповідно 0,9...1,2 та 0,7...0,9 [11, 12]).

27. Сумарне зусилля в ланцюгу

$$P_\Sigma = P_{\Sigma P} + P_{TP} + P_{nid}, \text{ МН}. \quad (35)$$

28. Енергоємність руйнування одного погонного метру траншеї

$$E = \frac{P_\Sigma \cdot 1,0}{BH \cdot 1,0}, \text{ МДж/м}^3. \quad (36)$$

29. Необхідний крутний момент для приводного валу

$$M_{кр} = 10^6 \cdot P_\Sigma \cdot R_{зip}, \text{ Нм}, \quad (37)$$

де $R_{зip}$ – радіус приводної зірочки

$$R_{зip} = \frac{t_{ланц}}{2 \sin(180^\circ / n_z)}, \text{ м}. \quad (38)$$

30. Необхідна потужність двигуна для приводу ланцюгово-скребкового робочого органу

$$N_{\delta \epsilon} = \frac{10^3 \cdot P_\Sigma \cdot v_p}{\eta_{np} \cdot \eta_{ланц}}, \text{ кВт}, \quad (39)$$

де η_{np} , $\eta_{ланц}$ – ККД привода та ланцюга ($\eta_{np} = 0,7 \dots 0,75$; $\eta_{ланц} = 0,45 \dots 0,50$) [11].

Загальна потужність привода екскаватора визначається за відомою формулою:

$$N = N_{p.o} + N_{nep} + N_{\delta \delta \delta}, \text{ кВт}, \quad (40)$$

де $N_{p.o}$ – потужність на привод ланцюгового скребкового робочого органу; N_{nep} – потужність на привод механізму переміщення;

$N_{\text{дод}}$ – потужність на привод додаткових механізмів.

За загальною потужністю підбирають базову машину та перевіряють її по зчепленню рушія з ґрунтом.

ВИСНОВКИ

Розроблена методика дозволяє створити енергоефективні робочі органи та визначити їх критичноглибинні режими роботи, що дають можливість підвищити продуктивність і зменшити енергоємність багатоскребоквих ланцюгових траншейних екскаваторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Алексеева Т. В.** Дорожные машины. Ч.1. Машины для земляных работ / В.А. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
2. **Ветров Ю. А.** Резание ґрунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 360 с.
3. **Смірнов В. М., Головань В. П., Вольтерс О. Ю.** Дослідження та підвищення ефективності робочих органів ланцюгових траншеєкопачів. Техніка будівництва, 2002, – № 12. – С. 48-52.
4. **Зеленин А. Н.** Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
5. **Кравець С. В.** Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини (Основи теорії, проектування та створення). – Рівне: РДТУ, 1999. – 277 с.
6. **Кравець С. В., Кованько В. В., Лук'янчук О. П.** Наукові основи створення землеройно-ярусних машин і підземно-рухомих пристроїв. Монографія. – Рівне: НУВГП, 2015, – 322 с.
7. **Мусійко В. Д., Кравець С. В., Пухтаєвич О. І.** Визначення раціональних режимів роботи інтенсифікатора розвантаження ґрунту з робочого органу землеройних машин безперервної дії. Вісник Національного транспортного ун-ту, 2018. – № 1(40). – С. 241-251.
8. **Кравець С. В.** Теорія руйнування робочих середовищ. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 124 с.
9. Критичноглибинні двоярусні ґрунторозпушувачі / **С.В. Кравець, М. П. Скоблюк, О. В. Стіньо, Р. В. Зоря.** Монографія. Рівне: НУВГП, 2018. – 322 с.

10. Машины для земляных работ: підручник / **Л. А. Хмара** та ін.; за заг. ред. д.т.н., проф. Л. А. Хмари та д.т.н. проф. С. В. Кравця. Харків: ХНАДУ, 2014. – 548 с.
11. **Мусійко В. Д.** Екскаватори поздовжнього копання: навч. посіб. Київ: НТУ, Віполь, 2008. - 240 с.
12. **Мусійко В. Д.** Теорія та створення інноваційних землеройних машин безперервної дії. Монографія / В. Д. Мусійко – К.: НТУ, СПД Чалнеська Н. В., 2016. – 208 с.

REFERENCES

1. **Alekseeva T. V., Bromberg A. A.** et al. (1972). Road cars. Part 1. Machines for earthworks, Moscow, Mechanical Engineering, 504.
2. **Vetrov Yu. A.** (1971). Cutting soils with earthmoving machines. Moscow, Mashinostroenie, 360.
3. **Smirnov V. M., Golovan V. P., Volters O. Y.** (2002). Research and increase the efficiency of the working bodies of chain trenchers. Construction Engineering, Nr. 12, 48-52.
4. **Zelenin A. N., Balovnev V.I., Kerov I.P.** (1975). Machines for earthworks, Moscow, Mashinostroenie, 424.
5. **Kravets S. V.** (1999). Soil protection and energy saving machines (Fundamentals of theory, design and creation), Rivne, RDTU, 277.
6. **Kravets S. V., Kovanko V. V., Lukyanchuk O. P.** (2015). Scientific bases of creation of earthmoving machines and underground mobile devices. Monograph, Rivne, NUVGP, 322.
7. **Musiyko V. D., Kravets S. V., Pukhtaevich O. I.** (2018). Determination of rational modes of operation of the soil unloading intensifier from the working body of continuous earthmoving machines. Bulletin of the National Transport University. Nr. 1(40). 241–251.
8. **Kravets S. V.** (2008). Theory of destruction of working environments. Tutorial, Rivne, NUVGP, 124.
9. **Kravets S. V., Skoblyuk M. P., Stin'о O. V., Zorya R. V.** (2018). Critically deep two-tier soil looseners. Monograph, Rivne, NUVGP, 322.
10. **Khmara L. A., Kravets S. V.,** etc. (2014). Machines for earthworks: a textbook for general ed. Ph.D., Kharkiv, KhNADU, 548.
11. **Musiyko V. D.** (2008). Longitudinal digging excavators: textbook. way. Kyiv, NTU, Vipol. 240.
12. **Musiyko V. D.** (2016). Theory and creation of innovative earthmoving machines of continuous

action. Monograph. Kyiv, NTU, SPD Chaleska N.V., 208.

Method of calculating the parameters of the scraper working equipment of the trench excavator based on critical deep blocked soil cutting

*Sviatoslav Kravets*¹, *Oleksandr Lukyanchuk*²,
*Vladimir Suponyev*³, *Olexey Gaponov*⁴

^{1,2}*National University of Water and Environmental Engineering,*

^{3,4}*Kharkiv National Automobile and Highway University*

Abstract. The article presents a method of calculating the parameters of the scraper working equipment of a trench excavator that performs critical depth cutting: critical depth for its cutters, number of cutting lines, pitch of cutters, height of scrapers, cutting speed, working speed, length of plowshares of cutters, necessary effort of cutting of soil, power to drive the working equipment and

movement, power selection of the base machine. **Methodology/approach.** To solve these problems, analytical methods were used to study the parameters of multi-scraper excavators that perform critical depth cutting of soils. **Findings.** The developed technique allows to create energy-efficient working equipment and to determine its critical-depth modes of operation, which make it possible to increase productivity and reduce the energy consumption of multi-scraper chain trench excavators that carry out blocked cutting of soils. **Research limitations/implication.** The initial data for the calculation are: the width of the cutters, their cutting angle, the maximum depth of the trench, the width of the trench, the physical and mechanical characteristics of the soil. **Originality/value.** Managed to achieve the prerequisites for reducing the energy intensity of soil development scraper chain excavators based on critical depth cutting of soils.

Keywords: trench excavator, working equipment, scraper parameters, critical depth.

УДК 621.87

Визначення інерційних навантажень поворотної стріли самохідного крана

Володимир Волянук¹, Дмитро Міщук², Євгеній Горбатюк³

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680

¹volian535@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6852-9037>

²mischuk.do@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8263-9400>

³gek_gor@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8148-5323>

Received: 29.04.2020; Accepted: 08.12.2020

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0201>

Анотація. В будівництві для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт широко застосовуються самохідні стрілові крани, основною перевагою яких, серед інших видів кранів, є висока мобільність. Частка самохідних стрілових кранів у будівництві складає більше 60%.

Важливим елементом самохідних стрілових кранів є стріла, від міцності конструкції якої в значній мірі залежить забезпечення техніки безпеки виконання робіт краном і попередження аварійних ситуацій, які ведуть до травматизму та загибелі обслуговуючого персоналу. При розрахунках стріли крана на міцність, потужності електродвигунів механізмів зміни вильоту стріли та повороту, гальм цих механізмів необхідно враховувати всі види навантажень, які діють на поворотну стрілу з вантажем, зокрема, інерційні, що складають вагому частину інших навантажень.

У роботі розглянуто розрахунок наступних моментів сил інерції: створюваний вертикальними інерційними силами при гальмуванні механізму підймання вантажу; що виникає від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму зміни вильоту стріли при пуску і гальмуванні; створений відцентровою силою вантажу, який виникає при обертанні поворотної частини крана; що виникає від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму обертання крана. При розрахунках цих моментів інерції враховуються такі вихідні дані: геометричні розміри крана, маса та довжина стріли, маса і висота підйому вантажу, кут нахилу самохідного крана на місцевості в зоні будівництва, радіус дії стріли крана, швидкості переміщення стріли та вантажу, терміни пуску і галь-

мування механізмів підйому вантажу, зміни вильоту стріли та повороту крана.

Отримані залежності для визначення інерційних навантажень поворотної стріли самохідного крана дозволять більш точно з врахуванням множинних факторів обраховувати значення цих навантажень з метою проведення міцнісних розрахунків стріли, підбору складових механізмів підймання вантажу, зміни вильоту стріли та повороту крана.

Ключові слова: кран, стріла, вантаж, момент, інерція.

ВСТУП

Навантажувально-розвантажувальні роботи є невід'ємною частиною технологічного процесу будівництва. Для виконання цих робіт застосовуються здебільшого крани та вантажопідйомні механізми. Самохідні стрілові крани займають найбільшу частку серед кранів у будівництві, основною їх перевагою є висока мобільність.

Серед елементів конструкції крана важливе місце займає стріла, від характеристик і технічного стану якої залежить техніка безпеки при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт та попередження травматизму обслуговуючого персоналу. Нині в самохідних стрілових кранах найбільш широко застосовуються стріли з прямолінійною віссю та регульованою величиною вильоту.

При виконанні міцнісних розрахунків стріли необхідно враховувати всі види навантажень, що діють на неї, серед яких ва-

жливе місце займають інерційні навантаження. Інерційні навантаження в стрілі виникають при її несталому русі, тобто в періоди розгону та гальмування в механізмах підйому вантажу, зміни вильоту стріли та її повороту. В роботі розглянуто визначення цих навантажень з урахуванням множинних факторів, що дозволяє більш точно визначити їх величини.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробити методику визначення інерційних навантажень на стрілу самохідного стрілового крана при несталому русі механізмів підйому вантажу, зміни вильоту стріли та її повороту з урахуванням множинних факторів з метою отримання більш точних значень цих величин.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботах [2-6] наведені загальні залежності для визначення інерційних навантажень на елементи конструкції крана, його приводи а також на стрілу. Однак у цих залежностях не враховуються кут нахилу крана в зоні будівництва, відхилення вантажу під дією відцентрових сил під час повороту стріли, положення рівнодіючої сил інерції на осі стріли, що не співпадає з центром маси стріли. Врахування цих факторів дозволить точніше визначити інерційні навантаження на стрілу, проводити міцнісні розрахунки елементів стріли та складових механізмів її приводу [7-12].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При розрахунках конструкції стріли самохідного крана на міцність, потужності електродвигунів механізмів зміни вильоту стріли та повороту, гальм цих механізмів необхідно враховувати інерційні навантаження поворотної стріли з вантажем [13].

Сумарний момент інерції поворотної стріли крана з вантажем дорівнює

$$\sum M_i = M_i^e + M_i^{bc} + M_i^u + M_i^{nob}, \quad (1)$$

де M_i^b – момент сил інерції, створений вертикальними інерційними силами при гальмуванні механізму підймання вантажу, що рухається зі швидкістю V_b за час гальмування t , Н·м; M_i^{bc} – момент сил інерції, що виникає від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму зміни вильоту при пуску і гальмуванні, Н·м; M_i^u – момент сил інерції, створюваний відцентровою силою вантажу, що виникає при обертанні поворотної частини крана з частотою $n_{кр}$, тобто при роботі в період несталого руху механізму повороту, Н·м; M_i^{nob} – момент сил інерції від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму обертання крана, Н·м;

Момент сил інерції створюваний вертикальними інерційними силами при гальмуванні механізму підймання вантажу визначається (Рис. 1)

$$M_i^e = G_g \frac{V_g}{t} [(a-b) \cos \alpha + h \sin \alpha]. \quad (2)$$

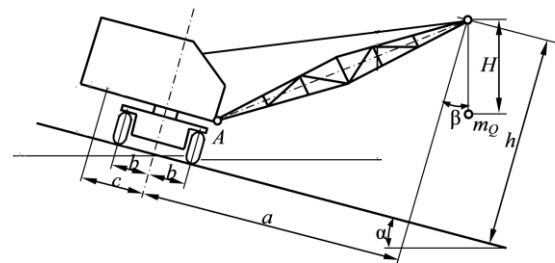


Рис. 1. Схема до визначення моменту інерції поворотної стріли з вантажем самохідного крана

Fig. 1. The scheme to determine the moment of inertia of the rotary boom with the load of the self-propelled crane

При малих кутах нахилу шляху допускається

$$M_i^e = G_g \frac{V_g}{t} (a-b) \quad (3)$$

Інерційне навантаження від маси вантажу і стріли в період несталого руху механі-

зму зміни вильоту стріли залежить не тільки від маси стріли і вантажу, але й від положення вантажу відносно головних блоків стріли, й від системи підвіски вантажу. При скороченні довжини підвіски вантажу прискорення переміщення вантажу по своїй величині наближається до прискорення головки стріли. Тому, розглядаючи найбільшу дію цього навантаження, умовно прийнято вважати, що маса вантажу зосереджена в головці стріли. Тоді інерційне навантаження від маси вантажу при підйомі стріли буде:

$$P_i^s = ma = Q \frac{V_c}{t_p}, \quad (4)$$

де a – дотичне прискорення кінця стріли, м/с²; V_c – колова швидкість головки стріли, м/с; t_p – час несталого режиму роботи механізму зміни вильоту стріли (пуску та гальмування), с; Q – маса вантажу, кг.

Величини V_c і t_p змінюються залежно від вильоту гака. При розрахунку приймається середнє значення цих величин.

Вплив маси стріли, розподіленої по довжині стріли доцільно замінити масою приведеної до оголовка стріли

$$P_i^c = m_{np}^c a = m_{np}^c \frac{V_c}{t_p}, \quad (5)$$

де m_{np}^c – маса стріли приведена до її оголовка, кг.

Відтак, сумарне інерційне навантаження від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму зміни вильоту стріли буде

$$P_i^c = \frac{(Q + m_{np}^c) V_c}{t_p}. \quad (6)$$

Остаточний момент сил інерції, що виникає від маси вантажу та стріли в період несталого руху при роботі механізму зміни вильоту напишемо

$$M_i^{sc} = \frac{(Q + m_{np}^c) V_c}{(\tan \alpha_p)^n \cdot k_{\delta_{ок}}} [(a-b) \cos \alpha + h \cdot \sin \alpha] = \frac{(Q + m_{np}^c) V_c}{t} [(a-b) + h]. \quad (7)$$

Розглянемо інерційні навантаження стріли самохідного крана з прямолінійною подовжньою віссю, які є найбільш поширеними.

Допускаємо, що маса стріли розподілена рівномірно по всій її довжині. Тоді, маса елементарної ділянки стріли буде

$$dm = \frac{m_c}{l} dx, \quad (8)$$

де m_c – маса стріли, кг; l – довжина стріли, м; dx – довжина елементарної ділянки стріли, м (Рис. 2).

Момент інерції маси елементу стріли відносно опори стріли

$$dJ = dm \rho^2 = \frac{m_c}{l} x^2 dx, \quad (9)$$

де ρ – радіус відцентрової сили маси стріли, м; x – відстань від опори стріли до її елементарної ділянки, м.

Момент сил інерції маси всієї стріли при її підйомі з середнім прискоренням

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{V_c}{t_p l}, \quad (10)$$

відносно шарніра опори стріли:

$$dM = dJ \varepsilon = \frac{m_c}{l} x^2 dx \frac{V_c}{t_p l} = \frac{m_c V_c}{l^2 t_p} x^2 dx, \quad (11)$$

Момент сил інерції стріли, Н·м

$$M = \int_0^l \frac{m_c V_c}{l^2 t_p} x^2 dx = \frac{m_c V_c l^3}{l^2 t_p 3} = \frac{m_c V_c l}{3 t_p}, \quad (12)$$

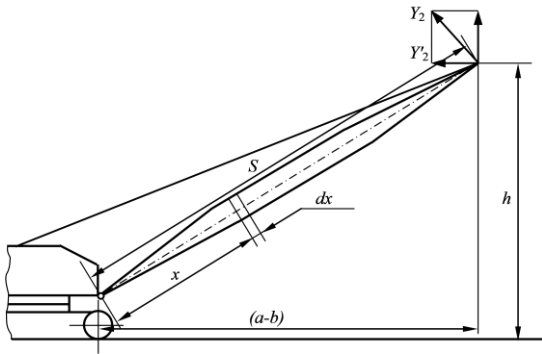


Рис. 2. Схема до визначення сумарного інерційного навантаження від маси стріли

Fig. 2. The scheme to determine the total inertial load from the mass of the boom

Приведена маса стріли, зосереджена на її кінці, створює такий же момент сил інерції, як і момент від дійсної рівномірно розподіленої маси стріли, тобто

$$M_{np} = J_{np} \varepsilon = m_c^{np} \rho^2 \frac{V_c}{t_p l} = \frac{m_c^{np} l^2 V_c}{t_p l} = \frac{m_c^{np} V_c l}{t_p}, \quad (13)$$

де m_c^{np} – маса стріли приведена до її оголовка, кг; J_{np} – момент інерції приведеної маси, зосередженої на кінці стріли, Н·м.

Прирівнюючи праві частини рівнянь (12) і (13), визначаємо величину приведеної маси стріли до її оголовка:

$$\frac{m_c^{np} V_c l}{t_p} = \frac{m_c V_c l}{3t_p}, \quad (14)$$

звідки:

$$m_c^{np} = \frac{m_c}{3}. \quad (15)$$

Якщо прямолінійна частина має істотне відхилення від рівномірного розподілу маси стріли по довжині, то як наближене рішення, можна всю довжину стріли розбити на зони, всередині яких погонна вага стріли змінюється неістотно. Потім визначається сумарний момент інерційного навантаження відносно шарніра опори стріли, який

одержимо в результаті підсумовування інтегралів моментів для всіх зон стріли.

Момент сил інерції, що створюється відцентровою силою вантажу, який виникає при обертанні поворотної частини крана з частотою $n_{кр}$, тобто при роботі в період несталого руху механізму повороту, визначається (Рис. 3):

$$M_i^y = P_y h, \quad (16)$$

де P_y – відцентрова сила; h – відстань від рівня стоянки крана до оголовка стріли.

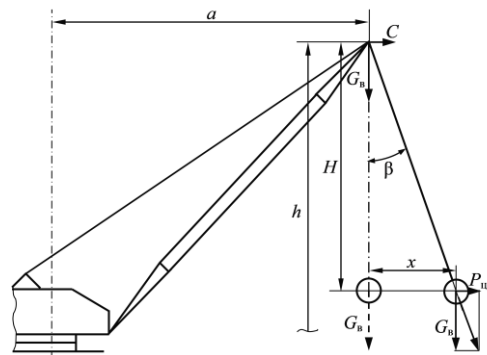


Рис. 3. Схема до визначення моменту сил інерції, створюваного відцентровою силою вантажу, який виникає при роботі в період несталого руху механізму повороту

Fig. 3. Scheme for determining the moment of inertia forces created by the centrifugal force of the load, which occurs during operation during the period of unstable movement of the turning mechanism

Відцентрова сила дорівнює, кг

$$P_y = m \omega^2 \rho = m \frac{\pi^2 n^2}{900} (a + x), \quad (17)$$

де m – маса вантажу, кг; n – частота обертання крана, хв^{-1} ; a – горизонтальна відстань від осі обертання крана до кінця стріли, м; x – відстань відхилення вантажу під дією відцентрової сили, м.

Величина відхилення вантажу під дією відцентрової сили, м

$$x = H \cdot \operatorname{tg} \beta; \quad \frac{x}{H} = \frac{P_6}{G_6}, \quad (18)$$

де H – вертикальна відстань від центру маси вантажу до оголовка стріли, м.

Звідки

$$x = \frac{P_4 H}{G_6}. \quad (19)$$

Радіус цієї відцентрової сили дорівнює, м

$$c = a + x = a + \frac{P_4 H}{G_6}. \quad (20)$$

Підставляючи та перетворюючи отримаємо

$$P_4 = m \frac{\pi^2 n^2}{900} \left(a + \frac{P_4 H}{G_6} \right);$$

$$P_4 = \frac{G_6 \pi^2 n^2 a}{g \cdot 900} + \frac{G_6 \pi^2 n^2 P_4 H}{g \cdot 900 G_6};$$

$$P_4 - \frac{P_4 n^2 H}{900} = \frac{G_6 n^2 a}{900}.$$

Звідки

$$P_4 = \frac{G_6 n^2 a}{900 - n^2 H}. \quad (21)$$

Момент сил інерції вантажу від відцентрової сили, що виникає при повороті крана остаточно визначається, Н·м

$$M_i^4 = \frac{G_6 n^2 a h}{900 - n^2 H}. \quad (22)$$

Момент сил інерції від маси вантажу та стріли в період несталого руху механізму обертання крана направлений по дотичній до траєкторії руху мас (Рис. 4). Точний розрахунок цього навантаження проводиться з урахуванням розподілу маси стріли по її довжині і з урахуванням підвіски вантажу.

