

---

**Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**



# **Матеріали**

**V Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Створення, експлуатація і ремонт  
автомобільного транспорту та  
будівельної техніки»  
22 квітня 2021 р.**

**Полтава 2021**

---



---

Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки» (22 квітня 2021 року, м. Полтава) / ред.: М.М. Нестеренко – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 85 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок із машинобудування, інженерної механіки, експлуатації та будови автомобілів, анонсовані у доповідях V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки», що відбулася 22 квітня 2021 року в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у м. Полтаві).

Збірник призначений для інженерних та науково-педагогічних працівників, аспірантів і студентів старших курсів.

Матеріали видаються відповідно до рішення вченої ради Навчально-наукового інституту інформаційних технологій та механотроніки Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» від 22.04.2021 р., протокол № 14.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри будівельних машин та обладнання, к.т.н., доцент Орисенко О.В.

Редакційна колегія:

О.В. Орисенко – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівельних машин та обладнання – головний редактор;

М.М. Нестеренко – к.т.н., доцент кафедри будівельних машин та обладнання.

Матеріали друкуються в авторській редакції.

© Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021  
© Автори статей, 2021

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗМІШУВАЧА ПРИМУСОВОЇ ДІЇ ПІД ЧАС ПРИГОТУВАННЯ СУМІШІ ДЛЯ 3D-ДРУКУ**

Під час будівництва малоповерхневих будинків приділяють увагу легким будівельним сумішам, таким як піно- та газобетон, бетонні суміші з полістирольними заповнювачами, з фібровими волокнами (синтетичними, полімерними, акриловими та металевими). З таких сумішей виготовляють як окремі блоки, так і стандартні цеглини, та леґо-цеглини. Такий підхід в будівельній галузі зменшує час на будівництво, що в свою чергу полегшує працю та збільшує продуктивність. Також інтенсивно розвивається технологія безкаркасного будівництва купольних будинків та будівництво за допомогою 3-Д принтерів.

Технологія будівельного друку активно розвивається в таких країнах як Китай, США, Філіппіни, Великобританія. У сучасному будівельному комплексі все більший інтерес проявляється до аддитивних технологій, застосування яких може привести до збільшення швидкості будівництва, зменшення трудовитрат, ресурсо- та енергозбереження. Адитивні технології в будівельному виробництві дозволяють виготовляти пошарово на основі комп'ютерного 3D-друку конструкції і вироби будь-якої конфігурації і складності. За допомогою будівельного 3D-друку з меншими затратами праці і економічно можна відтворювати нові об'єкти і малі архітектурні елементи нестандартної форми [1]. Для друку об'єктів застосовуються різні види матеріалів із заданими властивостями в залежності від призначення виробів і способу 3D-друку.

Найбільш вивченим і поширеним матеріалом для 3D-друку на сьогоднішній день є пластмаси, керамічні маси, гіпс. Але для будівництва будівель і споруд ці матеріали мають обмежене застосування, перш за все, через неможливість забезпечити всі необхідні для виробів і конструкцій експлуатаційні характеристики.

Наявні на сьогодні будівельні 3D-принтери відрізняються конструкціями та методами зведення стін. Найбільш часто зустрічаються принтери порталної конструкції, дво- та чотирьох опорної конструкції, на базі руки-маніпулятора або циркульної конструкції. Обладнання дозволяє створювати малі архітектурні форми та елементи споруджень для подальшого їх збирання на місці, або дозволяють друкувати цілу будівлю на будівельному майданчику. Висота та розмір друкованого будинку залежать від технічних характеристик використаного принтера [2].

Екструдер виділяє бетонну суміш з різноманітними домішками, яка швидко твердне. Кожен наступний шар наноситься зверху попереднього, завдяки чому утворюється вертикальна конструкція. Таким чином, бетонні шари, що

---

знаходяться внизу, стають твердішими, зростає їх здатність витримувати наступні шари, а отже, і вага цієї конструкції. Для зміцнення конструкції виконується армування, котре може бути як вертикальним, так і горизонтальним. Укладка горизонтального армпоясу відбувається між шарами. Вертикальну арматуру встановлюють по закінченню процесу друку, а потім заливають бетоном.

Виготовлення конструкцій 3D-принтером відкриває більші можливості для підприємств будівельної та схожих сфер (рис. 1). Практичне застосування виявило наступні переваги адитивного виробництва:

- знімає обмеження з уяви дизайнерів та архітекторів, бо дає можливості, які недоступні під час будівництва звичними нам методами;
- висока швидкість будування будівель та інших споруджень;
- повна автоматизація процесу;
- низькі енерговитрати обладнання;
- значна економія проти класичних методів будівельних робіт внаслідок зниження витрат на оплату праці персоналу та енергоресурси, збільшення термінів будівництва;
- повністю виключається утворення відходів будівельних матеріалів;
- мінімізація людського втручання в процес будівництва не лише дозволяє будувати в недоступних для людей місцях, але й на звичних територіях нівелює людський фактор та зменшує ймовірність помилки.



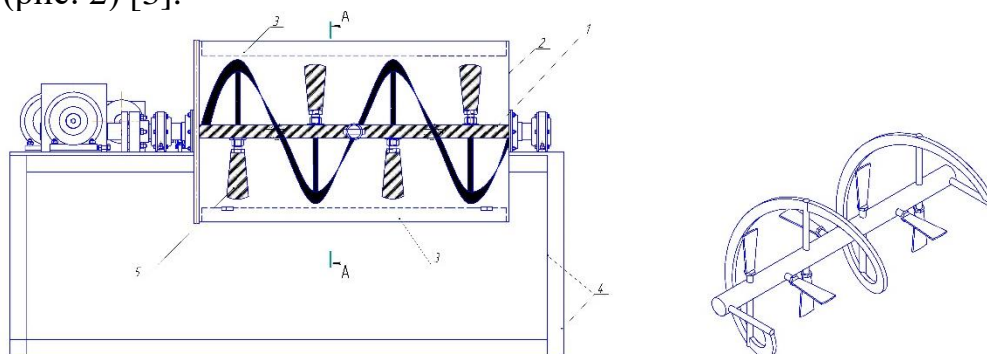
*Рисунок 1 – Приклади будинків та елементів надрукованих 3-Д принтером*

Під час будівництва особливу увагу потрібно приділяти процесу приготування будівельної суміші. Потрібно підібрати рецептури, дотримуватись точного дозування та обрати змішувач, який зможе приготувати якісну суміш, при чому за скорочений час та зі збільшеною продуктивністю.

Основним матеріалом для друку 3-Д принтера є бетон. Бетонна суміш повинна бути пластичною, щоб підходила для екструзії через друкуючу головку. Суміш складається з цементної складової, дрібного заповнювача та пластифікаторів.

Для приготування будівельної суміші і подальшого його використання в 3-Д принтері пропонується використовувати змішувач гравітаційно-примусової дії,

який показав позитивні результати при приготуванні будівельних сумішей з фібровими волокнами, полістирол-бетонних сумішей, жорстких бетонних сумішей (рис. 2) [3].



*Рисунок 1 – Змішувач гравітаційно-примусової дії*

*1 – горизонтальний стрічковий вал; 2 – корпус; 3 – завантажувальний та розвантажувальний отвори; 4 – рама; 5 – лопаті*

Робочий орган змішувача має вигляд стрічково-лопатевого валу. Змішувач має завантажувальний та розвантажувальний отвори. Машина працює в циклічному режимі. Додаткове обертання корпусу змішувача призводить до інтенсифікації руху суміші в змішувачі, при чому напрям обертання може бути як в одному напрямі, так і в протилежному і залежить від обертання стрічково-лопатевого валу. Завдяки обертанню робочого органу з великою швидкістю та його конструктивних особливостей відбувається інтенсивне перемішування компонентів суміші.

Така конструктивна особливість дає змогу отримати якісну будівельну суміш, збільшити коефіцієнт заповнення корпусу та продуктивність змішувача.

#### *Література*

1. Демьяненко О.В., Копаница Н.О., Сорокина Е.А. Влияние добавки термомодифицированного торфа на технологические свойства строительных смесей для 3D-печати. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018;(4):122-134. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-4-122-134>.

2. 15 будівель, що були побудовані за допомогою 3D-друку [Електронний ресурс] <https://www.imena.ua/blog/15-3d-houses/> (дата звернення: 01.04.2021).

3. Змішувач для приготування полістирол бетонної суміші з фібровими волокнами. Ємельянова І.А., Аніщенко А.І., Албатов А.Ю. // Тези за матеріалами ІХ міжнародної наукової конференції “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд”, ХНУБА, 15 – 16 жовтня 2019 р. – С. 38 – 40.

---

UDK 621.74:669.14

**STUDY OF THE PROPERTIES OF REFRACTORY NANODISPERSE  
COMPOSITIONS IN ORDER TO IMPROVE THE MECHANICAL  
PROPERTIES OF STRUCTURAL STEELS**

*D.B. Hlushkova, Prof., Dr. Sci. (Tech), S.V. Demchenko (assistant),  
A.A. Chihrin (assistant), A.I. Stepanyuk (assistant)  
Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

The development of new materials and technologies of their obtaining is widely accepted to be related to the basics of the economic potential of society. One of the priority tendency in the modern materials science development is nanomaterials and nanotechnologies. Constructional nanostructural materials take a special place between materials with specific structure and characteristics. The use of large particles-modifiers more than 10  $\mu\text{m}$  size in steelmaking is good studied [1].

The purpose of work was to study a problem of obtaining high-melting nanodispersed compositions with tailor-made crystallographic parameters for structural steels modifying [2].

Modifying was conducted on constructional low-alloyed 10Г2 and 10Г2С steels with use of nanodispersed modifiers: TiC, TiN, Ti(CN), SiC, AlN, Mg<sub>2</sub>Si with particles size 20...100 nm. To generate plasma the vortex induction plasma torch with gas discharge stabilization was used. Initial materials were gradually injected in nitric plasma flow with temperature 5500-7500 °C. conducted.

The study of size and crystallographic structure of nanocompositions was conducted with use of transmission electron microscope ЭМ-125 at 100000 times magnification and diffractometer ДРОН 2,0 in Cu-ray.

Smelting and modifying of steels were done in industrial induction furnace with capacity 200 kg at temperature 1600 °C. Mechanical pull testing was done on standard samples according to GOST 1497-84. The impact toughness was determined by GOST 9454-80 [3-4].

Analysis of powders crystallographic characteristics, particles electron microscopic images and their microdiffraction patterns show that finely dispersed composition artificially created with plasma-chemical synthesis belongs to solid crystalline compounds. SiC, Ti(CN) saved their ability for self-faceting and represent discrete three-dimensional system.

Analysis of microdiffraction patterns of silicon carbide crystals allowed to define, that by crystalline structure they belongs to hexagonal syngony with  $a=3,08 \text{ \AA}$ ,  $c=10,04 \text{ \AA}$  parameters. SiC particles are forming in shape of hexagonal and trigonous prisms with low height.

Electron microscopy Ti(CN) particles analysis has shown, that particles have face-centered cubic lattice with  $a=4,25 \text{ \AA}$  parameter. This is consistent with the data for TiC ( $a=4,319 \text{ \AA}$ ) and TiN ( $a=4,243 \text{ \AA}$ ).

Comparing of measured and precalculated interplane Ti(CN) distance on diffraction patterns showed that Ti(CN) lattice is built on base of titanium carbide

---

TiC, nitrogen atoms are in octahedral interstitial sites forming solid solution of nitrogen substitution in titanium carbide crystal lattice.

According to it Ti(CN) particles are forming in form of cube or tetragons. This is indicated by crystals projections configurations during their orientation [001], [111], [110]. Distinct linearity of cubes projections sides is pointing on high Ti(CN) faces and edges perfection.

The effective way to create finely dispersed structure and high complex of mechanical characteristics of structural steels is to modify smelts with high-melting nanodispersed compositions on base of titanium. The titanium carbonitride Ti(CN) with 20...50 nm particles size is the most effective modifier. This high-melting composition has face-centered cubic lattice like austenite face-centered cubic lattice and promotes the formation of dispersed structure of structural steels.

Mechanical properties of the samples which are cut out from the deformed bars after the thermostrengthening processing of trial parties steels 10Г2 and 10Г2С before modifying showed the following [5-6].

By revising of mechanical tests data set it was defined that in result of modifying with nanodispersed Ti(CN), strength and plastic steels characteristics are increasing:  $\sigma_B$  and  $\sigma_{0,2}$  average increase is 20 %;  $\delta \sim 23$  %;  $\psi \sim 6$  %. The most significant was the impact toughness increase averagely on 40 % in comparison to unmodified state. That proves the efficiency of modifying. Due to that fact it's possible to assert that nanodispersed titanium carbonitride Ti(CN) has the most effective influence on 10Г2 and 10Г2С steels modifying process.

From theoretical point of view obtained experimental data represent the scientific novelty. The scientific trend of farther researches expect to study structure changes of steels modified by nanodispersed compositions.

#### *Література*

1 *Модифицирование сталей и сплавов дисперсными инокуляторами*/ В.П. Сабуров,

Е.Н. Еремин, А.Н. Черепанов, Г.Н. Миннеханов. – Омск : ОмГТУ, 2002. – 257 с.

2. *Модифицирование сплавов* /Е.И. Марухович, В.Ю. Стеценко. – Минск: Беларуская наука, 2009. – 192 с.

3. *Ferguson I.B. Correlation vs Causation : The Effects of Ultrasonic Melt Treatment on cast Metal Grain Size / Metals.* – 2014. №4. – p. 477-486.

4. *Sinh A.K. On the formation of disordered solid solutions in multicomponent alloys. Journal of Alloys and Compounds.* 2014. v.587. p. 113-119.

5. *В.М. Baloyan, А.Г. Kolmakov. M.I. Alymov, А.М. Moles. Nanomaterials, Ugrina, Mos-cow (2007) (Russian).*

---



## РОЗРОБКА ПОВОРОТНОГО КРІПЛЕННЯ ПНЕВМОВІБРАТОРІВ НА РАМІ ВІБРОУСТАНОВКИ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

У сучасному світі вміння швидко підлаштовуватися під зміни є одним з основоположних і саме від нього залежить успіх. Так і у будівельній галузі, важливим є можливість перелаштовувати обладнання під зміни у програмі виробництва. Особливо часто це питання постає при виробництві збірних будівельних конструкцій у зв'язку з широким використанням технологій інформаційного моделювання будівель або скорочено BIM (Building Information Modeling), оскільки у режимі реального часу, може бути змінено характеристики або геометричні розміри стінових панелей, матеріал з яких виконаний той чи інший елемент будівлі, тощо[1]. Саме тому добре налагоджений процес будівництва споруд прямо залежить від операцій, що відбуваються на виробничих потужностях підприємств, які забезпечують сучасне будівництво необхідними матеріалами і конструкціями. Для забезпечення високих темпів будівництва в сучасних умовах є необхідністю створювати універсальне обладнання, яке дозволяє швидко перелаштовувати виробництво на різні за формою, розмірами та складом виробу і конструкції без суттєвих затрат як часу так і фінансів.

Існують конструкції віброустановок з навісними пневматичними збудниками коливаль (рис.1), що реалізують просторові коливаннями з переважаючою дією у горизонтальному повздожньому напрямку[2].



*Рисунок 1 – Вібраційна установка з навісними збудниками коливаль*

Їх використовують для ущільнення жорстких бетонних сумішей при стендовому способі виробництва плоских плит з залізобетону. Вібраційна дія забезпечується навісними відцентровими збуджувачами колових коливаль з можливістю зміни частоти їх обертання[3]. Рама з привареною поверх пластиною безпосередньо і є піддоном на якому відбувається процес ущільнення. Розміри

майбутнього виробу обмежуються встановленням на піддоні бортів і перегородок, які закріплюються з допомогою магнітних кріплень. Використання таких рішень дозволяє виконувати ущільнення різних як за формою і

---

розмірами, що підвищує загальну універсальність обладнання.

При цьому існують випадки, у яких є необхідність коректування або зміни переважаючого напрямку коливань формоутворюючої поверхні з повздовжнього на поперечний, задля найбільш ефективного протікання процесу вилучення повітря і зайвої рідини з суміші[4]. Такі випадки виникають у зв'язку зі змінами програми виробництва у результаті чого на лінії виконують виготовлення виробів різних за товщиною, габаритними розмірами та за конструкцією(суцільні чи багат шарові конструкції), а також різних за жорсткістю сумішей, які підлягають ущільненню[5].

У конструкції віброустановок з навісними пневматичними збудниками коливань, останні встановлені у спеціальних затискачах(рис.2), які приварені до рами віброустановки, що унеможливує при необхідності змінити їх позиціонування на рамі.



*Рисунок 2 – Кріплення для фіксації пневматичних віброзбудників коливань на рамі віброустановки*

Способом вирішення цього недоліку, авторами пропонується конструкція поворотного кріплення, яке дозволяє виконувати поворот віброзбудника на 90 градусів по горизонталі.

Схему поворотного кріплення зображено на схемі (рис.3). Складається з поворотної частини кріплення 1, у якому зафіксовано віброзбудник коливань 2, фіксованої частини 3, яка жорстко приварена до рами вібромайданчика. З'єднання поворотної і фіксованої частин кріплення відбувається болтовими з'єднаннями 4 і 5. Болтове з'єднання 4 є одночасно і віссю обертання. Фіксована частина кріплення 3 має три проушини 6, які дозволяють встановлювати поворотну частину зі збудником у наступні положення: 0, 45 і 90 градусів по горизонталі. Фіксація поворотної частини кріплення у одному з цих положень відбувається з допомогою болтового з'єднання 5.

---

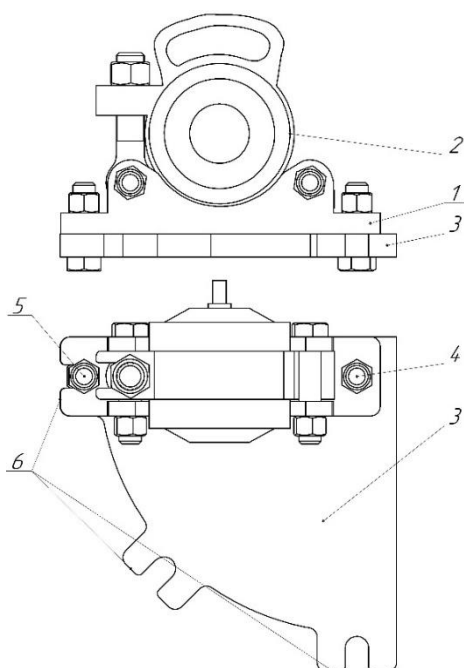


Рисунок 3 – Схема поворотного кріплення для фіксації пневматичних віброзбудників коливань на рамі вібромайданчика

Ці рішення мають на меті підвищити гнучкість і ефективність вібраційної установки завдяки можливості її налаштування шляхом повороту на деякий кут віброзбудників, що у результаті дозволить змінювати напрямок горизонтальної складової коливань.

#### Література

1. Albert Lester *Project Management, Planning and Control*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013. 592.
2. Патент України на корисну модель №117955, МПК В28В 1/08(2006.01). Вібраційна установка для формування бетонних і залізобетонних виробів / І.І. Назаренко, П.П. Халімон, О.П. Дєдов, О.С. Дьяченко. – № u2017 01755; заявл. 24.02.2017; опубл. 10.07.2017. – Бюл. №13/2017.
3. Дьяченко О.С. Підвищення ефективності ущільнення залізобетонних виробів на вібраційних установках шляхом застосування навісних збудників коливань. *Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта: матеріали XVIII Міжнар. наук.-техн. конф., м.Київ, 29 червня – 1 липня 2017 р. К.: НТУУ«КПІ», 2017. – С. 224.*
4. Иткин А.Ф. *Вибрационные машины для формирования бетонных изделий. Монография.* – К.: «МП Леся», 2009. – 152 с.
5. Назаренко І.І. *Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання).* – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ РОТОРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Основними робочими навантаженнями роторного екскаватора є навантаження від сил копання. У порід середньої і великої міцності переважну частину сил копання складають сили різання. Наявна методика розрахунку дозволяє визначити при заданих умовах середньомаксимальну і середню сили різання ковшем роторного екскаватора на підставі дослідних коефіцієнтів міцності матеріалу. Встановлено, що коливання сил різання і копання носять випадковий характер і тому можуть бути описані досить повно лише статичними методами. Відносна амплітуда випадкових коливань характеризується коефіцієнтом варіації  $\omega_P$ , рівним відношенню середнього квадратичного відхилення  $S_P$  сили до її середнього значення  $\bar{P}$ :

$$\omega_P = \frac{S_P}{\bar{P}} \quad (1)$$

Для сили різання гострим ріжучим елементом при відсутності спеціальних експериментальних даних коефіцієнт варіації  $\omega_P$  рекомендується приймати в залежності від категорії ґрунту наступним чином:

I категорія – 0,08-0,12; II – 0,13-0,17; III – 0,18-0,23; IV – 0,24-0,30; V, VI – 0,31-0,97; VII, VIII – 0,38-0,45.

Коефіцієнт варіації сили різання ковшем з декількома незалежно працюючими зубами визначається за коефіцієнтом  $\omega_{P_1}$  для одного зуба за формулою:

$$\omega_P = \frac{\omega_{P_1}}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

де  $n$  - число одночасно ріжучих зубів.

Значний інтерес представляє питання про закон розподілу миттєвих значень сили різання. Аналіз гістограм і ряд теоретичних міркувань привели до висновку, що при гострих ріжучих елементах найбільш прийнятним є гамма-розподіл, що характеризує щільність:

$$f(x) = \frac{v^\mu}{\Gamma(\mu)} x^{\mu-1} e^{-vx} \quad (3)$$

де  $\Gamma$  - гамма-функція Ейлера;  $\mu$  і  $v$  - параметри гамма-розподілу.

Зі зменшенням коефіцієнта варіації, яке спостерігається при зростанні розміру зрізу, гамма-розподіл сходиться до нормального. Сила різання ковшем

---

зношеними зубами, а також сила копання в цілому при однакових геометричній умовах процесу матимуть таку ж дисперсію  $D_P = S_{P^2}$ , кореляційну функцію  $K_P(\tau) = D_{P\rho P}(\tau)$ , спектральну щільність  $G_P(\omega) = D_{PgP}(\omega)$  і середню частоту коливань  $\bar{n}_{0P}$ , як і сила різання ковшем з гострими зубами.

Маючи імовірнісні характеристики сил різання і копання при постійних умовах процесу і знаючи кінематичні особливості роторних екскаваторів можна провести статистичний опис робочого навантаження на роторі.

#### *Література*

1. *Калінін Є.І., «Вибір оптимальних показників надійності машин» / Є. І. Калінін. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції ННІ механотроніки і систем менеджменту. – 2018 – С. 90-91.*

,

## КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ КАБІНИ ТРАКТОРА

До позитивних якостей кабіни, встановленої на тракторі, можна віднести наступне: велика площа скління та гарна оглядовість, міцність, сучасність форм, вологозахищеність і т. п. До недоліків кабіни можна віднести:

- а) малий робочий об'єм, що погіршує повітрообмін та погіршує діяльність водія;
- б) відсутність жорсткого кріплення дверей, що збільшує шум на робочому місці;
- в) відсутність примусового опалення та вентиляції в кабіні в холодний період;
- г) недостатню пилонепроникність.

Аналіз конструктивного виконання робочого місця оператора виконано на базі ергономічних схем посадки, а також схеми що розташування важелів і органів управління. В результаті проведеного аналізу можна стверджувати:

- а) педалі включення газу, зчеплення, гальма, диференціала знаходяться в комфортній зоні руху ноги по вертикалі і горизонталі; площина педалі виконана з рифленого заліза, що оберігає ногу від ковзання по педалі та збільшує надійність включення, однак, кут нахилу педалі до площини підлоги кабіни ( $\alpha=20^\circ$ ) перевищує допустимі норми на  $3^\circ - 5^\circ$ ;
- б) рульова колонка знаходиться в зоні оптимальної дії обох рук, обід рульового колеса легко доступний для захвату руками;
- в) важіль газу в вертикальній і горизонтальній площині знаходиться поза зони досяжності при стандартній робочій позі;
- г) важіль розподільника в вертикальній і горизонтальній площині потрапляє в неоптимальну зону досяжності лівої руки;
- д) важіль перемикачів передач по вертикалі знаходиться в допустимій зоні, по горизонталі - в неприпустимій зоні досяжності лівої руки;
- е) важіль компресора по вертикалі знаходиться поза зоною досяжності руки, по горизонталі - в оптимальній зоні;
- ж) важіль ногового гальма знаходиться в допустимій зоні обслуговування для ніг.

Приладовий щиток являє собою короб з вбудованою в нього електроапаратурою. Кут нахилу робочої поверхні до горизонтальної площини становить  $14^\circ$ . Компоновка всіх органів інформації та управління в одному конструктивному блоці є принципово правильною. Однак, необхідно відзначити, що приладовий щиток при стандартному положенні голови водія площині знаходиться в нижній зоні другорядного огляду, а в горизонтальній площині - ліва половина щитка, на якій встановлені всі вимірювальні прилади,

---

знаходиться поза зоною огляду. Крім того, кут нахилу лицьової панелі до горизонтальної осі сприяє появі сонячних відблисків на написах і приладах. Шрифт, використаний для виконання написів в табличках до органів управління, не відповідає оптимальному пояснюванню написів.