Розрахунок еквівалентної маси стріли по її довжині з допущенням рівномірного роз-

поділу маси стріли по її довжині здійснюється, прийнявши вісь стріли прямолінійною. Оскільки маса стріли розподілена по похилій прямій, а точка додаткової рівно

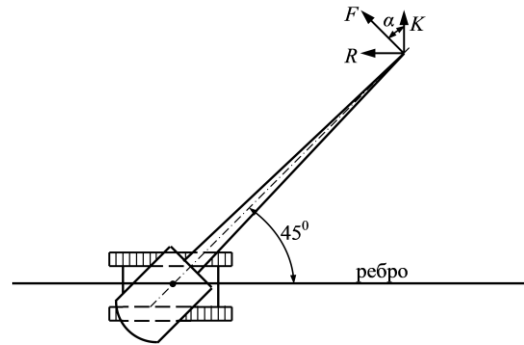


Рис. 4. Схема до визначення сили моменту сил інерції від маси вантажу і стріли в період несталого руху механізму обертання крана

Fig. 4. Scheme for determining the force of the moment of inertia from the mass of the load and the boom during the period of unstable movement of the crane rotation mechanism

діючої сил інерції не співпадає з центром ваги стріли, необхідно визначити положення рівнодіючої на осі стріли. Для цього визначаємо величину сили інерції маси стріли.

Елементарна маса стріли дорівнює (Рис. 5)

$$dm = \frac{m_c}{l} dx. \quad (23)$$

де m_c – маса стріли, кг; l – довжина стріли, м.

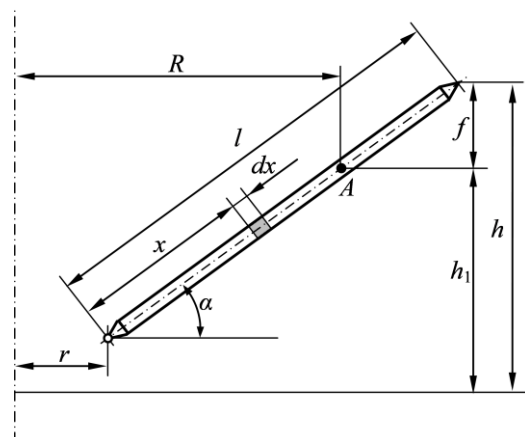


Рис. 5. Елементарна маса стріли

Fig. 5. Elementary mass of the boom

Елементарна сила інерції стріли

$$\begin{aligned} dP &= dm \cdot a = dm \frac{V_c}{t} = dm \frac{\bar{\omega}}{t} l = \\ &= \frac{m_c}{l} \cdot \frac{\pi n}{30t} (r + x \cos \alpha) dx. \\ dP &= \frac{m_c}{l} \cdot \frac{\pi n}{30t} (r + x \cos \alpha) dx, \quad (24) \end{aligned}$$

де t – час несталоного руху механізму обертання, с; α – кут нахилу стріли, град; r – відстань від осі обертання крана до п'яти стріли, м.

Сила інерції від маси стріли дорівнює, Н

$$\begin{aligned} P &= \int_0^l \frac{m_c \pi n}{30tl} (r + x \cos \alpha) dx = \frac{m_c \pi n}{30tl} \left(lr + \frac{l^2 \cos \alpha}{2} \right); \\ P &= \frac{m_c \pi n}{30t} \left(r + \frac{l \cos \alpha}{2} \right). \quad (25) \end{aligned}$$

Момент сили інерції елемента стріли відносно осі обертання крана

$$dM = dP(r + x \cos \alpha). \quad (26)$$

Сумарний момент сили інерції стріли відносно осі обертання крана, Н·м

$$\begin{aligned} M &= \int_0^l \frac{m_c \pi n}{30tl} (r + x \cos \alpha) dx = \\ &= \frac{m_c \pi n}{30tl} \int_0^l (r + 2xr \cos \alpha + x^2 \cos^2 \alpha) dx; \\ M &= \frac{m_c \pi n}{30tl} (r^2 x + 2r \cos \alpha \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} \cos^2 \alpha); \\ M &= \frac{m_c \pi n}{30tl} (r^2 l + r l^2 \cos \alpha + \frac{l^3}{3} \cos^2 \alpha); \\ M &= \frac{m_c \pi n}{30t} (r^2 + r l \cos \alpha + \frac{l^2}{3} \cos^2 \alpha). \quad (27) \end{aligned}$$

Знаходимо радіус R рівнодіючої сил інерції на осі стріли від осі обертання крана, м

$$\begin{aligned} R = \frac{M}{P_i} &= \frac{m_c \pi n \left(r^2 + r l \cos \alpha + \frac{l^2}{3} \cos^2 \alpha \right) / 30t}{m_c \pi n \left(r + \frac{l \cos \alpha}{2} \right) / 30t} = \\ &= \frac{r^2 + r l \cos \alpha + \frac{l^2}{3} \cos^2 \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha}. \quad (28) \end{aligned}$$

Рівнодіюча сила інерції розташована нижче рівня оголовка стріли на величину f

$$\begin{aligned} f &= l \sin \alpha - (R - r) \operatorname{tg} \alpha = l \sin \alpha - (R - r) \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; \\ f &= l \sin \alpha \left[1 - (R - r) \frac{1}{l \cos \alpha} \right] = \\ &= l \sin \alpha \left[1 - \left(\frac{r^2 + r l \cos \alpha + \frac{l^2}{3} \cos^2 \alpha}{\left(r + \frac{l}{2} \cos \alpha \right) l \cos \alpha} - \frac{r}{l \cos \alpha} \right) \right]; \\ f &= l \sin \alpha \left\{ 1 - \frac{\left(r^2 + r l \cos \alpha + \frac{l^2}{3} \cos^2 \alpha - r^2 - \frac{lr}{2} \cos \alpha \right)}{\left(r + \frac{l}{2} \cos \alpha \right) l \cos \alpha} \right\}. \end{aligned}$$

Остаточно отримаємо

$$f = l \cdot \sin \alpha \left[1 - \frac{\frac{r}{2} + \frac{l}{3} \cos \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha} \right]. \quad (29)$$

Плече рівнодіючої сили відносно ребра перекидання A буде, м

$$h_1 = h - f = h - l \cdot \sin \alpha \left[1 - \frac{\frac{r}{2} + \frac{l}{3} \cos \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha} \right]. \quad (30)$$

Еквівалентне навантаження, приведенне до кінця стріли, Н

$$P_e = m \frac{h-f}{h} = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(r + \frac{l \cos \alpha}{2} \right) \cdot \left[h - l \cdot \sin \alpha \left(1 - \frac{\frac{r}{2} + \frac{l}{3} \cos \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha} \right) \right];$$

$$P_e = \frac{m_c \pi n}{30th} (r + l \cos \alpha) \cdot \left[h - l \cdot \sin \alpha \left(\frac{r + \frac{l}{2} \cos \alpha - \frac{r}{2} - \frac{l}{3} \cos \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha} \right) \right];$$

$$P_e = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(r + \frac{l \cos \alpha}{2} \right) \cdot \left[\frac{rh + \frac{l}{2} h \cos \alpha - rl \sin \alpha - l \frac{r}{2} \sin \alpha \cos \alpha + \frac{r}{2l \sin \alpha} + \frac{l^2}{3} \cos \alpha \sin \alpha}{r + \frac{l}{2} \cos \alpha} \right];$$

$$P_e = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(\frac{rh + \frac{l}{2} h \cos \alpha - \frac{r}{2} l \sin \alpha - \frac{3l^2 \sin \alpha \cos \alpha + 2l^2 \sin \alpha \cos \alpha}{6}} \right);$$

$$P_e = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(h \left(r + \frac{l}{2} \cos \alpha \right) - \frac{r}{2} l \sin \alpha - \frac{l^2 \sin \alpha \cos \alpha}{6} \right);$$

$$P_e = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(\frac{h \left(r + \frac{l}{2} \cos \alpha \right) - l \sin \alpha \left(\frac{r}{2} + \frac{l}{6} \cos \alpha \right)} \right). \quad (31)$$

Момент інерції від маси вантажу і стріли в період несталого руху роботи механізму повороту крана, Н·м

$$M_i^{nos} = \frac{m_c \pi n}{30th} \left(\frac{h \left(r + \frac{l}{2} \cos \alpha \right) - l \sin \alpha \left(\frac{r}{2} + \frac{l}{6} \cos \alpha \right)} \right) +$$

$$+ Q_g \frac{\pi n}{30t} (r + l \cos \alpha) h.$$

Необхідно мати на увазі, що еквівалентна сила підсумовується з силою інерції від маси вантажу, прийнявши масу вантажу зосередженою на кінці стріли.

ВИСНОВКИ

Отже, застосування наведеної методики дозволить більш точно з урахуванням множинних факторів визначати величини інерційних навантажень самохідного стрілового крана при несталому русі механізмів підйому вантажу, зміни вильоту стріли та її повороту з метою проведення міцнісних розрахунків елементів стріли, підбору складових її механізмів.

В перспективі необхідна розробка програм для виконання цих розрахунків із використанням обчислювальних машин [14].

ЛІТЕРАТУРА

1. **Лівінський О. М.** Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини: підручник / О. М. Лівінський, О. І. Курок, Л. Є. Пелевін, В. О. Маліч, В. М. Коваленко, В. Я. Бабиченко, І. В. Русан, В. О. Волянчук, Д. О. Міщук, Г. М. Мачишин. – К.: “МП Леся”, 2016. – 676 с.
2. **Баладінський В. Л.** Пристрої та механізми вантажопідйомних машин: навч. посібник / В. Л. Баладінський, І. В. Русан, О. М. Гаркавенко, О. Ю. Вольтерс. – К.: КНУБА, 2005. – 132 с.
3. **Гончарук О. М.** Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка: навч. посібник / О. М. Гончарук, В. М. Стрілець. – Рівне: НУВГП, 2006. – 345 с.
4. **Ловейкін В. С.** Оптимізація режиму зміни вильоту маніпулятора з гідроприводом / В. С. Ловейкін, Д. О. Міщук – К.: Компринт, 2013. – 206 с. <https://doi.org/10.26884/damu.m13orzvimg>.
5. **Александров М. П.** Грузоподъемные машины: учебник / М. П. Александров. – М.: Высшая школа, 2000. – 552 с.
6. **Вайнсон А. А.** Подъемно-транспортные машины: учебник / А. А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
7. **Додонов Б. П.** Грузоподъемные и транспортные устройства: учебник / Б. П. Додонов, В. А. Лифанов. – М.: Машиностроение, 1990. – 248 с.

8. **Іванченко Ф. К.** Підйомно-транспортні машини: підручник / Ф. К. Іванченко. – К.: Вища школа, 1993. – 413 с.
9. **Колесник Н. П.** Расчеты строительных кранов: учебник / Н. П. Колесник. – К.: Вища школа, 1985. – 240 с.
10. **Бондарев В. С.** Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин: підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубінець, М. П. Колісник. – К.: Вища шк., 2009. – 373 с.
11. **Назаренко І. І.** Вантажопідймальна техніка (конструкції, ефективне використання, сервіс): навч. посібник / І. І. Назаренко, Ф. О. Німко. – К.: “Слово“, 2010. – 400 с.
12. **Красношапка В. А.** Исследование динамических моделей приводов: навч. посібник / В. А. Красношапка. – К.: Наукова думка, 1983. – 183 с.
13. **Волянюк В. О.** Шляхи удосконалення краноманіпуляторних установок / В. О. Волянюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, 2013, – Вип. 81. – С. 24-30.
14. **Міщук Д.** Визначення геометричних параметрів маніпулятора за характеристиками робочого середовища / Д. Міщук, В. Волянюк, Є. Горбатюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, 2019. – Вип. 94. – С. 25-34. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0201>
5. **Aleksandrov M. P.** (2000). Lifting machines: a textbook. Moscow, High school, 552. (*in Russian*).
6. **Weinson A. A.** (1989). Lifting and transport machines: a textbook. Mowsow, Mashinostroenie, 536. (*in Russian*).
7. **Dodonov B. P., Lifanov V. A.** (1990). Lifting and transport devices: a textbook. Moscow, Mashinostroenie, 248. (*in Russian*).
8. **Ivanchenko F. K.** (1993). Lifting and transport machines: a textbook. Kyiv, High school, 413. (*in Ukrainian*).
9. **Kolesnik N. P.** (1985). Calculations of construction cranes: a textbook. Kyiv, High school, 240. – (*in Russian*).
10. **Bondarev V. S., Dubinets O.I., Kolisnyk N.P.** (2009). Lifting and transport machines: Calculations of lifting and transporting machines: textbook. Kyiv, High school, 373. (*in Ukrainian*).
11. **Nazarenko I. I., German F. O.** (2010). Lifting equipment (construction, efficient use, service): textbook. manual. Kyiv, Slovo Publ., 400. (*in Ukrainian*).
12. **Krasnochapka V. A.** (1983). Research of dynamic models of drives: textbook manual tutorial, Kyiv, Scientific thought, 183. – (*in Ukrainian*).
13. **Volianiuk V. O.** (2013). Ways to improve crane manipulators. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr.81, 24-30. (*in Ukrainian*).
14. **Mischuk D.** Volianiuk V., Gorbatyuk Eu. (2019). Determination of geometric parameters of the manipulator according to the characteristics of the working environment. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr.94, 25-34. (*in Ukrainian*). <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0201>

REFERENCES

1. **Livinsky O. M., Kurok O. I., Pelevin L. Ye., Malich V. O., Kovalenko V. M., Babichenko V. Ya., Rusan I. V., Volianiuk V. O., Mishchuk D. O., Machishin G. M.** (2016). Lifting and transport and loading and unloading machines: a textbook. Kyiv, Lesia Publ., 676. (*in Ukrainian*).
2. **Baladinsky V. L., Rusan I. V., Garkavenco O. M., Walters O. Yu.** (2005) Devices and mechanisms of hoisting machines: textbook. Manual. Kyiv, KNUCA, 132. (*in Ukrainian*).
3. **Goncharuk O. M., Sagittarius B. M.** (2006). Lifting, transporting and transport equipment: textbook. manual, Rivne, NUVGP, 345. (*in Ukrainian*).
4. **Mischuk D. O., Lovejkin V. S.** (2013). Optimizacija rezhimu zmini vilotu manipujatora z gidroprivodom. Monografija [Optimization of the mode of change of departure of the manipulator with a hydraulic drive. Monograph]. CP Komprint Publ., 206. <https://doi.org/10.26884/damu.m13opzvmg>. (*in Ukrainian*).

Determination of inertial loads of the rotary boom of a self-propelled crane

*Vladimir Volianiuk, Dmitry Mishchuk,
Eugene Gorbatyuk*

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. Self-propelled jib cranes are most widely used in construction for loading and unloading operations, the main advantage of which, among other types of cranes, is high mobility. The

share of self-propelled jib cranes in construction is more than 60%.

An important element of the construction of self-propelled jib cranes is the boom, the strength of the structure of which largely depends on the safety of the crane and the prevention of accidents that lead to injuries and death of maintenance personnel. When calculating the crane boom for strength, power of electric motors for changing the departure of the boom and turn, the brakes of these mechanisms must take into account all types of loads acting on the rotary boom with load, including inertial, which account for a significant share among other loads.

The paper considers the calculation of the following moments of inertia forces: created by vertical inertial forces during braking of the load lifting mechanism; arising from the mass of the load and the boom during the period of unstable movement of the mechanism of change of the boom departure during start-up and braking; the load created by

centrifugal force which arises at rotation of a rotary part of the crane; arising from the mass of the load and the boom during the period of unstable movement of the crane rotation mechanism. When calculating these moments of inertia, the following initial data are taken into account: geometric dimensions of the crane, weight and length of the boom, weight and height of the load, angle of the self-propelled crane in the construction area, radius of the crane boom, boom and load speeds, start and braking times mechanisms for lifting the load, changing the departure of the boom and turning the crane.

The obtained dependences for determining the inertial loads of the rotary boom of a self-propelled crane will allow more accurately taking into account multiple factors to calculate the values of these loads in order to perform strength calculations of the boom, selection of components for lifting, changing the boom and turning the crane.

Keywords: crane, boom, load, moment, inertia.

Кінцевий вимикач осі Z 3D-принтер

Вадим Шаленко¹, Борис Корнійчук², Андрій Маслюк³

Київський національний університет будівництва і архітектури,

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна,

¹vadshal@i.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6984-0302>

²Fait@i.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3881-1581>

³Andre.IT@email.ua, <https://orcid.org/0000-0002-6349-084X>

Received: 02.11.2020; Accepted: 11.12.2020

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0301>

Анотація. З моменту появи першого 3D-принтера минуло небагато часу. Сьогодні вже існує безліч різноманітних принтерів. Вони відрізняються різними технологіями 3D-друку, а саме: стереолітографія (Stereolithography - SL), селективне лазерне спікання (Selective Laser Sintering), моделювання плавленням (Fused Deposition Modeling - FDM), пошарове формування об'ємних моделей з листового матеріалу (Laminated Object Manufacturing - LOM), струменева полімеризація (Polyjet and Ployjet Matrix).

За останні роки поширення технологій 3D-друку набуло, і на сьогодні продовжує, все більшого вжитку. Безумовно, в майбутньому нас очікує масштабне поширення адитивних методик, але практичне застосування 3D-друку доступно кожному вже сьогодні. Широкого розповсюдження і доступності набула технологія Fused Deposition Modeling [12, 13].

Автори у даній статті розглядають можливі варіанти модернізації кріплення кінцевого датчика Осі Z та автоматизації процесу калібрування нульового зазору сопла екструдера по відношенню до робочої поверхні принтера. Дане калібрування є надзвичайно важливою. Вона впливає на точність і на процес друку майбутньої моделі з пластику.

Протягом експлуатації 3D-принтера найчастіше доводиться виконувати обслуговування екструдера, що передбачає постійне калібрування нульового зазору сопла принтера. Оптимально вірно підібраний зазор сопла впливає на точність, дотримання геометрії моделі та друку в цілому. Також дозволяє позбутися відклеювання моделі від поверхні робочого столу і руйнуванні моделі в процесі друку.

Ключові слова: екструдер, сопло, кінцевий вимикач, робочий стіл, 3D-принтер.

ВСТУП

Технологія Fused Deposition Modeling (FDM) – моделювання методом пошарового наплавлення пластику. Була винайдена ученим на ім'я Скотт Крамп через кілька років після того, як Чак Хулл винайшов лазерний 3D-друк. Крамп намагався отримати вигоду із розробки і в 1990 році заснував компанію Stratasys, яка запатентувала цю технологію під брендом FFF. Тому технологію 3D-друку FDM інколи можуть згадувати як технологію Fused Filament Fabrication (FFF) [11].

Широке розповсюдження та доступність бюджетного сегменту 3D-принтерів зумовлює появу різноманітності конструкцій та технічних рішень таких пристроїв. Їх модернізація та вдосконалення впливає на точність, високу якість, а також спрощення та автоматизацію процесу обслуговування 3D-принтерів.

МЕТА РОБОТИ

Модернізація та вдосконалення конструкцій 3D-принтера з метою полегшення роботи з принтером, покращення якості друку виробів та автоматизації процесу обслуговування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Відомо, що основою 3D-друку є пошаровий метод отримання об'ємної деталі. Важливо досягти правильного друку кож-

ного шару моделі. З цієї причини виконують калібрування 3D-принтера. Досягти точної висоти першого шару дуже важко, тому намагаються налаштувати приблизно середню висоту шару друку (Рис.1).

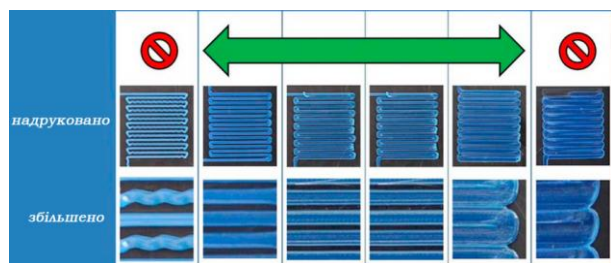


Рис. 1. Результат друку шару пластика за різної висоти

Fig. 1. The result of printing a layer of plastic at different heights

Якщо сопло буде вище заданої висоти шару, то доріжка пластику буде друкуватися переважно хвилястими лініями та мати хаотичну геометрію. Це призведе до таких наслідків: по-перше – неможливість дотримання вірної необхідної геометрії моделі; по-друге – перший шар не матиме необхідної адгезії з поверхнею робочого столу (підлипання моделі до столу); по-третє – між шарами пластику не відбуватиметься належного спікання (руйнування моделі під час друку). На Рис. 2 показано вид з боку та ззаду під час друку першого шару пластику.

Коли сопло під час друку буде нижче потрібної висоти шару пластик відбудеться розмазування по поверхні столу. Пластик намагатиметься продавитись через маленьку висоту сопла, з'являтимуться напливи зайвого пластику між доріжками. Що в результаті призведе до втрати правильної геометрії виробу та недоліків надрукованої моделі.

Правильне калібрування сопла принтера можлива при відповідності висот друкованого та заданого шарів. За такої умови сопло буде правильну геометрію кожної доріжки пластику, що впливатиме на гарну адгезію першого шару пластика з поверхнею столу. Кожен шар пластику буде добре спікатись між собою, забезпечуючи моно-

літність моделі та правильність геометрії. Таке калібрування висоти сопла є оптимально правильною для вдалого 3D-друку на принтері [6-10].

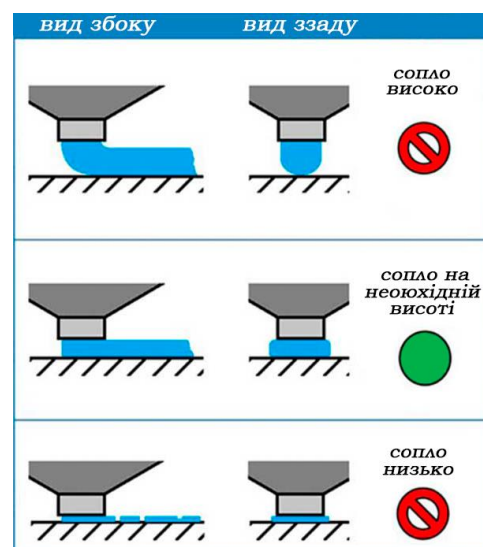


Рис. 2. Схема друку першого шару пластика

Fig. 2. The scheme of printing the first layer of plastic

На різних 3D-принтерах процес калібрування може відрізнятися, це зумовлено особливістю механіки та різноманітності будови принтерів. Розглянемо поетапний процес калібрування на прикладі принтера Tronxy 3D printer X3 (Рис. 3).