Наведені вище елементи ергономічного аналізу кабіни і робочого місця оператора на тракторі набули основою для розробки рекомендацій по вдосконаленню зони перебування і конструктивного виконання кабіни, системи важелів, педалей, а також для розроблення нової конструкції приладового щитка, тобто для використання ергономічного аналізу на дослідно-проектній стадії розробки.

#### *Література*

1. *ГОСТ 12.2.120-2015 – Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности. – 2015.*

2. *Г. Н. Зараковський. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М., изд-во МИР, 1968, с. 3.*

## **АНАЛІЗ РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА ТРАКТОРА**

Специфіка роботи сільськогосподарських машин пред'являє підвищені вимоги до організації робочого місця механізатора. Забезпечення ефективності діяльності людини при управлінні сільськогосподарською технікою може бути досягнуто за рахунок проведення робіт з обліку «людських чинників» на стадії конструкторської розробки і дослідної доводки машини. В цьому випадку, поряд з діагностикою стану водіїв в динаміці трудового процесу, необхідний ретельний ергономічний аналіз конструктивного виконання робочого місця.

Основними напрямками ергономічного аналізу конструктивного виконання робочого місця механізатора є:

1. Заміри і розрахунки параметрів «середовища існування».
2. Аналіз конструктивних рішень і розмірів, характеризуючи пристрій робочого місця.
3. Порівняння отриманих результатів з нормативними і дослідними даними.

Ергономічний аналіз робочого місця водіїв шасі проведено на базі методичних вказівок. Основою цієї роботи є розроблена ергономічна схема посадки водія і оптимального користування робочого простору в кабіні шасі. Нормативні дані зон огляду, а також максимальної і оптимальної досяжності рук і ніг взяті на підставі даних, наведених в. Робоче місце водія шасі знаходиться в кабіні виконаної з урахуванням сучасних вимог технічної естетики. Кабіна має оригінальну форму з великою площею скління. Робоче місце має правостороннє розташування і складається з декількох функціональних зон: має системи важелів і педалей, рульової колонки, приладового щитка і сидіння. Загальний рівень шуму 92-100 дБ; середня температура в кабіні в перехідний період складає – 12 °С - 18 °С при зовнішній температурі 1 °С - 3 °С і вологості повітря 30 – 50%, в холодний період 10°С - 12 °С при зовнішній температурі 10 °С – 14 °С. Вібрація на приборній панелі 70-82 дБ, на рульовій колонці 80-82 дБ.

---



*Р.М. Петров, асистент  
Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ**

Сучасна промисловість і будівництво вимагають створення нових машин і механізмів великої одиничної потужності, інженерних споруд великих розмірів, що в свою чергу вимагає зниження питомої металоємності конструкцій. Витрата металу на одиницю корисного навантаження стає зараз одним з основних критеріїв технічної досконалості конструкцій. Але крім цих показників всі конструкції повинні мати високу надійність і довговічність.

Високоміцні сталі володіють комплексом службових властивостей, які відповідають вимогам до сучасних зварних конструкцій важкого і транспортного машинобудування, гідротехнічних та інших будівельних споруд і машин великої одиничної потужності. Висока міцність і в'язкість цих сталей забезпечені поєднанням термічної обробки (загартування з високим відпуском) і економного легування. Межа текучості високоміцних сталей майже в два рази вище межі текучості низьколегованих сталей підвищеної міцності.

Зі зниженням температури характеристики статичної міцності високоміцних сталей зростають на 10-15% при 60°С. У той же час їх пластичність в цих умовах не знижується. Відносне подовження при розтягуванні високоміцних сталей в інтервалі температур від +20 до -60°С становить 14-20%.

Усі високоміцні сталі при статичних навантаженнях нечутливі до концентрацій напруг, що створюються надрізами, дефектами і тріщинами. Критичні напруги страгування тріщин вище межі текучості сталі, а критична температура переходу в квазі-крихкий стан (з в'язкого стану), що оцінюється умовою змісту волокна в зламах більше 50%, нижче -50°С.

При статичних навантаженнях зразків з тріщинами втомленості при температурах до -60°С крихкі руйнування не спостерігалися. Їх в'язкість руйнування, оцінюється силовим критерієм механіки руйнування  $K_c$  (коефіцієнтом інтенсивності напружень в околі тріщини), перевищує значення  $K_c = 100 \text{ МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$  при -60°С і  $K_c = 150 \text{ МПа} \cdot \sqrt{\text{м}}$  при 20°С.

Високоміцні сталі і їх зварні з'єднання відрізняються підвищеною чутливістю до концентрації напружень при змінних режимах навантажень.

Це необхідно враховувати при проектуванні конструкцій. Необхідні показники міцності при змінних навантаженнях забезпечуються шляхом використання раціональних конструктивних форм і застосуванням спеціальної

---

технологічної обробки зварних швів. Особливо ефективне використання конструктивних і технологічних заходів для зварних конструкцій, які працюють в умовах асиметричних знакопостійних циклах навантаження, які характерні для більшості металоконструкцій важкого і транспортного машинобудування.

Для виключення вірогідності утворення холодних тріщин і отримання оптимальної структури і властивостей визначені відповідні умови нагріву та охолодження ділянок зварних з'єднань. Результати досліджень дозволили обґрунтувати вибір режимів зварювання і температур підігріву різних з'єднань з високоміцних низьколегованих сталей.

#### *Література*

1. *Калінін Є.І., Панасовський В.О. «Розрахунковий метод дослідження кінетики деформацій і напружень зварювання» / Є. І. Калінін, В.О. Панасовський. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». – 2020 – С. 323-324.*
  2. *Калінін Є.І., Череватенко Г.І., Колеснік Ю.І. «Методика оцінки технічного стану будівельних конструкцій будівель» / Є.І. Калінін, Г.І. Череватенко, Ю.І. Колеснік. // Міжнародна науково-практична конференція «Експлуатаційна та сервісна інженерія». – 2020. – С. 198-199.*
-

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ**

У бетонних сумішах, що готуються за традиційною технологією в бетонозмішувачах вільного або примусового перемішування, міститься велика кількість дефектних агрегатів, утворених: з злиплих частинок цементу, покритих водною плівкою тільки по поверхні агрегатів; з крапельок води які покривають їх оболонку і частинок цементу [1]. Найбільша кількість дефектних агрегатів міститься в жорстких бетонних сумішах [1]. Це знижує якість бетонної суміші і веде до перевитрат цементу. Для руйнування цих агрегатів збільшують швидкісний режим змішувача і тривалість перемішування, що істотно збільшує енергоємність приготування якісних жорстких бетонних сумішей.

Однак сучасне виробництво вимагає створення машин і бетонозмішувального обладнання з малою енергоємністю. Зниження енергоємності одновальних бетонозмішувачів примусової дії можна досягти шляхом зміни конструкції перемішуючого робочого органу або за рахунок нових ефектів, які створюються у цементобетонній суміші в процесі її перемішування або в процесі вивантаження із змішувача шляхом вібраційного впливу. У процесі проведених досліджень було встановлено, що зменшення енергоємності процесу перемішування і підвищення однорідності бетонних сумішей можна досягти шляхом використання вібраційної обробки бетонної суміші, що вивантажується з бетонозмішувача безпосередньо на вібраційний лоток, який встановлюється в торці одновального бетонозмішувача примусової дії [2]. При цьому вібраційному лотку в процесі роботи повідомляються просторові змінні амплітудно-частотні вібраційні коливання.

В результаті експериментальних досліджень процесу приготування цементобетонних сумішей з вібраційною обробкою просторовим, змінним амплітудно-частотним вібраційним впливом було встановлено, що вібраційна обробка жорстких бетонних сумішей дозволяє підвищити їх легкоукладаємость, тобто їх жорсткість зменшується (табл. 1).

У процесі експериментальних досліджень визначалися фізико-механічні характеристики і якість приготованих бетонних сумішей, як без вібраційної обробки, так і з вібраційною обробкою.

В табл. 2 наведені фізико-механічні характеристики бетонних зразків  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}^3$ , виготовлених з цементобетонних сумішей різної консистенції, які приготовлені в бетонозмішувачі примусової дії.

Таблиця 1. Зміна консистенції цементобетонної суміші в результаті вібраційної обробки.

№ п/п	Консистенція цементобетонної суміші до вібраційної обробки, с (см)	Консистенція цементобетонної суміші після вібраційної обробки, с (см)
1.	90	50
2.	60	35
3.	3,5 – 4 (см)	3,5 – 4 (см)

Таблиця 2. Порівняння фізико-механічних характеристик бетонних зразків які витримані 28 діб.

Склад бетонної суміші, кг	Консистенція суміші, с (см)	Вид обробки	Тривалість перемішування, с	Тривалість віброобробки, с	Фізико-механічні характеристики	
					Межа міцності $R_{28}$ , МПа	Коефіцієнт варіації, %
Щ=1200 П=620 Ц=412	90	Вібраційна	30	30	39,8	3,9
	60		30	28	38,7	3,1
	30		30	25	36,5	1,5
	3,5 – 4 см		30	28	31,9	3,2
	90	Без віброобробки	60	-	34,0	6,0
	60		60	-	31,8	5,1
	30		60	-	29,7	3,8
	3,5 – 4 см		60	-	27,1	4,2
Щ=1230 П=710 Ц=290	60	Вібраційна	30	28	28,5	2,8
	30		30	25	27,1	3,7
	60	Без віброобробки	60	-	24,0	5,2
	30		60	-	22,6	4,9

З наведених у табл. 2 результатів експериментальних досліджень випливає, що бетонозмішувач примусової дії, який оснащений обладнанням для вібраційної обробки у вигляді віброрізка, забезпечує якісне приготування цементобетонних сумішей з коефіцієнтом варіації міцності 1,5 – 3,9% (допустимий коефіцієнт варіації міцності становить 8%). При цьому вдвічі зменшується тривалість механічного перемішування, що дозволяє в 1,8 рази знизити енергоємність процесу приготування цементобетонних сумішей.

Одночасно (табл. 3) можна збільшити обсяг разового замісу в 1,4 – 1,8 рази в порівнянні з проектним значенням, що дозволить підвищити продуктивність на 12,9%.

Міцність виробів, що відформовані з оброблених вібраційним впливом цементобетонних сумішей, підвищується на 17,0-22,8% (табл. 2), що дозволяє зменшити витрати цементу на 12 – 15% при однаковій міцності бетону. Найбільше підвищення міцності (на 21,6 – 22,8%) спостерігається при використанні цементобетонних сумішей жорсткістю  $J=30 – 60$  с.

Таблиця 3. Показники продуктивності, потужності приводу і енергоємності приготування цементобетонних сумішей.

Обсяг гото-вого замісу, л	Тривалість перемі- шування, с	Потуж-ність привода змішу-вача, кВт	Тривалість вібрації суміші, с	Потужність приводу віброзбуд- ника, кВт	Продуктив- ність, м <sup>3</sup> /ч	Енерго- ємність, кВт.ч/м <sup>3</sup>
65	30	1,9	25	0,12	4,25	0,256
90	40	2,2	35	0,12	4,32	0,271
120	45	2,45	45	0,12	4,8	0,267

Також було встановлено, що при формуванні виробів у формі з оброблених вібраційним впливом цементобетонних сумішей на їх ущільнення потрібна вдвічі менша тривалість, ніж із сумішей, які не оброблені вібраційним впливом.

При використанні вібрації також поліпшується якість бетонної суміші за рахунок активації поверхні мінеральних частинок і поліпшення обмазки поверхні мінеральних частинок в'язким.

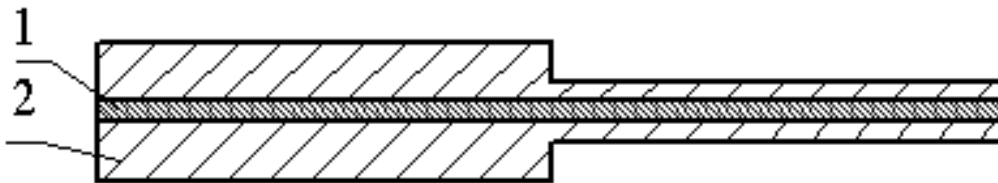
На підставі проведених експериментальних досліджень, можна зробити висновки, що запропонований метод вібраційної обробки цементобетонної суміші, дозволяє значно поліпшити її якість, підвищити продуктивність бетонозмішувачів, скоротити витрати цементу, збільшити міцність бетонних виробів і знизити енергоємність процесу приготування бетонних сумішей.

#### Література

1. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. *Вибрационные машины и процессы в дорожно-строительном производстве.* – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2014. – 262 с.
2. Маслов А.Г., Иткин А.Ф., Саленко Ю.С. *Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей.* – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2014. – 324 с.

*Б.О. Коробко, д.т.н., доцент;  
А.В. Ківшик, аспірант  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ СИЛИ ЩО НАВОДИТЬСЯ В ПЛУНЖЕРІ ВІД ЗНАЧЕННЯ КОВЗАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА ДИФЕРЕНЦІЙНОГО НАСОСА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ДІЇ.**



*Рисунок 1 – Робочий орган з вбудованим опором  
1 – епоксидний клей з манганіновим дротом; 2 – плунжер*

На рис. 1. зображено робочий орган з вбудованим опором. Плунжер відносно поступального магнітного поля котушки диференційного насоса може рухатися синхронно та асинхронно. Якщо виконавчий орган рухається синхронно з поступальним магнітним полем електрорушійна сила (ЕРС) в робочому органі не наводиться. Коли виконавчий орган рухається асинхронно з поступальним магнітним полем ЕРС в робочому органі максимальна. Абсолютно синхронно рухатися робочий орган та магнітне поле котушки не можуть. Це пов'язано з силами що виникають при рухові виконавчого органа та гальмують його: тертя, опору перекачувального середовища, опір робочої та компенсаційної пружини, маса виконавчого органа. Відносна різниця швидкості руху плунжера від швидкості зміни полярності котушки називається ковзанням. Номінальне ковзання зазвичай становить 2-8% Одним з методів зведення до мінімуму ковзання є зменшення ЕРС. Для зменшення ЕРС необхідно вмонтувати в диференційний плунжер опір що складається з епоксидного клею й манганінового дроту. Змінюючи кількість манганінового дроту в епоксидному клею змінюється падіння ЕРС в робочому органі.

### **Висновок:**

Вище наведений матеріал показує що ковзання залежить від ЕРС що наводиться в робочому органі та від сил що діють на плунжер в момент руху. При цьому з зменшенням ЕРС зменшується й ковзання. Опір що вмонтовується в робочий орган зменшує ЕРС що наводиться а також мінімізує ковзання. Таким чином ковзання буде мінімальним та залежатиме тільки від сил що діють на плунжер в момент руху.

### Література

1. Онушко В.В., Шефер О.В., Скрильчик О.М. Асинхронні машини: навч. посіб. Полтава: ПолтНТУ 2008. 183с.
2. Шефер О.В. Діагностування електродвигунів складних електромеханічних систем / О.В. Шефер, В.М. Галай, В.В. Крицький // Системи управління навігації та зв'язку:[зб. наук. пр.] // – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – Вип. 2(34). – С. 87 – 95.
3. Поверхня техніка бореться з тертям та зносом. (2013). Світ Насоси, 2013 (7 8), 8 –10. DOI: 10.1016 / s0262 -1762 (13) 70205 -0.
4. Онушко В.В., Шефер О.В. Електричні машини: Полтава: 2015. 536 с.
5. Шефер О. В. Уточнення рівняння моментів обертових електричних машин пристроїв навігації / О. В. Шефер, Д. М. Нелюба // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського. – Кременчук: КНУ, 2017. – Вип. 3(104). - Ч. 1. – С. 27-32.

УДК 369.013

Б.О. Коробко, д.т.н., доцент;  
Ю.Ю. Коротич, аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

### ОБГРУНТУВАННЯ ВАЖІЛЬНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ВІБРОЗБУДЖУВАЧА ВІДНОСНО ВІБРОСТОЛУ

Для проведення досліджень та отримання результатів вимірювань була створена дослідна модель вібростолу з важільним закріпленням віброзбуджувача ( рис. 1).



Рисунок 1 – Дослідна модель вібростолу з важільним закріпленням віброзбуджувача.

Дослідна модель являє собою зменшений в масштабі 1:10 вібростіл. На металевій рамі з чотирма стійками за допомогою пружних опор розташовується віброплита. Під нею по центру знизу жорстко закріплений вертикальний важіль, до якого ми приєднали віброзбудувач, що являє собою електродвигун з ексцентрично закріпленим вантажем. Довжина важеля може змінюватися в межах 0; 50; 100; 150мм. Віброзбудувач приводиться в дію від електричного блоку живлення.

Для проведення вимірювань було використано віброметр ИСП-1 за допомогою якого ми отримували значення ударних імпульсів (дБ) у контрольних точках дослідної моделі вібростолу.

Вимірювання проводилися наступним чином. На верхній площині вібростолу по центру над важелем було призначено місце, в якому здійснювалися вимірювання. На початку дослідження віброзбудувач закріплювали без важеля ( $l = 0$ ), приводили його в дію та знімали отримані показники ударних імпульсів в дБ. Потім довжина важеля змінювалася у вказаних вище межах від 0 до 150 мм і також отримували відповідні дослідні показники.

На базі результатів отриманих показників ми побудували графік залежності величини ударних імпульсів від довжини важеля, на якому закріплений віброзбудувач (рис.2).

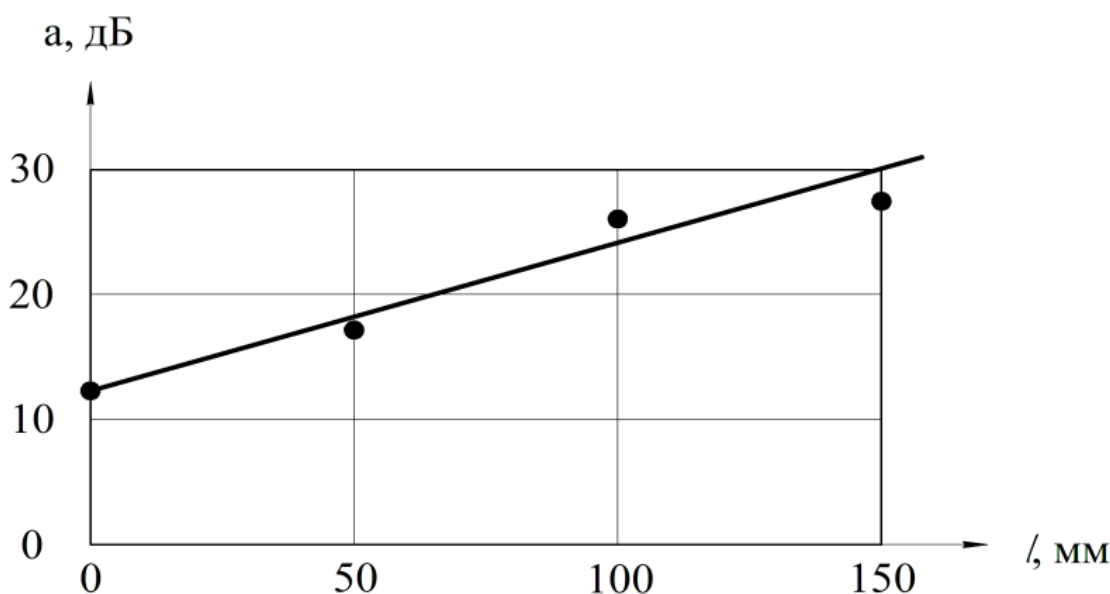


Рисунок 2 – Графік зміни значень ударних імпульсів  $a$  (дБ) залежно від довжини важеля закріплення віброзбудувача  $l$  (мм).

Результати проведених досліджень показують, що при збільшенні довжини важеля, на якому закріплюється віброзбудувач, відповідно збільшуються значення ударних імпульсів, що діють на віброплиту. Тобто не змінюючи потужність приводного електродвигуна є можливість довжиною важеля для закріплення віброзбудувача збільшувати величину амплітуди віброколивань.



### Література

1. Ручинський, М.М. Огляд і аналіз існуючих режимів ущільнення бетонних сумішей/ М.М. Ручинський, А.Г. Свідерський, О.С. Д'яченко// МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». – Київ, 2019.
2. Нестеренко, М.П., Білецький, В.С., Семко, О.В.(2017). Оцінка конструктивно-технологічних параметрів та експлуатаційних якостей вібраційних машин для формування залізобетонних виробів. Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво, 1(43),231-237.
3. Свідерський, А.Т., Делембовський, М.М. (2010). Критерії оцінки якості віброплощадок. Техніка будівництва, 24, 24-27.

УДК 621.9.048

*М.М. Нестеренко к.т.н., доцент,  
Г.Ф. Дураченко старший викладач,  
Кушка М.М. студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ГАЛТОВОЧНИЙ МЕТОД ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Галтовка металу - один з методів обробки металевих деталей і заготовок, що передбачає очищення поверхні від корозії, подряпин, забруднень і задирок. Кінцевий результат галтовки схожий на ефект від полірування. Вона виконується на спеціальному обладнанні шляхом обробки заготовок абразивом, в якості якого використовуються різні сипучі речовини.

Технологія галтовки досить проста. Абразивний матеріал завантажується в ємність разом з оброблюваною деталлю. У деяких випадках для поліпшення якості обробки додається вода і компаунд. Компаунд - це хімічний склад, що складається з інгібіторів, коагулянтів і стеарину. Ці хімічні речовини сприяють створенню яскравої, чистої поверхні без затемнень. Також створюється піна, що захищає ніжні матеріали, такі як пластик, фарфор і кераміка.

Використання різного устаткування і хімічних складів дозволяє обробляти широкий спектр матеріалів: будь-які марки нержавіючої сталі, металеві деталі з кольорових сплавів, пластик, дерев'яні вироби і мінерали.

Така технологія обробки матеріалів широко використовується на різних виробництвах. З її допомогою обробляються деталі автомобілів та іншої техніки, годинників, будівельний інструмент, металовироби, болти та інші кріплення, столові прилади, деталі сантехнічного обладнання та безлічі інших предметів побуту.

Абразивний матеріал називають Галтувальними тілами. Він використовується різної форми, структури і з різного матеріалу. Форма галтувальних тіл безпосередньо залежить від геометричних параметрів оброблюваної деталі. Абразив повинен обробляти всі контури заготовки і

---

досягати навіть найменших западин і отворів.

Якщо потрібно жорстка шліфування, частинки абразиву мають жорсткі межі. Від розмірів і ваги абразивних матеріалів залежить грубість і продуктивність шліфування. Для полірування розроблені м'які частинки круглої форми. Важливо щоб розмір оброблюваних деталей значно відрізнявся від розмірів абразиву, щоб їх можна було легко відсепарувати. Залізні деталі можна відокремити за допомогою магнітів.

Від типу наповнювача безпосередньо залежить ступінь кінцевої обробки, будь то полірування або шліфування матеріалу. Наповнювач для галтовки підбирається відповідно до певних вимог.

1) Залежно від типу використовуваної деталі абразив для галтовки можна брати з кераміки, дерева, порцеляни пластика, піску, скла або навіть шкаралупи горіха.

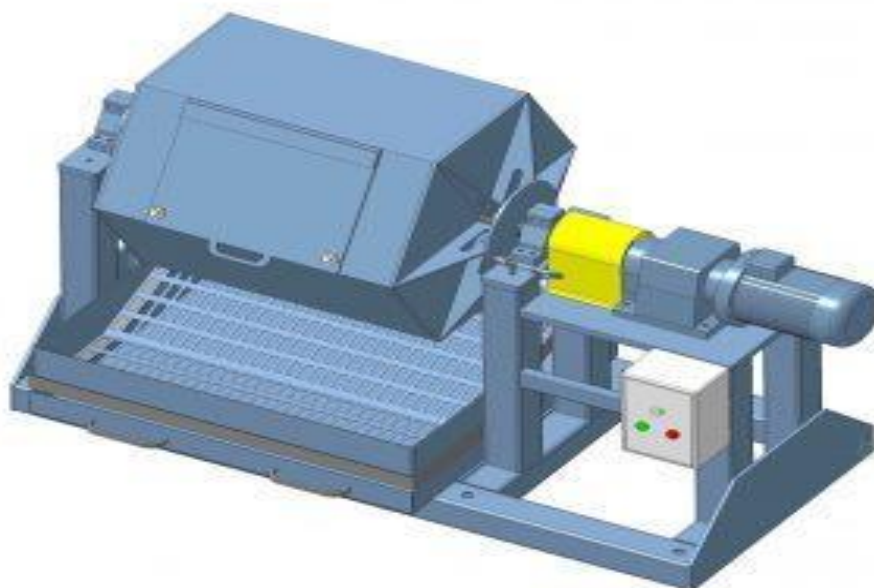
2) Розмір повинен бути підібраний таким чином, щоб кульки могли проникнути в невеликі отвори, поглиблення та інших важкодоступних місцях деталі, при цьому не застряє в них.