Припустимо, що ми почистили екструдер та встановили нове сопло, яке відрізняється від попереднього розмірами. Послідовність калібрування принтера при цьому матиме 7 етапів [1-2]:

1. засобами програмного забезпечення принтера застосовуємо команду G28 – Команда «Home». Паркуємо головку екструдера в точках X0, Y0, Z0;
2. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X так, щоб сопло знаходилося навпроти першого регульованого гвинта робочого столу;
3. між соплом і робочим столом підкладаємо калібрувальний щуп, підкручуючи або відкручуючи гвинт виставляємо нульовий зазор;
4. проводимо цю ж послідовність дій над кожним гвинтом (позиція 2);

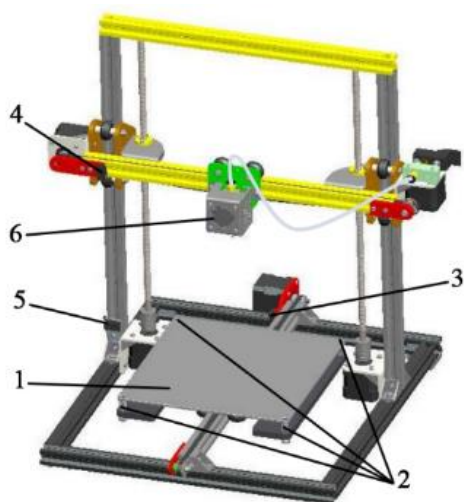


Рис. 3. Схема принтера Tronxy 3D printer X3: 1 – робочий стіл принтера; 2 – гвинти регулювання робочого столу; 3 – кінцевий вимикач Осі X; 4 – кінцевий вимикач Осі Y; 5 – кінцевий вимикач Осі Z; 6 – екструдер

Fig. 3. Schematic of the X3 Tronxy 3D printer: 1 – desktop printer; 2 – table adjusting screws; 3 – limit switch on the X axis; 4 – Y-axis limit switch; 5 – Z-axis limit switch; 6 – extruder

5. після цього повторно запускаємо виконання команди G28;

6. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X, повторно перевіряємо калібрування. Якщо потрібно повторюємо знову етапи 2-5;

7. друкуємо пробний калібрувальний друк. Аналізуємо отриманий результат (Рис. 2).

Таке калібрування займає певний час. Однак, через заміну одного сопла, доводиться калібрувати увесь стіл принтера. Це не завжди є доцільним і зручним. При надійній збірці робочого столу принтера в процесі експлуатації калібрування непотребне. За виключенням встановлення додаткової поверхні на стіл (скло, магнітний килимок, тощо) [3-5].

У процесі експлуатації 3D-принтера найчастіше проводять обслуговування екструдера. У зв'язку з цим є доцільним проведення певної модернізації принтера для спрощення процесу калібрування. Замінивши кріплення датчика 5 Осі Z на рухоме кріплення (Рис. 4).

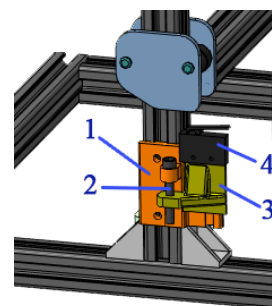


Рис. 4. Схема рухомого датчика: 1 – основа кріплення; 2 – гвинт регулювальний; 3 – рухома платформа кріплення; 4 – кінцевий вимикач Осі Z

Fig. 4. Diagram of a moving sensor: 1 – mounting base; 2 – adjusting screw; 3 – movable mounting platform; 4 – Z-axis limit switch

Обертаючи гвинт 2 переміщується рухома платформа 3 на якій встановлено кінцевий вимикач 4. Це дозволяє змінювати положення нульової точки Z0 вздовж координати Осі Z. У такий спосіб під час калібрування нульового зазору сопла зникає необхідність додатково регулювати робочий сіл принтера. Розглянемо поетапно процес калібрування при використанні такого рухомого кріплення:

1. засобами програмного забезпечення принтера застосовуємо команду G28 – Команда «Home»;

2. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X так, щоб сопло знаходилося у центрі робочого столу;

3. між соплом і робочим столом підкладаємо калібрувальний щуп і за допомогою програмного керування виставляємо зазор у нульове положення. Записуємо цифрове значення яке вийшло під час калібрування;

4. обертаючи регулюючий гвинт виставляємо отримане значення, при цьому переміщуємо сам кінцевий вимикач.

5. після цього повторно запускаємо виконання команди G28;

6. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X так, щоб сопло знаходилося у центрі робочого столу і перевіряємо правильність калібрування, якщо потрібно відтворюємо етапи 2-5;

7. друкуємо пробну калібруючу модель. Аналізуємо отриманий результат (Рис. 1).

Як бачимо, послідовність калібрування з такою модернізацією майже нічим не відрізняється від попереднього методу. При кожній заміні або чистці сопла потрібно постійно виконувати перекалібрування нульового зазору сопла екструдера. На це потрібно певний час і зусилля.

Для часткового полегшення процесу калібрування нульового зазору сопла пропонується розглянути наступний варіант установки кінцевого вимикача Осі Z (Рис. 5). Датчик встановлюється так, щоб при координатах X0, Y0 положення сопла було над датчиком.

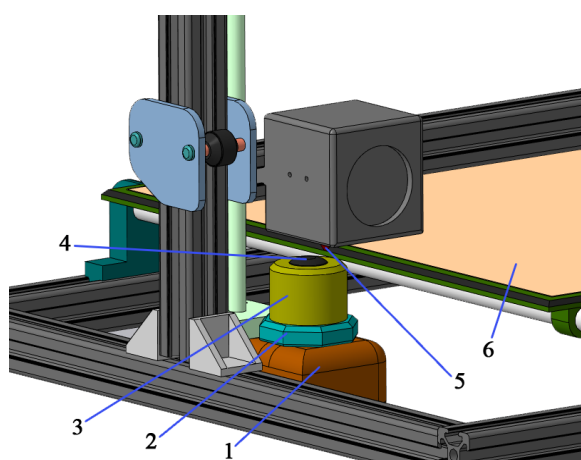


Рис. 5. Розміщення кінцевого вимикача висоти Осі Z: 1 – корпус датчика; 2 – гайка регулювання висоти датчика; 3 – рухоме кріплення датчика; 4 – датчик Осі Z; 5 – сопло екструдера; 6 – робоча поверхня столу принтера

Fig. 5. Location of the limit switch of the Z axis: 1 – sensor housing; 2 – sensor height adjustment nut; 3 – movable sensor mounting; 4 – Z Axis sensor; 5 – extruder nozzle; 6 – printer desktop

Дане технічне рішення встановлення кінцевого датчика Осі Z складається з корпусу 1, який кріпиться до станини принтера. На корпусі датчика закріплена гайка регулювання висоти датчика 2, при обертанні якої опускається або підіймається рухоме кріплення 3 на якому встановлений сам датчик Осі Z 4.

Після установки такого рішення проводиться калібрування нульового зазору сопла екструдера 5 відносно робочої поверхні столу принтера 6. Процес калібрування має такі етапи:

1. засобами програмного забезпечення принтера застосовуємо команду G28 – Команда «Home»;
2. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X так, щоб сопло знаходилося у центрі робочого столу;
3. між соплом і робочим столом підкладаємо калібрувальний шуп і за допомогою програмного керування виставляємо зазор у нульове положення. Записуємо цифрове значення яке вийшло під час калібрування;
4. обертаємо регулюючий гвинт висоти датчика 2 на отримане значення, водночас переміщуємо сам кінцевий вимикач у необхідне положення;
5. після цього повторно запускаємо виконання команди G28;
6. переміщуємо екструдер по Осі Y та Осі X так, щоб сопло знаходилося у центрі робочого столу і перевіряємо правильність калібрування, якщо потрібно повторюємо попередні етапи;
7. друкуємо пробну калібрувальну модель. Аналізуємо отриманий результат друку (Рис. 1).

У процесі роботи принтера, якщо буде проведена заміна сопла або його чистка, повторне калібрування нульового зазору сопла буде не потрібне. При виконанні команди G28 «Home» сопло автоматично буде знаходитись у нульовому зазорі з робочою поверхнею столу 3D-принтера.

Повторне калібрування датчика буде необхідне лише в тому, коли поверхня робочого столу принтера буде змінена. Наприклад, якщо на поверхні стола був закріплений килимок для друку, або встановлено скло на поверхню столу.

ВИСНОВОКИ

Розглянуті варіанти кріплення кінцевого датчика Осі Z. Очевидно, що перші два технічні рішення майже нічим не відрізняються. Після кожного процесу обслуговування екструдера постійно потрібно виконувати калібрування нульового зазору сопла. Причиною є те, що кінцевий вимикач Осі Z фіксує положення корпусу рухомої платформи Осі Y на якій знаходиться екст-

рудер. Отже, в процесі калібрування встановлюється нульовий зазор сопла на робочій поверхні столу принтера. Ці технічні рішення не є доцільними, оскільки при будь якій маніпуляції з екструдером та соплом призводять до повторного калібрування 3D-принтера. Це є трудомістким процесом і займає певний час.

Цікавішим є застосування третього технічного рішення кріплення кінцевого датчика Осі Z. Після виконання калібрування кінцевий вимикач Осі Z знаходиться в одній площині з поверхнею робочого столу. При виконанні команди G28 «Home» кінцевий вимикача Осі Z фіксує нульове положення безпосередньо кінчиком сопла екструдера. Порівняно з попередніми варіантами, якщо у процесі експлуатації принтера буде виконуватися будь яка маніпуляція з екструдером, то при повторному виконанні команди G28 сопло буде знаходитися в нульовому зазорі з поверхнею столу. Це дозволяє відмовитися від постійного процесу калібрування нульового зазору сопла екструдера при його експлуатації. Повторне калібрування кінцевого вимикача Осі Z буде необхідне лише у випадку, коли проводиться маніпуляція з робочою поверхнею столу принтера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інструкція з експлуатації Tronxy X3. За посиланням: https://cdn-global-hk.hobbyking.com/media/file/t/r/tronxy_x3a_operating_instruction.pdf.
2. Tronxy X3A Посібник зі збірки. За посиланням: https://cdn-global-hk.hobbyking.com/media/file/t/r/tronxy_x3a_assemble_guide_v.03.pdf.
3. Hercules Краткое руководство по эксплуатации. За посиланням: https://3dsystem.ru/upload/iblock/710/Rukovodstvo-Hercules_18_-Versiya-dlya-pechati.pdf.
4. 3D-принтер ZENIT 3D. Инструкция Подключение Настройка Эксплуатация Обслуживание ПАСПОРТ ИЗДЕЛИЯ. За посиланням: <http://zenit3d.ru/wp-content/uploads/2019/12/pasport-instrukciya-1-extruder.pdf>.
5. Инструкция по работе с 3D принтером PRUSA (LITE, PRO, NEXTGEN). За посиланням: http://prusa.com.ua/wp-content/uploads/2015/07/instruction_prusa.pdf.
6. **Дмитрий Горьков**. 3D-печать с нуля. Подручное руководство по обучению работы на 3D-принтере. 2015 год. За посиланням: <https://mplast.by/biblioteka/kniga-3d-pechat-s-nulya-dmitriy-gorkov-2015-god>.
7. **Дмитрий Горьков**. Студия 3D-печати с нуля. Пошаговое руководство по открытию своего дела. 2015 год. За посиланням: <https://mplast.by/biblioteka/studiya-3d-pechati-s-nulya-dmitriy-gorkov-2015-god>.
8. **Дмитрий Горьков**, Валентин Холмогоров 3D-печать с нуля. 256с.
9. **Эрик Канесса, Карло Фонда, Марко Дзеннаро**. Доступная 3D печать: для науки, образования и устойчивого развития. Станция трёхмерной печати, 20 июня. 2014 г. - Всего страниц: 194.
10. **Horvath Joan**. Mastering 3D Printing. Apress, 2014. — 224 p.
11. **Зленко М. А.** Аддитивные технологии в машиностроении / М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» – 2015. – 220 с.
12. **Валетов В. А.** Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, – 2015, – 63 с.
13. **Шкуро, А. Е.** Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, – 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Мин. системные требования: IBM IntelCeleron 1,3 ГГц; Microsoft Windows XP SP3; Видеосистема Intel HD Graphics; дисковод, мышь. – Загл. с экрана.

REFERENCES

1. Tronxy X3 User Guide. Follow the link: https://cdn-global-hk.hobbyking.com/media/file/t/r/tronxy_x3a_operating_instruction.pdf.
2. Tronxy X3A Assembly Guide. By reference: https://cdn-global-hk.hobbyking.com/media/file/t/r/tronxy_x3a_assemble_guide_v.03.pdf.
3. Hercules Quick Start Guide. Follow the link: https://3dsystem.ru/upload/iblock/710/Rukovodstvo-Hercules_18_-Versiya-dlya-pechati.pdf.
4. ZENIT 3D printer. Instructions Connection Setting Operation Maintenance PRODUCT PASSPORT. By reference: <http://zenit3d.ru/wp->

content/uploads/2019/12/pasport-instrukczya-1-extruder.pdf.

5. Instructions for working with the PRUSA 3D printer (LITE, PRO, NEXTGEN). By reference: http://prusa.com.ua/wp-content/uploads/2015/07/instruction_prusa.pdf.
6. **Gorkov D.** (2015). 3D printing from scratch. A detailed tutorial on teaching how to work on a 3D printer: <https://mplast.by/biblioteka/kniga-3d-pechat-s-nulya-dmitriy-gorkov-2015-god>.
7. **Gorkov D.** (2015). 3D printing studio from scratch. A step-by-step guide to starting your own business: <https://mplast.by/biblioteka/studiya-3d-pechati-s-nulya-dmitriy-gorkov-2015-god>.
8. **Dmitry Gorkov, Valentin Kholmogorov.** 3D printing from scratch, 256.
9. **Enrique Canessa, Carlo Fonda, Marco Zenaro.** (2014). Affordable 3D printing: for science, education and sustainable development. 3D Printing Station, 194.
10. **Horvath Joan.** (2014). Mastering 3D Printing. Apress,. — 224 p.
11. **Zlenko M. A., Nagaitsev M. V., Dovbysh V. M.** (2015). Additive technologies in mechanical engineering. Manual for engineers. Moscow, SSC RF FSUE "US", 220.
12. **Valetov V. A.** (2015). Additive technologies (state and perspectives). Tutorial, SPb ITMO University, 63.
13. **Shkuro, A. E., Kryvonogov P. S.** (2017). Technologies and materials for 3D printing [Electronic resource]: textbook. manual, Yekaterinburg: Ural. state forest-tech. un. Title from the screen.

Z-axis limit switch 3D printer

*Vadym Shalenko, Boris Korniychuk,
Andrii Masluyk*

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. Not much time has passed since the appearance of the first 3D printer. Today there are many different printers. They differ in various 3D printing technologies, namely: Stereolithography – SL, Selective Laser Sintering, Fused Deposition Modeling – FDM, Laminated Object Manufacturing – LOM, Polyjet and Ployjet Matrix.

In recent years, the spread of 3D printing technology has become and continues to be used more and more today. Of course, in the future we will see a large-scale spread of additive methods, but the practical application of 3D printing today is available to everyone. Melting deposition modeling technologies have become widespread and available.

The authors in this article consider possible options for upgrading the mounting of the end sensor of the Z Axis and automating the process of calibration of the zero gap of the extruder nozzle relative to the working surface of the printer. This calibration is important. This affects the accuracy and printing process of the future plastic model.

During the operation of the 3D printer, it is often necessary to service the extruder, which forces the process of calibrating the zero gap of the printer nozzle. Optimally correct selected nozzle clearance affects the accuracy, geometry of the model and printing as a whole. It also allows you to get rid of peeling off the model from the desktop surface and the destruction of the model during printing.

Keywords: extruder, nozzles, limit switch, desktop, 3D printer.

УДК 621.873

Аналіз засобів різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії землерийних машин

Володимир Рашківський¹, Богдан Федишин²

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, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0001>

Received: 29.09.2020; Accepted: 09.11.2020
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0401>

Анотація. Використовуючи джерела патентної документації проведено патентний пошук з метою визначення актуальності проблеми різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами при роботі землерийних машин та подальшого аналізу запропонованих технічних рішень. У результаті дослідження встановлено, що тема зберігає постійну актуальність на розглянутому часовому проміжку. Встановлено, що даним напрямком займалися різні типи осіб: приватні особи, науково-освітні установи, науково-дослідні інститути та організації-виробники обладнання, зокрема компанії Caterpillar, Komatsu та John Deere, що свідчить про актуальність та важливість даної проблеми. Дослідження різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії є актуальним для досягнення зменшення енергоємності процесу різання ґрунтів. Запропонований напрямок дослідження є продовженням наукових шкіл кафедри будівельних машин КНУБА, а саме, динамічного різання та створення різальних елементів землерийних машин з просторовим орієнтуванням.

Ключові слова: бульдозер, відвал, ножі відвалу, просторово-орієнтовані.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Використовуючи джерела патентної документації провести пошук та аналіз технічних рішень проблеми різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії при роботі землерийних машин. На основі результатів пошуку визначити актуальність даної проблеми.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналітичне дослідження технічних рішень для різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії проведено на основі патентного пошуку з країн близького зарубіжжя за період із 1990 по 2020 рр.

МЕТА РОБОТИ

Метою дослідження є визначення актуальності та тенденцій вирішення проблеми низької енергоємності різання ґрунтів, а саме за рахунок просторової орієнтації різальних елементів землерийних машин та їх примусової активізації.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основним напрямом зниження енергоємності виконання планувальних робіт та робіт із розробки верхнього шару ґрунту і його переміщення на будівельних об'єктах є використання землерийної машини з відвальним робочим обладнанням.

Відвал – це навісне обладнання для бульдозерів, тракторів, автогрейдерів, навантажувачів і автомобілів, яке використовується для розробки ґрунтів, снігоприбиральних та інших робіт (Рис. 1) [1]. Здебільшого відвал являє собою зварну металеву конструкцію коробчастого перерізу. Вздовж нижньої крайки відвала прикріплені ножі. З обох боків відвала приварені біч-

ні пластини, призначені для запобігання розсипанню переміщуваного матеріалу. За допомогою відвала машина може переміщувати великі обсяги вантажу за один цикл роботи, але, на відміну від ковшів, відвали непридатні для вантаження ґрунту на транспортні засоби.



Рис. 1. Колісний бульдозер із відвальним обладнанням

Fig. 1. Wheeled bulldozer with blade equipment

Відвали бувають поворотні та неповоротні, а також їх поділяють за формою [2]:

- Прямий відвал – короткий відвал, без бічного вигину та без бічних пластин.
- Напівсферичний відвал – відвал із меншими кутами вигину бокових частин, зі встановленими бічними пластинами або без них.
- Універсальний (сферичний) відвал–відвал із великими кутами вигину бокових частин та встановленими бічними пластинами для транспортування значної кількості матеріалу.
- Клиноподібний відвал – трикутний відвал який зрізає та відштовхує в сторони розроблюваний матеріал.

Ножі відвалу – це спеціальна ріжуча накладка яка кріпиться на робоче обладнання землерийних та інших машин.

Ножі є ріжучою кромкою відвалу і можуть бути виготовлені з різних матеріалів та встановлюватись під різними кутами (Рис. 2). Вони є замінними, оскільки, захищають відвал від зносу [2].

Для пошуку та подальшого аналізу розроблених технічних рішень проведено патентний пошук.

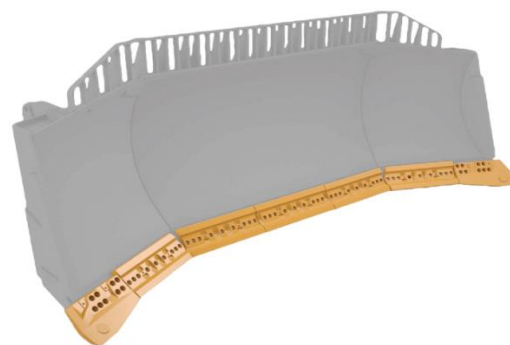


Рис. 2. Ножі відвалу

Fig. 2. Blade cutting edge

Для пошуку патентної документації використовувались джерела інформації із глобальної мережі інтернет:

«Google Patents» (patents.google.com) [5], «Espacenet» (espacenet.com) [6], «Роспатент» (fips.ru) [7], «База патентів України» (uapatents.com) [8].

На основі джерел інформації визначимо регламент пошуку (див. табл.) [11].

Таблиця. Регламент пошуку

Table. Search regulation

Предмет пошуку	Класи за МПК	Джерела інформації
Пристосування для вирівнювання або розрівнювання	E02F 3/815	«Google Patents»: patents.google.com «Espacenet»: espacenet.com «Роспатент»: fips.ru «База патентів України»: uapatents.com

Згідно з міжнародною патентною класифікацією необхідна документація потрапляє до класу E02F 3/815 [12].