3) Підбір форми абразивного тіла. Від форми тіла залежить ступінь і якість обробки. Залежно від цілей може бути обрана форма призми, яка дозволяє якісно позбутися від задирок, заокруглення країв і первинної шліфування, конуса - для полірування і згладжування рівних поверхонь, а також кульки - для обробки виробів складної форми.

4) Вибір абразиву виходячи з необхідних абразивних властивостей. Ступінь обробки може бути різною, від первинної шліфування для видалення великих тріщин і задирок, до полірування, для додання гладкої блискучої поверхні.

Залежно від цілей, розроблено кілька типів галтовки.

*-роторна;*



-вібраційна.



Суть роторної галтовки полягає у взаємодії оброблюваного металу і абразиву всередині обертового барабана. Якість обробки матеріалів за допомогою такого методу досить висока, але швидкість роботи і ефективність досить низька.

Тому найбільш поширеним є вібраційний метод. Вібрація абразиву відбувається через вібраційний привід, на який встановлена робоча ємність. Обробка поверхонь відбувається швидше і якісніше. Особливості методу дозволяють обробляти заготовки будь-яких розмірів і форми.

Також в залежності від типу наповнювача галтовку поділяють:

-суху;

-мокру.

Сухий метод передбачає використання звичайного абразивного наповнювача. Мокрий спосіб ґрунтується на додаванні в робочу ємність води, зазвичай змішання з коагулянтном. Такий метод більш ефективний, дозволяє більш якісно очистити і відполірувати поверхню. Мокрий метод незамінний в тих випадках, коли заготовку потрібно підготувати до нанесення емалі або гальванічного покриття.

#### *Література:*

*1. Назаренко, І. І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І. І. Назаренко. – 2-ге вид. – К. : Вид. Дім "Слово", 2010. – 440 с.*

*Нестеренко М.П. Дослідження характеру взаємодії віброплощадки з цементобетонною сумішшю при дії вертикально направленої складової просторових коливань віброплощадки / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). –Полтава: ПолтНТУ. Випуск 3(25) Том 1. 2009. С. 136-142.*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

Електромобіль є прогресивним напрямом автомобілебудування, що отримує значне розповсюдження. Цим і пояснюється наявність, у цей час, великої кількості різних типів електромобілів і їх приводів. Відсутність ж уточненої методики розрахунку електромобілів, в тому числі і їх приводів, ускладнює їхнє проектування і експлуатацію.

Дослідженню та аналізу електро та гібридних автомобілів, в тому числі і їх приводів, визначенню частот коливань, присвячені праці науковців Бахмутова С.В., Каруніна А.Л., Круташова А.В., Капустіна А.А., Ракова В.А., Умяшкіна В.А., Фількіна Н.М., Музафарова Р.С., Бажинова О.В., Смирнова О.П., Серікова С.А., Гнатова А.В., Колеснікова А.В. та ін. У цих роботах електро та гібридні автомобілі описувалися різними розрахунковими схемами і їх динамічні системи розглядалися як одно – та двомасові коливальні системи, які давали можливість визначати частоти коливань. Визначенню частот коливань механічних систем також присвячені праці зарубіжних вчених Коллаца Л. і Тондла А., Ягодіша Н.Р., Каплана Д.

При проектуванні електромобіля постає питання про оцінку його пробігу шляхом вибору конструктивних параметрів тягового приводу, який включає параметри електродвигуна, трансмісії і джерел живлення. Розроблені раніше методики вибору конструктивних параметрів тягового приводу електромобіля для досягнення заданого пробігу, оснований на уже хороше вивчені характеристики батарей (свинцево-кислотних, нікель-кадмієвих і ін.) Виробники сучасних тягових батарей (ТАБ) (нікель-металогібридних, літій-іонних і ін.) при заявці ємкості батарей і других характеристик указують різні умови по температурі, часу і струму розряду, що утруднює їх порівняльний аналіз і приводить до неоднозначної оцінки зарядно- розрядних характеристик, що суттєво впливає на пробіг електромобіля.

Крім цього розроблені раніше методики використовують спрощенні рівняння руху електромобіля при постійній швидкості або в циклах, не відповідним реальним умовам руху. Тому, удосконалення методик розрахунку і вибору конструктивних параметрів електромобіля, з урахуванням процесу розряду сучасних ТАБ і повномасштабної моделі руху транспортного засобу в сучасних міських умовах, є актуальним направленням розвитку покращення експлуатаційних характеристик електромобіля при його проектуванні.

Метою статті є висвітлення результатів математичного моделювання коливальних процесів, з використанням математичного програмного забезпечення MathCAD, при перехідних процесах в приводі електромобіля та визначення динамічних навантажень на його елементи.

---

Перехідні процеси, що мають місце у роботі привідних механізмів електромобілів, значною мірою визначають динамічні навантаження в елементах розглянутих систем. На динаміку процесів пуску й зупинення механізму привода електромобіля істотно впливають інерційні й жорсткісні параметри елементів. Пуск і зупинення привода електромобіля виконується при повному навантаженні.

При розгляді динамічних явищ, які виникають під час пуску привода електромобіля, за основний випадок умов навантаження системи приймемо поворот ведучого колеса з максимальним його навантаженням. Нами складена розрахункова схема яка включає:  $J_p$  – момент інерції ротора електродвигуна, приведений до осі обертання ведучого (привідного) колеса з урахуванням мас механізмів, що обертаються;  $J_k$  – сумарний момент інерції обертаючих мас відносно осі обертання ведучого колеса;  $Y_p, Y_k$  – координати руху зосереджених мас (кути відліку);  $C_m$  – приведений коефіцієнт жорсткості елементів привода.

Розв'язання складеної нами системи рівнянь виконано для механізму електропривода електромобіля з використанням математичного програмного застосунку MathCAD.

У результаті розв'язання одержано значення моменту електродвигуна, кутові переміщення і швидкості його ротора та обертаючих мас привода, а також їх кутові прискорення.

Отримані графіки показали, що момент електродвигуна механізму привода електромобіля  $M(t)$ , кутові швидкість та прискорення мають коливальний характер. По зміні моменту електродвигуна та прискоренню можна визначати характер руху: сталий (статичний) чи коливальний (динамічний).

Розрахунки також показали, що урахування загасання  $\gamma$  не суттєво впливає на результати обчислень.

Використання числових методів інтегрування диференціальних рівнянь руху і електромагнітного стану дає можливість використовувати запропоновану методику для розрахунку динамічних навантажень у електромашинній та механічній системах електромобілів та їх гібридів.

В роботі теоретично досліджено, з використанням програмного середовища MathCAD, динаміку механізму привода електромобіля.

Отримані результати дослідження механізму привода електромобіля, з використанням застосунку MathCAD, можуть бути використані при проектуванні, розрахунку та визначенні динамічних навантажень електромобілів і їх гібридів.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТ І ФОРМ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ МЕХАНІЗМУ ГОЛОВНОГО ПРИВОДА ШПИНДЕЛЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**

Потреби, що висуваються до точності сучасних розрахунків металорізальних верстатів, вимагають зважати на власні коливання окремих системи та елементів загалом в зв'язку з тим, що внаслідок співпадіння частот власних і вимушених коливань з'являються резонансні явища, які спричиняють суттєві динамічні навантаження, які зменшують тривалість існування конструкцій.

В даний час, коли виконують розрахунки елементів металорізальних верстатів на втомлену та статичну міцність власні коливання конструкцій не враховуються. Проте несучу спроможність токарних верстатів можна збільшити, коли під час розрахунків при проектуванні зважати на їхню амплітудно-частотну характеристику.

Відтак, установлення форм та частот елементів власних коливань структури токарних верстатів дає змогу зіставити дані частоти зі вимушеними частотами та отримати відомості про навантаженість металорізальної системи і тим самим бути частиною початкових відомостей для побудови кращих конструкцій, які мають параметри, котрі підтримують звичайну роботу всіх ланок, що коливаються, доволі далекому від резонансу.

Зі свого боку, під час складання рівнянь динаміки токарних верстатів і визначення в елементах конструкції динамічних навантажень, у певних моментах, потрібно визначати форми та частоти власних коливань розглянутих систем.

Так як в задачах динаміки споруд і конструкцій машин вагомий зміст має частота власних коливань основного тону, то не дивлячись, що у системі є безкінечна кількість ступенів вільності, для більшої кількості інженерних задач здебільшого важливу роль має частота основного тону коливань і в істотно меншій мірі її обертони.

Як вже було обговорено, нові токарні верстати становлять собою пружну багатомасову систему, яка має безкінечну кількість ступенів вільності. Проте можна назвати більш типові елементи. Найбільш характерними елементами є головний привід шпинделя з автоматичною коробкою і клинопасовою передачами та нерухома частина. Зважаючи на те, що нерухома частини верстата має значну жорсткість, розрахункову схему токарного верстата з приводом нами зображено як двомасову пружну систему.

На розрахунковій схемі реалізація привода шпинделя токарного верстата нами здійснювалася за допомогою електричного двигуна. Частини, які обертаються в елементах привода, шків, вали, муфти, шпиндель, що мають значні жорсткості й невеликі довжини, нами вважалися як ланки з

концентрованими (зосередженими) масами.

Нами складена розрахункова схема яка включає:  $J_1$  – сумарний момент інерції ротора з приведений до його осі ведучим шківом клинопасової передачі;  $J_2$  – сумарний момент інерції, приведений до осі ротора електродвигуна, веденого шківа клинопасової передачі, автоматичної коробки передач, шпинделя;  $\varphi_1, \varphi_2$  – кути повороту мас відповідно першої і другої;  $C$  – зведений коефіцієнт жорсткості паса на розтяг.

Рівняння руху зводяться до розв'язку розглянутих коливань упругої системи при визначених крайових умовах задачі. При кутах повороту  $\varphi_1 = z(t)$ ,  $\varphi_2 = q(t)$  для кожної маси рівняння руху зумовлюють власні коливання системи.

Нами складено та виконано розв'язок матричного виразу за допомогою математичного застосунку MathCAD і отримано частоти власних коливань механізму привода шпинделя токарного верстата, які мали наступне значення  $f = 240$  Гц. Виконано, при цьому, приведення до осі обертання ротора електродвигуна зведених мас елементів системи, що включає шків клинопасової передачі, привод шпинделя, жорсткості пружних ланок.

УДК 621.952: 681.5.015

*В.Є. Лютенко, к.т.н., доцент,*

*Д.С. Науменко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ДОСЛІДЖЕННЯ СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Розглядаючи будову свердлильних верстатів, особливо радіально – свердлильних, можна константувати, що вони мають занадто складну будову, а значить і являють складну механічну систему, котра дає можливість їм успішно працювати на машинобудівних підприємствах та здійснювати, при цьому, велику гаму свердлильних робіт.

Як відомо із літературних джерел, у свердлильних верстатах, в тому числі і в радіально – свердлильних, привід головного руху (шпинделя) і подач здійснюється електроприводом.

Радіально – свердлильний верстат, котрий ми вибрали для дослідження та модернізації, має електричний привід.

Можна стверджувати про те, що під час виконання технологічного процесу радіально – свердлильний верстат здійснює основну функцію це різання (свердління) металу. Під час роботи ми досліджуємо динаміку робочого процесу різання (свердління) металу на радіально – свердлильному верстаті.

Так як, радіально – свердлильний верстат можна представити як пружну систему, в яку входять металеві конструкції і приводи, що мають навантаження котре коливається в часі й за напрямком, то при виконанні основного процесу різання (свердління) металу виникають неминучі коливання, у результаті чого в

---

елементах конструкції і приводів появляються додаткові динамічні сили.

Для спрощення теоретичного дослідження робочого процесу радіально – свердлильного верстата нами використано математичне моделювання.

Всі відомі нам радіально – свердлильні верстати представляють як пружну систему з багатьма масами, які мають нескінченне число ступенів вільності. Масам цієї системи притаманні зосереджені та розподілені параметри.

Сучасні вимоги, пропоновані до точності розрахунку приводних систем, зобов'язують урахувати власні коливання окремих елементів і системи в цілому в зв'язку з тим, що в результаті збігу частот власних та змушених коливань виникають резонансні явища, які викликають значні динамічні навантаження, котрі знижують довговічність конструкцій.

Сучасні радіально – свердлильні верстати, як уже говорилося, являють собою пружну багатомасову систему, що володіє нескінченим числом ступенів вільності. Однак можна виділити найбільш характерні елементи це головний привід механізму шпинделя, шпиндель та рухома і нерухома частина радіально – свердлильного верстата (його станина).

Якщо не враховувати податливості нерухомої частини (станини) радіально – свердлильного верстата, вважаючи, що вона має велику жорсткість, розрахункову схему верстата із приводом можна представити у вигляді двомасової пружної системи.

На розробленій розрахунковій схемі здійснення головного привода шпинделя передбачається за допомогою електропривода. Елементи обертових частин головного привода шпинделя, шпиндель, які володіють значними жорсткостями й невеликими довжинами, приймаємо як ланки із зосередженими масами.

В розрахункову схему включені наступні елементи:  $J_{рд}$  – момент інерції ротора електродвигуна головного привода шпинделя, приведений до осі обертання шпинделя з урахуванням мас механізмів, що обертаються;  $J_{рш}$  – сумарний момент інерції обертаючих мас шпинделя відносно осі його обертання;  $Y_{рд}$ ,  $Y_{рш}$  – координати руху зосереджених мас (кути відліку);  $S_{п}$  – приведена жорсткість механізму головного привода.

Перехідні процеси, що виникають в ланках приводів радіально-свердлильних верстатів, започатковують динамічні навантаження досліджуваних систем. На динаміку при пуску й зупиненні головного привода радіально-свердлильного верстата суттєвий вплив здійснюють інерційні й жорсткісні характеристики ланок розглянутих систем. Динаміку пуску і зупинення головного привода радіально-свердлильного верстата розглядали при максимальному навантаженні.

Розв'язання складеної системи рівнянь виконано для елементів приводу шпинделя радіально-свердлильного верстата з електричним приводом.

У результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь одержано значення моменту електродвигуна механізму привода шпинделя свердлильного верстата, кутові переміщення і швидкості приводу та шпинделя, а також їх кутові прискорення.

---



І.І.Назаренко<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
 М.М.Нестеренко<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
 А.Є. Бондаренко<sup>3</sup> к.т.н., доцент

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури

<sup>2</sup> Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

<sup>3</sup> Одеська державна академія будівництва і архітектури

## СИНХРОНІЗАЦІЯ ВІБРОЗБУДНИКІВ ДВОМАСОВОЇ УСТАНОВКИ.

Вібраційні машини і процеси займають суттєве місце в будівництві і при виробництві будівельних матеріалів і конструкцій. Вони широко використовуються для ущільнення сумішей при формування бетонних і залізобетонних виробів, знижують енергоємність технологічних процесів. В роботі застосована вібраційна машина, сконструйована за двомасовою схемою, яка відкриває можливість забезпечити, як віброізоляцію машини від фундаменту, так реалізувати заданий наперед будь який режим роботи, ще неможливо у звичайних лінійних одно масових вібраційних установках. Є кілька схем двомасових вібраційних установок[1]. На рис.1,а рама 1 спирається на опори 5, забезпечуючи в такий спосіб віброізоляцію машини.

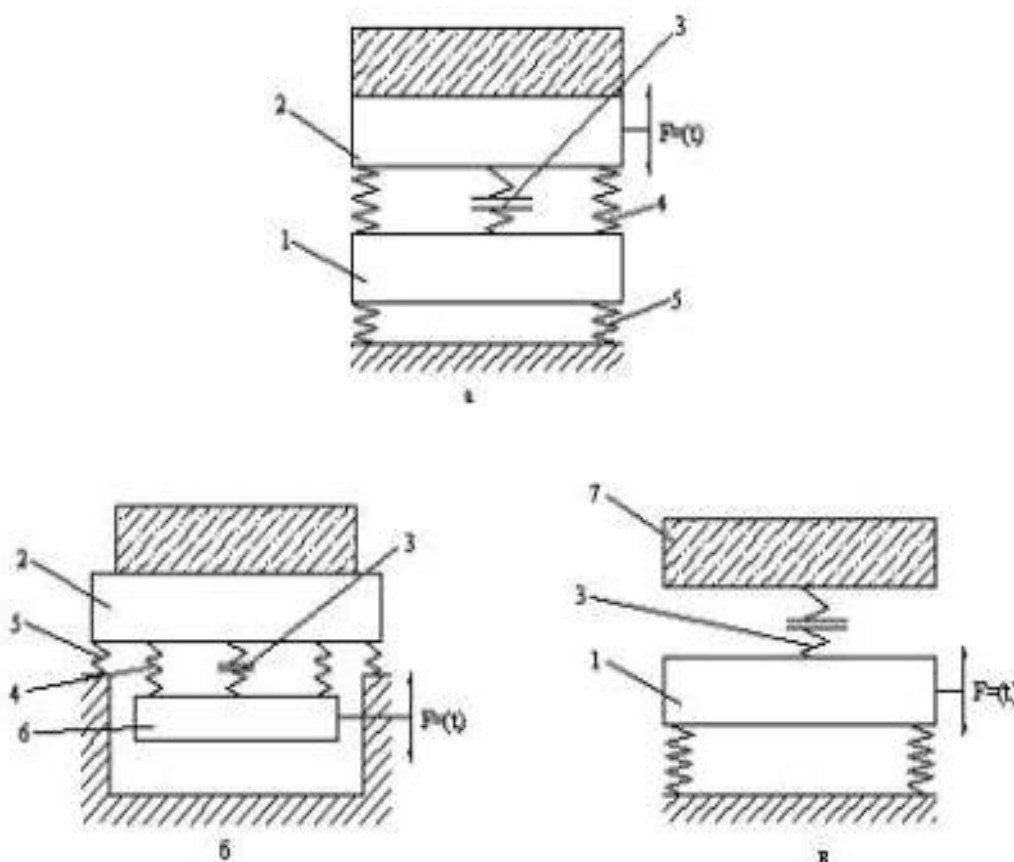


Рисунок 1 – Схема двомасових віброустановок.

За схемою зображеною на (рис.1,б), рама робочого органу 2 безпосередньо спирається на фундамент віброізолюючими опорами 5, а змушувальна сила прикладається до рами 6. У цьому випадку, як і зі схемою на рис. 1.,а, виникає потреба у встановленні допоміжних пружних зв'язків 4. Найпростішою у конструктивному відношенні є схема (рис.1,в), обмежник коливань 3 встановлений між робочим органом 1 і формою 7.

Використовуючи загальний підхід [2] в роботі на основі моделювання систем «машина – середовище» [1] здійснені дослідження та отримані аналітичні залежності для синхронізації віброзбудників двомасової установки, практична перевірка на експериментальній установці підтвердила достовірність передумов та припущень теоретичних досліджень.

### Література

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.

2. Вибрації в техніці: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В.Н. Челомей(пред.).–М.: Машиностроение,1981.–Т.4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э.Лавендела.1981.509 с.

І.І.Назаренко, д.т.н., професор

І.І. Перегінець, к.т.н., доцент,

В.С. Слюсар

Київський національний університет будівництва і архітектури

## ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ В БУДІВНИЦТВІ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ.

В сучасних технологіях особливе місце належить інформаційному моделюванню будівель (ВІМ) , що являє собою цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта (рис.1).



Рисунок 1 –Схема інформаційного моделювання будівель ВІМ

Основними принципами BIM є: корисності інформації в моделі; електронна; процесної єдності; повноти життєвого циклу активів; історичності; спадкування; системності; інформаційної доступності; достатності; інтегрованості; інформаційної безпеки та відкритості даних. Окремо слід зазначити загальну відсутність підходів щодо управління життєвим циклом об'єктів в цілому (зокрема, оцінка життєвого циклу, експлуатаційні витрати, вартісний аналіз тощо). Якщо в інвестиційно-будівельній діяльності передових країн світу поступово відбувається комплексного поєднання процесу проектування та будівництва на весь життєвий цикл об'єкта[1]. В Україні наразі такі системні підходи знаходяться на етапі напрацювань та пропозицій.

Впровадження інформаційного моделювання (BIM) надає технічну можливість для переходу від традиційного процесу управління інформацією (умовно, від паперових носіїв інформації до цифрових) до створення експертних моделей задля оптимізації ключових показників на всіх етапах життєвого циклу об'єктів.

Застосування цифрової трансформації в будівельному секторі характеризується поєднанням передових технологій та інтеграцією фізичних та цифрових систем та їх впливом на навколишнє середовище та енергоефективність. Використання BIM дозволить збільшити прозорість інвестиційно-будівельних процесів, передбачуваність результатів, створить певні умови для переосмислення, вдосконалення або спрощення існуючих регулятивних процедур, нормативно-правової бази, характеру контрактних угод..

Особливо актуальним є застосування BIM технологій для малоповерхових будівель, що наразі є потреба створення та якісніше інтегрувати малі та середні підприємства до інвестиційно-будівельної діяльності[1].

### *Література*

1. Назаренко І.І, Савицький М.В., Кірюхін М.М, Перегінець І.І., Куліченко Н.Європейський досвід впровадження BIM технологій в будівельній галузі. Нові технології в будівництві. BIM. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій. Тези доповідей. – ДП НДІБВ, Київ. 9-10 грудня 2019 р.

2. Назаренко І.І. Синергетичний ефект кластерних домобудівних стратегій житлового сектору України в умовах соціально-економічних трансформацій. Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві». Тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2016.

*І.І.Назаренко, д.т.н., професор  
А.В. Запривода, к.т.н., доцент*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

## СТАБІЛІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВІБРОПРИСТРОЮ

В роботі прийнято визначення критерія стабілізації режимів роботи на основі розгляду процесів, що спрямовуються робочими органами вібраційних машин з метою їх ущільнення з визначеними вихідними параметрами. В дослідженнях враховано силові і енергетичні потоки швидкості прикладання дії на середовища. Процес віброущільнення бетонної суміші має складний характер і проходить у кілька стадій: переукладання компонентів з інтенсивним витискуванням повітря, зближення частинок і завершальне витискування повітря, а також можливо доущільнення за рахунок деякого додаткового, наприклад, статичного тиску. Наведений розподіл процесу ущільнення на стадії є умовним, оскільки звичайно всі стадії протікають певною мірою одночасно і взагалі перебіг процесу вібраційного ущільнення залежить від чималої кількості чинників: складу суміші, її рухомості, режимів руху і т. ін. Ущільнення сумішей безпосередньо пов'язане із розвитком деформацій, а отже, і тиском, що має місце на поверхнях контактів робочих органів машини із середовищем. Завдяки дії контактного тиску в розташованому поряд з поверхнею об'ємі суміші виникає напруження, під впливом якого і відбувається взаємне переміщення заповнювачів. Таким чином, при ущільненні суміші важливими чинниками оцінки процесу є величини деформацій і напружень, а також час дії цих параметрів [1]. До параметрів циклічного навантаження відносяться максимальна величина напруження, що досягає, швидкість зміни напруженого стану й загальний час, протягом якого матеріал перебуває під дією навантаження. Приймається також до уваги закономірність зміни напруження в часі, а при повторних циклічних навантаженнях і частота її дії. Під швидкістю зміни напруженого стану  $v_{зм}$  розуміється перша похідна від напруження за

часом:  $v_{зм} = \frac{d\sigma}{dt}$  [2]. Якщо напруження за часом змінюється рівномірно, то

$$v_{зм} = \frac{\sigma}{t} \text{ Н/м}^2 \cdot \text{с}$$

швидкість зміни напруженого стану визначається як:  $v_{зм} = \frac{\sigma}{t}$ . В результаті впливу зовнішнього навантаження деформація суміші значно залежить від параметрів навантаження, при цьому параметри змінюються в досить широких межах. Тому для практичних цілей в роботі з'ясовано вплив кожного з них для того, щоб ураховувати цей вплив при проектуванні машин. Виникаючий при роботі машин контактний тиск є причиною появи напруженого стану матеріалу.

На рис.1,а зображена зміна тиску й відповідної йому деформації бетонної суміші у часі. Як видно із рисунка, між напруженням і деформацією є зсув по

фазі. На рис.1.б,в і г дані діаграми циклічних навантажень у координатах напруження – деформація. Тут криві ОАВ відповідають підвищенню напруженого стану, а криві ВСД відображають процес зняття навантаження.

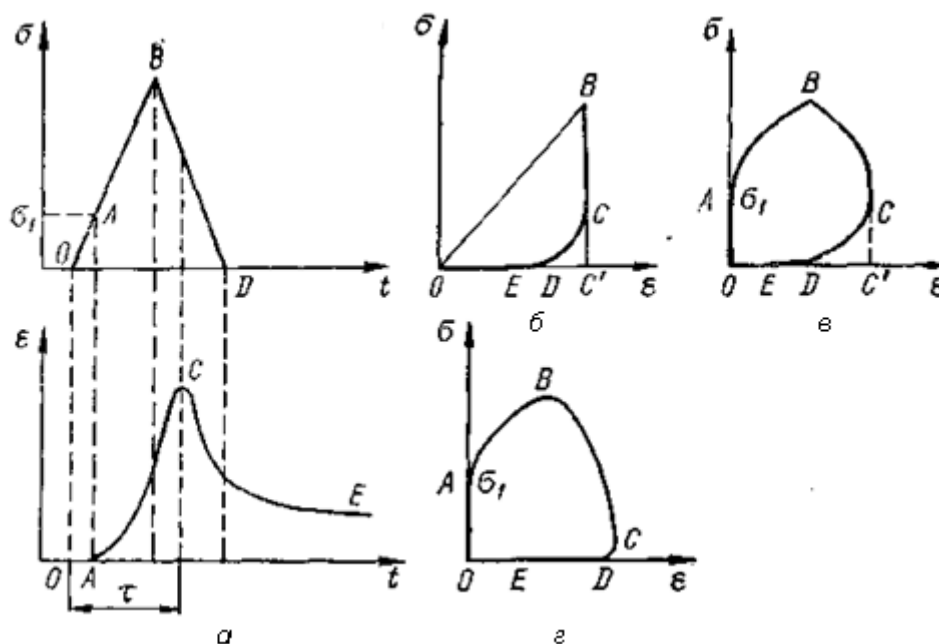


Рисунок 1 – Залежність між напруженням й деформацією при циклічних навантаженнях:

а – зміни напруження і деформації в часі; б – повільне навантаження; в – швидке навантаження; г – віброударне навантаження.

Вид деформації значною мірою залежить від швидкості зміни напруженого стану матеріалу й ступеня його ущільнення. Деформація сумішей, на які здійснюються навантаження з невеликою швидкістю зміни напруженого стану починає розвиватися одночасно з підвищенням напруження (рис.1,б). При ущільненні за більш високою швидкістю дії на суміш відбувається запізнення в розвитку деформації, що на діаграмах (рис.1,в і г) визначається відрізками ОА, які відповідають напруженню  $\sigma_1$ .

В роботі зроблена серія досліджень повільного, швидкого, віброударного навантаження при ущільненні суміші та отримані числові дані напружень та деформацій, які являються вихідною інформацією для визначення етапу стабілізації режимів роботи вібропристрою та розрахунку його параметрів.

#### Література

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
2. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Теория, расчет и конструкция. Л.: Машиностроение, 1973. – 176 с.

## **КРИТЕРІЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ДИНАМІЧНОЇ ДІЇ**

Вібраційні машини являються характерними представниками систем динамічної дії. Разом з тим на сучасному етапі рекомендації щодо надійності вібраційної техніки практично відсутні.

Надійність вібраційних майданчиків знаходиться в одному з таких станів: справному, несправному, працездатному, непрацездатному і граничному (рис. 1).



*Рисунок 1 – Схема основних станів вібраційних майданчиків та їх подій.*

*1 – пошкодження; 2 – відмова; 3 – перехід в граничний стан;  
4 – відновлення; 5 – ремонт*

За результатами досліджень, проведено групування фактичних відмов вібраційних майданчиків з подальшим визначенням критеріїв граничного стану складових частин вібраційного майданчика (табл. 1)

Відповідно до вище вказаного, запропоновано основну класифікацію відмов як характер виникнення і особистого протікання процесів, що призводять до відмови (рис. 2).



Рисунок 2 – Класифікація відмов

Таблиця 1 – Критерії граничного стану складових частин вібраційного майданчика

Найменування агрегату чи вузла	Критерії граничного стану
<b>Рамні конструкції</b>	1. Втомлювальні поперечні тріщини по периметру більші 40 %; 2. Увігнутість, закручування та інші пошкодження, що перевищують допустимі границі, для ліквідації яких необхідно повністю демонтувати рамну конструкцію.
<b>Зубчасті передачі</b>	1. Граничне зношування зубців; 2. Викришування робочої поверхні зуба загальною площею більше 25 %.
<b>Муфта щеплення</b>	Зношування шліців або посадочного місця під підшипники на валу чи злам валу, за якого необхідна його заміна.
<b>Карданний вал</b>	1. Тріщина в трубах, вилках по зварних швах; 2. Граничний знос шліцевих з'єднань; 3. Граничний знос отворів під стакани підшипників.

Підвищення надійності вібраційного майданчика залежить від багатьох причин, основна з яких – якість вібраційного устаткування. Невід'ємною частиною якості є клас точності вібраційного майданчика або погрішність, з якою моделюються коливання. Тому основне завдання даної роботи є підвищення якості як існуючих моделей, так і створюваних вібраційних майданчиків. Для цього пропонується сукупність критеріїв:

- оцінки якості вібраційних майданчиків; відображається зв'язок виміральної техніки із завданням підвищення їх якості;
- розглядаються погрішності, що виникають на етапах проектування, виготовлення і експлуатації;
  - розглядається зв'язок погрішностей, які виникають, з їх якістю;
  - пропонується, які завдання необхідно вирішувати на кожному з етапів, які аналізуються, щоб отримати зниження наявних погрішностей, а також отримати підвищення якості таких вібраційних майданчиків.

---

Як методику та результати для оцінки якості вібраційних майданчиків пропонується застосовувати такі критерії:

$\psi$  – відповідність вібраційних майданчиків рівню завдань, що покладаються на нього;

$\delta$  – відповідність вібраційних майданчиків своєму технічному проекту;

$\zeta$  – відповідність технічного проекту вібраційних майданчиків досягненням науки і техніки;

$\eta$  – відповідність вібраційних майданчиків необхідній експлуатаційній надійності.

Еталонна модель – виріб, у якого критерії оцінки якості відповідно  $\psi = \psi_0; \delta = \delta_0; \eta = \eta_0; \zeta = \zeta_0$ , де  $\psi_0, \delta_0$

$$M = \varphi(N). \quad (1)$$

Вид цієї залежності різний, наприклад, в роботі  $M = N^{-1}$ .

Наведемо декілька припущень:

1. Зразку відповідає максимальна точність:

$$M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = M_{\max}. \quad (2)$$

2. Зразку відповідає мінімальна похибка:

$$N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = N_{\min}. \quad (3)$$

3. Зразку відповідає найвища якість:

$$K(M_{\max}) = K(N_{\min}) = K_{\max}. \quad (4)$$

На підставі наведених припущень, сформульовані такі умови ефективності роботи вібраційних майданчиків:

1. Для забезпечення найвищої якості вібраційних майданчиків, необхідно і достатньо, щоб вона мала найвищу точність (найменшу похибку) виготовлення (моделювання).

Необхідна умова: вібраційний майданчик має найвищу якість  $K_{\max}$ . Доведемо, що вона має найвищу точність або найменшу похибку. Оскільки вібраційний майданчик має  $K_{\max}$ , то за припущенням (4) його можна прийняти за зразок. Зразку відповідає рівність критеріїв  $\psi = \psi_0, \zeta = \zeta_0, \eta = \eta_0$ . З припущення (2,3) впливає найвища точність  $M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0)$ , найменша похибка  $N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) = N_{\min}$ . Тоді маємо умову забезпечення якості:

$$K_{\max} \rightarrow \text{вібромайданчик: } \psi = \psi_0, \delta = \delta_0, \zeta = \zeta_0, \eta = \eta_0 \rightarrow M_{\max}, N_{\min}. \quad (5)$$

Таким чином, необхідна умова забезпечується.

2. Вібраційний майданчик повинен мати найвищу точність  $M_{\max}$  (найменшу похибку  $N_{\min}$ ). Забезпечення досягається шляхом забезпечення найвищої якості:

$$M_{\max} \rightarrow M_{\max} = M(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0) \rightarrow \text{вібромайданчик} \rightarrow K_{\max}, \quad (6)$$

$$N_{\min} \rightarrow N_{\min} = N(\psi_0, \delta_0, \zeta_0, \eta_0). \quad (7)$$

Отже, підвищення якості вібраційного майданчика може бути забезпечено при виготовленні її в максимальному наближенні до еталону, тобто при

---



прагненні кількісних значень критеріїв якості до заданих значень  $\psi \rightarrow \psi_0, \delta \rightarrow \delta_0, \zeta \rightarrow \zeta_0, \eta \rightarrow \eta_0$ .

З технічної точки зору вирішення задачі з підвищення якості вібраційних майданчиків пов'язано з виявленням, вимірюванням, аналізом і мінімізацією похибки на безлічі введених критеріїв  $\{\psi, \delta, \zeta, \eta\}$  для всіх етапів створення та експлуатації вібраційних майданчиків.

Основне завдання цієї роботи – підвищення якості як існуючих, так і створених вібраційних майданчиків. Методикою та результатами для оцінки якості вібраційних майданчиків запропоновані вище вказані критерії.

Відповідно, проведені дослідження дають змогу виділити основні групи елементів конструкцій вібраційних майданчиків, що впливають на надійність їх безвідмовної роботи, зокрема: вузли та деталі, робочий орган, пружинні елементи.

### Література

1. Ручинський М.М. Модель та методика розрахунку надійності вібраційних площадок будівельної індустрії / М.М. Ручинський, М.М. Делембовський // *Техніка будівництва. Науково-технічний журнал*. Київ: КНУБА, 2014. № 32. - С. 72–77.
2. Свідерський А.Т. Критерії оцінки якості віброплощадок / А.Т. Свідерський, М.М. Делембовський // *Техніка будівництва. Науково-технічний журнал*. Київ: КНУБА, 2010. № 24. - С. 24–27.
3. Хазов Б. Ф., Дидусев Б. А. *Справочник по расчету машин на стадии проектирования*. Москва: Машиностроение, 1986. - С. 224
4. Назаренко І.І. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв / І.І. Назаренко, І.М. Берник // *Видавництво Аграр Медіа Груп, К.*: 2013.-544 с.
5. Назаренко І.І. Дослідження надійності карданних валів вібромашин будівельної індустрії / І.І. Назаренко, А.Т. Свідерський, М.М. Делембовський // *Вібрації в техніці та технологіях*. ВНАУ. 2013. № 3 (71). - С. 72–77.
6. Назаренко І.І. Забезпечення надійності віброущільнюючих машин при проектуванні, конструюванні, виготовленні та експлуатації / І.І. Назаренко, М.М. Делембовський // *Техніка будівництва. Науково-технічний журнал*. Київ: КНУБА, 2013. № 11. - С. 60–64.
7. Назаренко И.И. Исследование надежности вибромашин строительной индустрии / И.И. Назаренко А.Т. Свидерский, М.М. Делембовский // *Механизация строительства*. Москва: БИБЛИО-ГЛОБУС, 2015. № 3 (849). - С. 44–49.
8. Ловейкин В. С. *Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин: учеб. пособие для вузов*. Киев: УМК ВО Украины, 1990. 166 с.
9. Назаренко И. И. *Прикладные задачи теории вибрационных машин*. Киев: ИСИО, 1993. 216 с.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДРІБНЮВАЧІВ

Вступ. Вирішення проблеми, пов'язаної з визначенням витрат енергії на процес дроблення, представляє доволі складну задачу, так як затрати енергії залежать від цілого ряду факторів, які змінюються в процесі роботи і важко піддаються точному описанню. Виходячи із складності процесу існує низка підходів до визначення енергії [1], [2].

Аналіз досліджень. Загальні затрати енергії при руйнуванні твердого тіла радіусом  $r$  при наявності в ньому мікротріщини дорівнюють співвідношенню виду [3]:

$$E = \frac{n^2 b^2 G}{4\pi(1-\nu)} \ln\left(\frac{2r}{x}\right) + 4\gamma x - \frac{\pi(1-\nu)(\sigma_n^2 + \tau_s^2)x^2}{2G} - nb\sigma_n x \sin\theta, \quad (1)$$

де:  $\sigma_n$  і  $\tau_s$  – компоненти нормальних і дотичних напружень в площині тріщини;  $\theta$  – кут між площиною ковзання і тріщиною;  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона;  $G$  – модуль зсуву. В формулі перший доданок відображає пружну енергію краєвої дислокації; другий – поверхневу енергію тріщини; третій – енергію пружної деформації твердого тіла з тріщиною; четвертий – роботу зовнішніх сил по збільшенню об'єму тріщини при її відкритті.

При використанні ударного руйнування на відміну від розглянутих підходів до процесу енергоємності дроблення використовують метод фізичних аналогій [4],[5] на базі якого для визначення загальної роботи рекомендують наступну залежність:

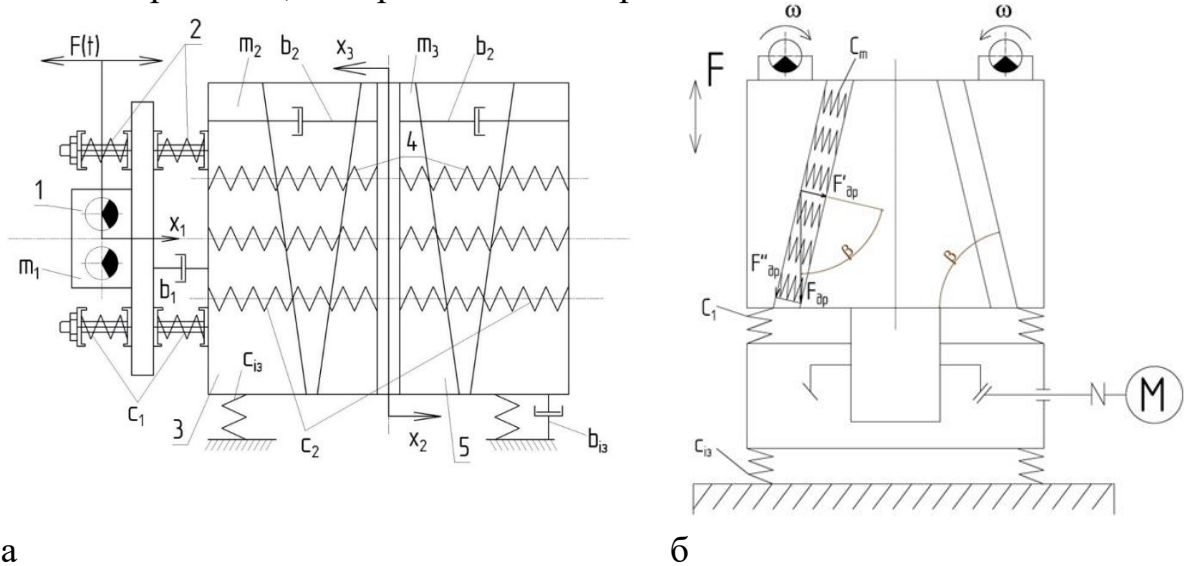
$$A = \frac{K\sigma_p^{1.5} P_k^{0.5} (1-\mu)^{2.5} (1+\mu) S^b n^c}{\mu^{1.5} E_m}, \quad (2)$$

де:  $K$  – коефіцієнт, враховуючий перетворення ударного навантаження в зусилля, що розриває матеріал;  $P_k$  – контактна міцність породи;  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $S$  – площа, по якій проходить розкол матеріалу,  $m^2$ ;  $n$  – число ударів до руйнування;  $b$  і  $c$  – показники, що характеризують відповідно масштабний ефект і ефект втомленості, які залежать від структури і міцнісних характеристик порід. Всі показники цього рівняння справедливі тільки при прикладенні навантаження із швидкістю  $v \approx 7 \div 13$  м/с.

Звісно зазначені гіпотези (1) та (2) дають можливість визначити корисну енергію, яка затрачається тільки на процес руйнування матеріалу. Переходячи до реальних дробильних систем необхідно додатково враховувати затрати енергії на внутрішні опори в системі та її теплове розсіяння.

Мета роботи. Дослідити енергетичні затрати різних дробильних систем.

Викладення основного матеріалу. Розглянемо дві дробильні системи з вібраційним приводом, які представлені на рис. 1.



а

б

Рисунок 1 – Розрахункова схема вібраційних дробарок  
а – вібраційна щокова дробарка з трьома коливальними масами; б – конусна дробарка з вібраторами на корпусі.

Енергія, що споживається електродвигунами дробарок (рис.1) витрачається на здійснення роботи по дробленню матеріалу, на потенціальну енергію деформації пружної системи, на подолання сил тертя, на теплові втрати, на деформацію деталей дробарки та інші втрати. Проте найбільші енергозатрати при роботі дробарок йдуть на кінетичну енергію дробильних плит та потенціальну енергію деформації пружин.

Таким чином загальна енергія, яка витрачається дробарками на процес дроблення матеріалу буде мати наступний вигляд:

$$E_{\text{заг}} = T + \Pi, \quad (3)$$

де:  $T$  – кінетична енергія руху мас дробарки;  $\Pi$  – потенціальна енергія деформації пружин.

Для вібраційної щоквої дробарки з трьома коливальними масами залежність (3) буде мати наступний вигляд [6]:

$$E_{\text{заг}} = \left[ \sum_{n=1}^3 \frac{m_n \dot{x}_n^2}{2} \right] + \left[ \frac{1}{2} \left( c_{\text{оп}} x_2^2 + c_1 (3x_1^2 - 4x_1 x_2 + 2x_2^2) + 4c_2 (x_2 - x_3)^2 \right) \right], \quad (4)$$

де  $m_n$  – відповідно  $n$ -на маса дробарки, кг;  $c_1, c_2$  – жорсткість пружин, що з'єднують між собою маси дробарки;  $x_1, x_2$  та  $x_3$  – відповідні переміщення мас дробарки, мм;  $c_{\text{оп}}$  – жорсткість зв'язків системи, яка з'єднує машину з фундаментом.

При визначенні загальної енергії конусної дробарки приймаємо що рухомий конус є абсолютно жорстким циліндром, який котиться по твердому недеформованому тілу, що має форму еліпса. В свою чергу приймаємо, що

корпус дробарки з вібраторами є тверде тіло з масою  $m_{\text{зг}}$  і моментом інерції  $I$ , який закріплений на нерухомій основі пружинами жорсткістю  $c_1$ :

$$E_{\text{зг}} = \left[ \frac{1}{2} m_{\text{рк}} \times (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2) + \frac{I_{\text{рк}} \times \dot{\varphi}^2}{2} + \frac{1}{2} m_{\text{нк}} \dot{y}_{\text{нк}}^2 \right] + \left[ \frac{c_{\text{др}} (\mathbf{n} \times \mathbf{x}_1)^2}{2} + \frac{c_1 x_1^2}{2} \right], \quad (5)$$

де  $T_1 = \frac{1}{2} m_{\text{рк}} \times (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2) + \frac{I_{\text{рк}} \times \dot{\varphi}^2}{2}$  - кінетична енергія обкочування рухомого

конуса [7];  $T_2 = \frac{1}{2} m_{\text{нк}} \dot{y}_{\text{нк}}^2$  - кінетична енергія коливань нерухомого конуса;  $m_{\text{рк}}$  - маса рухомого конуса;  $I_{\text{рк}}$  - центральний момент інерції конуса;  $x_1, y_1$  - декартові координати центра конуса;  $\varphi$  - кут повороту рухомого конуса навколо власної осі;  $m_{\text{нк}}$  - загальна маса нерухомого конуса;  $\dot{y}_{\text{нк}}$  - швидкість вертикальних переміщень нерухомого конуса;  $c_{\text{др}}$  - коефіцієнт жорсткості матеріалу;  $c_1$  - коефіцієнт жорсткості пружної системи, яка з'єднує нерухомий конус і корпус дробарки.

Висновки. Виведені залежності (4) та (5) дають можливість оптимально підібрати параметри механічного режиму вібраційних дробильних систем. Встановлено, що для більшості вібраційних дробильних систем мінімальною ефективною частотою є 20 Гц, при амплітуді коливань  $x \geq 4$  мм.

#### Література

1. Назаренко І.І., Міщук Є.О. (2014) Дослідження процесу руйнування в камері подрібнення вібраційної шокової дробарки. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. №. 84, С. 55-63. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm\\_2014\\_84\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm_2014_84_9).
2. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання) / І.І. Назаренко. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
3. Левин В.А. Избранные нелинейные задачи механики разрушения / В.А. Левин, Е.М. Морозов, Ю.Г. Матвиенко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 408 с.
4. Баладінський В.Л. Теорія руйнування робочих середовищ / В.Л. Баладінський, Ю.Д. Абрашкевич // Підручник. – Київ – КНУБА, 2000 р.
5. Блохин В.С. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов: пособие. ч.1 / В.С. Блохин, В.И. Большаков, Н.Г. Малич. – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2006. – 404 с.
6. Назаренко І.І., Міщук Є.О. (2019) Дослідження динаміки вібраційної шокової дробарки двосто-ронньої дії. Гірничі, будівельні, дорожні та меліорати-вні машини. №. 94, С. 5-15. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0101>.
7. Вайсберг Л.А. Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения / Л.А. Вайсберг, Л.П. Зарогатский, В.Я. Туркин. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. – 306 с.

---

УДК 624.072.2

*В.А. Настоящий, к.т.н., професор*

*С.О. Карпушин, к.т.н., доцент*

*Центральноукраїнський національний технічний університет.*

*О.С. Бобров нач. відділу запчастин ТОВ Агроресурс м. Кропивницький*

*В.І. Пантелєєнко, к.т.н., доцент*

*ДВНЗ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,*

## **РОЗРОБКА ЗМІННОГО СНІГОПРИБИРАЛЬНОГО БУЛЬДОЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ JOHN DEERE**

Значною проблемою у містах України в зимовий період є питання, пов'язані з прибиранням автомобільних шляхів, міських вулиць, доріг та інших об'єктів від снігу. Більшість автомобільних доріг регіонального значення від снігу не прибираються, хоча вимоги законодавства досить жорстко регламентують нормативи очищення вулиць та доріг.

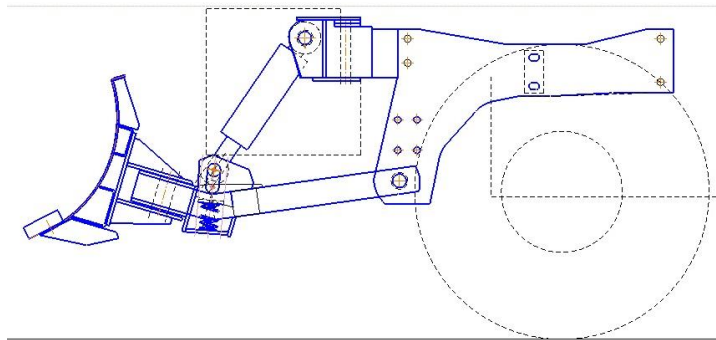
Потужностей обл. та райавтодорів із застарілим машинним парком, що фінансуються з державного бюджету, вистачає, в кращому випадку, на очищення міжміських магістралей та міських вулиць. Проблема вирішується двома шляхами: перший – чекати своєї черги та сподіватися на МНС; другий – вирішувати проблему самотужки. Фактично вирішення проблеми лягає безпосередньо на мешканців сіл та віддалених містечок, і можуть вирішити її фермери.

Однією з найпоширеніших машин, що можуть бути застосовані, та застосовуються для снігоочищення, і наявні у фермерських господарствах - є колісні трактори John Deere різної потужності та МТЗ-80, 82. Слід зауважити, що МТЗ має недостатню потужність та продуктивність для очищення достатньо великих та лінійно протяжних об'єктів, як автомобільні шляхи. Тому попит на снігоприбиральні відвали для колісних John Deere достатньо високий починаючи з 2014р. Ціновий сегмент на снігоприбиральний відвал в 2019-2021 рр. складає 80...200 тис грн. Це пояснюється тим, що відомий і популярний серед аграріїв в Україні ТОВ «завод Кобзаренко» м. Київ не виготовлює снігоприбиральні відвали на колісні трактори John Deere сільськогосподарського призначення. Справа в керованій передній вісі та в наявності противаг, що розташовані над передньою віссю трактора і створюють конструктивні та кінематичні перешкоди для встановлення снігоприбирального бульдозерного обладнання. Зняття противаг знижує зчіпну вагу машини та її тягове зусилля і в кінцевому підсумку прохідність, що неприпустимо в зимових умовах. Для розчищення снігових заметів на лінійно протягнутих об'єктах сумнівної якості, як автомобільні шляхи, найкраще зарекомендувало себе бульдозерне обладнання з можливістю косоного встановлення відвалу (рис.1) до напрямку руху трактора.



*Рисунок 1 – Типові конструкції відвалів, що мають можливість встановлення під кутом до напрямку руху базової машини.*

Потреба у можливості косого встановлення відвалу до напрямку руху трактора додатково створює конструктивні складнощі в конструкції з противагою. Колективом авторів запропонована і виготовлена власна конструкція снігоприбирального робочого обладнання для колісних тракторів John Deere (рис.2).



*Рисунок 2 – Пропонована конструкція снігоприбирального відвалу для колісних тракторів John Deere з пружним демпфером (транспортне положення).*

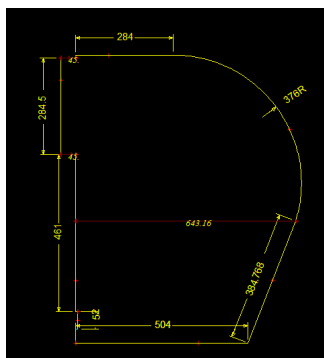
Виготовлення снігоприбирального відвалу в не заводських умовах передбачає застосування ділового металу стандартних профілів (рис.3), що не завжди є економічно раціональним. Зокрема це стосується проектування та виготовлення штовхаючої рами обладнання.