За результатами розгляду для подальшого аналізу було відібрано тридцять три патенти з ретроспективою пошуку в тридцять п'ять років, оскільки з 1986 року почалось патентування релевантних технічних рішень, які відповідають сучасним конструкціям. Було побудовано графік (Рис. 3) піді-

Розподілення патентів та роком подання та кількістю

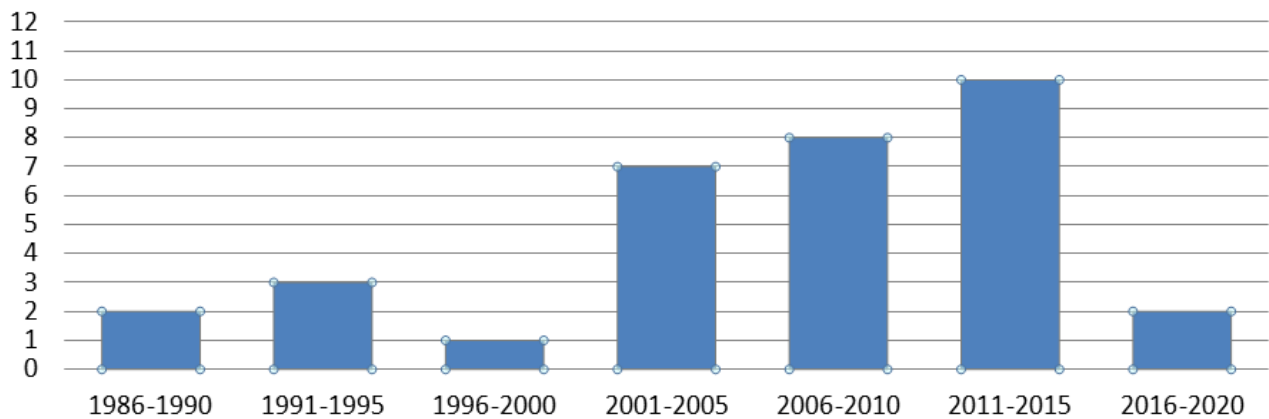


Рис. 3. Розподілення патентів за роком подання та кількістю

Fig. 3. Patents distribution by year of submission and quantity

лений на шість періодів. Межі одного періоду п'ять років.

На початку патентну документацію було розподілено за кількістю патентів та роком подання заявки, щоб зрозуміти динаміку патентування, в результаті ми зможемо побачити чи присутній інтерес до напрямку, механізмів для вирівнювання або розрівнювання. Розподілення патентів наведено на (Рис. 3).

Як можна бачити, інтерес до даного напрямку з'явився у 1986 році, однак не отримав значного поширення до 2000 року. У цей період було запатентовано шість технічних рішень. Два з 1986 року по 1990 рік, три патенти з 1991 року по 1995 рік та лише один патент з 1996 року по 2000 рік.

Значний інтерес до пристроїв для вирівнювання або розрівнювання з'являється у період з 2001 року до 2005 року. Тоді було запатентовано сім технічних рішень за даним напрямком.

Ріст зацікавленості продовжився в 2006-2010 рр., було запатентовано ще вісім технічних рішень.

На графіку можна бачити значне посилення інтересу в період 2011-2015 рр., тоді було запатентовано десять технічних рішень.

Варто зауважити, що за період з 2001 до 2015 року кількість патентувань технічних рішень сягнула двадцяти п'яти, це було

спричинено значним збільшенням спектру використання пристроїв для вирівнювання та розрівнювання у різних галузях.

Однак, пізніше починаючи з 2016 року інтерес до пристосувань значно знизився, але роботи в цьому напрямку тривають.

Проаналізувавши патенти за кількістю та роком подання заявки, ми перейшли до розподілу за датою та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу, що дасть змогу зрозуміти в яких країнах та в який час проводилась активна робота над пристроями для вирівнювання або розрівнювання, та які країни приділяють найбільшу увагу цьому напрямку.

Розподілення патентів за країнами-заявниками представлено на Рис. 4.

Роботи почалися в Євросоюзі у період з 1986 року до 1990 року, де було запатентовано два технічних рішення. У період з 1991 до 2000 року роботи проводились в Японії та ЄС, у результаті було запатентовано ще три технічні рішення.

Починаючи з 2001 року у США та Росії було запатентовано один патент, та п'ять у ЄС.

У період 2006-2010 років у США було розроблено два технічних рішення, два в Росії та чотири в ЄС.

Активніше проводилась робота в США, де в період з 2011 до 2015 рр. було отримано чотири патенти, два патенти в Росії, та один в ЄС. Одночасно розпочалися роботи

Розподілення за датою заявлення та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу

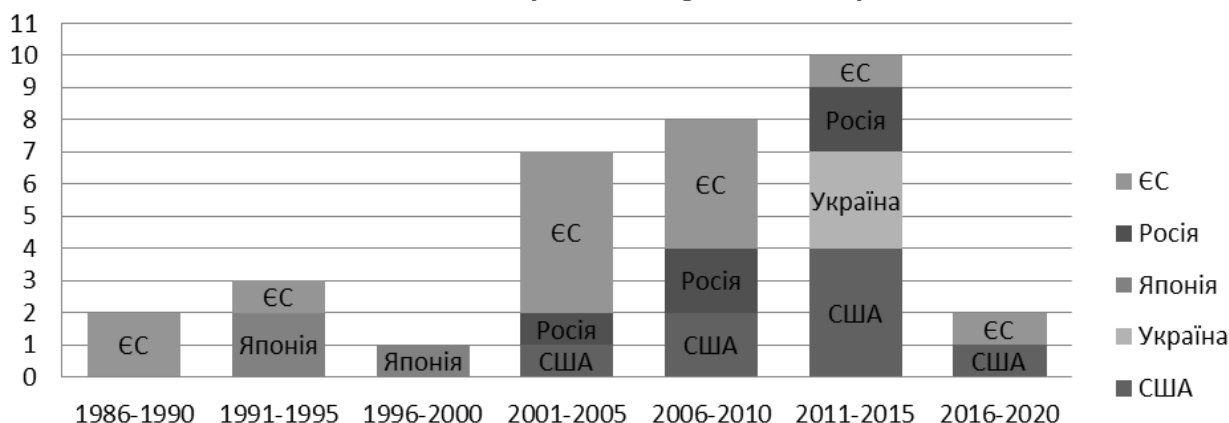


Рис. 4. Розподілення за датою заявки та кількістю патентів від країни-заявника у певний проміжок часу

Fig. 4. Distribution by the date of the application and the number of patents from the applicant country at a certain time

в Україні де було запатентовано три патенти.

У періоді з 2016 року до 2020 року в США та ЄС було запатентовано по одному технічному рішенню.

За результатами аналізу ми встановили, що значна частина патентів належить приватним особам. Розподіливши патенту документацію за роком подання та кількістю, було встановлено, що проблема пристроїв для вирівнювання або розрівнювання зберігає постійну актуальність.

На розглянутому проміжку часу з 1986 до 2020 року зафіксовано повільний ріст актуальності даної проблеми зі значним сплеском інтересу в період з 2001-2015 роки, що спричинено розширенням спектру використання відвального обладнання.

Проаналізувавши патенти за організацією-власником було визначено, що вирішенням даної проблеми займалися виробники обладнання, науково-освітні установи та приватні особи.

Наведено кілька прикладів пристосувань для вирівнювання або розрівнювання з проаналізованих патентів.

Відвал бульдозера 1 з об'ємною ножовою системою (Рис. 5) включає основні 2 і виступні ножі 3 та бічні косинки 4 [9].

Новим є те, що обабіч кожного з основних і виступних ножів попарно встановлені бічні косинки так, щоб кут між ріжучими краями їх бічних граней, спроектований на площину відповідного ножа, дорівнював куту бічного розвалу ґрунту при його копанні основним чи виступним ножом на критичній глибині, кут між проекцією кожного з ріжучих країв бічних граней бічних косинок у плані на горизонтальну площину і напрямком подовжнього руху відвала бульдозера є гострим, ріжучі краї основних і виступних ножів у профільній проекції зміщені по довжині й висоті в межах товщини стружки копання ґрунту, бічні косинки основних ножів мають спільне ребро з

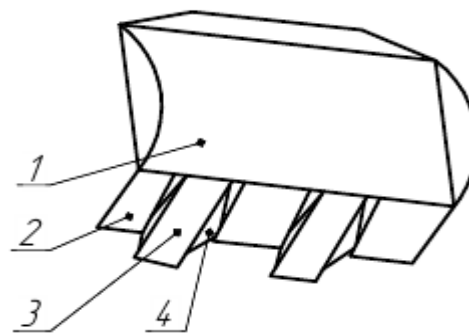


Рис. 5. Відвал з об'ємною ножовою системою

Fig. 5. Blade with volume cutting edge system

бічними косинками виступних ножів, а кут копання ґрунту виступними ножами менший кута копання ґрунту основними ножами.

Технічний результат: зниження енергоємності копання ґрунту за рахунок заміни блокованого копання напіввільним чи вільним, застосування косоного копання ґрунту елементами об'ємної ножової системи, поліпшення нагромадження і переміщення ґрунту об'ємною ножовою системою в призм і зменшення втрат відділеного від основного масиву ґрунту в зоні ножової системи.

Відвал бульдозера 1 з комбінованою ножовою системою 2 включає традиційний неповоротний відвал і ріжучі ножі (Рис. 6) [10].

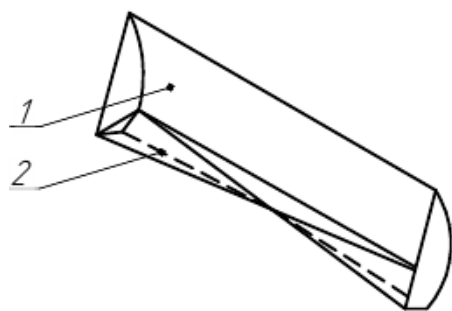


Рис. 6. Відвал з комбінованою ножовою системою

Fig. 6. Blade with combined cutting edge system

При цьому ріжучі ножі виконані з окремих пластин і з'єднані між собою попарно й з відвалом так, що ріжучі краї розташовані симетрично відносно подовжньої вертикальної площини симетрії відвала під заданим кутом між собою у фронтальній і вертикальній проекції, а пластини ножів встановлені під гострим кутом до горизонталі таким чином, щоб забезпечити виключно косо копання ґрунту.

Технічний результат: зниження енергоємності копання ґрунту бульдозерним відвалом, поліпшення нагромадження та переміщення ґрунту по відвалу та зменшення втрат ґрунту в бокові валики шляхом використання виключно косоного копання ґрунту, створення умов спрямування відділеної від

масиву ґрунтової стружки всередину призми ґрунту перед відвалом, заміна блокованого копання ґрунту напіввільним чи вільним і утворення плоскої чи неплоскої поверхні ґрунту після проходження бульдозерного відвала.

Найбільш цікавим на наш погляд, є технічне рішення представлене на Рис. 7, що складається з відвалу 1 з гребінчастим ножем косоного різання 2.

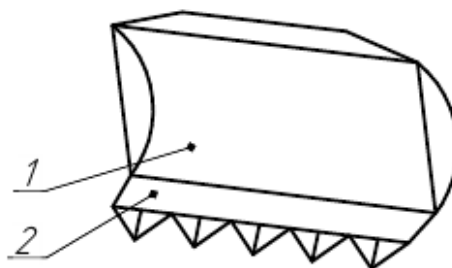


Рис. 7. Відвал з гребінчастим ножем косоного різання

Fig. 7. Blade with a comb knife of oblique cutting

Динамічний рух ножа буде виконуватись за допомогою автоколивального гідравлічного вібратора (Рис. 8).

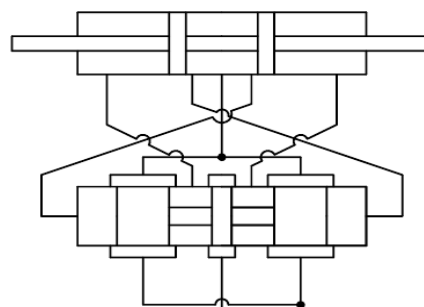


Рис. 8. Автоколивальний гідравлічний вібратор

Fig. 8. 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. [4] у відношенні закономірностей створення динамічних рухів різальних елементів землерийних машин.

Очікується, що поєднання конструктивних особливостей просторово орієнтованих ножів з урахуванням їх впливу на зменшення енергоємності, а також визначення їх ефективних режимів руху, зокрема динамічних, дозволять на практиці отримати значне зменшення енергоємності розробки ґрунту.

ВИСНОВКИ

Для визначення актуальності пристосувань для вирівнювання та розрівнювання та подальшого аналізу технічних рішень нами було проведено патентний пошук. Ми не встановлювали конкретних часових меж, однак, з'ясувалось, що патентування релевантних технічних рішень, які відповідають сучасним конструкціям, почалось у 1986 році, тобто часовий проміжок склав 35 років. У результаті пошуку відзначено 33 патентних рішення, що відповідають меті дослідження. На всьому часовому проміжку проблема зберігає постійну актуальність, однак нами було зафіксоване значне збільшення інтересу в період з 2001 року до 2015 року, що пов'язано з розширенням спектру використання відвального обладнання. Встановлено, що даним напрямком займались різні типи осіб: приватні особи, науково-освітні установи, науково-дослідні інститути та організації-виробники обладнання, зокрема компаніями Caterpillar, Komatsu та John Deere - це свідчить про актуальність та важливість даної проблеми. Встановлено що дослідження різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії, є актуальним для досягнення зменшення енергоємності процесу різання ґрунтів [13]. Запропонований напрямок дослідження є продовженням наукових шкіл кафедри будівельних машин КНУБА [14], а саме, динамічного різання та створення різальних елементів землерийних машин з просторовим орієнтуванням.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Caterpillar** [Електронний ресурс]: Wheeled dozers: інтернет-ресурс виробника обладнання. URL: <https://www.cat.com/en/MX/>

- products/new/equipment/dozers/wheel-dozers/18580971.html (дата звернення: 23.12.2020).
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. Пелевін, В. П. Рашківський, В. М. Смірнов, Р. М. Солонко. Опубліковано 15.01.03 Бюл. № 1.
5. **Пошук** // Сайт «Googlepatent». – Спосіб доступу: patents.google.com.
6. **Пошук** // Сайт «Esp@cenet». — Спосіб доступу: ep.espacenet.com.
7. **Пошук** // Сайт «Роспатент». — Спосіб доступу: www.fips.ru.
8. **Пошук** // Сайт «База патентів України». — Спосіб доступу: uapatents.com.
9. **Пат. Україна № 111399**, кл. E02F 3/815. Відвал з об'ємною ножовою системою / К. Ц. Главацький, О. В. Серета, Ю. М. Кифорчук, С. Л. Краснощок. Опубліковано 25.01.16 Бюл. № 2.
10. **Пат. Україна № 112205**, кл. E02F 3/815. Відвал бульдозера з комбінованою ножовою системою / В. М. Богомаз, К. Ц. Главацький, М. О. Дорогокупля, С. Л. Краснощок, В. М. Проскурня, О. В. Серета. Опубліковано 10.12.15 Бюл. № 23.
11. **ДСТУ 3575-97**. Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення.
12. **Міжнародна патентна класифікація** 01.2020.
13. **Пристайло М.** Інноваційні шляхи вдосконалення будівельної техніки з огляду на потреби сучасної будівельної індустрії / М. Пристайло, К. Марчук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип.94, – 2019. – С. 35-41. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0301>.
14. **Міщук Д.** Відвал бульдозера з розпушувальними зубами / Д. Міщук, В. Волянчук, Є. Горбатюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип.92, – 2018. – С. 70-79. <https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0403>.

REFERENCES

1. **Caterpillar** [Electronic resource]: Wheeled dozers: internet-resource equipment manufac-

- turer: https://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/dozers/wheel-dozers/18580971.html (application date: 23.12.2020).
2. **Baladinskyi V. L.** (2001). *Budivel`na tehnika: navchal`nyi posibnyk*. Kyiv. Lybid, 368.
 3. **Smirnov V. M.** (2009). *Osnovy teorii rizannia gruntiv prostorovo orietovanyomy 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 Nr. 53190, E02F 3/04, Bull. Nr. 1.
 5. **Search Site Googlepatent**. Access method: patents.google.com.
 6. **Search Site Esp@cenet**. Access method: ep.espacenet.com.
 7. **Search // Site «Rospatent»**. — Access method: www.fips.ru.
 8. **Search // Site «Baza patentiv Ukrayiny»**. — Access method: www.uapatents.com.
 9. **Pat. Ukraine № 111399**, class. E02F 3/815. Dump with a three-dimensional knife system / K. C. Hlavatsky, O. V. Sereda, Y. M. Kiforchuk, S. L. Krasnoshchok. Published 25.01.16 Bull. № 2.
 10. **Pat. Ukraine № 112205**, class. E02F 3/815. Bulldozer blade with combined knife system / V. M. Bogomaz, K. C. Glavatsky, M. O. Dorogokuplya, S. L. Krasnoshchok, V. M. Proskurnya, O. V. Sereda. Published 10.12.15 Bull. № 23.
 11. **DSTU 3575-97**. Patentni doslidzhennya. Osnovni polozhennya ta poryadok provedennya.
 12. **Mizhnarodna patentna klasyfikatsiya** 01.2020 .
 13. **Pristailo M., Marchuk K.** (2019). Innovative ways to improve construction equipment given the needs of the modern construction industry *Girniči, budivelni, dorožni ta meliorativni mašini* [Mining, constructional, road and melioration machines], Nr.94, 35-41. — (in Ukrainian).
 14. **Mishchuk D., Volyanyuk V., Gorbatyuk Eu.** (2018). Dozer blade with ripper teeth. *Girniči, budivelni, dorožni ta meliorativni mašini* [Mining, constructional, road and melioration machines], Nr.92, 70-79. — (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0301>.

Actuality of development of new means of ground cutting spatially oriented knives of dynamic action when working with earth machines

Volodymyr Rashkivskiy, Bohdan Fedyshyn

Kyiv National University of Construction and Architecture

Abstract. Using the sources of patent documentation, a patent search was conducted to determine the relevance of the problem of cutting the soil with spatially oriented knives when working with earthmoving machines and further analysis of the proposed technical solutions. As a result of the study, we found that the topic remains relevant for the period under consideration. It was found that different types of persons were involved in this area: individuals, scientific and educational institutions, research institutes and equipment manufacturing organizations, in particular by Caterpillar, Komatsu and John Deere, which indicates the relevance and importance of this problem. The study of cutting soils with spatially oriented knives of dynamic action is relevant for achieving a decrease in the energy consumption of the process of cutting soils. The proposed research direction is a continuation of the scientific schools of the Department of Construction Machines KNUBA, namely, dynamic cutting and creation of cutting elements of earthmoving machines with spatial orientation.

Keywords: bulldozer, blade, blade cutting edge, spatially oriented.

УДК 621.87

Аналітичний огляд розробок та вдосконалення робочого органу кабелеукладача при безтраншейному прокладанні кабелів

Ігор Русан¹, Євгеній Коротков²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680

¹rusan.iv@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2901-752X>,

²korotkovgenij@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0253-8296>

Received: 09.09.2020; Accepted: 09.11.2020

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0402>

Анотація. В статті проведено аналітичний огляд наукових розробок щодо вдосконалення процесу кабелеукладання загалом і конкретно робочого органу кабелеукладача при безтраншейному прокладанні кабелів у різних геологічних умовах.

Використовуючи патентну документацію проведено пошук і аналіз матеріалів з удосконалення робочого органу кабелеукладача та основних переваг безтраншейного прокладання кабелів.

Завданням безтраншейного прокладання є: прокладання мереж водопостачання, каналізації, газопроводу; прокладання кабелів електропостачання, телефонних і оптоволоконних кабельних ліній зв'язку та сигналізації; прокладання на дні річок та водоймищ; прокладання в гірських місцевостях; заміна зношених комунікацій на нові.

У статті проаналізовано вдосконалення конструкції кабелеукладачів з активними землерийними робочими органами (ЗРО), принцип дії яких заснований на безтраншейному способі, що мають обмежену швидкість робочого руху та відносну швидкість робочого органу, складність конструкції та низьку експлуатаційну надійність.

Ключові слова: землерийний робочий орган, кабель, кабелеукладач, ґрунт, безтраншейний спосіб, опір переміщення.

ВСТУП

Прокладка підземних інженерних мереж завжди було одним із найскладніших процесів будівельних робіт, особливо в урбанізованому середовищі.

Якщо прокладання мереж на вільних територіях було обмежене проблемами збе-

реження природного, як ґрунтового так і рослинного середовища, то в містах основною проблемою стає територіальна обмеженість. Звичайні методи потребують робіт з переміщення великого об'єму ґрунту та широкий спектр технічного забезпечення.

Технологія безтраншейного прокладання за допомогою ножових кабелеукладачів з пасивним робочим органом визначає поопераційну послідовність і основні вимоги до прокладання силових кабелів у землі на глибині 1-1,2 м від поверхні. Кабелеукладачі з пасивним ножом забезпечують ефективно прокладання в суглинних, глинистих, піщаних і інших ґрунтах I-III категорій.

Сучасні кабелеукладачі забезпечують прокладання кабелів практично у будь-яких умовах, дозволяють проходити у болотах, ярах і нешироких водних перешкодах у вигляді мілководних річок і струмків.

Основні переваги безтраншейного прокладання кабелів: високі робочі швидкості прокладання (до 5 км/год), різке зменшення об'єму земляних робіт, збереження гумусового шару ґрунту на поверхні землі, можливість використання в обвальних ґрунтах, а також в ґрунтах з твердими включеннями і високим рівнем ґрунтових вод [1, 11].

МЕТА

Мета роботи полягає в обґрунтуванні можливості вдосконалення конструкції робочого органу кабелеукладача, а саме активного землерийного робочого органу, принцип дії якого ґрунтується на безтран-

шейному способі та в аналізі обмеженої швидкості робочого руху та робочого органу машини.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Безтраншейне укладання інженерних мереж в ґрунт – це найменший вплив на природне середовище, швидкість, мінімально необхідне технічне забезпечення, маневреність і доступність для різних ґрунтових умов.

Безтраншейне укладання інженерних мереж в ґрунт – це ефективна технологія, яка надає можливість не руйнувати верхній шар ґрунту під час проведення підземних робіт. Така технологія дозволяє не тільки зменшувати матеріальні витрати, але й скорочувати час виконання робіт.

Існують різні види технічного забезпечення процесу безтраншейного укладання в залежності від умов проведення робіт.