*Рисунок 3 – Процес виготовлення пропонованого снігоприбирального робочого обладнання власноруч.*

Правий та лівий кронштейни кріплення штовхаючої рами обладнання до лонжеронів трактора виготовлені з листової сталі товщиною 15мм. Для виготовлення даних деталей застосовувалося плазморіжуче обладнання (рис.4).





*Рисунок 3 – Приклад робочого креслення для виготовлення кронштейна на плазморіжучому обладнанні.*

Після виконання проектно-конструкторських робіт був виготовлений перший зразок. На рис.5 і рис. 6 наведено процес монтажу снігоприбирального робочого обладнання доц. Карпушиним С.О. на колісний трактор John Deere 6930 в с. Тарасівка Новгородківського району Кіровоградської області.



*Рисунок 5 – Встановлення гідроциліндрів підйому-опускання та повороту відвалу в проміжку між секціями противаг.*

*Рисунок 6 – Процес монтажу снігоприбирального відвалу власної конструкції.*

На рис.7 наведено загальний вигляд машини з пропонованим робочим обладнанням під час натурних випробувань.



*Рисунок 7 – Загальний вигляд колісного трактора John Deere 6930 з пропонованим універсальним бульдозерним робочим обладнанням під час натурних випробувань.*

---

Висновки:

Продовжується процес удосконалення існуючих і створення нових снігоприбиральних машин і їх робочого обладнання

Знаходять вдаль застосування ряд сільськогосподарських машин підвищеної прохідності на колісному рушійнику

Вимагають подальшого удосконалення питання щодо науково-обґрунтованого вибору матеріалу для ріжучо – профілюючої крайки бульдозерного снігоприбирального відвалу.

#### *Література*

1. Хмара Л.А., Шипілов О.С., Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П., Пантелєєнко В.І., Карпушин С.О., Дорожні машини: Навчальний посібник НТУ. 2013. 400 с.

2. С.О. Карпушин, А.С. Голуб, М.В. Чуйко. Застосування методу формування нових технічних рішень при розробці багатоцільового робочого обладнання бульдозера. Збірник «Наука виробництву - 2011» - Кіровоград, КНТУ, 2011р. (12 стор). С.1271-1273

3. Мирзоян, С.Г. Повышение Эффективности скоростных плужных снегоочистителей. Дисс. на соиск уч. степени канд. техн. наук. - М.: МАДИ, 1999. 225 с.

4. Карпушин С.О., Пантелиєнко В.І. Бульдозерно-розпушувальне обладнання, як альтернатива двом машинам Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів. Збірник тез і статей міжнародної науково-практичної конференції, 03–05 жовтня 2013 року.– Кіровоград, 2013. С.31-35.

5. Карпушин С.О., Бобров О.С. Формування ріжучих елементів робочих органів землерийних та землерийно-транспортних машин. Проблеми і перспективи практичної реалізації наукових досліджень/ Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції, Чернівці, 27-28 лютого 2015р. Київ: Науково-видавничий центр «Лабораторія думки», 2015.–36с. С.16-19.

6. Карпушин С.О., Скриннік І.О., Пантелиєнко В.І. Гнучкі елементи робочого обладнання землерийних і меліоративних машин ковшового типу. Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів. Збірник тез і статей міжнародної науково-практичної конференції, 03–05 жовтня 2013 року.– Кіровоград, 2013. С.35-41.

7. Пат. 62211А Україна, Бульдозер МПК E02F 3/76. Заявл. 30.01.2003; Опубл. 15.12.2003. бюл. №12 Авт. Карпушин С.О., Хмара Л.А., Яцун В.В.

8. Прибирання снігу Київ. Домашній бізнес. Електронний ресурс: <https://homebiznes.in.ua/prybyrannya-snihu-zatrebuvanuj-v-ukrajini-zymovuj-biznes/>

---



*Ромасевич Ю.О., д.т.н., професор,  
Ловейкін В.С., д.т.н., професор,  
Крушельницький В.В., к.т.н.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

## **МЕТОДИКА ЗБОРУ МАСИВУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ПРО ДИНАМІКУ КЕРУВАННЯ РУХОМ ДИНАМІЧНОЮ СИСТЕМОЮ „КРАН-ВАНТАЖ”**

Однією із актуальних задач, які наразі стоять перед розробниками систем керування рухом механізмами вантажопідійомної техніки, є побудова їх адекватних математичних моделей. Це необхідно для того, щоб проводити синтез алгоритмів раціонального або оптимального керування рухом механізмами, що, у свою чергу, дає змогу найбільш повно використати наявні ресурси щодо підвищення продуктивності роботи вантажопідійомних кранів, збільшення строку служби та продуктивності їх роботи.

Традиційним підходом до вирішення цієї задачі є побудова математичних моделей у вигляді рівнянь руху на основі методу д'Аламбера, рівнянь Лагранжа другого роду або принципу віртуальних переміщень. Надалі виконується розрахунок і уточнення інерційних, жорсткісних, дисипативних та інших параметрів динамічних систем, які входять у рівняння їх руху. Такий підхід є доволі складним. Він не виключає можливість не врахування того чи іншого значимого фактора, наприклад, сил сухого та/або в'язкого тертя. Це, у свою чергу, вимагає проведення повторних ітерацій щодо уточнення математичних моделей.

Один із підходів, який у значній мірі позбавлений недоліків, що притаманні попередньому, ґрунтується на використанні апроксимаційних властивостей штучних нейронних мереж. У цьому випадку можна отримати математичну модель руху досліджуваної динамічної системи у вигляді „вектор входу – вектор виходу”. Однак, для цього необхідно провести процедуру навчання штучної нейронної мережі на основі масиву експериментальних даних. Останні необхідно зібрати таким чином, щоб якомога повніше дослідити всі аспекти динаміки керування тим чи іншим механізмом вантажопідійомного крана (динамічної системи) або іншої машини.

Для того, щоб отримати такий масив даних для динамічної системи „кран-вантаж” було запропоновано виконати керування її рухом за декількома законами зміни частоти напруги живлення (передбачається, що живлення двигуна приводу механізму переміщення крана виконується від частотного перетворювача). Такими законами є лінійний та S-подібний. Крім того, варіюється тривалість розгону на рівнях 1, 2 та 3 секунди, маса вантажу (на рівнях 11, 22 та 33 кг) та довжина гнучкого підвісу вантажу (на рівнях 1,2, та 2 м).

Керуванням у даному випадку є частота напруги живлення двигуна, а

---

відгуком системи – її фазові координати (положення і швидкості крана і вантажу).

Для збору даних пропонується використати енкодери лінійного та кутового переміщення. Перший використовується для фіксації положення і швидкості руху крана, а другий – для фіксації положення і швидкості вантажу, який закріплений на гнучкому підвісі. Пропонується перший енкодер обрати із точністю 1мм/імп, а другий з точністю 0,1 град/імп.

Запис частоти напруги живлення (сигнал керування) виконується шляхом надсилання запиту на частотний перетворювач. Останній відправляє відповідь про задане значення частоти, яке актуальне на даний момент часу.

Зібраний масив даних дає можливість побудувати масив даних „вектор входу – вектор виходу”, на основі якого виконується розробка математичної моделі динамічної системи „кран-вантаж” у вигляді штучної нейронної мережі.

**УДК 666.97.033**

*О.В. Орисенко, к.т.н., доцент*

*О.П. Шека, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **КЛАСИФІКАЦІЯ ОПОР ДЛЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПЛОЩАДОК**

У будівельній індустрії широке застосування дістали вібраційні машини для формування та виробництва різноманітних залізобетонних виробів. До таких класів вібраційних машин належать:

- глибинні вібромашини з робочим органом у вигляді циліндричного корпусу, жорсткої плити;
- поверхневі вібромашини: вібраційні котки, вібраційні плити, вібробруси;
- машини об’ємного ущільнення бетонних сумішей [1].

Таким чином, основним методом для створення збірних залізобетонних конструкцій та виробів є вібраційне формування бетонних сумішей. Воно відбувається під дією інерційних сил, які виникають при вібруванні бетонної суміші і діють на частинки суміші. У процесі вібраційного формування руйнуються зв’язки між частинками бетонної суміші, частинки максимально зближуються між собою, внаслідок цього щільність бетонної суміші зростає.

В методі об’ємного формування, що здійснюється на віброплощадках, для сприйняття навантаження використовують пружні опори. Ці опори не повинні перешкоджати коливанням робочих органів або впливати на них. Надійна віброізоляція фундаменту досягається на тих віброплощадках, які працюють у резонансному режимі, тобто в такому режимі, за якого частота вимушених коливань рухомої рами машини набагато більша за частоту власних коливань бетонної суміші, що завантажується в форму.

Пружні опори повинні мати підвищену довговічність та зносостійкість,

---

так як від їхньої надійності залежить робота вібраційних площадок в цілому [2].

В якості пружних опор віброплощадок використовують сталеві гвинтові пружини стиску, гумові, гумо-металеві та гумо-кордні деталі різної форми, пневмобалони, сталеві пластинчасті ресори, прогумовані пружини розтягування-стиску [3].

У віброплощадках з просторовими коливаннями робочого органу, використовують гумо-металеві опори. Гумо-металеві пружні опори виконують у вигляді циліндричних або конічних гумових елементів, що привулканізовані до сталевих шайб за допомогою шару латуні. Даний спосіб закріплення забезпечує достатній опір при вібраціях та ударах.

Надійність і ефективність опор вібраційних площадок сприяє підвищенню терміну експлуатації вібраційної машини.

#### *Література*

1 *Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для підприємств будівельної індустрії / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005.–Вип. 16, – С. 177-181.*

2 *Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник / І.І. Назаренко.- К: КНУБА, 2007. – 230 с.*

3 *Назаренко І.І. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: конструкції та основи експлуатації / І.І. Назаренко, О.В. Туманська. – К.: Вища шк. Вища шк. 2004. – 590 с.*

**УДК 666.97.033**

*О.В. Орисенко, к.т.н., доцент*

*А.В. Шокало, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

*М.М. Ручинський, к.т.н., професор*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ 3D ДРУКУ БЕТОННИХ ВИРОБІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ**

Будівельний 3D принтер – це обладнання з числовим програмним управлінням (ЧПУ) для пошарового укладання бетону, або сумішей на основі бетону та інших будівельних матеріалів. При цьому траєкторія руху друкуючої головки принтера (екструдера) відповідає тривимірній моделі (3D моделі) майбутньої будови (виробу). В результаті такої роботи отримують повнорозмірні будівельні об'єкти, споруди, малі архітектурні форми.

Будівельний принтер друкує тільки зовнішню частину стіни (постійна опалубка) товщиною від 30 до 80 мм, а утворену порожнину потім заливають наповнювачем. У підсумку утворюється монолітна стіна складної форми.

---

Зростання інтересу до 3D друку обумовлюється такими факторами: високий рівень автоматизації виробництва, поліпшення якості продукції, прискорення процесів створення, можливість оптимізації CAD моделей, зменшення відходів виробництва [1].

За методами формування шару розрізняють два типи 3D друку [2, 3]:

1. Bed Deposition – технологія, при якій на робочий простір наноситься шар порошкового матеріалу. Формування виробу відбувається пошарово за допомогою джерела тепла: лазера (SLM), електронного променя (EBM), світла (DLP, SLA), або допоміжної речовини (Binder Jetting), відповідно до поточного перетину CAD моделі. Залишки порошку видаляються, робоча платформа зміщується і процес повторюється.

2. Direct Deposition – спосіб формування, при якому матеріал подається безпосередньо в місце побудови відповідно до CAD моделі.

Як зазначено, виготовлення опалубки складає 35 – 60 % від загальної вартості бетонних конструкцій. Можливість будівництва бетонних конструкцій без опалубки є важливим перевагою з точки зору зниження витрат, швидкості виробництва і архітектурної волі, а також полегшення встановлення інженерних комунікацій. Технології 3D друку відносяться до класу, зелених технологій, оскільки забезпечує майже безвідходне виробництво. Висока автоматизація і роботизація процесу дозволяє реалізовувати проекти в агресивних середовищах, не наражаючи на небезпеку здоров'я персоналу.

В середині 1990-х років запропоновано інноваційну технологію Contour Crafting (CC).

Contour Crafting (CC) – одна з адитивних будівельних технологій, здатна застосовуватися в будівництві великомасштабних об'єктів. CC може дозволити друкувати кілька будівель за прогін. У якості матеріалів використовують: полімери, керамічний шлікер і бетон. В процесі екструзії матеріалу за рахунок шпатель, встановлених на екструдері, утворюється рівна поверхня. Висота шару обмежується розмірами шпатель, крім того вона повинна бути підібрана таким чином, щоб при укладанні верхніх шарів попередні шари починали схоплюватися і мали достатню несучу здатність. В технології Contour Crafting передбачено можливість проектування інженерних комунікацій в порожнинах стін.

Інша технологія отримала назву Concrete Printing (CP). Даний спосіб аналогічний технології CC, тобто заснований на пошаровому екструдюванні будівельної суміші. Основною відмінністю від CC є те, що в методі CP на екструдері відсутні шпатель, що дає можливість виконувати ще більш геометрично складні контури. Саме завдяки цій особливості даний метод виглядає найперспективнішим в будівництві, так як створення будівель і споруд унікальних форм стає все більш пріоритетним і затребуваним напрямком в даній сфері. Недоліком є той факт, що через відсутність шпатель на екструдері з'являється необхідність обробки поверхні надрукованого споруди.

Наступна технологія D-Shape [4] принципово відрізняється в будівельному адитивному виробництві та є винаходом компанії Енріко Діні, главою компанії «Monolith UK». Процес друку з використанням даної

---

технології умовно ділиться на 3 етапи:

- створення 3D-моделі об'єкта;
- побудова об'єкта;
- фінальна обробка об'єкта.

На відміну від методів, описаних вище, екструдер подає не готову будівельну суміш, а клейкі речовини на пісок або інший матеріал, що представляє собою порошок. На етапі друку об'єкта шар порошку товщиною 5 – 10 мм рівномірно наноситься на область друку. Потім, на цю поверхню подається клейкі речовини. Після цього наноситься ще один шар порошку необхідної товщини, і процес повторюється до завершення друку. В кінці шар порошку, який був опорним, видаляється, а поверхню об'єкта шліфують і полірують. Таким чином, процес практично ідентичний технології Binder Jetting.

Основним недоліком для застосування даної технології саме в будівництві є те, що вона дозволяє друкувати тільки об'єкти невеликих розмірів. Дане обмеження пов'язане з властивостями піску і йому подібних матеріалів, використовуваних для друку. Таким чином, можна зробити висновок, що дана технологія краще підходить для друку різних декоративних елементів, ніж для зведення будівель і споруд.

Варто зазначити, що однією з серйозних проблем, що перешкоджають широкому поширенню технологій, заснованих на способі Direct Deposition (CC і CP), є недолік матеріалів, що відповідають заданим вимогам.

#### *Література*

1 Згалат-Лозинська Л.О., Згалат-Лозинський О.Б. Розвиток та впровадження інноваційних технологій 3d-друку у будівництві. // *Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління.* – 2020. – Том 31 (70). № 5. – С. 45 – 51.

2 Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. *Аддитивные технологии в машиностроении / Учебное пособие.* – Санкт-Петербург, СПбГУ, 2013. – 221 с.

3 Балака Е.В. *Основные факторы влияния на процесс формообразования деталей с помощью технологий послойного выращивания (Rapid Prototyping) // Високі технології в машинобудуванні. Зб. наук, праць. Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. Вип. 1 (21). – С. 29 – 36.*

4 Калугина Ю.Е., Золотарев А.Д. *Возведение зданий с помощью контурного строительства // Современные инновации.* – 2019. – №2 (30). – С. 27 – 31.

## **РОБОЧЕ КОЛЕСО ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА**

У відомій конструкції робочого колеса відцентрового насоса [1] лопаті прикріплені до одного або двох (переднього і заднього) дисків і виконані як одне ціле. Таким чином одним або парою переднього і заднього дисків сформована міжлопатева проточна частина, що включає вхідну і вихідну горловини, між якими розташована зона повороту потоку.

Наведена конструкція робочого колеса в основному забезпечує необхідні характеристики відцентрового насоса, але потребує підвищення коефіцієнта корисної дії на основних режимах роботи в основному за рахунок збільшення перекачування рідини та зменшення втрат напору на виступах шорстких поверхонь контакту рідини що перекачується з цими поверхнями.

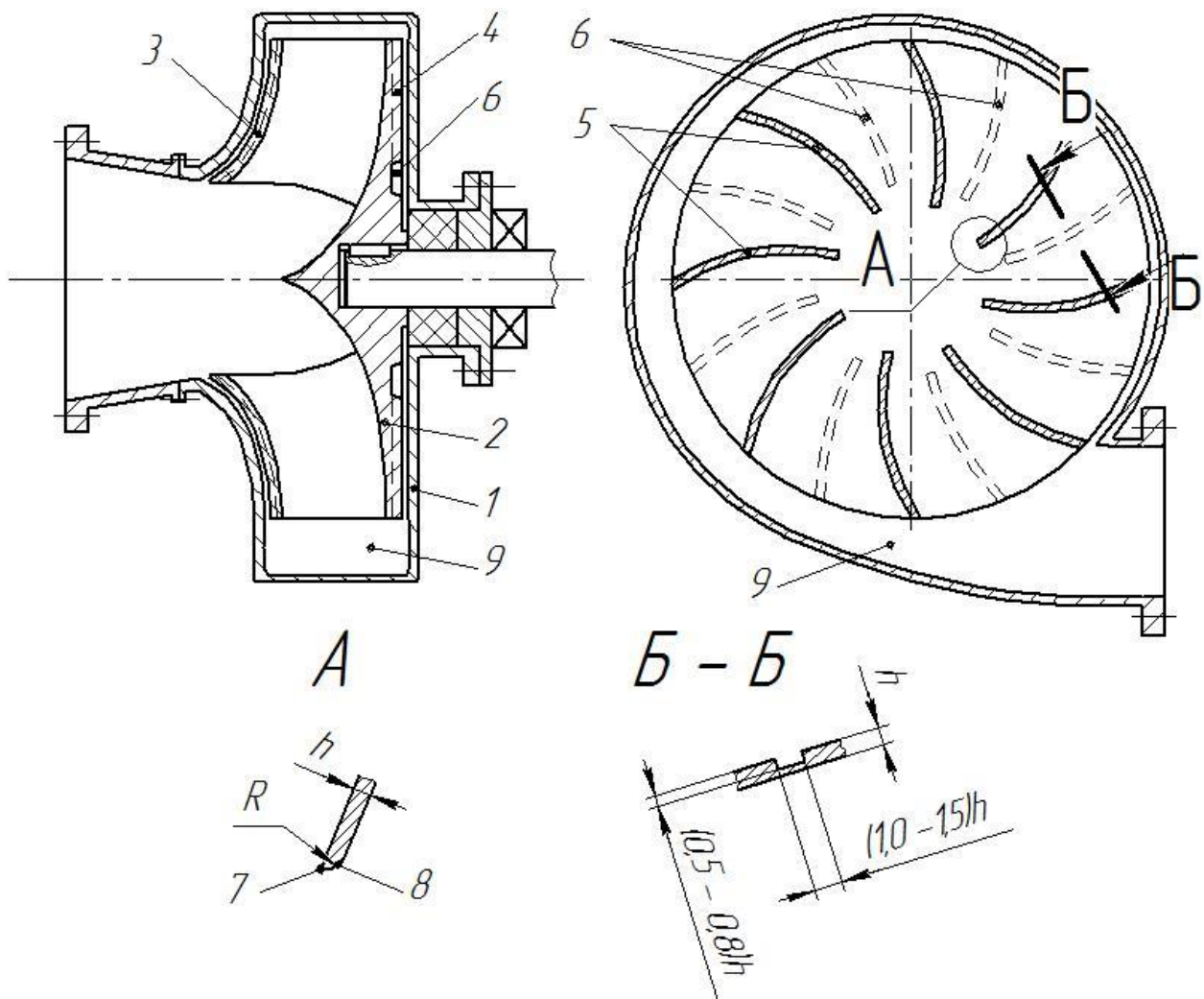
Аналіз таких втрат наведено в роботі [2], де представлена конструкція відцентрового насосу одностороннього входу закритого типу котра включає робоче колесо що виконано із переднього і заднього дисків між якими розташовані профільовані лопатки, котрі виконані з дисками як одне ціле. Робоче колесо закріплено на валу і розміщене в корпусі до якого примикають всмоктувальний і напірний патрубки. Для вільного обертання робочого колеса в корпусі воно встановлене з деяким зазором між дисками і корпусом, через який за рахунок більшого тиску у вихідному напірному колекторі забезпечується перетікання рідини до вісі робочого колеса, де тиск значно менший і наближається до атмосферного, що утворюється на всмоктувальній стороні. Таке перетікання завжди пов'язане із зменшенням подачі і, як результат, зменшенням корисної дії насоса.

В основу запропонованої конструкції (рис. 1) поставлене завдання вдосконалення конструкції робочого колеса відцентрового насоса у напрямі, що забезпечує підвищення коефіцієнта корисної дії насоса шляхом зменшення витоків рідини що перекачується через зазори між диском і корпусом та зменшення втрат напору при рухові рідини що перекачується на шорсткостях поверхонь робочих лопаток насоса.

Поставлена задача досягається тим, що робоче колесо насоса одностороннього входу складається із двох дисків, переднього і заднього, між якими розташовані профільовані лопатки, що виконані із дисками як одне ціле. На зовнішніх поверхнях дисків виконані канавки за профілем дзеркальним профілю робочих лопаток закріплених між дисками і глибиною 0,5 – 0,8 цих робочих лопаток. Таким чином рідина що перекачується при перетіканні із напірної сторони в основному напрямку потрапляє в такі профільовані канавки і, завдяки такому профілю, відкидається в сторону напірного колектора зменшуючи об'єм витоків рідини через щілини між диском та корпусом. В

---

результаті це обумовлює збільшення подачі насоса, що сприяє збільшенню його коефіцієнта корисної дії.



1 – корпус; 2 – робоче колесо; 3 – передній диск; 4 – задній диск;  
5 – лопатки; 6 – профільна канавка; 7 – прямолінійна кромка;  
8 – криволінійна поверхня; 9 – напірний колектор

Рисунок 1 – Відцентровий насос вдосконаленої конструкції

Крім того лопатки на вході виконані ступеневої форми в перетині із прямою кромкою зі сторони коритця і закругленою при переході до випуклої поверхні лопатки (спинки). Причому радіус такого заокруглення складає не менше 1,0 – 1,5 товщини лопатки на вході. Таке заокруглення сприяє виникненню ефекту Коанда [3] завдяки якому потік рідини що перекачується притискається до криволінійної поверхні лопатки утворюючи ламінарний пристінний змащувальний шар. Цим зменшуються пристінні завихрення на шорсткостях і, таким чином, запобігають утворенню втрат напору на них. Разом з цим, завдяки такому повороту виникає розрідження, яке сприяє затягуванню міжлопаткового потоку рідини забезпечуючи більший об'єм всмоктування рідини що перекачується насосом.

Внесення перелічених вище змін в конструкцію відцентрового насосу покращують ефективність його роботи та підвищують коефіцієнт корисної дії.

---

### Література

1 Срібнюк С.М. Гідравлічні і аеродинамічні машини. Основи теорії і застосування. Навч. посібн. – К.: ЦНЛ, 2004. – 328 с.

2 Срібнюк С.М. Насоси і насосні установки. Розрахунки, застосування і випробування. Навч. посібн. – К.: ЦУЛ, 2012. – 312 с.

3 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

### УДК 693.611

І.А. Рогозін, канд. техн. наук, доцент,  
О. Машиадов, студент,  
кафедра будівельних машин і обладнання,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
І.М. Сучков, директор ТОВ «Техносила-3»,

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РОБОЧОГО ЦИКЛУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО РОЗЧИНОЗМІШУВАЧА ПРИ ПРИГОТУВАННІ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИННИХ СУМІШЕЙ

При створенні нового розчинозмішувального обладнання, яке має у своєму складі нестандартні елементи, слід проводити експериментальні дослідження щодо встановлення його експлуатаційних показників. Вони можуть використовуватися для формування технічних характеристик та паспортних даних машин [1, 2].

У галузевій науково-дослідницькій лабораторії механізації ручної праці у будівництві Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» було створено зразок малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком УШЗ-500 [3]. Важливою особливістю робочого органа змішувача установки є те, що вертикальний шнек має змінний кут нахилу своєї твірної залежно від висоти її розташування [4]. Тому дане обладнання потребувало вивчення продуктивності, як однієї з найважливіших експлуатаційних характеристик. Продуктивність напряму залежить від тривалості робочого циклу машини, тому виникла потреба провести дослідження стосовно встановлення раціонального часу приготування порції будівельної розчинної суміші [1, 2].