За даними попередніх досліджень найперспективнішими є безтраншейні причіпні кабелеукладачі з пасивними землерийними робочими органами. Однак, незважаючи на вказані переваги, безтраншейний спосіб будівництва ще не набув широкого розповсюдження. Це пояснюється тим, що традиційні робочі органи безтраншейних укладачів працюють за принципом розрізання і запресування ґрунту в стінки щілини, що нарізується.

На сьогодні найбільшого поширення в світі отримали безтраншейні укладачі з землерийними робочими органами (ЗРО) шириною 100...120 мм для укладання лінії зв'язку і 150...200 мм для укладання лінійно-протяжних об'єктів (ЛПО). Найбільш ймовірна критична глибина розробки ґрунту для заданої ширини захвату знаходиться в межах $h_{кр} = 0,3...0,5$ м для кабелеукладачів і $h_{кр} = 0,4...0,8$ м для інших укладачів ЛПО. Максимальна глибина розробки ґрунту кабелеукладачами та найпоширенішими безтраншейними укладачами іншого призначення складає відповідно 0,9...1,2 м і 1,8...1,9 м, а номінальна глибина на 0,2 м менша. На основі порівняння критичної та номінальної глибин можна стверджувати, що всі традиційні ЗРО безтраншейних ук-

ладачів працюють, як правило, з утворенням закритичної зони, в якій ґрунт піддається техногенному впливу. Тому такі робочі органи не можуть захистити навколишнє середовище від переущільнення і бути енергозберігаючими.

Детальніший аналіз показав, що повністю всім функціональним вимогам не відповідає жоден із традиційних ЗРО – у вигляді несучого стояка з суцільною різальною частиною, які застосовуються як робочі органи безтраншейних укладачів ЛПО. Але такий робочий орган, як і всі традиційні конструкції, здійснюють техногенний вплив на навколишнє ґрунтове середовище, що призводить до негативних наслідків. Визначальною причиною техногенної небезпеки робочих процесів безтраншейних укладачів закладена в конструкції ЗРО, яка не дозволяє усунути з процесу різання закритичної зони, тому що критична глибина розробки ґрунту для такої конструкції ножа менша, ніж необхідна глибина укладання підземного об'єкту [2, 6, 9, 12].

Згідно патентного дослідження № 67382 (2012 р.), за авторством Сукача М.К. «Спосіб прокладання кабелів по дну річок та мілководних водоймищ» було доведено, що для прокладання підводних ліній зв'язку використовують спеціальні судна та різні типи ножових кабелеукладачів. Такі кабелеукладачі знайшли широке використання при переходах через річки та болота. При переходах через невеликі річки та канали кабель прокладають механізованою колоною, ніяких додаткових механізмів і пристосувань непотрібно. В цьому патенті була запропонована екскаваторна навіска зі зсувною віссю стріли [13, 14].

Якщо попередні дослідження спрямовані на можливість проведення робіт у складних природних умовах, то наступне дослідження характеризує сам процес дії робочого органу та його конструкцію.

Згідно патентного дослідження № 13987 (1997 р.), за авторством Чеченева М. П., Рака С. М та Боровика М. О. «Активний робочий орган кабелеукладача» було доведено, що активний робочий орган кабелеукладача, який включає ніж, що складається з жорстко закріпленого на рамі корпусу з

рухомим лезом, кабеленаправляючого вузла, привід коливань леза, який відрізняється тим, що лезо виконано складовим з декількох парних частин, розділених по довжині, рознесених по напрямку прорізуваної щілини і має можливість коливатися в протилежних напрямках в площині, перпендикулярній напрямку прорізання щілини, а привід коливань частин лез виконаний у вигляді багатопозиційного механізму з кількістю виходів, відповідних кількості частин лез і з обмежувачами амплітуди крутильних коливань приводних валів [15].

Для будівництва підземних комунікацій безтраншейним способом застосовують машини з активними та пасивно-активними та пасивними землерийними робочими органами (ЗРО).

Активні ЗРО сприймають енергію від одного або декількох джерел енергії, що встановлені на робочому органі та розробляють ґрунтове середовище за рахунок цієї енергії. Наприклад вібраційні, віброударні, імпульсні тощо. Метою активізації є зниження опору переміщення ЗРО або збільшення зусилля їхньої дії на середовище [3, 10].

Машини з вібраційними і віброударними робочими інструментами отримали найбільше поширення для прокладання комунікаційних об'єктів. Максимальний ефект від вібрації виникає у випадку, коли швидкості поступального руху і розповсюдження хвильових процесів у ґрунті збігаються за напрямком. Зі збільшенням швидкості поступального руху машини та глибини різання ґрунту ефективність вібрації при незмінних параметрах активізації знижується. Крім того, відомо, що вібраційні ножі працюють за традиційним принципом ущільнення ґрунту в бокові стінки і дно щілини, що призводить до зниження природної пористості ґрунту по довжині траси. Внаслідок цього знижується водопроникність щілини, погіршується структура ґрунту в підземних горизонтах і водно-повітряний режим родючого шару, що суперечить агротехнічним вимогам.

Отже, застосування вібраційних машин для прокладання підземних комунікацій призводить або до обмеження робочої

швидкості руху при незмінних параметрах активізації, або до збільшення енергоємності робочого процесу, або ж до погіршення структури і водно-повітряного режиму підземних горизонтів, до ускладнення конструкції робочих органів [4].

Пасивно-активні ЗРО розробляють щілину як за рахунок тягового зусилля тягача, так і за рахунок енергії автономного джерела інтенсифікатора. Як інтенсифікатори використовуються рідина, газ, повітря тощо, а також механічні пристрої, такі як, підземні фрези. Інтенсифікація пасивно-ножових робочих органів дозволяє знизити опір переміщенню безтраншейних укладачів на 20...50%. Але в зв'язку з тим, що пасивно-активні робочі органи мають активну частину, їм властиві недоліки активних ЗРО.

Пасивні ножі традиційної конструкції, виконані у вигляді несучого стояка з суцільною різальною частиною по глибині та ширині захвату отримали найбільше застосування на безтраншейних укладачах через простоту конструкції, відсутність забивання твердими породами, високу продуктивність і надійність. Проте для їх переміщення потрібне велике тягове зусилля [3, 12].

Якщо зона сколювання ґрунту утворюється умовами вільного виходу ґрунту на верхню поверхню, то критична зона ущільнення, навпаки, утворюється через відсутність таких умов (вихід ґрунту із зони різання). Для усунення критичної зони руйнування ґрунту і покращення якості його обробки в зоні дії робочого органу необхідно створити умови для вільного виходу стружки ґрунту із будь-якого підземного горизонту в напрямку верхньої поверхні або іншого вільного простору в межах щілини, що формується. Якщо $H \geq h_{кр}$, то такі умови можуть бути створені при поярусній розробці середовища.

Поярусна схема розробки дозволяє зменшити енергоємність і динаміку робочого процесу порівняно з одноярусною схемою розробки щілини (глибина різання у три і більше разів перевищує його ширину).

Зниження енергоємності багаторусної схеми розробки базується на положенні, що кожний ярус робочого органу, отже і енер-

гоємність процесу при оптимальній кількості ярусів менші, ніж для традиційних ЗРО (Рис. 1) [3, 8].

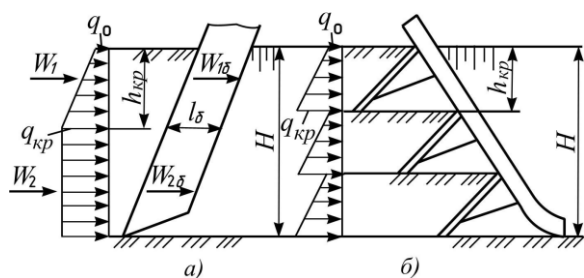


Рис. 1. Характерні епюри розподілу нормального тиску на лобову поверхню робочого органа по глибині: *a* – для традиційної конструкції; *b* – для багаторувної конструкції

Fig. 1. Characteristic plots of the distribution of normal pressure on the frontal surface of the working body by depth: *a* – for a traditional design; *b* – for multi-storey construction

Безтраншейні укладачі з одноярусними ножами прокладають підземні комунікації на глибину, яка перевищує критичну глибину різання [3, 5]. Тому максимальний опір переміщенню для традиційного одноярусного ножа складається із опорів переміщенню в докритичній ($W_1 + W_{1b}$) для $h_1 = h_{kp}$ і в закритичній ($W_2 + W_{2b}$ для $h_2 = H - h_{kp}$) зонах:

$$W = W_1 + W_2 + W_{1b} + W_{2b}, \quad (1)$$

де W_1, W_2 – лобовий опір переміщенню ножа в докритичній і закритичній зонах; W_{1b}, W_{2b} – опори від тертя ґрунту по бічних стінках ножа в докритичній і закритичній зонах.

$$W + W = b \cdot [(1 - f \cdot f) + (f + f) \operatorname{ctg} \alpha] \cdot q \cdot h + q \cdot b \cdot (H - h), \quad (2)$$

де b – ширина (товщина) ножа;

f – коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту ($f = \operatorname{tg} \varphi$, де φ – кут зовнішнього тертя ґрунту);

f_{on} – коефіцієнт опору переміщенню опор ножа;

α_p – кут різання ножа;

h_{kp} – критична глибина різання ґрунту;

H – повна глибина різання ґрунту ножом;

q_{kp} – критичний тиск ґрунту на ніж на глибині $h \geq h_{kp}$;

q_{sep} – середній нормальний тиск ґрунту на лобову площину ножа на глибині $h \leq h_{kp}$.

$$q_{sep} = \frac{q_0 + q_{kp}}{2}, \quad (3)$$

$$q_0 = c \cdot (A_1 - 1) \operatorname{ctg} \varphi_0, \quad (4)$$

де c, φ_0 – відповідно коефіцієнт зчеплення і кут внутрішнього тертя ґрунту.

$$A_1 = \frac{\cos \varphi \cdot (\cos \varphi + \sqrt{\sin^2 \varphi_0 - \sin^2 \varphi}) \cdot (\sin \varphi_0 \cdot \cos \varphi_a + \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_0 \cdot \sin^2 \varphi_a})}{\cos^2 \varphi_0 \cdot (1 - \sin \varphi_0)}, \quad (5)$$

$$\text{де } \varphi_a = \pi - \alpha_p - \frac{\varphi}{2} - \frac{1}{2} \arcsin \frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_0};$$

$$W_{1b} = \frac{f \cdot \gamma_{ep} \cdot h_{kp}^2}{\sin \alpha_p} \cdot l_b \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} \right), \quad (6)$$

де γ_{ep} – питома сила тяжіння ґрунту; l_b – довжина бічних стінок ножа.

$$W_{2b} = q_{sep, \delta} \frac{2 \cdot f \cdot l_b}{\sin \alpha_p} \cdot (H - h_{kp}), \quad (7)$$

$$q_{sep, \delta} = \frac{q_{\min} + q_{\max}}{2}, \quad (8)$$

де q_{\min}, q_{\max} – відповідно мінімальний та максимальний тиск ґрунту на бічні стінки ножа на глибині закритичної зони.

$$q_{\min} = 2c \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right), \quad (9)$$

$$q_{\max} = \frac{B_q + \sqrt{B_q^2 - 4 \cdot A_q \cdot C_q}}{2A_q} \quad (10)$$

Зі збільшенням глибини різання відсоток зниження тягового зусилля зменшується, тому що при заглибленні основного ножа в закритичну зону питомий опір різанню зростає через ущільнення ґрунту в бічні стінки щілини.

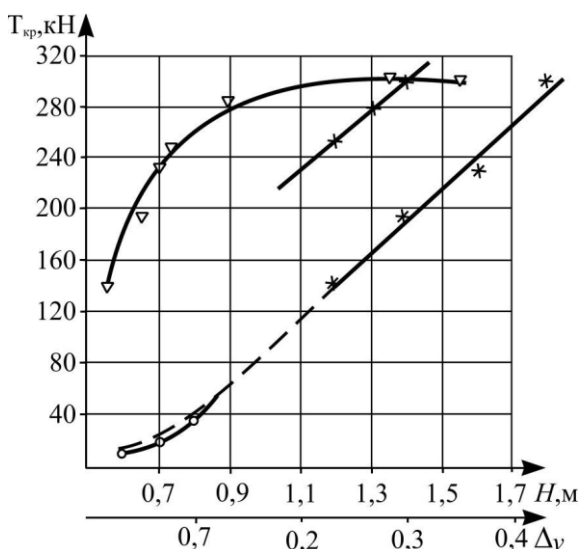


Рис. 2. Залежність тягового зусилля на гаку і величини буксування дрепоукладача від глибини щілини, що нарізується

Fig. 2. The dependence of the traction force on the hook and the amount of slippage of the drainer on the depth of the cut slit

У такому випадку можна зробити висновок, що необхідна оптимізація форми і параметрів основного ножа при застосуванні до двоярусної схеми розробки, яка направлена на усунення закритичної зони [5, 7].

Тягове зусилля неосновного ножа (Рис. 2) зі збільшенням глибини різання від 0,6 до 0,85 м зростає за параболічним законом від 9,2 до 55 кН. Критична глибина різання дорівнює 0,80...0,85 м при куті різання 20...25° і ширині неосновного ножа 0,22 м. Двоярусна схема розробки щілини дозволяє знизити щільність бічних стінок з 7...10 до 3...5 ударів динамічного щільноміра, зменшити динамічні навантаження на робоче обладнання, покращити тягово-зчіпні влас-

тивості ходового обладнання, підвищити плавність ходу дрепоукладача і якість робочого процесу.

ВИСНОВКИ

Аналіз зарубіжних і вітчизняних досліджень та розробок показав, що значна частина із традиційних ЗРО у вигляді несучого стояка з суцільною різальною частиною, які застосовуються як робочі органи безтраншейних укладачів ЛПО потребує додаткових досліджень, як і у вивченні конструктивних можливостей, так і в характері застосування.

Безтраншейний спосіб дозволяє зменшити об'єм земляних робіт до мінімуму та в 3...5 разів підвищити робочу швидкість і продуктивність робочого процесу; зберегти родючий шар ґрунту без проведення рекультиваційних робіт; укласти комунікаційні об'єкти в обвальних і спливаючих ґрунтах з твердими включеннями з розміром поперечника більше 350 мм і високим рівнем ґрунтових вод; спростити конструкцію та збільшити надійність робочого обладнання; підвищити рівень механізації праці; знизити собівартість будівництва.

Водночас, цей спосіб не дозволяє вирішити проблему техногенного впливу робочого процесу на ґрунтове середовище. Крім того, стримуючим фактором є великий опір переміщення безтраншейних укладачів (до 400 кН при укладанні дренажу в зоні осушення на глибину до 1,8 м). Використання додаткових тягачів або збільшення їхньої маси й потужності веде до подорожчання будівництва, збільшує непродуктивні енерговитрати.

Згідно з результатами аналізу, можна зробити висновок, що дослідження цієї теми на сьогодні є актуальною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зухба А. Г. Перспективы применения бес-траншейных и траншейных технологий укладки линий связи в прочных грунтах / Гірн., буд., дор. і меліор. машини: Наук.-техн. зб. – К.: КДТУБіА, 1997, вип. 51. С. 73-80.

2. **Кравець С. В., Нечидюк А. А., Косяк О. В.** Машини для прокладання підземних комунікацій (наукові основи створення). – Рівне, 2018. – 271 с.
3. **Кравець С. В.** Грунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій. – Рівне: Видавництво РДТУ, 1999. – 277с.
4. **Ткачук В. Ф., Романовский А. Л., Кравец С. В.** Тенденции развития рабочих органов бестраншейных дреноукладчиков В. ш.: Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – 1988 вып. 16, С. 90-93.
5. **Бондаренко О. В.** Будівництво та монтаж волоконно-оптичних систем передачі: підручник [для студентів вищ. навч. закл.] / Бондаренко О. В., Андреев В. О., Панюта І.М.. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2014. – 228 с.
6. **Ветров Ю. О., Власов В. В.** Машини для земляних робіт. Приклади розрахунку: Навч. посібник – К: ІСДО, 1995. – 304с.
7. **Баладинский В. Л., Смирнов В. Н., Фомин А. В.** Теория разрушения рабочих сред: Учебное пособие для специалистов и студентов.– Киев: КГТУСиА 1999. – 230с.
8. **Фомін А. В., Пелевін Л. Є.** Зменшення опорів ґрунту зубу розпушника в режимі заглиблення робочого органа. Вестник харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014 р. - № 65-66. – С. 256-263.
9. **Зеленин А. Н.** Машини для земляних робіт. М.: Машиностроение. 1975. – 424 с.
10. **Кравець С. В.** Теорія руйнування робочих середовищ. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, - 2008, - 124 с.
11. **Ветров Ю.А.** Машини для специальных земляных работ. Учеб. Пособие. – К.: Вища школа. – 1980. – 192 с.
12. **Ушацький С. А., Шейко Ю. П. та ін.** Організація будівництва. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.
13. **Баладинский В. Л., Сукач М. К.** Подводные строительные работы. – К.: ИСМО, 1999. – 223 С.
14. **Сайт «База патентів України».** – Спосіб доступу: uapatents.com.
15. **ДСТУ 3575-97.** Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення.

tehnolohiyi ukladky lynyi sviazy v prochnykh hruntakh., Nr.51, 73-80 (in Russian).
2. **Kravets S. V., Nechydiuk A. A., Kosiak O. V.,** (2018). Mashyny dlia prokladannia pidzemnykh komunikatsii (naukovi osnovy stvorennia), 271 (in Ukrainian).
3. **Kravets S. V.,** (1999). Gruntozakhysni ta enerhozberihaiuchi mashyny dlia prokladky pidzemnykh komunikatsii. RDTU, 277 (in Ukrainian).
4. **Tkachuk V. F., Romanovskiy A. L., Kravets S. V.,** (1988). Tendentsyy razvytyia rabochoykh orhanov bestransheinykh drenoukladchykov V. sh., no 16, 90-93. [in Russian]
5. **Bondarenko O. V.,** (2014). Budivnytstvo ta montazh volokonno-optychnykh system peredachi. ONAZ im. O. S. Popova, 228 (in Ukrainian).
6. **Vetrov Yu. O., Vlasov V. V.,** (1995). Mashyny dlia zemlianykh robot. Pryklady rozrakhunku. ISDO, 304. (in Ukrainian).
7. **Baladynskiy V. L., Smyrnov V. N., Fomyn A. V.,** (1999). Teoryia razrusheniya rabochoykh sred. KHTUSyA, 230. (in Ukrainian)
8. **Fomin A. V., Pelevin L. Ye.,** (2014). Zmshennia oporiv gruntu zubu rozpushnyka v rezhymy zahlyblenni robochoho orhana. Vestnyk kharkovskoho natsyonalnoho avtomobylno-dorozhnoho unyversyteta, 66, 256-263. (in Ukrainian)
9. **Zelenyn A. N.,** (1975). Mashyny dlia zemlianykh robot. Mashynostroenye, 424. (in Russian).
10. **Kravets S. V.,** (2008). Teoriia ruinuвання robochoykh seredovysch. NUVHP, 124. (in Ukrainian).
11. **Vetrov Yu. A.,** (1980). Mashyny dlia spetsyalnykh zemlianykh robot. Vyshcha shkola, 192. (in Ukrainian).
12. **Ushatskiy S. A., Sheiko Yu. P. & oth.,** (2007). Orhanizatsiia budivnytstva. Kondor, 521. [in Ukrainian]
13. **Baladynskiy V. L., Sukach M. K.,** (1999). Podvodnye stroytelnye raboty. YSMO, 223. (in Russian).
14. **Sait «Baza patentiv Ukrainy».** Sposib dostupu: uapatents.com. (in Ukrainian).
15. **DSTU 3575-97.** Patentni doslidzhennia. Osnovni polozhennia ta poriadok provedennia. (in Ukrainian).

REFERENCES

1. **Zukhba A. H.,** (1997). Perspektyvy pryimeneniya bestransheinykh y transheinykh

Analytical review of developments and improvements of the working body of the cable-layer at trenchless laying of cables

Igor Rusan, Yevhenii Korotkov

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The article provides an analytical review of scientific developments to improve the process of cable laying in general and specifically the working body of the cable layer in the trenchless laying of cables in different geological conditions.

Using the patent documentation, the search and analysis of materials for the improvement of the working body of the cable-layer and the main advantages of trenchless cable laying were carried out.

The task of trenchless laying is: laying of water supply networks, sewerage, gas pipeline; laying of

power supply cables, telephone and fiber-optic cable communication and alarm lines; laying on the bottom of rivers and reservoirs; laying in mountainous areas; replacement of worn-out communications with new ones.

The article analyzes the improvement of the design of cable-laying with active earth-moving working bodies (ZRO), the principle of operation of which is based on the trenchless method, which has limited working speed and relative working speed, design complexity and low operational reliability.

Keywords: earthmoving working body, cable, cable-layer, soil, trenchless method, resistance to movement.

УДК 621.874; 69.059

Системи промислової автоматизації на основі IoT

Євген Міщук¹, Дмитро Міщук²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680
¹mischuk.eo@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-7850-0975>,
²mischuk.do@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8263-9400>

Received: 01.12.2020; Accepted: 21.12.2020
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0501>

Анотація. Підходи «інтернету речей» в порівнянні з класичною промисловою автоматизацією дозволяють створювати системні архітектури, які виявляються більш ощадливими, гнучкими, продуктивними і ефективними, що досягається за рахунок комунікації і взаємодії з промисловими пристроями автоматизації (промисловими контролерами), датчиками, виконавчими пристроями, приводами, системи машинного зору, відео, роботизованими системами.

Основою «інтернету речей» (IoT) є технологія взаємодії машин (M2M), коли машини за допомогою мобільних мереж обмінюються інформацією між собою або передають її в системи обробки і накопичення даних. Технологія M2M ефективно використовується в системах охорони здоров'я та безпеки, у виробництві, житлово-комунальному господарстві, енергетики, банківському секторі.

Активний розвиток технології IoT потребує дослідження та аналізу механізмів їхнього ефективного впровадження в промисловість, зокрема, будівництво, і розробки концепцій промислової автоматизації та управління, які міститимуть набір правил, що визначають відповідні контрольні дії для кожного важливого комплексу подій, що базуються на даних у реальному часі, повідомлених пристроями IoT.