Для оцінки ступеня готовності суміші було взято показник коефіцієнт неоднорідності суміші  $V_c$ , % [5]:

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість проб суміші;

$\bar{c}$  – середнє арифметичне значення концентрації ключового компонента в усіх  $n$  пробах суміші, %;

$c_i$  – концентрація ключового компонента в  $i$ -й пробі суміші, %.

---



Узяті проби аналізувались на вміст ключового компоненту, яким у даному випадку прийнято цемент, як технологічно важливий фактор для якості будівельної розчинної суміші. Для кожної проби визначалася концентрація цементу за масою у відсотках. Далі для різних моментів часу робочого циклу розраховувався коефіцієнт неоднорідності суміші,  $V_C$ , за формулою (1).

Щоб з'ясувати значення раціонального часу тривалості циклу приготування товарної суміші потрібної якості експеримент було проведено для цементно-піщаної (із співвідношенням 1:3) будівельної розчинної суміші у штукатурно-змішувальній установці. У якості ключового компоненту розглядався цемент. У відібраних на кожному етапі 15 пробах за методикою оцінки однорідності [5] з використанням формули (1) було розраховано масу цього ключового компоненту для кожної проби й далі – його масові концентрації. Результати розрахунку концентрацій цементу від початку робочого циклу наведено на рисунку 1 у вигляді кривої 2, а крива 1 отримана за математичною моделлю розрахунку змішувача [6].

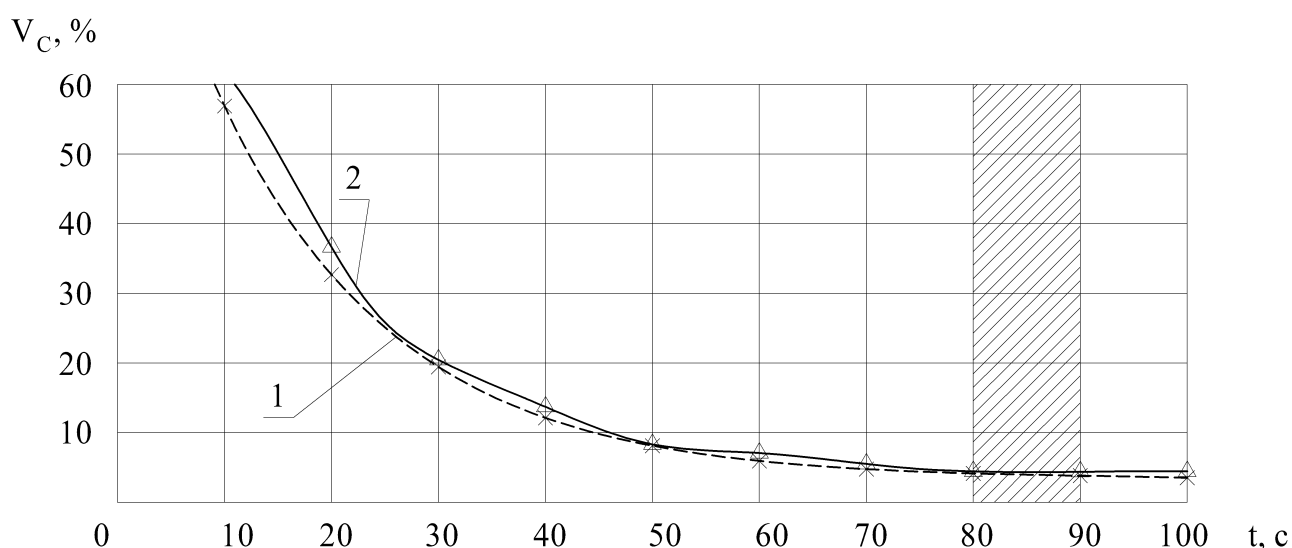


Рисунок 1 – Зміна однорідності суміші із часом: 1 – залежність, одержана за математичною моделлю; 2 – експериментальна залежність

Однорідність будівельної розчинної суміші, якої необхідно досягти у процесі перемішування, залежить від конкретних технологічних вимог, що ставляться на об'єкті будівництва. Для штукатурних робіт, приймаємо, що розчинна суміш є однорідною при значеннях коефіцієнта неоднорідності  $V_C < 4\%$  [7, 8].

За отриманими результатами маємо висновок, що раціональний час змішування знаходиться у діапазоні від 80 до 90 с, коли значення коефіцієнта стабілізується на рівні до 4%. Отже, до розрахунку тривалості робочого циклу приготування будівельної розчинної суміші штукатурно-змішувальною установкою УШЗ-500 слід використовувувати верхню межу знайденого діапазону 90 с.

---

## Література

1. Баладінський В. Л., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Будівельна техніка: підручник. Київ-Полтава: КНУБА-ПолтНТУ, 2002. 463 с.
2. Будівельна техніка: навч. посібник / В. Л. Баладінський, О. М. Лівінський, Л. А. Хмара та ін. Київ: Либідь, 2001. 368 с.
3. Установка розчинозмішувальна з вертикальним шнеком: пат. 81413 Україна: МПК (2006.01) B28C 5/16. № и 2013 01300; заявл. 04.02.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. №12.
4. Коробко Б. О., Васильєв О. С., Rogozin I. A. Аналіз кінематики суміші в корпусі змішувача з вертикальним шнеком зі змінною твірною. Східно-Європейський журнал передових технологій. Харків: Технологічний центр, 2015. Вип. 3/7 (75). С. 48–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43053.
5. Назаренко І. І. Машини для виробництва будівельних матеріалів: підручник. Київ: КНУБА, 1999. 488 с.
6. Rohozin I., Vasyliiev O., Pavelieva A. Determination of Building Mortar Mixers Effectiveness. International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7, No 3.2, [S.I. 2]. P. 360–366. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14553.
7. Дослідження якості процесу інтенсивного перемішування сухої будівельної суміші у змішувачі штукатурного агрегату АШГ-4 конструкції ПолтНТУ / Коробко Б. О., Павленко А. М., Матвієнко А. М., Вірченко В. В. Галузеве машинобудування, будівництво: збірник наукових праць. Полтава: ПолтНТУ, 2013. Вип. 1 (36) С. 443–450.
8. Lightweight masonry mortars made with expanded clay and recycled aggregates / Muñoz-Ruiperez C., Rodríguez A., Gutiérrez-González S., Calderón V. Construction and Building Materials. 2016. № 118. P. 139–145.

**УДК 629.3.03:62-837:62-531.7**

*О.В. Солоня к.т.н., доцент*

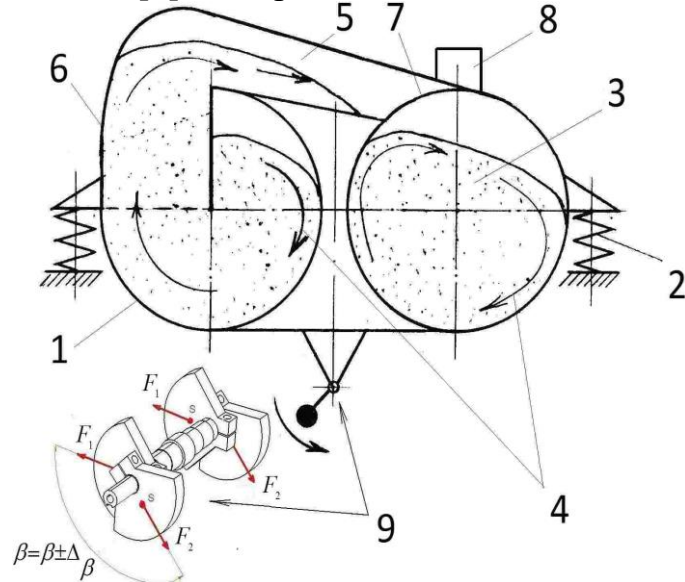
*Вінницький національний аграрний університет*

## **КЕРОВАНІЙ ВІБРАЦІЙНИЙ МЛИН ДЛЯ ПОМОЛУ СИПКОГО СЕРЕДОВИЩА**

У світовій практиці вібраційних технологій (наприклад, вібраційна обробка деталей машин і приладів) широко використовуються вібраційні машини безперервної дії. Робоча камера таких машин може мати як кільцеву, так і спіральну форму. Значна швидкість протікання механічних і тепломасообмінних процесів, високий ступінь однорідності одержуваної продукції, можливість ефективного здійснення тонкого подрібнювання і диспергування продукту при порівняно невисоких енерговитратах зумовлюють широке використання вібраційного подрібнювання. Вібраційні млини поєднують достатньо високу інтенсивність технологічної дії з відносно простою конструкцією[1]. Питома продуктивність даних машин практично в 5 разів перевищує подібні параметри для відцентрових млинів. Як за основу, для розроблення структурної моделі

---

вібротлина із просторово-циркуляційним рухом завантаження котра при зміні маси робочого органу (в процесі відокремлення і вивантаження подрібненого матеріалу з помольної камери) постійно адаптується до резонансного режиму роботи при наперед заданих технологічно оптимальних параметрах (продуктивності) та мінімальних енергозатратах на вібропривод, доцільно брати вібраційний млин ВМ-400 [2] який реалізовано на базі патенту [3].



А)

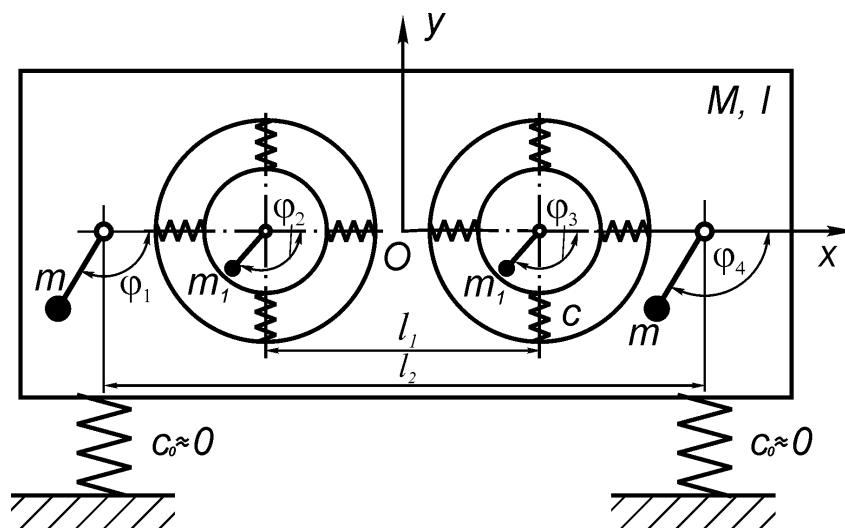


Рисунок 1 – а) просторово-циркуляційний рух завантаження у адаптивному вібротлині; б) тримасний вібраційний млин з чотирма вібробуджувачами

На рис. 1 та рис. 2 зображена запропонована модель адаптивного вібротлині із просторово-циркуляційним рухом завантаження. Адаптивний вібротлин складається із помольної камери 1 яка встановлена на пружних опорах 2. Робочий орган являє собою замкнуті за допомогою перевантажувального 6 і перехідного жолобів 4 помольні камери 7, рукав завантаження 8, які заповнені завантаженням. Під дією вібраційного поля завантаження 5 в лівій помольній камері 4 піднімається по вертикальному жолобу 1 і перетікає

транспортним лотком 2 в праву помольну камеру. Подрібнений матеріал просіюється через вивантажувальну решітку 3 на вихід із млина, а робочі тіла відводяться до передньої частини правої помольної камери в зону завантаження подрібненого матеріалу. В передній частині правої помольної камери внаслідок безперервного переходу по жолобу 1 і транспортному лотку 2 утворюється збільшений рівень завантаження, сюди також надходить і подрібнюваний матеріал, а у задній її частині, внаслідок переходу частини завантаження в ліву помольну камеру – знижений рівень. В лівій помольній камері внаслідок відбору завантаження в передній частині утворюється понижений її рівень, а в задній, внаслідок притоку завантаження із правої помольної камери – збільшений. Таким чином в сполучених між собою помольних камерах утворюється просторово-циркуляційний рух завантаження по замкнутій гвинтовій траєкторії[4].

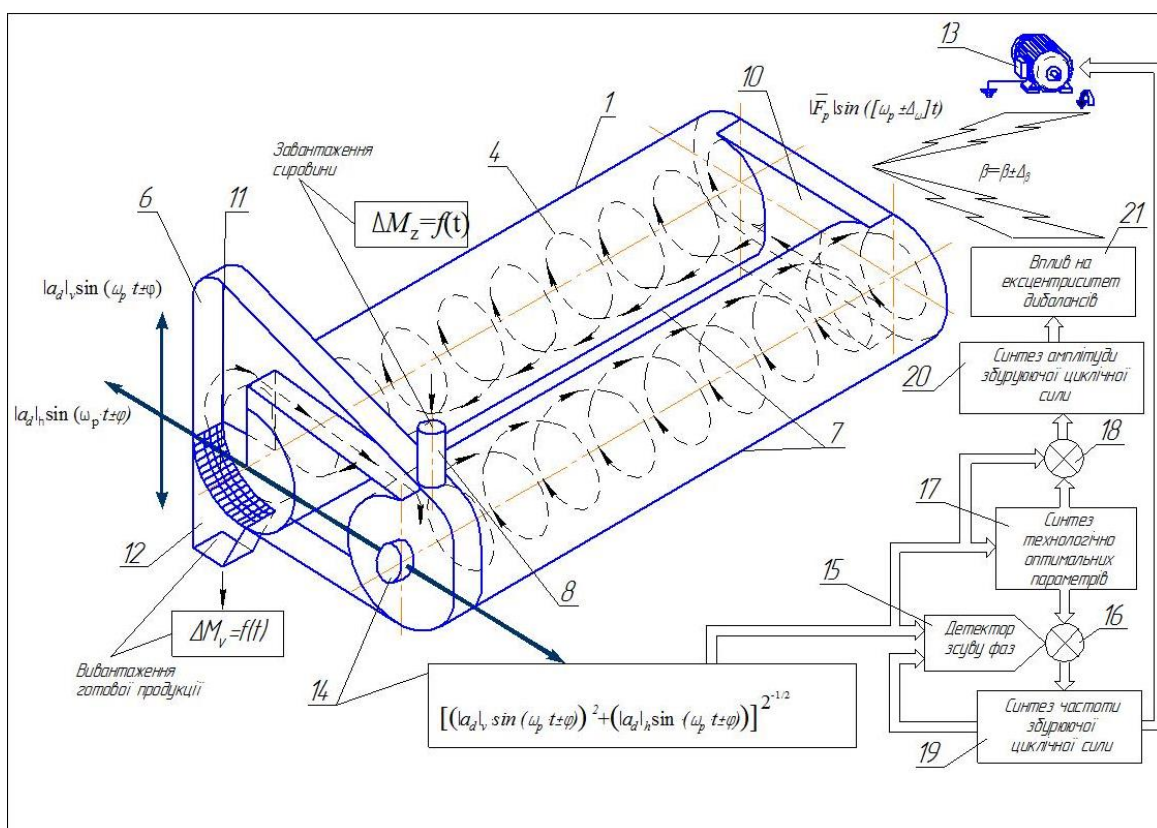


Рисунок 2 – Модель адаптивного вібромлина із просторово-циркуляційним рухом завантаження.

Дистанційно керований дебалансний вібропривод 9, встановлений на помольній камері 1 і є джерелом циклічної вимушуючої сили приводиться в рух електродвигуном 13. Електродвигун 13 з'єднаний із блоком синтезу частоти збуджуючої циклічної вимушуючої сили 19, а даний блок з'єднано із компаратором 16 та із входом детектора зсуву фаз 15. Другий вхід детектора зсуву фаз 15 з'єднано із давачем вібрації 14, що розміщений на помольній камері 1. Із давачем вібрації також з'єднано блок синтезу оптимальних параметрів 17 та компаратор 18. Блок синтезу оптимальних параметрів 17 з'єднаний з двома компараторами 18 та 16. Компаратор 18 з'єднано із блоком

синтезу амплітуди збурюючої сили 20 який в свою чергу з'єднаний із блоком впливу на ексцентриситет дибалансів керованого дебалансного віброприводу 9.

Запропонована структура та двоконтурний принцип керування роботою адаптивного вібромлина із просторово-циркуляційним рухом завантаження, забезпечують мінімальні енергозатрати на вібропривод завдяки постійному резонансному режиму роботи при наперед заданих технологічно оптимальних параметрах вібраційного поля помольної камери вібромлина.

#### *Література*

1. Потураев В.Н., Франчук В.П. *Некоторые теоретические предпосылки к исследованию механики движения большого слоя насыпного груза под действием вибрации.* - К.: Наукова думка, 1970. С. 173-181.

2. Солоня О.В. *Обґрунтування параметрів вібраційного млина з просторово-циркуляційним рухом гірської маси* Дис... к-та техн. наук. - Дніпропетровськ, 2006. - 174 с.

3. Пат. 43792 А Україна, В 02С19/16. *Вібраційний млин.* / П.С. Берник, П.Д. Денісов, О.В. Солоня. (Україна) – №98126996; Заявл. 29.12.98; Опуб. 17.12.2001. Бюл.№11 - 3 с.

4. Членов В.А., Михайлов Н.В. *Виброкипящий слой.* - М.: Наука, 1972. - 341 с. 21. Блехман И.И. *Вибрационная механика.* - М: Физматлит, 1994. - 400 с.

**УДК 693.3**

*М.М. Нестеренко к.т.н., доцент*

*Добринін А.О. студент кафедри будівельних машин і обладнання  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### **ВПЛИВ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТЕХНІЧНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ АВТОМОБІЛІВ**

При експлуатації автомобілів широко застосовуються різного виду пристрої та деталі які виражають вподобання власника. Їх класифікують на:

- по догляду за інтир'єром
- внутрішні
- зовнішні
- для підвищення комфорту салона
- для підвищення безпеки
- обов'язкові та рекомендовані
- непотрібні

Вони не тільки змінюють зовнішній вигляд автомобіля, а й глибоко впливають на принципи та методи технічного обслуговування. Адже, для аксесуарів та допоміжних приладів не передбачено сталих технічних норм, і їх якість не регулюється на законодавчому рівні.

У процесі аналізу літератури та технічних спостережень нами було визначено найпоширеніші технічні несправності які виникають у автомобілів

оснащених допоміжними приладами.

Використання сітки радіатора спричиняє різке підвищення температури охолоджуючої рідини, яке призводить до перегріву двигуна та навесного обладнання і в результаті чого зменшується його ресурс і скорочується термін експлуатації. В автомобілях які обладнані [1] системою кондиціонування повітря, встановлення радіаторної сітки підвищує тиск рідини і зменшує час роботи компресора надуву повітря.

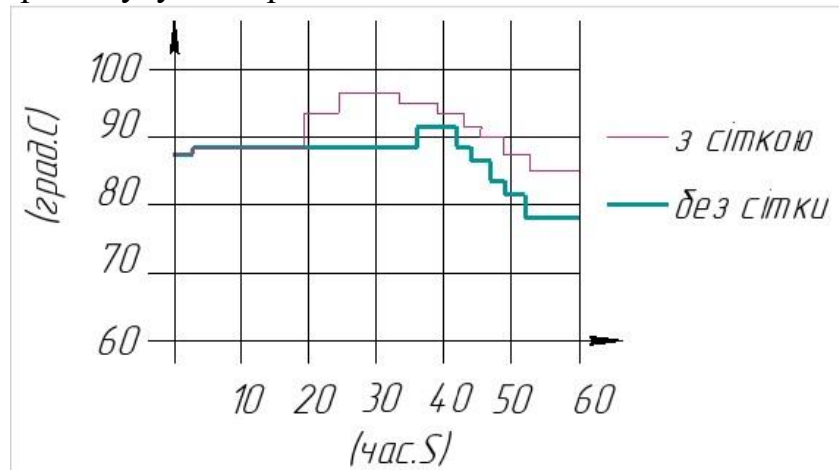


Рисунок 1 – Графік температури охолоджуючої рідини

Чіп-тюнінг[2]- заміна програмного управління двигуном, яка підвищує його динамічні характеристики на 5-10% і змінює алгоритм роботи систем впорску і пуску автомобіля. У будь-якого двигуна внаслідок підвищеного навантаження раніше настає момент загальної втоми. Зростає знос циліндропоршневої групи, вкладишів, ланцюгів ГРМ і інших елементів, які страждають на стоковому моторі. При підвищенні навантаження на механічну коробку передач (які нерозраховані на певний рівень крутного моменту) скорочується термін експлуатації зчеплення, швидко помирають шестерні, підшипники й самі диференціали.

У автоматичних коробках передач [3] при перевищенні рівня крутного моменту не вистачає тиску у фрикційних пакетах, щоб його витримувати. Вони починають активніше пробуксовувати, і продукти зносу швидко вбивають інші елементи коробки.

Найбільшою проблемою встановлення чіп тюнінгу є переоцінка тормозної системи, що спричинює неконтрольовані дії автомобіля.

Використання проставок для підвищення кліренсу і вильоту коліс. Класифікують чотири види проставок:

- під пружини
- під амортизатори
- під стійки
- перехідні аба адаптери

Внесення різних корективів у систему підвіски автомобіля веде [4] до негативного впливу на динаміку авто. Зміщується центр ваги, збільшується час гальмування, погіршуються аеродинамічні характеристики, керованість, зростає витрата палива.

Збільшення вильоту коліс також негативно позначається на терміні служби окремих вузлів і деталей ходової частини автомобіля: шрусів, ступичних підшипників, рульових тяг, сайлентблоків.

Щоб мінімізувати негативний вплив на технічні характеристики автомобіля при встановленні проставок різних видів експериментальним методом визначають координату центра ваги автомобіля шляхом його зважування. Зазвичай для визначення координати центра ваги автомобіля в літературі [5] наводиться така формула:

$$h_g = \frac{L \cdot \sqrt{L^2 - (h_1 - r_{\text{CT}}) \cdot (G'_{233} - G_2)}}{G_a \cdot (h_1 - r_{\text{CT}})} + r_{\text{CT}}, \quad (1)$$

де  $h_1$  – висота проставки, м

В результаті її застосування ми состирігаємо співвідношення підвищення висоти розташування центра ваги автомобіля до опорної поверхні.

Всі ми розуміємо що автомобільні аксесуари це невід’ємна річ кожного автовласника, і при правильному використанні вони можуть приносити максимум користі з мінімальною шкодою. Потрібно пам’ятати, що всі ці невід’ємні пристрої повинні лише доповнювати експлуатаційний процес автомобіля.

#### Література

1. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. “Будова й експлуатація автомобілів. ” - К, Либідь, 2002. – 44 с
2. Соснин Д.А., Яковлев Д.Ф. “Новейшие автомобильные электронные системы” - М, Солон-пресс, 2005. – 67 с
3. КНИГА ТЮНИНГ АВТОМОБИЛЕЙ: Издательство, 2013. – 121 с
4. Шасси автомобиля: Типы приводов / под ред. Й. Раймпеля; Пер. с нем. В.И. Губы. – М.: Машиностроение, 1989. – 232 с.
5. Тур Е.Я. Устройство автомобиля: учебник для учащихся автотранспортных техникумов / Е.Я. Тур, К.Б. Серебряков, Л.А. Жолобов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с



## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІ ПРУЖНОЇ ОПОРИ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОГО СИТА

В основу удосконалення поставлено завдання підвищити міцність і надійність пружної опори, зберігаючи простоту її конструкції.

Провівши аналіз відомих типів вібраційних сит, можна говорити про те, що найбільш ефективними будуть вібросита, які забезпечують найбільш якісне очищення бурового розчину від шламу. В сучасних умовах буріння свердловин надзвичайно високі вимоги ставляться до бурових розчинів, особливо при бурінні похило-спрямованих та горизонтальних свердловин.

З огляду на те, що зараз на підприємствах використовуються вібросита старої конструкції, існує можливість для збереження коштів підприємства для закупки нового обладнання провести модернізації старого парку обладнання. Для цього слід провести аналіз основних недоліків вібросит, які використовуються в даний час на підприємствах нафтової та газової галузі.

Одним із недоліків в роботі вібраційного сита є недолік вібраційних опор. Вони складається зі сталевго корпусу і гумового елемента. Очищення здійснюється шляхом дії вібрації на буровий розчин, в результаті якої відокремлюються різні фракції вибурених гірських порід.

Недоліком попередньої опори є швидкий вихід її із ладу, нерівномірний знос частин опори.

Дана модернізація дасть змогу зменшити кількість ремонтів вібросита за цикл.

У вібраційних формувальних машинах даного типу співвідношення амплітуд коливань робочого органу (поздовжніх до вертикальних) звичайно знаходиться в межах 0,5...2,5мм, для їх забезпечення жорсткість опори по вертикалі та поперечному перерізі повинна приблизно відповідати таким співвідношенням.

Пропонована пружна опора відрізняється тим, що вона виконана із бічними стінками постійної товщини у вигляді прямокутних пластин, який сполучається з атмосферою, за допомогою проміжків між ними.

Вимушуючі сили кругової дії, викликані дебалансом, що обертається у горизонтальній площині, викликають просторовий коливальний рух робочого органа, переважно в горизонтальній площині, який складається з еліптичного



руху центру мас коливальної системи у горизонтальній площині та її обертального руху відносно центра мас. Характер таких коливань робочого органа як твердого тіла на пружній підвісці відомий у теоретичній механіці. Відповідно до специфіки створення коливань одиночним віброзбудником із вертикальним валом, амплітуди горизонтальних і вертикальних вібропереміщень точок робочого органа взаємозалежні, причому останні розподіляються по площі рухливої рами нерівномірно, зростаючи від мінімального значення в центрі мас до максимального на її краях. Лінії рівних амплітуд вертикальних вібропереміщень робочого органа являють собою родину концентричних еліпсів, витягнутих у напрямку поздовжньої осі робочого органа, із центром, котрий лежить на вертикальній осі, що проходить через центр мас коливальної системи, При однакових розмірах рами по довжині та ширині еліпс перетворюється в коло.

При збільшенні розміру відносно внутрішнього діаметра знижується стійкість пружної опори у вертикальному напрямі.

Суть технічної пропозиції полягає в тому, що пружна опора виконана із бічними стінками постійної товщини у вигляді прямокутних пластин, який сполучається з атмосферою, за допомогою проміжків між ними.

Дане удосконалення вирішує завдання підвищити міцність і надійність пружної опори, зберігаючи простоту її конструкції.

#### *Література*

1. *Бойко В. С. Довідник з нафтогазової справи / Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. – Львів: Світ, 1996. – 620 с.*
2. *Войтенко В.С. Технологія і техніка буріння: узагальнююча довідникова книга. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.*
3. *НПАОП 11.1-1.01-08. Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості України.*
4. *Мислюк М.А. Буріння свердловин : довідник : в 5 т. / М.А. Мислюк, І.А. Рибчич, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. Т. 2 : Промивання свердловин. Відробка доліт – 2002. – 303 с.*

Є.А. Васильєв<sup>1</sup>, к.т.н. доцент,  
В.П. Вовченко<sup>2</sup>, викладач технічних дисциплін  
<sup>1</sup>Полтавського коледжу нафти і газу

<sup>2</sup>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

## ЧИСТОВА АЛМАЗНА ОБРОБКА ОТВОРІВ НА ВЕРСТАТАХ ТОКАРНОЇ ГРУПИ

В умовах ремонтних майстерне з ремонту автомобілів, що за обсягами виробництва відповідає одиничному виробництву, дуже часто виникає проблема обробки точних отворів. Особливо це питання актуальне, якщо обробка отворів здійснюється шляхом порівняння з валом, розміри якого незміни. Наприклад, підгонка посадкової поверхні під вальницю.

Нами запропонований варіант обробки отворів шляхом алмазної обробки. Спосіб споріднений з хонінгуванням, але при обробці використовується лише один брусок. На рис. 1 наведена схема будови головки для алмазної обробки отворів та її загальний вигляд.

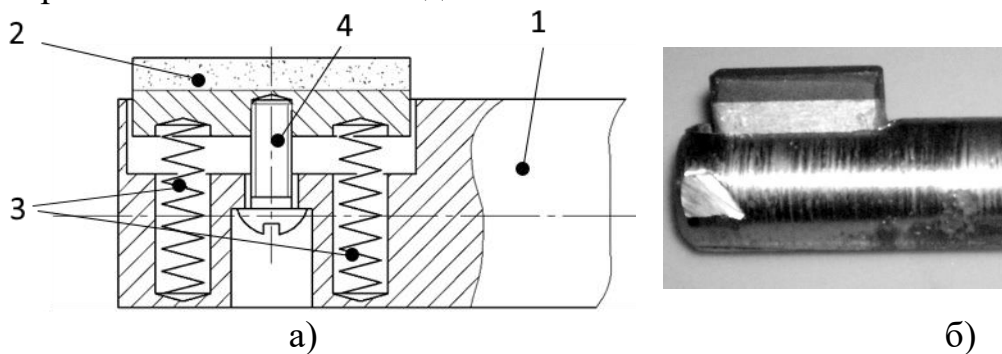


Рисунок 1 – Головка для алмазної обробки отворів:  
а) схема будови; б) загальний вигляд

Головка складається з тримача 1, в порожнині якого розташований брусок 2 з шаром гексанітової крихти. Зусилля обробки створюється пружинами 3, від випадання брусок 2 утримується гвинтом 4. Запропонована конструкція головки для обробки отворів дуже зручна для використання на верстатах токарної групи в умовах одиничного виробництва. Обробка отвору здійснюється в наступній послідовності. Тримач 1 закріплюється у різцетримачі токарного верстату, а оброблювальна заготовка закріплюється у патроні верстата. Рівномірне притискання бруска до оброблювальної поверхні двома пружинами забезпечує незначний шар металу заготовки. Час обробки продовжується до досягнення необхідного розміру.

### Література

1. ASME B46.1. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay). – The American Society of Mechanical Engineers, 2009. – 124 p.
2. Кудояров, Р.Г. Особенности алмазного хонингования при изготовлении точных отверстий деталей авиационных агрегатов / Р.Г. Кудояров // Изв. вузов. авиац. техника. – 2002. – № 2. – С. 49–52.

## **РОЗЧИНОЗМІШУВАЧ ДЛЯ МАЛОПОВЕРХОВОГО БУДІВНИЦТВА**

Використання габаритних змішувачів за умов малоповерхового будівництва є економічно недоцільним, а іноді зовсім неможливим для розташування у важкодоступних місцях через значні габарити.

Прикладом такої машини є змішувач МІХ 60 R 1[1]. Його властивістю є добре перемішування різноманітних розчинів. Після приготування чергової порції розчину, рамка з лопатями та електродвигуном нахилиється, надаючи доступ до місткості. Надалі місткість замінюється для можливості приготування наступної порції суміші. Для приведення в дію лопатей необхідний редуктор та електродвигун, які мають досить значну металоємність.

Нами пропонується конструкція розчинозмішувача з незначними габаритами та, відповідно, металоємністю, який здатен готувати будівельні суміші. Максимальна крупність фракції при цьому становить 10 мм.

До конструкції розчинозмішувача входить чаша для приготування розчину, яка встановлюється на основу, виконану із прямокутних труб. Основа має виступи, в середині яких розміщений диск обертання. Диск обертання забезпечує вільне обертання чаші відносно основи. Чаша з тильного боку дна має виступи для фіксації взаємного розташування з диском обертання таким чином, щоб осі обертання співпадали. З боку основи закріплюється штанга. У верхній частині штанги закріплюється на кронштейні ручна електродріль. Відповідно, у патроні ручної електродрилі закріплюється змішувальний вінець.

Розчинозмішувач для малоповерхового будівництва працює наступним чином. Обертання з патрона ручної електродрилі передається на змішувальний вінець. Розміри змішувального вінця підібрані таким чином, щоб вони перекривали зони збудження розчину при перемішуванні у половині чаші. Енергія обертання змішувального вінця через розчин передається на чашу, яка починає обертатись слідом за обертанням вінця. Обертання чаші сприяє диску обертання, який дозволяє чаші вільно обертатись відносно основи.

Отже, конструкція розчинозмішувача для малоповерхового будівництва є максимально простою, що дозволяє виконати його невеликим за габаритами та, відповідно, матеріалоємністю. Розбірність його конструкції забезпечує більшу функціональність.

### *Література*

1. *Розчинозмішувач МІХ 60 R 1 (220 В) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.youtube.com/watch?v=vQxSexPesd4&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=vQxSexPesd4&feature=emb_logo)*

## ХІМІЧНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ШИН

*М.М. Нестеренко к.т.н., доцент,  
Г.Ф. Дураченко старший викладач,*

*Лук'янець М.В. студент кафедри будівельних машин і обладнання  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

Утилізація шин є актуальною проблемою сьогодення – одним із методів переробки шин є хімічні методи:

- 1) Спалювання шин з метою отримання енергії
- 2) Озонна переробка шин
- 3) Піроліз шин

З точки зору екології використання зношених шин для отримання енергії оцінюється неоднозначно. При згорянні гуми покришок генерується широка гама надзвичайно токсичних сполук, крім того, утворюються гідроксильні оксиди сірки, вуглецю, і азоту, які є ініціаторами кислотних дощів, а також сажа, яка, хоча і не є токсичним елементом, але через високу сорбційну здатність, поглинає шкідливі сполуки, і стає вельми токсичною.

Відзначається в той же час, що продукти спалювання шин в печах можуть не забруднювати атмосферу і, що в технічному відношенні немає проблем в організації повного і безпечного згорання шин в існуючих печах, обладнаних відповідними фільтрами очищення викидів. Однак створення печей і очисних установок для уловлювання шкідливих газів і сполук важких металів вимагають великих витрат. Застосування шин в якості палива вимагає витрат близько 20 - 35 або доларів на тонну.

Метод спалювання шин не перспективний також з енергетичної точки зору: з урахуванням ККД при спалюванні легкової шини кількість енергії приблизно дорівнює одержуваній від спалювання 3 л. нафти, а енергія, накопичена в шині, дорівнює енергії, одержуваній при спалюванні 27-30 літрів нафти (21 літр витрачається на виготовлення сировини і 6 літрів на процес переробки). Крім того спалювання шин в печах ускладнюється тим, що до складу шин входять металеві елементи - бортові кільця, металокорд, шипи протиковзання.

Озон, контактуючи з поверхнею гуми, призводить до швидкого її окислення, тобто до руйнування міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних зв'язків. Особливо інтенсивно руйнуються напружені зв'язки. Тому, при появі або наявності на поверхні гуми мікротріщин, перш за все починається атака озоном тих молекул, які розташовані в вершинах тріщин. Це призводить до швидкого розростання тріщин і розпаду матеріалу на шматки з порівняно гладкими поверхнями. Ситуація нагадує низькотемпературне криогенне руйнування.

На розвиток реакції озонового руйнування дуже сильно впливає напруженість гуми, тому напружувані шматки розпадаються набагато швидше.

---

Реакція протікає при дуже низьких енерговитратах. Можна сказати, що, озонне руйнування на частинки певного розміру вимагає енерговитрат в 5-10 разів менше, ніж криогенне руйнування. Коли руйнування йде до дуже малих частинок (менше 0,5-1 мм), то ефект окислення в середньому виражений досить сильно. Якщо ж руйнування завершується утворенням частинок 2-10 мм, то окислення в середньому можна розглядати як слабое. Озон діє як розтинає ніж, подрібнення супроводжується окисленням приповерхневого шару, вимагає низьких енерговитрат і істотно прискорюється при деформаціях шматків шин.

У найбільш розвинених країнах (США, Японії, Німеччини, Швейцарії та ін.) Вже досить тривалий час експлуатуються дослідно-промислові установки по піролізу шин потужністю 7-15 тис. Т. В рік по сировині.

Піроліз шматків шин і гумової крихти здійснюється в середовищі з нестачею кисню, в вакуумі, в атмосфері водню в присутності каталізаторів і без них, в реакторах періодичної і безперервної дії, в псевдокиплячому шарі при різних температурах.

При термообробці цілих та подрібнених шин найбільш високий вихід олій спостерігається при 500 ° С, при 900 ° С відзначається найбільший вихід газу. При цьому вихід продуктів визначається тільки температурою, а не розмірами шматків шин. З тонни гумових відходів можна отримати піролізу 450-600 літрів піролізного масла і 250 320 кг піролізної сажі, 55 кг металу, 10.2 м<sup>3</sup> піролізного газу.

**УДК 693.6.002.5**

*М.В. Шаповал, к.т.н., доцент*

*В.В. Вірченко, к.т.н., доцент*

*А.І. Криворот, к.т.н., ст. викладач*

*М.О. Скорик ст. викладач*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТЕЙ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СЕРЕДНЬОРОЗМІРНИХ КРОСОВЕРІВ**

Зараз автомобільний ринок України поповнюється автотранспортними засобами нових конструктивних концепцій, що використовують альтернативні та нові види палива, при підвищенні технічних параметрів. Збільшується чисельність електрифікованого та гібридного транспорту та зростання транспортних засобів збільшеної вантажопідйомності і пасажиромісткості, а також вдосконалюється інфраструктура рухомого складу. Витрати на обслуговування та ремонт автомобілів на автотранспортних підприємствах, станціях обслуговування і на авторемонтних заводах залишається ще достатньо високими. У зв'язку з цим, необхідно вдосконалити системи ТО та ремонту автомобільного транспорту.



Рисунок 1 – Зображення кросовера: а) Toyota RAV4 Hybrid; б) Honda CR-V Hybrid, в) Škoda Enyaq iV

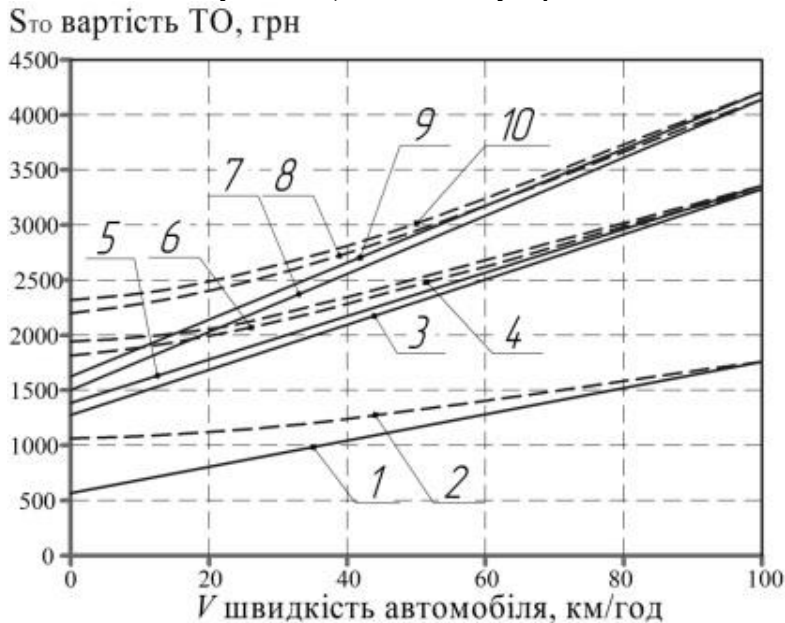


Рисунок 2 – Зміна вартості технічного обслуговування: автомобіля Škoda Enyaq iV від швидкості руху без урахування (1) і з урахуванням (2) умов експлуатації, обслуговування автомобіля Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid, від швидкості руху без урахування (3), (5) і з урахуванням (4), (6) умов експлуатації, автомобіля Honda CR-V Hybrid AWD, Toyota RAV4 AWD, від швидкості руху без урахування (7), (9) і з урахуванням (8), (10) умов експлуатації

Результати аналітичних досліджень (рис. 2, табл. 1) вказують на те, що трудомісткість проведення ТО значно менша у автомобіля (рис.1, в) Škoda Enyaq iV за рахунок збільшеної періодичності до ТО, а також менших витрат на діагностування та обслуговування силового агрегату. А от зменшення трудомісткості ТО Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid по відношенню до Honda CR-V Hybrid AWD, Toyota RAV4 AWD (рис. 1, а, б) пов'язані також із збільшенням періодичності до ТО та більшою надійністю, ресурсом та експлуатаційними якостями силових агрегатів.

Таблиця 1 – Трудомісткість операцій ТО за пробігом автомобіля

Марки автомобілів	Пробіг автомобіля до ТО, км										
	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	55000
Трудомісткість операцій ТО, люд. год											
Honda CR-V, Toyota RAV4	10,5	11,1	11,8	12,3	13,2	14,1	15,2	16,1	17,2	18,3	19,7
Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid	10,0	10,2	10,8	11,2	11,9	12,4	13,2	14,0	14,9	15,8	16,7
Škoda Enyaq iV	5,3	5,4	5,7	5,9	6,1	6,4	6,9	7,2	8,0	8,8	9,2

На підставі порівняльного аналізу визначено трудомісткості технічного обслуговування легкових автомобілів фірмовими СТО шляхом статистичної обробки нормативних даних, що знайшло відображення в наступному:

- на основі математичного очікування характеристик випадкової величини питомої трудомісткості ТО легкових автомобілів середнього класу визначено питомі трудомісткості проведення технічного обслуговування на гарантійних умовах для фірмових СТО, н.-год./1000 км;
- встановлено види і структуру норм при проведенні ТО, норми трудомісткості та її складові;
- проаналізовано визначення хронометражних спостережень за фактичною тривалістю виконання операцій, а також рекомендації послідовності за методом мікроелементних нормативів часу.

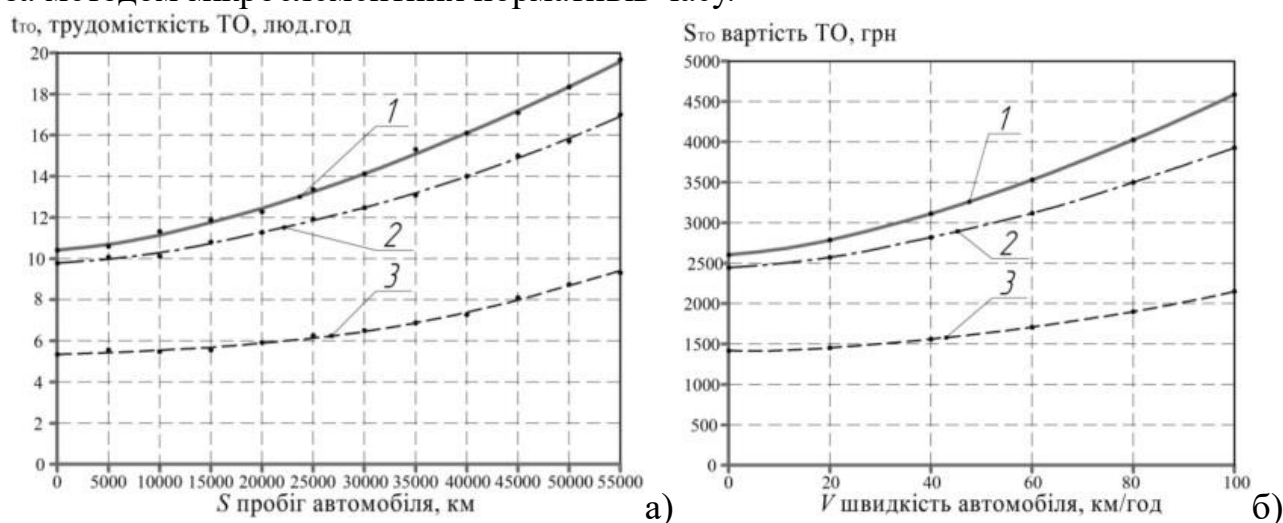


Рисунок 3 – Зміна: а) трудомісткості технічного обслуговування з урахуванням корегування нормативів трудомісткості проведених операцій від пробігу автомобілів: 1 – автомобілів Honda CR-V, Toyota RAV4; 2 – автомобілів Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid; 3 – електромобіля Škoda Enyaq iV; б) вартості технічного обслуговування з урахуванням корегування нормативів трудомісткості проведених операцій від швидкості руху: 1 – автомобілів Honda CR-V, Toyota RAV4; 2 – автомобілів Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid; 3 – автомобіля Škoda Enyaq iV

Також з урахуванням коефіцієнтів коригування, які залежать від умов експлуатації автомобілів, встановлено залежності визначення трудомісткостей ТО. Відповідно визначено коефіцієнти коригування залежно від середньої швидкості експлуатації для автомобілів, що досліджуються (Honda CR-V, Toyota RAV4, Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid, Škoda Enyaq iV). Коефіцієнти коригування вказують на те, що періодичність до ТО у Škoda Enyaq iV значно більша відповідно 1,0, 1,22, 1,34.

За визначеними витратами на проведення ТО видно, що чим вища середня швидкість експлуатації, тим більші витрати на ТО. Також із урахуванням умов експлуатації витрати на ТО більші близько 25%. Тенденції зростання витрат на ТО автомобілів при швидкості 100 км/год (рис. 2) у автомобілів Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid менші на 23%, а у Škoda Enyaq iV на 60% по відношенню до автомобілів Honda CR-V, Toyota RAV4.

Таблиця 2 – Трудомісткість операцій ТО за пробігом автомобіля

Марки автомобілів	Середня швидкість автомобіля, км/год				
	20	40	60	80	100
	Вартість ТО, грн.				
Honda CR-V, Toyota RAV4	2780	3140	3590	4065	4605
Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid	2570	2790	3170	3505	3915
Škoda Enyaq iV	1410	1520	1725	1795	2160

Також проаналізовано у відповідності до Положення про автомобільний транспорт орієнтовний перелік операцій ТО, на основі якого встановлено перелік обслуговуючих операцій СТО або фірмових сервісних центрів та визначено основні операції під час проведення ТО серійних автомобілів різних конструктивних концепцій, проведено нормування часу трудомісткості поопераційно, використовуючи фіксацію робочого часу за хронометражними спостереженнями.

Результати експериментально-аналітичних досліджень (рис. 3) свідчать про те, що трудомісткість проведення ТО Škoda Enyaq iV практично на 113% менша по відношенню до об'ємів трудомісткості Honda CR-V, Toyota RAV4 і на 81% - Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid.

Трудомісткість Škoda Enyaq iV має значно менші об'єми за рахунок зменшення нормованого часу проведення обслуговування силового агрегату, загальної діагностики електронних систем, пов'язаних з силовим агрегатом, а також збільшеною періодичністю пробігу до чергового ТО та кращою надійністю автомобіля. Також інтенсивність зростання об'ємів трудомісткості (рис. 3, а) практично залишається на одному рівні за пробігом до 30000 км у автомобіля Škoda Enyaq iV, що характеризує його більш надійним в експлуатації по відношенню до Honda CR-V Hybrid, Toyota RAV4 Hybrid та Honda CR-V, Toyota RAV4.

#### *Література.*

1. *Правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів [Електронний ресурс] / Міністерство інфраструктури України. Затв. Наказ № 615 від 28.11.2014. Чинний від 12.02.2015р. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1609-14>.*



## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ПАЛИВА НА МІСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Переведення двигунів внутрішнього згоряння (як стаціонарних, так і транспортних) на генераторні гази дозволить значно зменшити забруднення атмосфери відпрацьованими газами (менші викиди і безпечніший їх склад) [1]. Це можна прослідити на прикладі шведської компанії «SL»[2].

Починаючи ще з 1989 року міський перевізник компанія «SL» намагалась ввести в експлуатацію автобуси, які б працювали на етанолі. Тепер вона має найбільший у світі автобусний парк, який використовує як паливо етанол або біогаз. У 2003 році «SL» заключила договір із «Hammarby Sjöstadsverk» CBG і на початок 2004 року переобладнала 21 автобус для роботи на біогазі, які перевозять пасажирів по місту Стокгольм. На теперішній час близько 700 автобусів працюють на основі відновлюваних джерел енергії [3].

Усі автобуси мають гібридний привід, конструкцію якого зображено на рисунках 1 та 2. (Fuel – паливо, Engine – двигун внутрішнього згоряння, Gearbox – коробка передач, generator / Electrical motor / starter motor – генератор / електродвигун / стартер, Storage module – модуль зберігання, Drive axle – ведучий міст).

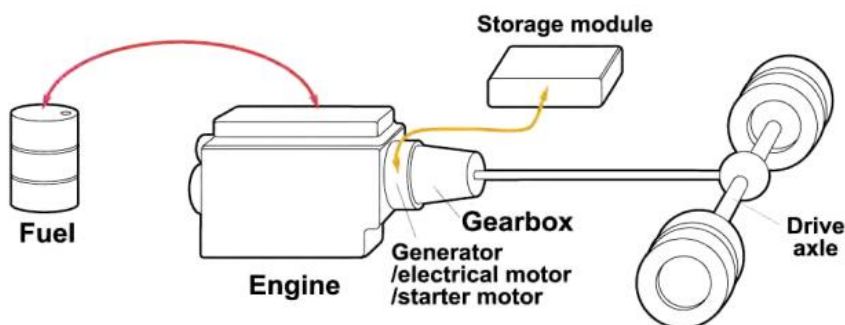


Рисунок 1 – Непівгібридний привід

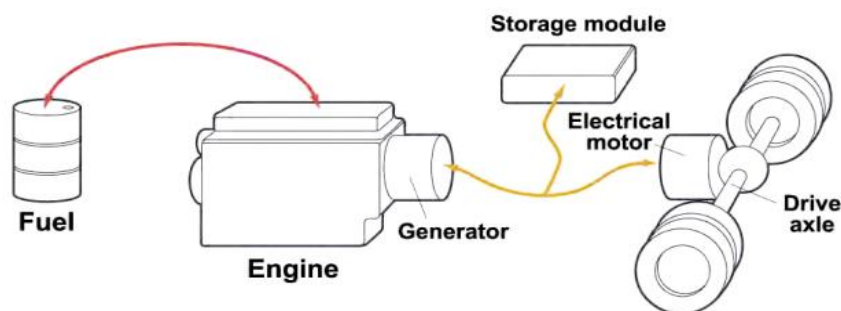


Рисунок 2 – Повногібридний привід

Привод, що зображений на рисунку 1, легко інтегрується в автобуси серійного виробництва, які призначені для роботи в гористій місцевості. Схема, що наведена на рисунку 2, ідеально підходить для міського руху, тому що має безступінчастий електропривод.