В даному дослідженні пропонується дослідити відомі технічні рішення реалізації IoT в промисловості та запропоновано автоматизувати промислову систему електроприводу будівельної машини із застосування мережевих технологій.

Ключові слова: інтернет речей, промислова автоматизація, IoT.

ВСТУП

Автоматизація підприємств будівельного виробництва є актуальною задачею, яка вирішує ряд важливих проблем – це зниження ручної праці, мінімізація впливу «людського фактору» на якість готової продукції і виробничий процес, зниження частки браку при виробництві та зниження собівартості готової продукції. Існує безліч рішень, які допомагають автоматизувати виробництво серед яких перспективним є «Інтернет речей», за рахунок якого можна підвищити ефективність виробництва в кілька разів при незначному терміні окупності проектів, що в більшості випадків не перевищує декількох місяців.

Промисловий «Інтернет речей» (Internet of Things, IoT) – це комп'ютеризація всіх робочих місць на підприємстві шляхом створення єдиної інформаційної мережі в яку об'єднано всі виробничі об'єкти, враховуючи технологічне обладнання та робочі місця, за рахунок чого створюється екосистема, де всі її складові компоненти починають «розуміти» своє оточення і взаємодіяти між собою по інтернет-протоколу, самостійно вирішуючи питання підвищення ефективності або запобігання позаштатних ситуацій.

Промислова автоматизація також починає досліджувати та впроваджувати концепцію і технології «Інтернету речей» розвинувши його до концепцій: пристрій-пристрій (M2M), «Інтернет всього», «Інтернет речей краю».

На сьогодні існує велика кількість «розумних» пристроїв, зокрема датчиків з виходом в мережу Internet і здатних передавати інформацію по IP-протокол, забезпечуючи доставку пакетів даних від одного постачальника іншому орієнтуючись виключно на IP-адреси в заголовках пакетів. Такий підхід дозволяє виробнику та клієнтам віддалено контролювати роботу виробничих майданчиків, своєчасно проводити регламентні роботи, передбачати аварії і проводити планово-попереджувальний ремонт або, наприклад, заздалегідь підготувати необхідні деталі на заміну, а знаючи фактичне і плановане завантаження виробничого обладнання, з'єданого з мережею, можна організувати автоматичну мережу замовлень між різними виробництвами, оптимізуючи таким чином логістичний ланцюг від постачальників до споживачів. Наприклад, обладнання заводу Philips в Голландії працює в неосвітленому приміщенні, де всю роботу виконують 128 роботів, а всі процеси заводу контролює персонал, який складається з дев'яти робітників. В компанії Harley Davidson, Volkswagen також застосовано підхід IoT, що дозволило в результаті підвищити реакцію виробництва на запити споживачів в умовах зростаючої конкуренції та підвищити систему якості продукції.

МЕТА РОБОТИ

Проаналізувати існуючі системи IoT і технології автоматизації промислового виробництва.

АНАЛІЗ ВІДОМИХ РІШЕНЬ

Одним з прикладів ефективного впровадження технології IoT у промисловість є застосування в сучасних верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) систем комп'ютеризованого управління. Наприклад програмна платформа IoT Winnum (Рис. 1), яка заснована на Java EE, є інтегрованим середовищем збору, зберігання і обробки великих обсягів даних, що надходять від різних мережевих пристроїв та виконує підтримку користувацьких додатків для роботи з ними [1].

Компанія Fanuc пропонує систему комп'ютерного програмного забезпечення MT-LINKi, яка працює як локальний сервер обладнання для управління, збору, візуалізації даних з верстатів на підприємстві [2]. Система дозволяє підключати не тільки верстати з ЧПК FANUC, а й інші периферійні пристрої (наприклад, промислові контролери ПЛК). MT-LINKi може бути основою для підключення обладнання до IoT, так як дозволяє підключити різні датчики і збирати з них інформацію (Рис. 2) та передавати дані далі на сервери мережі.

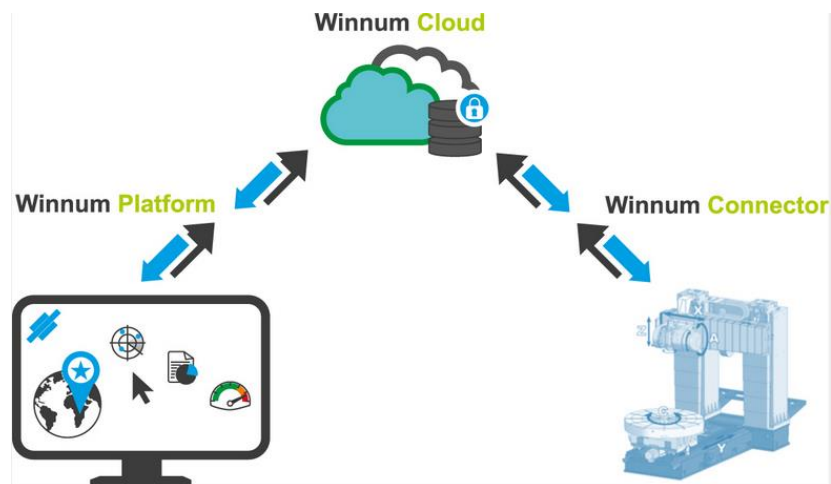


Рис. 1. Основні програмні компоненти Winnum

Fig. 1. The main software components of Winnum

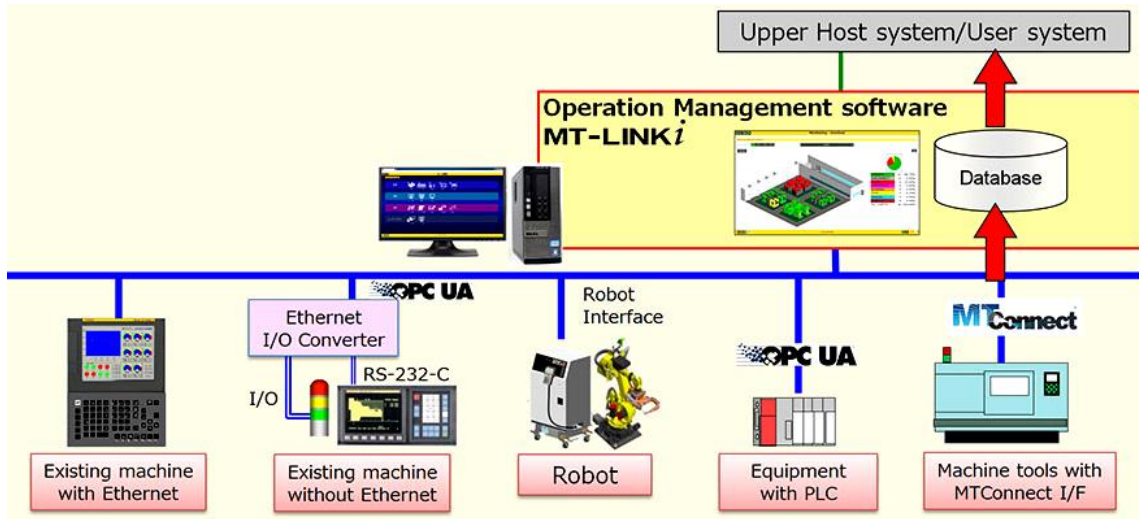


Рис. 2. Комунікація на рівні системи MT-LINKi: OPC Unified Architecture (OPC) – специфікація, що визначає передачу даних в промислових мережах і взаємодію пристроїв в цих мережах

Fig. 2. Communication MT-LINKi system: OPC Unified Architecture (OPC) – specification of defines the data transmission in industrial networks and the interaction of devices in these networks

Інша система для контролю виробництва та управління продуктивністю верстатів – OMATIVE Pro, яка встановлюється на сервер заводської комп’ютерної мережі і з’єднується з системами керування верста-

тів. Програма показує стан верстату: тривалість повного циклу обробки і окремих операцій, час знаходження інструменту в матеріалі, динамічні зміни подачі і навантаження, а також програма здійснює стати-

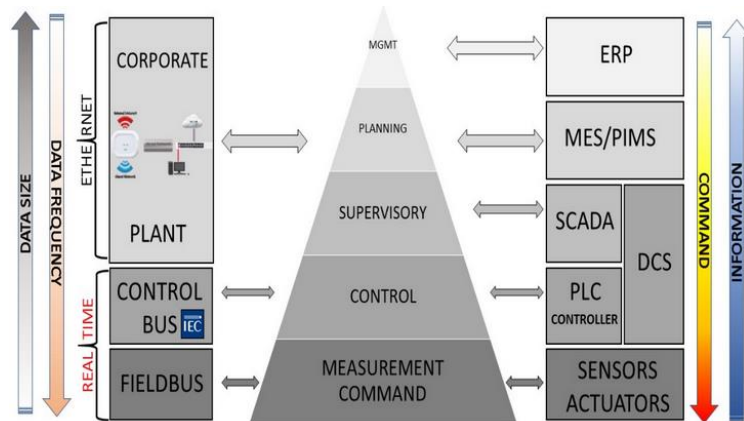


Рис. 3. Ієрархічні рівні системи комплексного автоматизованого виробництва CIM:

sensors, actuators – рівень датчиків, перетворювачів і виконавчих механізмів; PLC, DCS – рівень мікроконтролерів, розподілених систем керування або терміналів віддаленого управління мікропроцесорами (Remote terminal unit RTU); SCADA – рівень систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об’єкт моніторингу або управління в реальному часі через людино-машинний інтерфейс; MES – рівень синхронізації управління виробничої системи шляхом об’єднання рівнів планування і контролю для оптимізації процесів і ресурсів; ERP – рівень програмного забезпечення управління та планування діяльністю

Fig. 3. Levels of the complex automated production system CIM

sensors, actuators – the level of sensors, transducers and actuators; PLC, DCS – the level of microcontrollers, distributed control systems or remote control terminals of microprocessors (Remote terminal unit RTU); SCADA – the level of systems for collecting, processing, displaying and archiving information about the object of monitoring or control in real time through the human-machine interface; MES – the level of synchronization of production system management by combining levels of planning and control to optimize processes and resources; ERP - the level of software management and planning activities

стичний збір даних.

Для стандартизації рішень автоматизації виробництва на сучасних заводах застосовують CIM (computer-integrated manufacturing) підхід [3-6] (Рис. 3) при якому комп'ютери повинні керувати всіма виробничими процесами: проектування, аналіз, планування, закупівлі, облік витрат, управління запасами і логістика за допомогою комп'ютерних систем з функціями виробничого підрозділу, такими як обробка матеріалів, що забезпечує прямий контроль і моні-

тинг всіх етапів життєвого циклу.

Компанія Amazon – активний постачальник послуг по обслуговуванню пристроїв IoT на своїх сервісах AWS Cloud пропонує декілька сценаріїв використання промислового Інтернету речей.

1. Аналітика та прогнозування якості продукції і послуг компанії. Згідно даного сценарію, промислова компанія на своїх виробничих лініях повинна інтегрувати IoT у власне обладнання та здійснити підключення до локального сервіс AWS IoT

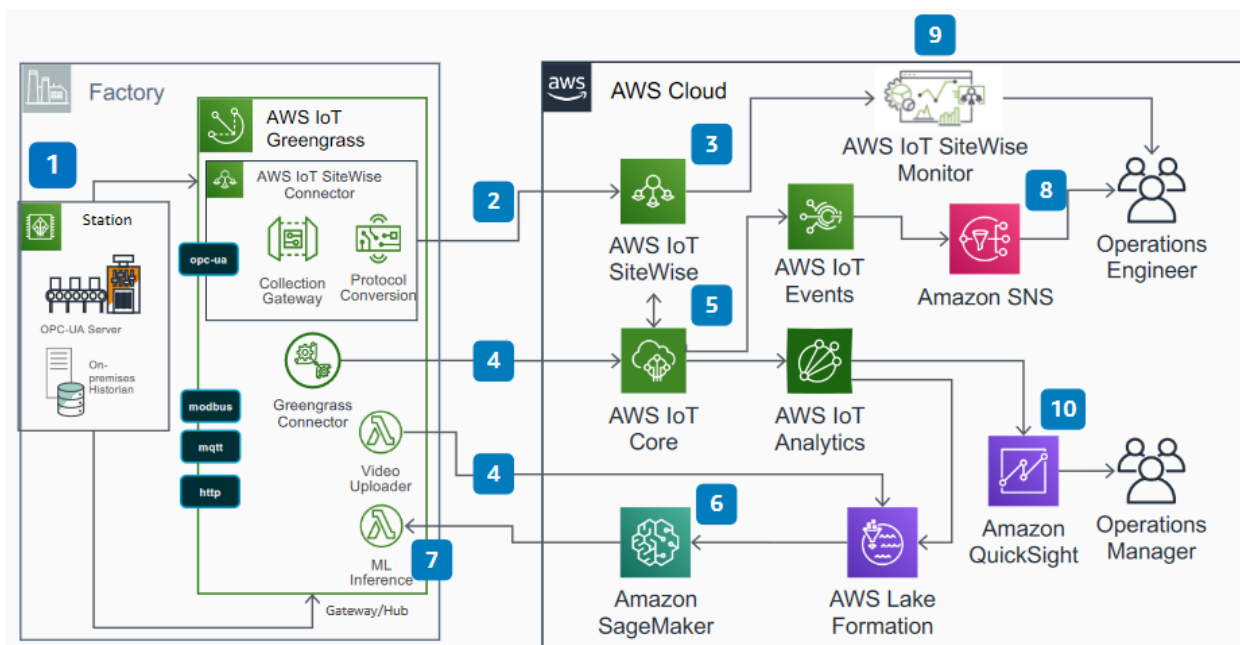


Рис. 4. Архітектура сервісів AWS Cloud для рішення аналітики та прогнозування:

1 – промислове обладнання з IoT; 2 – канал для підключення та збору даних із заводських машин за допомогою OPC-UA та комунікації між локальним AWS IoT SiteWise Connector та мережовим AWS IoT SiteWise; 3 – сервіс мережової системи масштабування та зберігання даних AWS IoT SiteWise; 4 – головний канал підключення локального сервера AWS IoT Greengrass для обміну повідомленнями з глобальною мережею Amazon AWS IoT Core; 5 – сервіс обміну даними між AWS IoT Core та AWS IoT Event, який використовується для реагування на дані про дії IoT та аналітичні дані; 6 – сервіс прогнозування якості моделлю машинного навчання за допомогою Amazon SageMaker на основі зображень, що зберігаються в AWS Lake Formation; 7 – локальна система машинного навчання в шлюзі AWS IoT Greengrass Edge; 8 – канал сповіщень у службі Amazon Simple Notification Service (SNS); 9 – веб-портал для візуалізації даних в реальному часі; 10 – портал статистики проаналізованих даних

Fig. 4. AWS Cloud service architecture for analytics and forecasting solutions:

1 – Industrial equipment with IoT; 2 – channel for connection and data collection from factory machines with OPC-UA and communication between the local AWS IoT SiteWise Connector and the network AWS IoT SiteWise; 3 – service of network system of scaling and data storage AWS IoT SiteWise; 4 – main connection channel of the local AWS IoT Greengrass server for messaging with the Amazon AWS IoT Core global network; 5 – data exchange service between AWS IoT Core and AWS IoT Event, which is used to respond to IoT action data and analytical data; 6 – service for predicting the quality of the machine learning model using Amazon SageMaker based on images stored in AWS Lake Formation; 7 – local machine learning system in the gateway AWS IoT Greengrass Edge; 8 – notification channel in the Amazon Simple Notification Service (SNS); 9 – web portal for real-time data visualization; 10 – portal of the analyzed data

Greengrass, який розміщується на серверах підприємства. AWS IoT Greengrass дозволяє на основі моделей машинного навчання та фільтрації зібраних даних про пристрої, здійснювати їх програмування в локальній мережі та акумулювати і зберігати незначну кількість даних (Рис. 4), при цьому в даному сервісі реалізовано окремо протоколи для обміну даними по OPC-UA, MQTT, HTTP, MODBUS.

HTTP (HyperText Transfer Protocol) – протокол передачі гіпертексту, тобто даних у вигляді символів рядка і відповідно до специфікації OSI є протоколом прикладного (верхнього, 7-го) рівня.

MQTT (Message queuing telemetry transport) – спрощений мережевий протокол, який працює поверх TCP/IP, орієнто-

ваний на обмін повідомленнями між пристроями (по принципу видавець-підписник без обмеження на формат передавання даних і застосовується для роботи з датчиками та пристроями IoT.

Modbus – комунікаційний протокол, заснований на архітектурі ведучий-ведений і використовує для передачі даних через стандарти RS-485, RS-422, RS-232, а також Ethernet мережі TCP/IP.

Таким чином дана система дозволяє отримувати інформацію з промислового обладнання, навколишнього середовища і візуального спостереження (комп'ютерного зору (ML)). Завдяки AWS IoT промислові виробники можуть створювати прогностичні моделі для контролю якості, які допомагають підвищити якість продукції.

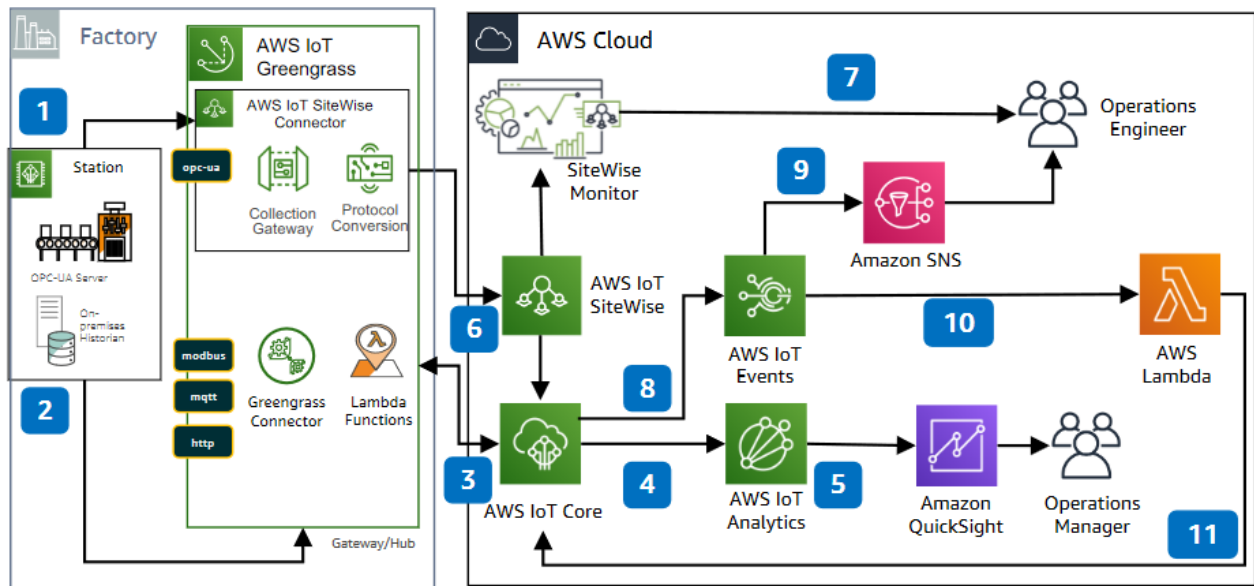


Рис. 5. Архітектура системи AWS Cloud моніторингу ресурсів:

1 – промислове обладнання з IoT; 2 – сервіс локальної обробки та аналізу даних на підприємстві; 3 – канал мережевого ядра AWS IoT Core, що ініціює події, які надсилаються до AWS IoT Events та AWS IoT Analytics; 4 – канал передачі даних до мережевих служб швидкого аналізу даних; 5 – передача даних до сервісу масштабування, статистики та аналітики даних; 6 – сервіс моделей для збереження та відслідковування змін даних; 7 – веб-портал AWS IoT SiteWise Monitor для візуалізації даних реальному часі; 8 – канал служби повідомлень та відслідковування подій; 9 – служба публікації та розсилки повідомлень на основі подій; 10 – сервіс мережевих розрахунків; 11 – канал зв'язку між AWS IoT Core та AWS Lambda

Fig. 5. Architecture of AWS Cloud resource monitoring system:

1 – industrial equipment with IoT; 2 – local data processing and analysis service at the enterprise; 3 – channel of the AWS IoT Core network core, which initiates events that are sent to AWS IoT Events and AWS IoT Analytics; 4 – data transmission channel to network services for fast data analysis; 5 – data transfer to the service of scaling, statistics and data analytics; 6 – model service for saving and tracking data changes; 7 – web portal AWS IoT SiteWise Monitor for real-time data visualization; 8 – channel of message service and event tracking; 9 – event-based publication and mailing service; 10 – network payment service; 11 – the communication channel between AWS IoT Core and AWS Lambda

2. Архітектура системи моніторингу ресурсів (Рис. 5) дозволяє збирати дані про стан машин і устаткування, наприклад показники температури, вібрацій, коди помилок, які вказують, чи працює обладнання оптимальним чином та прогнозувати можливості використання ресурсу обладнання та заводу.

3. Архітектура система аналітики технічного обслуговування обладнання (Рис. 6) дозволяє збирати дані про стан промислового обладнання, виявляти потенційні несправності до того, як вони вплинуть на виробництво. Така система допомагає продовжити термін роботи обладнання, забезпечити безпечні умови праці робітників, оптимізувати логістичні процеси підприємства, безперервно відстежувати і аналізувати стан і продуктивність обладнання реальному часі.

Таким чином проведений аналіз розро-

бок систем IoT дає підстави стверджувати, що для застосування подібних рішень в промислових системах потребує реалізації підключення промислового обладнання до засобів комунікації з Internet протоколами або з протоколами систем автоматики, як наприклад MQTT протокол. В подальшому таке обладнання легко підключається до готових промислових захищених сервісів.

В подальших дослідженнях запропоновано дослідити систему управління електродвигуном із запропонованою архітектурою реалізації IoT, яка містить: Частотний перетворювач DELFA VFD004EL43A, Модуль arduino D1 WiFi UNO R3 ESP8266 ESP-12E, Енкодер Opkon PRI-40-A-R6-HLD-360-ZZ-V3-2M5-R, Локальний сервер Raspberry Pi 4 Model B (див. Рис. 7.). Дана система керування може бути реалізована в роботизованій системі [7, 8] з незначними змінами та в промисловості для будівель-

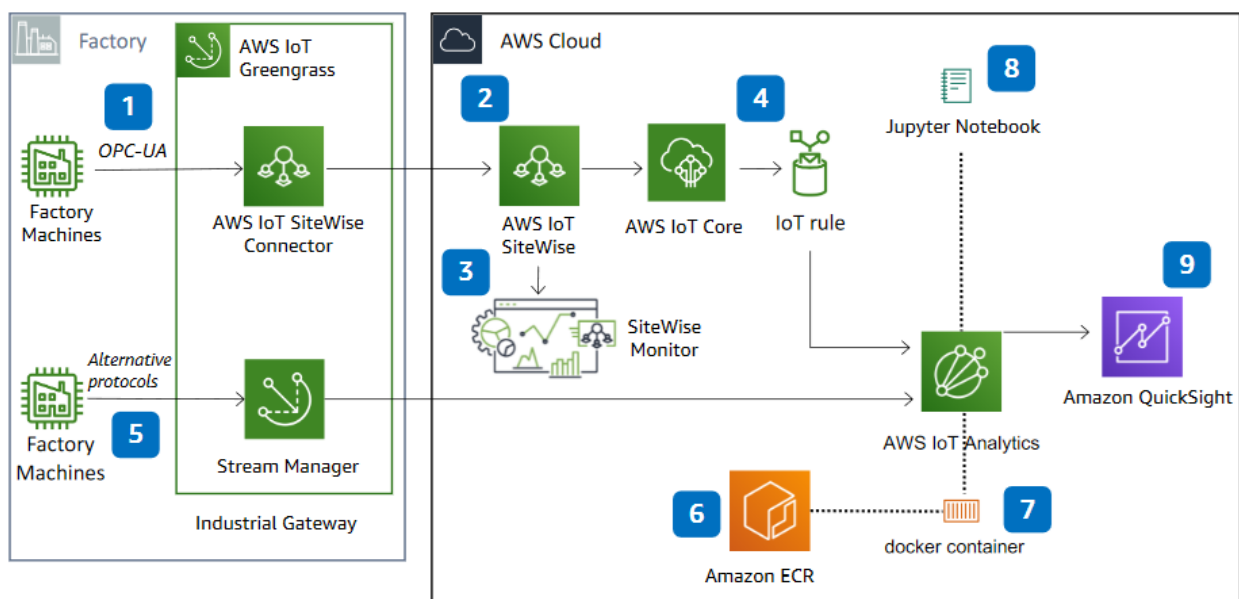


Рис. 6. Архітектура системи AWS Cloud аналітики технічного обслуговування:

1 – канал комунікації для підключення та збору даних із заводських машин за допомогою OPC-UA; 2 – сервіс моделей для збереження та відслідковування змін даних; 3 – веб-портал для візуалізації заводських даних та показників промислової продуктивності в режимі реального часу; 4 – сервіс резервного копіювання та передачі повідомлень до аналітики; 5 – менеджер потоків для паралельної та швидкої обробки даних; 6 – менеджер контейнерів-стану системи для оброблених даних; 7 – Docker container; 8, 9 – додаткові інструменти для взаємодії з користувачами

Fig. 6. Architecture of AWS Cloud system of maintenance analytics:

1 – communication channel for connection and data collection from factory machines using OPC-UA; 2 – service models for storing and tracking data changes; 3 – web portal for visualization of factory data and indicators of industrial productivity in real time; 4 – service of backup and transfer of messages to analytics; 5 – flow manager for parallel and fast data processing; 6 – manager of container-state system for processed data; 7 – Docker container; 8, 9 – additional tools for interaction with users

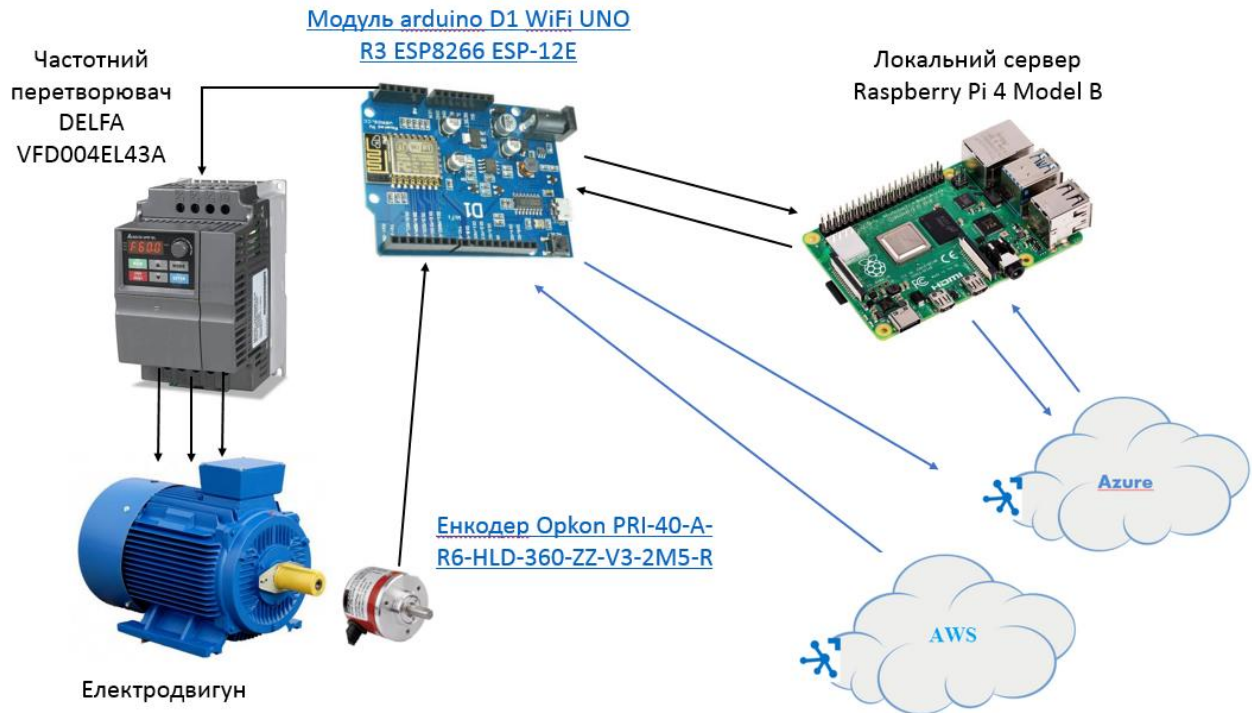


Рис. 7. Запропонована система автоматизації промислового електродвигуна засобами з IoT

Fig. 7. The system of automation of the industrial electric motor by means of IoT

них кранів, машин для дроблення матеріалів [9] та ущільнення.

ВИСНОВКИ

В процесі аналізу існуючих рішень пристроїв та систем IoT зрозуміло, що системи автоматизації на даній технології мають перспективу подальшого дослідження, яка є актуальною для промисловості [10]. Існуючі рішення компаній дозволяють реалізувати автоматизацію та інтеграцію в мережеві технології, проте потребують значних витрат коштів, а захищеність даних, які будуть передані в мережу не гарантується самою технологією. Для забезпечення власної інформаційної безпеки підприємства необхідно розробляти власні технічні рішення та мережеву архітектуру та подальшого її впровадження у виробництво.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулагин М., Волков И. Промышленный интернет на практике: удаленная диагностика станков с ЧПУ с помощью технологии

Winnun / Control Engineering Россия, IoT, 2016, – С. 74-77.

2. PC software for collecting and visualizing the machine information in the factory FANUC MT-LINKi / Рекламний проспект компанії Fanuc. https://www.fanuc.co.jp/en/product/cnc/f_mt-linki.html.
3. Groover Mikell P. Automation. Encyclopedia Britannica, (Accessed 2020), <https://www.britannica.com/technology/automation>.
4. Saadaoui, Safa & Tabaa, Mohamed & Monteiro, Fabrice & Chehaitly, Mouhamad & Dandache, Abbas. (2019). Discrete Wavelet Packet Transform-Based Industrial Digital Wireless Communication Systems. Information. – № 10. – P. 104. 10.3390/info10030104.
5. https://www.wikiwand.com/en/Computer-integrated_manufacturing.
6. Simeonovova I., Hofman R. Automation, simulation and optimization, smart factories as part of the Industry 4.0 concept. Automa. May 2016, – pp. 22-23, ISSN 1210-9592.
7. Міщук Д., Бойченко А. Розробка концепції системи керування роботом для штукатурних робіт на основі нейронної мережі / Д. Міщук, А. Бойченко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2019. –

- №93. – С. 46-60. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0501>.
8. **Бойченко А., Мищук Д.** Возможности использования библиотеки проектирования нейронных сетей TensorFlow для кинематического исследования манипулятора / А. Бойченко, Д. Мищук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні. 2020. – №95. – С. 14-24. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.95.0201>.
 9. **Мищук Є., Назаренко І.** Дослідження динаміки вібраційної щоквої дробарки двосторонньої дії / Д. Мищук, І. Назаренко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2019. – № 94. – С. 5-15. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0101>.
 10. **Internet of Things** based Durability Monitoring and Assessment of Reinforced Concrete Structures. 16th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (Mobispc 2019), the 14th International Conference on Future Networks and Communications (Fnc-2019), the 9th International Conference on Sustainable Energy Information Technology <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.096>.
- [Development of the concept of control system work for plaster works based on neural network]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 93, 46-60. – (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0501>.
8. **Boychenko A., Mishchuk D.** (2020). Possibilities of using the packet TensorFlow neural network design library for the kinematic study of a manipulator. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 95. 14-24. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.95.0201>.
 9. **Mischuk Ye., Nazarenko I.** (2019). Research of the dynamics of a vibratory jaw crusher of bilateral action. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 94, 5-15. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0101>.
 10. **Internet of Things** based Durability Monitoring and Assessment of Reinforced Concrete Structures. 16th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (Mobispc 2019), the 14th International Conference on Future Networks and Communications (Fnc-2019), the 9th International Conference on Sustainable Energy Information Technology <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.096>.

REFERENCES

1. **Kulagin M., Volkov I.** (2016). Industrial Internet in practice: Remote diagnostics of CNC machines using Winnum. Control Engineering technology Russia, IoT, 74-77.
2. **PC software for collecting and visualizing the machine information in the factory** FANUC MT-LINKi / Company brochure Fanuc. https://www.fa-nuc.co.jp/en/product/cnc/f_mt-linki.html.
3. **Groover Mikell P.** Automation. Encyclopedia Britannica, (Accessed 2020), <https://www.britannica.com/technology/automation>.
4. **Saadaoui, Safa & Taba, Mohamed & Monteiro, Fabrice & Chehaitly, Mou-hamad & Dandache, Abbas.** (2019). Discrete Wavelet Packet Transform-Based Industrial Digital Wireless Communication Systems. Information, Nr.10, 104. 10.3390/info10030104.
5. <https://www.wikiwand.com/en/Computer-integrated-manufacturing>.
6. **Simeonovova I., Hofman R.** (2016). Automation, simulation and optimization, smart factories as part of the Industry 4.0 concept. Automa, 22-23.
7. **Mischuk, D., Wojchenko A.** (2019). Rozrobka koncepciyi sistemi keruvannya robotom dlya shtukaturnih robit na osnovi nejronnoyi merezhi

IoT-based industrial automation systems

Yevhen Mishchuk¹, Dmytro Mishchuk²

*Kyiv National University
Construction and Architecture*

Abstract. "Internet of Things" approaches in comparison with classical industrial automation allow to create system architectures which appear more economical, flexible, productive and effective that is reached at the expense of communication and interaction with industrial devices of automation (industrial controllers), sensors, actuators, drives, machine vision systems, video, robotic systems.

The basis of the "Internet of Things" (IoT) is the technology of interaction of machines (M2M), when machines use mobile networks to exchange information with each other or transmit it to data processing and storage systems. M2M technology is effectively used in health and safety systems, in manufacturing,

housing and communal services, energy, and the banking sector.

The active development of IoT technology requires research and analysis of the mechanisms of their effective implementation in industry, in particular, construction, and the development of concepts of industrial automa-

tion and management, which will contain a set of rules defining appropriate control actions for each important set of events. real-time data reported by IoT devices.

Keywords: Internet of Things, industrial automation, IoT.

Шоста міжнародна науково-практична конференція «Transfer of Innovative Technologies 2020»

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: 18.07.2020; Accepted: 23.08.2020
<https://doi.org/10.32347/gbdmm.2020.96.0601>

Анотація. Проведено шосту міжнародну науково-практичну конференцію *Transfer of Innovative Technologies 2020*, присвячену 90-річчю від дня заснування Київського національного університету будівництва і архітектури. Особливістю цього річного форуму було те, що він відбувався дистанційно на платформі Cisco Webex за участі науковців з Польщі, Франції, Австралії, Іраку, Лівії, Бразилії, Китаю. Фахівці в галузях будівництва і архітектури, інженерії та екології, інформаційних технологій та ін. традиційно ділились своїм досвідом. Роботу було спрямовано на інтеграцію українських і закордонних фахівців і наукових шкіл у розробці теорії проведення досліджень, створення нових методів і техніки, практичне застосування енергоощадних, екологічно безпечних технологій та засобів.

Мета конференції – спілкування з фахівцями різних галузей для вирішення глобальних проблем ресурсного та енергетичного забезпечення виробництва, передачі інноваційних технологій у різні сфери людської діяльності. Офіційними мовами конференції є українська, російська, англійська, польська і французька. Було отримано понад сотню заявок від 140 учасників з наукових та освітніх закладів, промисловості, недержавних установ, студентів, магістрантів та аспірантів. Було представлено понад три десятки інноваційних проектів в галузях архітектури, інженерії споруд, інформаційних технологій, кібербезпеки тощо. Обговорено результати дослідження двох докторських та кількох кандидатських дисертацій. За результатами оголошених конкурсів в номінаціях *Інноваційний проект, Презентація, Публікація* визначено переможців 2020 року, які були нагороджені дипломи. Найактивніші учасники з числа фахівців та студентської молоді отримали По-

дяки і Сертифікати. Результати роботи та препринти найкращих презентацій авторів опубліковано у Збірнику матеріалів конференції (online) та журналі *Transfer of Innovative Technologies*.

КНУБА налагодив співпрацю зі спеціалістами Університету науки і техніки Цзянсу (Китай), Університету прикладних наук та мистецтв (Fachhochschule Dortmund, Germany), ІТ університету Астани (Казахстан) у галузях досліджень досліджень та видавничої справи. Учасники конференції підтримали *Петицію* керівництва Міжнародного центру інтегральної екології CEI Laudato Si (Варшава) до Папи Римського і Президента США про антропогенний вплив на світове середовище і захист від академічного насилля та тиску.

Ключові слова: науково-практична конференція, трансфер інноваційних технологій, інтеграція фахівців, конкурсна програма, співпраця, інтегральна екологія.

Традиційно навесні, 20-21 травня проведено чергову, шосту міжнародну науково-практичну конференцію *Transfer of Innovative Technologies 2020* (Рис.1, 2), присвячену цього року 90-річчю від дня заснування Київського національного університету будівництва і архітектури. На теренах навчального закладу зібралися фахівці з архітектури та будівництва, інженерії, інфраструктури, інформаційних технологій та інших галузей. Були присутні науковці й фахівці, студенти і здобувачі з багатьох міст України, а також гості із Польщі, Франції, Австралії, Іраку, Лівії, Бразилії, Китаю.



Рис.1. Робоча програма та Запрошення до конференції
Fig. 1. Working program and Invitation to the conference

Особливістю форуму стало те, що, зважаючи на світову пандемію коронавірусу, проводився він дистанційно на платформі Cisco Webex. Мета конференції – інтеграція фахівців різних галузей для вирішення глобальних проблем ресурсо- та енергозабезпечення виробництва, екологічні проблеми і захист навколишнього середовища, трансфер інноваційних технологій у різні сфери людської діяльності. Мови проведення конференції – українська, російська, англійська, польська і французька.

Пленарне засідання урочисто відкрив голова організаційного комітету, ректор КНУБА Петро Куліков. Учасників і гостей привітали директор представництва в Києві Польської Академії Наук Henryk Sobczuk, голова наукового комітету Михайло Сукач, проректори університету Денис Чернишев, Віталій Плоский, Володимир Ткаченко. Продовжили пленарне засідання представ-

ники Міжнародного центру інтегральної екології CEI Walery Wysoczanski, Romuald Starosielec, Ihor Ogirko (Warszaw-Lviv) про кібернетичний тероризм як одну із загроз нового покоління гібридних війн.

Доповіді та обговорення відбувались за трьома напрямками: 1) Будівництво, Архітектура, 2) Інженерія, Інфраструктура, 3) Інформаційні технології. Зважаючи на дистанційний характер, відвідувачі мали можливість не тільки презентувати свої матеріали, а й відвідувати будь-який з них одночасно. Надійшло понад сотню заявок від 140 учасників з наукових і освітніх закладів, виробництва, недержавних установ, студентів, магістрантів та аспірантів. Представлено понад три десятки інноваційних проектів з архітектури, інженерії споруд, інформаційних технологій, кібербезпеки та ін.

Обговорено результати досліджень двох докторських і декількох дисертацій PhD.



Рис.2. Спікери конференції
Fig. 2. Conference speakers

Представлено понад три десятки інноваційних проектів з архітектури, інженерії споруд, інформаційних технологій, кібербезпеки та ін. До конкурсу 2020 року допущено 15 робіт (проектів, презентацій, публікацій – по 3 з кожної номінації), про що зазначено у Програмі конференції.

Кращі доповіді опубліковано у Збірнику матеріалів VI конференції *Transfer of Innovative Technologies 2020* https://drive.google.com/file/d/1eI06tBOR3tqJCaj_RSohhcBLYv82ILma/view та в журналі *Transfer of Innovative Technologies* <http://tit.knuba.edu.ua/issue/view/12799> в авторській редакції (препринт статті).

Вдосконалюючи методи і засоби проведення міжнародних форумів, значну роль у підготовці конференції відігравали її адміністратори Дмитро Мішук, Максим Балака, Олександр Марченко, Світлана Комоцька, які створили та вдосконалили персональний сайт конференції <https://tit-conference.jimdofree.com>, підтримавши таким чином високі вимоги наукометричних баз.

Друкованими органами конференції є два міжнародних наукових журнали «Підводні технології: промислова та цивільна інженерія» і «Transfer of Innovative Technologies», індексовані базами Google Academy, Cross-Ref, Index Copernicus, Ulrichs Web, Web IPBIS, наразі подано заявки в OpenAIRE, BASE, Doaj.

Використання платформи Cisco Webex налагоджено зусиллями Олени Рудницької та завідувача кафедри кібербезпеки Юрія Хлапоніна. Якість синхронного перекладу конгресовими мовами й подальших публікацій забезпечував лінгвіст-консультант Валерій Гастинщиков.

Робота в секції *Будівництво, Архітектура* розпочалась доповідями викладачів і студентів Львівської політехніки, які представили новітні технології з проектування дитячих реабілітаційних центрів (Зера Аблязізова), модернізації житлових будинків (Іван Андрейко), засобів і прийомів освітлення інтер'єрів православних храмів (Ганна Артеменко). Алла Плешкановська (КНУБА) поділилася програмою реконструкції застарілого житлового фонду й надала слу-

шні пропозиції з цього напрямку (Рис.3).

Основні принципи формування осередків для дітей з обмеженими можливостями, шляхи оптимізації лікувальних та оздоровчих просторів для дітей сформулювали Аліна Дейнека і Анастасія Фінагєєва. Про принципи планування «блакитно-зеленої» інфраструктури міста, використання зелених фасадів і дахів доповідали Людмила Рубан та Інна Криштофор. Ідеї концептуального підходу в архітектурному проектуванні озвучили Оксана Моркляник зі своїми співавторами, а Любов Ільницька розповіла про роль В. Заболотного у розбудові академічних традицій в галузі архітектури.

Група авторів з Полтавської політехніки ім. Ю. Кондратюка (О. Крутибич, О. Семко і А. Гасенко) презентували інноваційні технології у моделюванні розрахункових схем самонапруженої залізобетонної арки, а Богдан і Мар'яна Парнета говорили про застосування технології горизонтальної ін'єкційної гідроізоляції для захисту конструкцій об'єктів історичної спадщини. Цікаву ідею запропонував Михайло Кордюков (КНУБА) щодо інженерних систем багатопверхових будинків, яка викликала неабияку полеміку серед фахівців будівельної галузі.

Секційне засідання *Інженерія, Інфраструктура* відкрив д.т.н. Сергій Максимов (Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона) доповіддю про застосування енергії вибуху при будівництві підводних конструкцій. Науковці Харківського Національного автомобільно-дорожнього університету виступили з презентували тему «Залежність зміни зношення робочих органів від часу напрацювання ЗТМ» (Євген Венцель, Олександр Щукін, Олександр Орел) та іще 13 доповідей магістрантів, виконаних під керівництвом провідних викладачів.

Національний лісотехнічний університет України (Львів) представляли Олег Мачуга, Ярослав Сало, Володимир Шалапай та Юрій Луста з обґрунтуванням параметрів експлуатаційних випробувань стійкості лісових машин, працюючих на ухилах, періодичності заміни ущільнень гідроприводу маніпулятора-самозавантажувача для лісових машин, а також визначення граничних кутів ухилу

ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНИХ ФАСАДІВ ТА ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ В СТРУКТУРІ МІСТА

Іван Кривоносов
VI конференція ТІТ 2020

Актуальність теми

- Екологічний аспект - покращення екології, зменшення витрат енергії, покращення якості повітря та зменшення шуму.
- Архитектурно-просторовий аспект - заощадження площі будівель, зменшення витрат на опалення та охолодження приміщень.

Шляхи оптимізації лікувальних та оздоровчих просторів для дітей

Фінагесва Анастасія АР-41
Карієнас: Кайдаковська О.О.
ІАРД, НУ «Львівська політехніка»

VI конференція ТІТ 2020 - Трансфер інноваційних технологій

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

КІР - найбільш поширений вид захворювання серед дітей в Україні.

за січень 2019 року в Україні захворіло на кір **15 тисяч людей** з них більш ніж 50% **діти**

Найвищі показники захворюваності у Львівській, Вінницькій, Рівненській, Хмельницькій областях та М. Київ

СУЧАСНИЙ ДИЗАЙН ПАРКАТ

ПРОБЛЕМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ 50-Х - 80-Х РОКІВ

Вис. ст. Федора Андрушко І.В.
Федорук Михайло Іванович
ІІІ Школярівська вулиця, Львів

АКТУАЛЬНІСТЬ

- всі будівлі негативне ставлення місцевих мешканців до реконструкції
- дешеві квартири мають високий попит на ринку

МЕТА

Чимала кількість районів хрущовських будинків будувалися на висотках, особливо в місті, але в останні роки ці райони стали центральними, об'єктами інфраструктури і залучення інвестицій.

Національний університет «Львівська політехніка» Інститут будівництва та цивільної архітектури

Національно-науковий інститут архітектури та будівництва

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МОДЕЛЮВАННІ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ САМОНАПРУЖЕНОЇ СТАЛЕЗАЛЮБЕТОННОЇ АРКИ»

Науковий керівник: д.т.н., професор Сімоха О.В.
Консультант: к.т.н., доцент Гавришко А.В.
Студент: ст. 505-КІІ Крушель О.В.

VI міжнародна науково-практична конференція ТРАНСФЕР ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 2020

Актуальність: Актуальність дослідження пов'язана із швидким ростом попиту на інноваційні будівлі та необхідністю використання сучасних розрахункових конструкцій (капітальна конструкція, труба у шаровій елементній конструкції) для забезпечення надійності та довголіття конструкцій.

Мета: Пошук оптимального конструктивного рішення інноваційного будівлі збільшення простору без зменшення порожнини розмірів відрізаних марок та транспарентних елементів конструкцій.

Приклад будівлі

Південний фасад

кондиціонери

T = 60° C

Процес будівництва інноваційної будівлі

СИСТЕМА ДИЗАЙНУВАННЯ ТА ПІДПРИЄМСТВА БЕЗПЕЧНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Вступ

Рис.3. Доповіді на секційних засіданнях
Fig. 3. Reports at breakout sessions

для спецтехніки в умовах імпульсного бокового навантаження.

Національний університет «Запорізька політехніка» представляли Сергій Іщенко (Розробка палевого фундаменту промислового цеху в м. Енергодар), Ірина Коновальська (Можливості генерації тепла та холоду районною комерційною нерухомістю в умовах глобального потепління). Львівська політехніка відзначилась доповіддю Івана Афтаназіва, Ориси Строган, Лесі Струтинської (Віброрезонансні кавіатори для обробки води відкритих водойм).

Святослав Кравець з Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне) разом з Володимиром Супонєвим і Олексієм Гапоном (ХНАДУ) опікувались визначенням енерговитрат роботи скребкового екскаватора в умовах еритичноглибинного різання ґрунту різцями. Євген Горбатенко (Інститут гідромеха-

ніки НАН України) долучився до обговорення актуальної проблеми розсіювання енергії гравітаційних хвиль у водяному потоці.

Студенти й здобувачі Київського національного університету будівництва і архітектури під керівництвом професорів В. Яковенко, М. Ручинського та ін. скористались можливістю долучитись до міжнародного форуму в стінах альма матер. Третину часу для доповідей, площі на шпальтах фахових видань й поточного місця на сайті конференції отримала студентська молодь, щоб донести своє бачення й перспективи своєї інноваційної діяльності. Найбільш активними учасниками заходу стали М. Делембовський, В. Рашківський, М. Клименко, І. Космінський, О. Терентьев, Є. Горбатюк, О. Костенюк, Є. Міщук, А. Фомін, які разом зі своїми студентами презентували низку доповідей та проектів в галузях машинобуду-

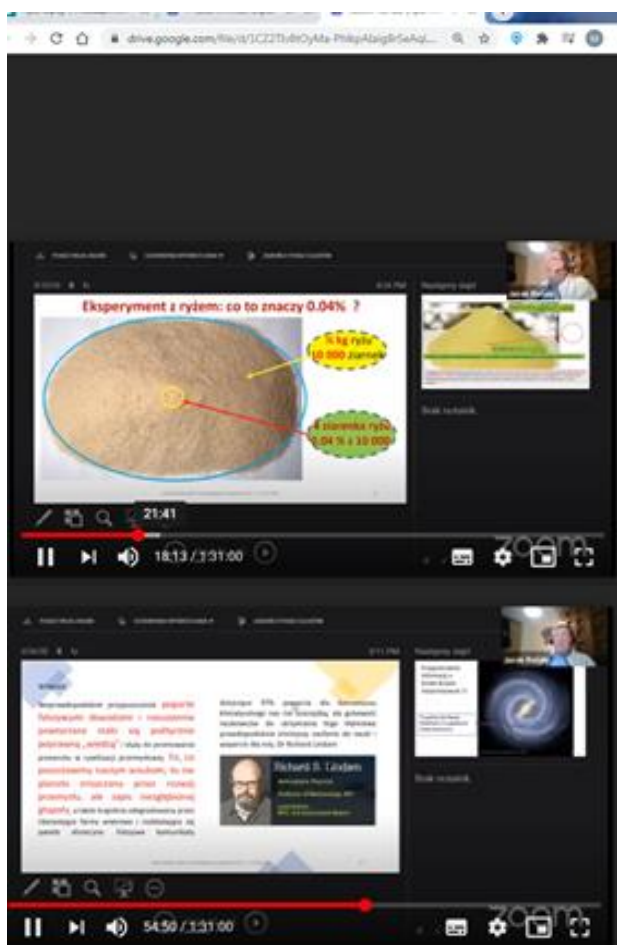
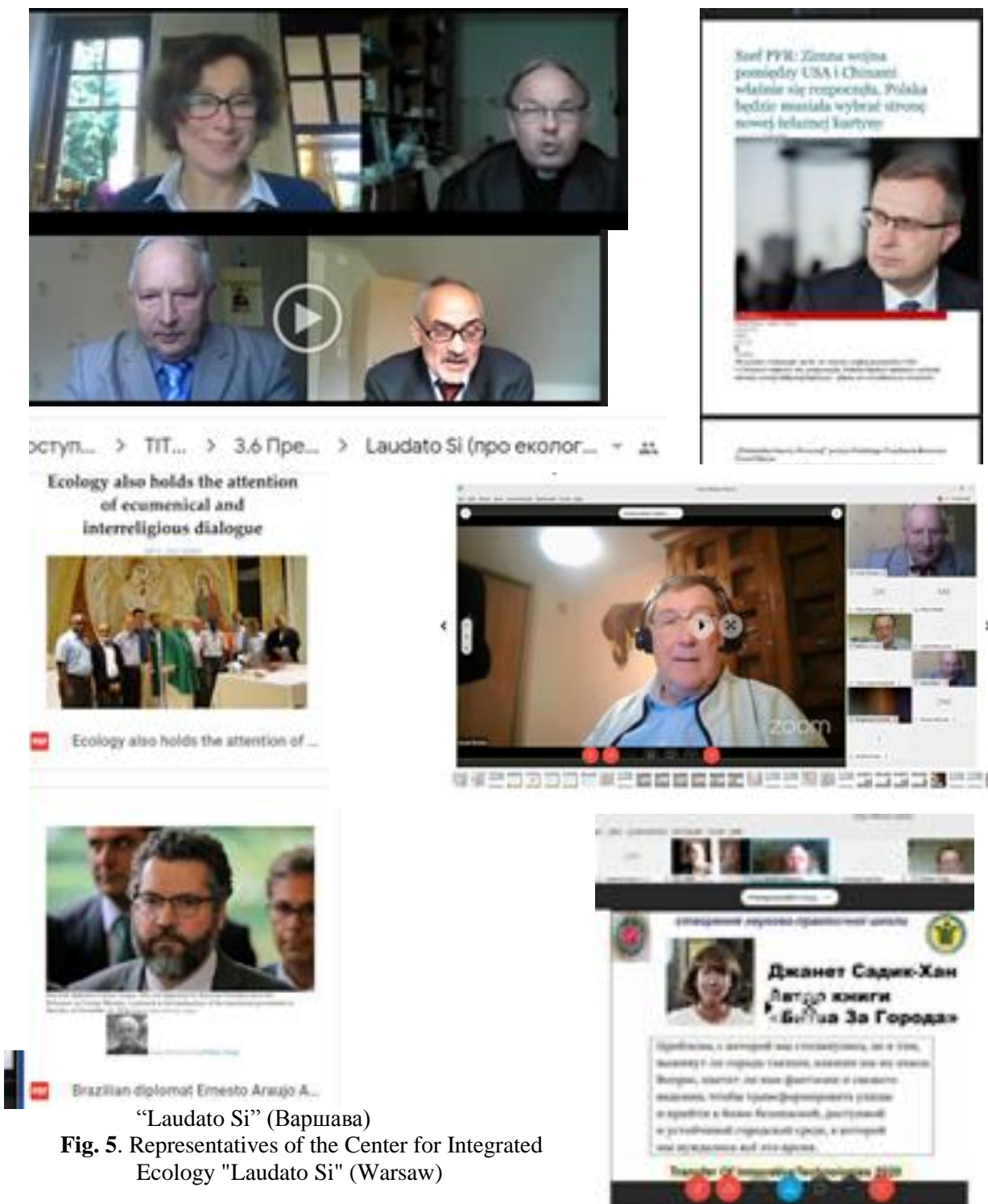


Рис.4. Презентація спільних проектів
Fig. 4. Presentation of joint projects

вання і будівельних технологій. Після апробації розробок декілька аспірантів уже цього року захистили дисертації (PhD – Олександр Марченко, Максим Балака, Олена Рудницька, д.т.н. – Володимир Супонев), інші готуються до захисту.

Під час роботи VI міжнародної конференції *Transfer of Innovative Technologies 2020* проф. Михайло Сукач презентував спільний

проект з Zhejiang Yuexin Testing Technology Co., Ltd щодо ідентифікації робочих процесів глибоководних ґрунторозробних машин (Рис.4), який наразі знаходиться на розгляді китайської сторони щодо фінансування робіт, пов'язаних з розробкою технічного завдання з прокладки, експлуатації і ремонту підводних трубопроводів.



“Laudato Si” (Варшава)
Fig. 5. Representatives of the Center for Integrated Ecology "Laudato Si" (Warsaw)

Великий інтерес викликала тематика, яку предствалено на **секції Інформаційні технології**. Приоритет оплилюдження надавався, насамперед, іноземним учасникам конференції і гостям з інших міст та установ України (Рис.5). Зокрема, оїсієс Mariusz Bigiel (Poland) підготував декілька виступів та міркувань щодо нагальних екологічних проблем та антропологічного відновлення, частину з яких не встиг оплилюдити через обмежений час проведення конференції (можна ознайомитись на сайті <https://tit-conference.jimdofree.com> в розділі Презентації, п.3.6).

Значну частину матеріалів надано Президентом Міжнародного центру інтегральної екології CEI Waleryem Wysoczanskiem (див. там же). Paweł Borys (prezes Polskiego Funduszu Rozwoju) розмірковував на тему «холодної війни», розпочатої між США і Китаєм. Dorota Matalowska (Centrum Ekologii Integralnej *Laudato Si*, Warszawa, Poland) звернулася до жінок під гаслом захисту від екотероризму. Jacek Ronda розказав про глобальне потепління і вплив CO₂ на навколишнє середовище. Oleksander Kovalovskyi (Pomeranian Academy in Slupsk, Poland) поділився інформацією щодо система локації з елементами розширеної реальності.

Гість із Іраку Muhi-Aldin Hassan Mohamed (Al Iraqia University, Baghdad) доповів про запропонований ним метод динамічного розподілу смуги каналів зв'язку в мережі з функціями підтримки віртуалізації. Лівієць Kamal Khalifa A Elisawi (University of Benghazi) – про метод підвищення стабільності мережевої синхронізації в мульти-сервісній мережі. Ще один учасник із Австралії Vladislav Bogdanov (Progressive Research Solutions Pty. Ltd, Sidney, Australia) показав динаміку руйнування пружно-пластичного середовища.

Активною участю в роботі конференції відзначився Національний транспортний університет (Київ), який аносував 28 доповідей магістрантів і аспірантів, виконаних як самостійно, так і під керівництвом викладачів, очолював їх проф. О. Безверхий.

Про свої інноваційні розробки доповіли

науковці інших установ. Так, Дмитро Хлапонін (Державний університет телекомунікацій, Київ) представив механізми державного управління в охороні персональних даних у смарт-місті. Подібною тематикою опікувались Олександр Селюков і Юрій Хлапонін. Володимир і Андрій Темніков (Національний авіаційний університет, Київ) розробили модель системи обробки даних для оцінювання функціонального стану людини.

КНУБА надав понад два десятки доповідей, переважно всі вони мають інноваційний характер, заслуговують на увагу та впровадження у виробництво. Зокрема, методика оцінки та підвищення ефективності системи неперервної освіти Олени Рудницької, а також правове регулювання будівельної діяльності в Україні, про яке доповіла Тернавська.

Чотирма доповідями відзначились студенти Харківського національного університету радіоелектроніки, виконаних під керівництвом доцента Володимира Кобзева, який разом із співавторами Іриною Панфьоровою, Мохамедом Алкілані презентував і власне дослідження функцій та головних компонентів сучасних систем електронного урядування. Михайло Антонішин з Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (Київ) запропонував чотири шляхи для обходу андронної верифікації SSL і піннірування сертифікату.

Микола Жук (Славяно-Арійська Академія наук) і Юрій Стельмахов (Міжнародна неурядова гуманітарно-екологічна організація «Інтер-Чорнобиль») опікувались Програмою «КОВЧЕГ», спрямованою на спасіння людей від катаклізмів, що виникають внаслідок глобального потепління й різких змін клімату, яка ґрунтується на новітніх дослідженнях академіка В.Б. Болотова в галузі медицині і біотехнологій.

Насамкінець, учасники заслухали «Петицію керівного складу конференції з питань *Laudato Si*: Збереження нашого спільного дому та майбутнього життя на Землі» (доповідь Mariusza Bigiela, Ihora Ogirko, Walery Wysoczanski із CEI "Laudato SI", (Рис.6). Від імені групи вчених-інтелектуалістів підтримали прохання до

Prof. Walery Wysoczański's team of thinkers (scientists) dedicated to a sound integral ecology based on Fides et Ratio approach

ul. Brazyljska 7 m 18, 03-946 WARSZAWA, POLAND

PETITION To the Steering Committee of The Conference on Laudato Si SAVING OUR COMMON HOME AND THE FUTURE OF LIFE ON EARTH International Conference on the 3rd Anniversary of *Laudato si'* (Vatican City, 5-6 July 2018)

On behalf of the team of thinkers (scientists) dedicated to a sound integral ecology based on *Fides et Ratio* approach we dare to kindly ask all participants of the Conference SAVING OUR COMMON HOME AND THE FUTURE OF LIFE ON EARTH to secure for us (and for the President of USA Mr Donald Trump as well) full religious freedom, as declared by John Paul II in Czestochowa during the WYD held in 15th of August 1991.

We want to satisfy Can. 7481 in the light of the Declaration on Religious freedom DIGNITATIS HUMANAЕ ON THE RIGHT OF THE PERSON AND OF COMMUNITIES TO SOCIAL AND CIVIL FREEDOM IN MATTERS RELIGIOUS PROMULGATED BY HIS HOLINESS POPE PAUL VI ON DECEMBER 7, 1965.

According to Can. 227 The lay Christian faithful have the right to have recognized that freedom which all citizens have in the affairs of the earthly city. When using that same freedom, however, they are to take care that their actions are imbued with the spirit of the gospel and are to heed the doctrine set forth by the magisterium of the Church. In matters of opinion, moreover, they are to avoid setting forth their own opinion as the doctrine of the Church.

The topic of scientific research is mentioned in Laudato Si nr 188:

¹ Can. 748 §1. All persons are bound to seek the truth in those things which regard God and his Church and by virtue of divine law are bound by the obligation and possess the right of embracing and observing the truth which they have come to know. §2. No one is ever permitted to coerce persons to embrace the Catholic faith against their conscience.

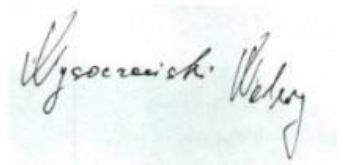
There are certain environmental issues where it is not easy to achieve a broad consensus. Here I would state once more that the Church does not presume to settle scientific questions or to replace politics. But I am concerned to encourage an honest and open debate so that particular interests or ideologies will not prejudice the common good.

Paris Climate agreement based on unjustified belief in home-made climate changing is politic and presumes some scientific conclusions!

John Paul II has apologized on behalf the Catholic Church for the case of Giordano Bruno when the borders of scientific questions were manipulated, breaking religious freedom.

Please do not try to coerce us (and Mr President Donald Trump as well) to believe in the religion of homemade climate changing as long as we have scientific proofs against it! Of course we want to seek the truth, but structural, academic violence does not help. We need your support to have a chance to present our scientific data against global warming without being persecuted by the Catholic Church.

on behalf of the team



Prof. Walery Wysoczański

CC: His Eminence Card. Luis Francisco Ladaria Ferrer, S.I. Prefect of CDF
CC: Mr President of USA, Donald Trump

Warsaw, 29th of June 2018

Рис.6. Петиція керівництву комітету конференції по вопросам Laudato Si: сохранение нашего общего дома и будущей жизни на земле
Fig. 6. Petition to the steering committee of the conference on Laudato Si: saving our common home and the future of life on earth



Рис.7. Переможці конкурсів
Fig. 7. Winners of competitions

Папи Римського про гарантування повної свободи в питаннях верифікації Паризької кліматичної угоди, заснованій на невиправданій вірі в глобальне потепління клімату, викликане людиною.

Підбито підсумки роботи шостої міжнародної науково-практичної конференції *Transfer of Innovative Technologies 2020*. Доповідачі конференції і автори презентацій отримали відповідні Сертифікати учасника, а найактивніші учасники – Подяки організаційного комітету конференції. Лауреатами конкурсів 2020 року у відповідних категоріях (Рис.7) стали: Людмила Рубан (*Презентація*), Олена Рудницька (*Інноваційний проект*), Алла Плешкановська (*Публікація*).

Організатори подякували всім учасникам конференції і висловили думку про можливість проведення наступної зустрічі у 2021 році також в дистанційному режимі у разі продовження обмежень, пов'язаних із пандемією.

Sixth international scientific and practical conference «Transfer of Innovative Technologies 2020»

Mikhailo Sukach

*Kyiv National University
Construction and Architecture*

Abstract. The sixth international scientific-practical conference *Transfer of Innovative Technologies 2020* was held, dedicated to the 90th anniversary of the Kyiv National University of Construction and Architecture. The specificity of this year's forum was that it took place remotely on the Cisco Webex platform with the participation of scientists from Poland, France, Australia, Iraq, Libya, Brazil and China. Specialists in the fields of construction and architecture, engineering and infrastructure, information technology, etc. have traditionally shared their experience. The work is aimed at the integration of Ukrainian and foreign specialists and scientific schools in the development of the theory of research, the creation of new methods and techniques, the practical application of energy-saving, environmentally friendly technologies and tools.

The purpose of the conference is to

communicate with specialists from various fields to solve global problems of resource and energy supply of production, transfer of innovative technologies to various spheres of human activity. The official languages of the conference are Ukrainian, Russian, English, Polish and French. More than a hundred applications were received from 140 participants from scientific and educational institutions, industry, non-governmental institutions, students, undergraduates and graduate students. More than three dozen innovative projects in architecture, building engineering, information technology, cybersecurity, etc. were presented. The results of research of two doctoral and several dissertations of PhD are discussed. According to the results of the announced competitions in the nominations Innovative project, Presentation, Publication, the winners of 2020 were determined, who were awarded diplomas. The most active participants from among the specialists and student youth received Acknowledgments and Certificates. Results of work and preprints of the best presentations of the authors were published in the Proceedings of the conference (online) and the science journal «*Transfer of Innovative Technologies*».

КНУБА has established cooperation with specialists from Jiangsu University of Science and Technology (China), University of Applied Sciences and Arts (Fachhochschule Dortmund, Germany), Astana IT University (Kazakhstan) in research and publishing. The conference participants supported the Petition of the leadership of the International Center for Integral Ecology CEI Laudato Si (Warsaw) to the Pope and the President of the United States on the anthropogenic impact on the world environment and protection from academic violence and pressure.

Keywords: scientific and practical conference, transfer of innovative technologies, integration of specialists, competitive program, cooperation, integrated ecology.

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

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

Постановою президії ВАК України від 10.05.2017 р., № 693 Всеукраїнський збірник наукових праць “Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини” включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

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.sindex.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>.

Наукове видання

ГІРНИЧІ, БУДІВЕЛЬНІ, ДОРОЖНІ ТА МЕЛІОРАТИВНІ МАШИНИ

Всеукраїнський збірник наукових праць

Випуск 96
(липень – грудень, 2020)

Редакторський відділ:

Відповідальний за випуск: *Дмитро Міщук*
Комп'ютерне верстання: *Олександр Марченко*
Редагування та коректура: *Тетяна Щербина*

Оригінал-макет виготовлено в редакції ВЗНП
Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини

КНУБА, Повітрофлотський проспект, 31,
лаб. корпус, к. 2311, Київ, Україна, 03680.
Електронна пошта: e-mail: gbdmm@ukr.net.
Сайт: www.gbdmm.knuba.edu.ua.
Тел.: +38 044 2415474, факс +38 044 2454217

Підписано до друку 29.12.2020. Формат 60×84 1/8.
Ум. друк. арк. 6,97. Обл.-вид. арк. 7,5
Наклад 100 прим. Вид. №25/III-20. Зам. №48/3-20

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680
E-mail: red-isdat@ukr.net, тел. (044)241-54-87

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.