На рисунку 3 представлено розташування основних елементів гібридного автобуса Scania: Energy storage Electrical AC – електричний енергоакумулятор; Powertrain module – силовий та трансмісійний модуль; 80 % standard bus parts – 80 % стандартних частин автобуса; Flexible interior – гнучкий інтер'єр автобуса; Space for gas tanks – простір для газових балонів; Central driving position – місце розташування водія.

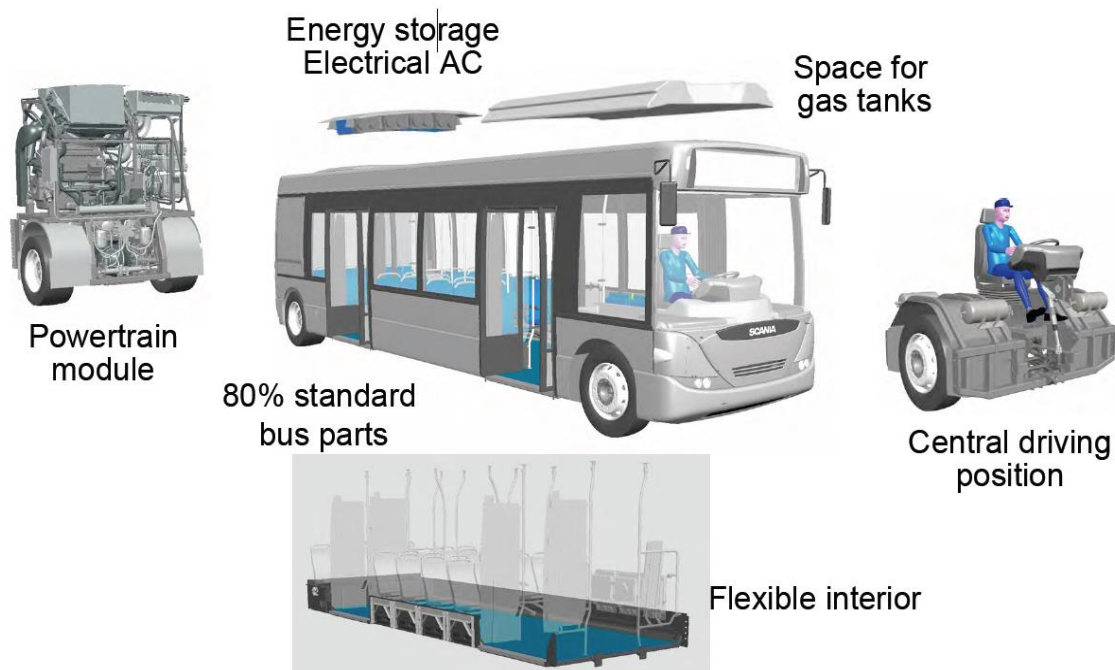


Рисунок 3 – Концепція гібридного автобуса Scania

При використанні СВГ автобуси оснащуються 8 балонами ємністю 95 або 118 л кожен. При обсязі балонів 944 л запасу газу вистачить до 500 км.

Досвід передових автомобілебудівних компаній світу, таких як Scania, дозволяє прогнозувати широке використання двигунів на транспортних засобах, що працюють на альтернативних видах палива завдяки їх високим техніко-економічним параметрам та екологічності.

#### Література

1. Криворот А.І. Полішення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності транспортних засобів, що працюють на газогенераторному : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.02 – автомобілі та трактори / А.І. Криворот. – Київ, 2020. – 20 с.

2. Visitor information in English about public transport in Stockholm: веб-сайт. URL: <https://sl.se/en/in-english/> (дата звернення: 10.04.2021)

3. Cutting-edge technology. Robust serial hybrid and concepts / [Rolf Hedberg] / Product Manager Bus Systems – Scania, 2008 – 27 p.

*В.П. Сахно, д.т.н., професор  
Національний транспортний університет  
А.І. Криворот, к.т.н., старший викладач  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ КраЗ-5401С2 ЗА РІЗНИХ ПЕРЕДАТОЧНИХ ВІДНОШЕНЬ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

У відповідності до нормативних документів, швидкісні характеристики необхідно визначати на прямолінійних ділянках дороги з твердим сухим покриттям [1]. А отже, як найкраще для цього підійде диференційне рівняння прямолінійного руху автомобіля при розганянні [2], яке записується у вигляді:

$$\frac{dV}{dt} m_a \delta_o = a_i V^2 + b_i V + c_i, \quad (1)$$

де  $a_i = A_i - K_B \cdot F$ ,  $b_i = B_i - K_f \cdot m_a \cdot g$ ,  $c_i = C_i - f_a \cdot m_a \cdot g$ .

Для визначення часу розгону автомобіля від початкової швидкості, тобто з місця, до кінцевої, яка для вантажівок за правилами дорожнього руху становить 80 км/год, необхідно розділити змінні рівняння (1) та провести інтегрування правої і лівої частин, отримаємо:

$$\tau = M_a \delta_o \int_{V_0}^{V_k} \frac{dV}{a_i V^2 + b_i V + c_i}. \quad (2)$$

Даний інтеграл є табличним і при  $\Delta > 0$  його рішення матиме вигляд:

$$\tau = \frac{M_a \delta_o}{\sqrt{\Delta}} \cdot \ln \left| \frac{2a_i V + b_i - \sqrt{\Delta}}{2a_i V + b_i + \sqrt{\Delta}} \right| \Bigg|_{V_0}^{V_k}. \quad (3)$$

Для отримання математичної залежності шляху розганяння від швидкості помножимо і розділимо на  $dS$  ліву частину рівняння (1):

$$\frac{dS}{dS} \frac{dV}{dt} m_a \delta_o = a_i V^2 + b_i V + c_i \quad (4)$$

Так як  $\frac{dS}{dt}$  це швидкість, тому можемо розділити змінні у рівнянні (4) та інтегрувати його:

$$S = M_a \delta_o \int_{V_0}^{V_k} \frac{V dV}{a_i V^2 + b_i V + c_i}. \quad (5)$$

Інтеграл рівняння (5) є табличним, а отже шлях розгону в діапазоні швидкостей від  $V_0$  до  $V_k$  визначатиметься як:

$$S = m_a \cdot \delta_o \cdot \left\{ \frac{1}{2a_i} \ln \left| a_i V^2 + b_i V + c_i \right| \Bigg|_{V_H}^{V_k} - \frac{b_i}{2 \cdot a_i} \int_{V_H}^{V_k} \frac{dV}{a_i V^2 + b_i V + c_i} \right\}. \quad (6)$$

За рівняннями (3) та (6) будуємо залежності часу і шляху розганяння

автомобіля КрАЗ 5401С2 від швидкості, за різних передаточних відношень коробки передач. За результатами попереднього дослідження [3], було визначено, що за паливно-економічними показниками, при різних умовах руху автомобіля, у порівнянні із заводським варіантом, кращими були коробки передач, передаточні відношення яких були визначені за методиками Токарева та мінімізації часу розгону.

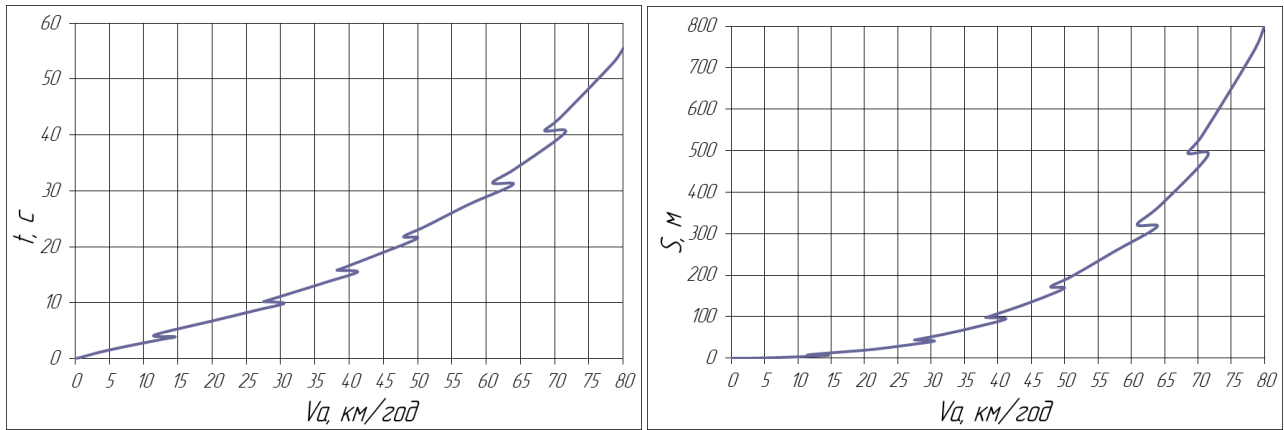


Рисунок 1 – Швидкісні характеристики при передаточних відношеннях КП за мінімізацією часу розгону.

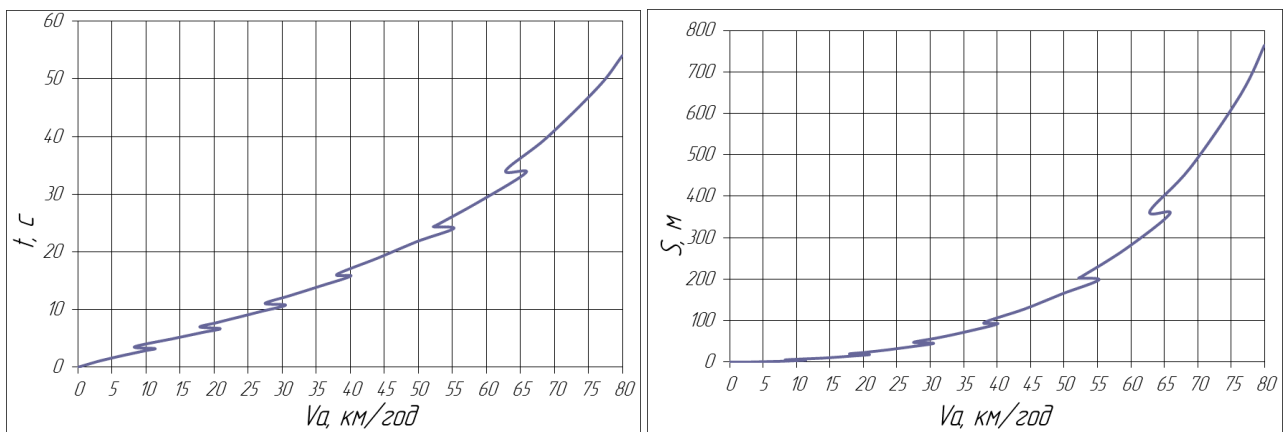


Рисунок 2 – Швидкісні характеристики при передаточних відношеннях КП за методикою Токарева.

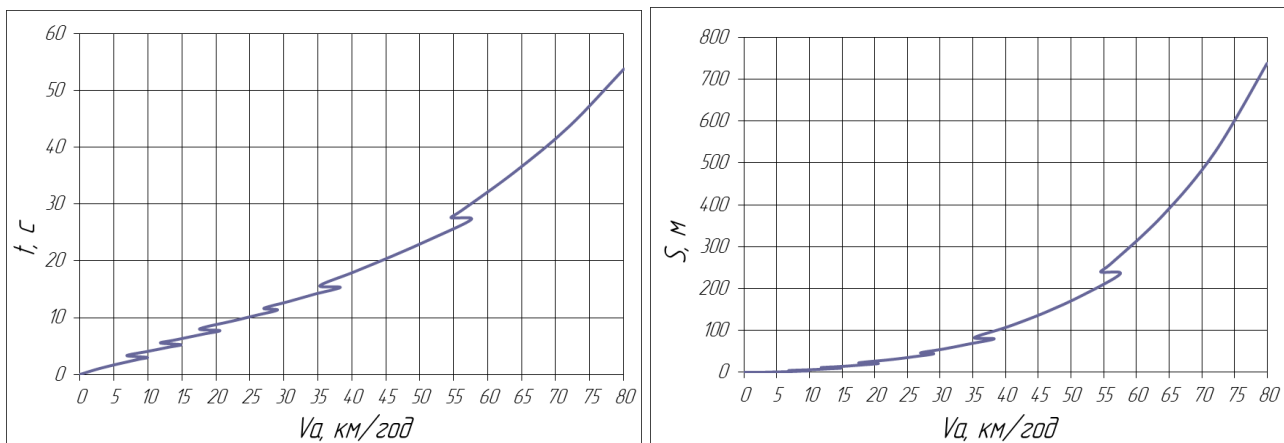


Рисунок 3 – Швидкісні характеристики при передаточних відношеннях КП із заводським рядом.

Аналіз рисунків 1, 2 і 3, показує, що запропоновані коробки передач за швидкісними характеристиками не поступаються заводському варіанту. Наприклад на інтервалі швидкості від 0 до 20 км/год в запропонованих коробках передач відбудеться лише розганяння на двох передачах, а на заводській, при 20 км/год, це є вже кінцевою швидкістю розгону третьої передачі і початковою четвертої. На всьому діапазоні розганяння і за часом і за пройденим шляхом кращим, за швидкісною характеристикою, буде автомобіль з коробкою передач передаточні відношення якого визначені за методикою мінімізації часу розгону.

Даний вид автомобільної техніки, а точніше її технічний рівень, повинен забезпечувати конкурентоспроможність як на державному так і на світовому рівні і бути перспективним. Тому для того щоб остаточно визначитись з кращою із коробок передач необхідно провести додатково дослідження динамічного фактору та тягових характеристик, так як даний автомобіль є сільськогосподарського призначення і більшість часу експлуатується у польових умовах, тобто по бездоріжжю.

#### *Література*

1. ГОСТ 22576-90. *Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний.* [Введ. 01.01.1992]. Москва: Издательство стандартов, 1991. 13 с.

2. *Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Навч. Посібник* / [Сахно В.П., Безбородова Г.Б., Маяк М.М., Шарай С.М.]. - К: В-во «КВІЦ», 2004. - 174 с.

3. *Криворот А.І., Теоретичне дослідження паливних характеристик зернового краз-5401с2 з оптимізацією передаточних відношень коробки передач* / А.І. Криворот А.І., М.В. Шаповал, М.О. Скорик, М.М. Шпилька // *Збірник матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти систем безпеки праці, захисту інтелектуальної власності».* Вип. 6. Полтава: ПДАА, 2021. – С. 253–257.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ГУМОВОГО МАТЕРІАЛУ ВІБРАЦІЙНИХ ОПОР НА РОБОТУ УСТАНОВКИ

Вібраційні опори є невід'ємною частиною вібраційних установок для формування залізобетонних та бетонних виробів. Від їх характеристик залежить процес формування та якість.

Для дослідження було використано циліндричні та конічні опори. Як перші, так і другі мають свої переваги у застосуванні. Зміна арактеристик дозволяє контролювати розподіл амплітуд по поверхні робочого органа вібраційної установки.

Циліндрична опора для вібраційних пристроїв містить суцільний корпус, виготовлений з еластичного матеріалу, з верхньою та нижньою основами для приєднання технологічного обладнання та кріплення опори до фундаменту. Пружна опора виконана з бічними стінками постійної товщини у вигляді циліндра з отвором, що сполучається з атмосферою, через який здійснюють відведення тепла. При цьому співвідношення робочої частини еластичного корпусу і його внутрішнього діаметра знаходиться в межах 0,5-2,5. [1]

Конічна опора для вібраційних пристроїв має суцільний корпус з виступом для приєднання технологічного обладнання, накритим металевим ковпаком та кріпильним елементом навколо основи конуса. Вона виконана із бічними стінками постійної товщини у вигляді зрізаного еліптичного конуса з отвором, що сполучається з атмосферою, розташованим на вертикальній його осі, причому ухил бічних стінок до вертикалі 15-30°. [2]

Дослідження показує, що при значному терміні експлуатації змінюються характеристики гумових елементів вібраційних опор, що знижує їх жорсткість. Це призводить до збільшення амплітуд коливань у горизонтальному напрямку. При низькій якості матеріалу спостерігається спрацювання у місцях контакту з верхньою та нижньою основами.

### Література

1. Пат. 68059А Україна. МПК7 F16F3/07. Пружна опора для вібраційних пристроїв / М. П. Нестеренко, Т. О. Скляренко, М. М. Нестеренко (Україна). – № 2003098610; Заявл. 22.09.03; Опубл. 15.07.04; Бюл. № 7. – 3 с.
2. Пат. на корисну модель 23325 Україна. МПК F16F3/00 (2007.01). Пружна опора для вібраційних пристроїв / М. П. Нестеренко, Т. О. Скляренко, М. М. Нестеренко (Україна). – № и 2006 10919; Заявл. 16.10.06; Опубл. 25.05.07; Бюл. № 7. – 4 с.

*О.С. Васильєв, канд. техн. наук, доцент,  
А.М. Яковенко, аспірант,  
кафедра будівельних машин і обладнання,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,*

## **РІЗНОВИДИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З ЯМКОВОГО РЕМОНТУ**

Надзвичайно популярний вид поточного ремонту є ямковий ремонт доріг. Якість виконання подібного ремонту залежить від слідування всіх нюансів існуючої технології, і найбільш частим порушенням є відновлення тільки самого верхнього шару на ділянці, що вимагає ремонту. А при якісному виконанні ямкового ремонту необхідно відновити пошкоджене дорожнє полотно на всю глибину виниклої дефекту [1].

Експлуатаційні властивості полотна дороги можна визначити як обранням матеріалу з якого вона буде зроблена так і за технологією будівельного виробництва, оскільки ущільнення як операція є кінцевою.

Для проведення високоякісного відновлення дорожнього покриття тротуарів, вузьких вулиць, пішохідних і велосипедних створюються високопродуктивні ефективні котки, трамбувальники з малими габаритами, невеликою вагою і компактною конструкцією, ґрунторізи, дорожні фрези [2].

За допомогою ґрунторізів нарізають карти для ямкового ремонту. Ґрунторізи бувають ланцюгові і дискові. Ланцюгові дозволяють не тільки прорізати верхній шар асфальтобетону, а й робити траншеї глибиною до 3-х метрів. Мінімальна ширина розрізу 12 сантиметрів. Дискові ґрунторіз дозволяють робити розріз шириною 1 сантиметр і глибиною до 50 сантиметрів. Обидва типи ґрунторізів відносяться до навісним пристроїв, і можуть бути встановлені на трактор або бульдозер [2].

Використання дорожніх фрез дозволяє зняти необхідну товщину асфальтобетону, не пошкоджуючи інші шари. Фрези бувають ручні, механізовані і в складі ремонтних машин. Фрези в складі ремонтних машин є найбільш універсальними. Їх продуктивність не поступається продуктивності механізованих фрез [2].

При використанні для ремонту гарячої асфальтобетонної суміші не обійтися без віброплит. Невеликі розміри і ущільнення мало чим поступається ущільнення, зробленому за допомогою ручних механізованих ковзанок, дозволяють застосовувати віброплити в тих місцях, де неможливо використання звичайних і ручних механізованих котків. Найчастіше при ямковий ремонт застосовуються віброплити з бензиновим двигуном. Вони автономні, і не вимагають наявності генератора [3].

Для проведення ямкового ремонту використовують самохідні і ручні механізовані і немеханізовані котки. Самохідні і ручні механізовані котки наводяться в рух дизельним двигуном невеликої потужності. Самохідний і

---

механізований катки мають пневматичної або гідравлічної вібраційною системою, розташованої в одному з вальців. Ця система створює вертикальні удари, збільшуючи ущільнюючу здатність катка без підвищення його ваги. Вальці котків охолоджуються водою і спеціальними скребками очищаються від асфальтобетону. Ручні немеханізовані катки являють собою сталевий циліндр вагою близько ста кілограмів і рукоятку довгою до двох метрів. Ущільнення відбувається за рахунок ваги циліндра [4].

Отже, техніка для ямкового ремонту доріг є різноманітною і різнонаправленою, від правильного її застосування залежить не тільки цілісність покриття і довговічність служби дороги, а й наскільки застосування техніки буде економічно вигідним.

### *Література*

- 1. Хмара Л.А. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Л.А.Хмара., С.В.Кравець, В.В. Нічке, Л.В.Назаров, М.П. Скоблюк, В.Г.Нікітін. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне, – Дніпропетровськ, – Харків, – 2010. – 557 с.*
  - 2. Баладінський В.Л. Будівельна техніка: підручник / В.Л. Баладінський, І.І Назаренко, О.Г. Онищенко. – КиївПолтава: КНУБА-ПНТУ, 2002. – 463 с., іл.*
  - 3. Онищенко О.Г., Помазан В.М. Будівельна техніка. - К.: Урожай, 1999. - 304 с.*
  - 4. Бауман В.А. Вібраційні машини в будівництві і виробництві будівельних матеріалів: довідник - М.: Машинобудування, 1970. - 548 с.*
-



*Є.А. Васильєв, к.т.н., доцент,  
Р.А. Леднік, аспірант  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка»*

## **РЕГУЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАНЕСЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИННИХ СУМІШЕЙ**

Робота пристрою побудована на видуванні стиснутим повітрям порції розчину через робочі сопла хопера ковша. Простота конструкції не обумовлює можливості регулювання продуктивності. Це ускладнює його застосування, особливо для роботи в обмеженому просторі приміщень, або для обробки обмежених за шириною просторів.

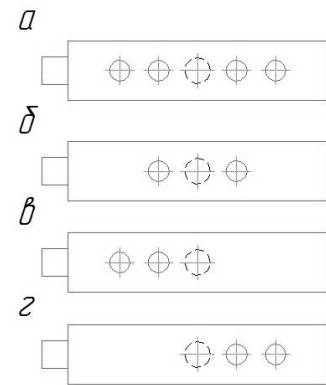
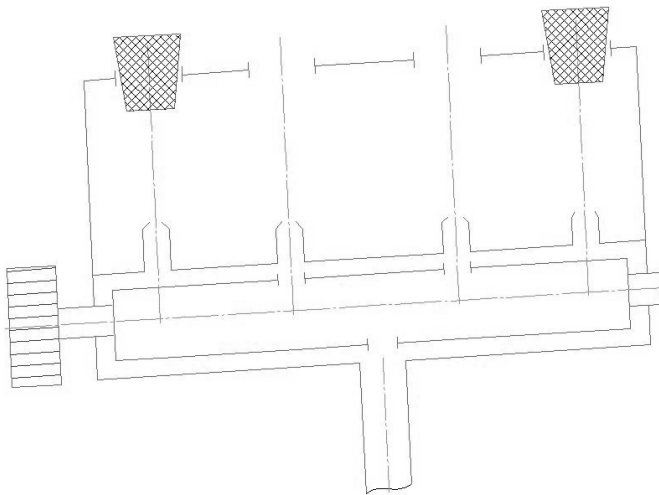
Ми пропонуємо конструкцію універсального хопер ковша, здатного здійснювати регулювання продуктивності витратів розчину без суттєвого збільшення її металоємності.

Дане завдання вирішується завдяки використанню золотникового[1] розподільвача форсунок хопера універсального, який дозволяє приводити в дію форсунки в потрібній кількості і потрібній комбінації.

Будова золотникового розподільвача наведена на рис. 1. Він складеться з двох обойм, рухомої і не рухомої. За рахунок повороту рухомої обойми, взаємне положення отворів у двох обоймах дає бажані комбінації.

На рис. 2 праворуч зображено «Положення золотника» – розташування отворів у золотниковому розподільнику. Переключаючи установку в положення «а» стиснене повітря подається, і, відповідно, працюють всі чотири форсунки. В положенні «б» працюють дві форсунки розташовані посередині, в положенні «в» – дві праві, в положенні «г» – дві ліві. На перемикачеві золотникового розподільника нанесені відповідні позначки.

Навпроти працюючої форсунки до якої подається стиснене повітря, та відбувається витискання частинок розчину, яким наповнений корпус ковша. Відбувається «викидання» розчину із стисненим повітрям у отвір сопла. В отворах навпроти непрацюючих форсунок встановлюють конічні заглушки, для запобігання самовільного витікання розчину.



*Рисунок 1 – Будова золотникового розподільвача*      *Рисунок 2 – Положення золотника*

Розглянувши переваги запропонованої конструкції хопера універсального, з'ясуємо, що залежно від технологічних потреб, оператор під час роботи має додаткові можливості:

- Регулювати продуктивність набризку розчину, зменшуючи або збільшуючи кількість працюючих форсунок.
- Можливість регулювати розташування розміру факела розчину відносно самого ковша – праворуч, ліворуч або за всією шириною. Вказані переваги забезпечуються перемиканням положень золотникового розподільника і відключенням непрацюючих робочих отворів, заглушками.

Крім того, збільшення технологічних можливостей хопера універсального забезпечуються без суттєвого збільшення металоемності самої конструкції незначним ускладненням його конструкції.

### *Література*

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_\(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0))

## ЗМІСТ

<i>А.І. Аніщенко, А.К. Набока, Використання змішувача примусової дії під час приготування суміші для 3Д-друку</i>	3
<i>D.B. Hlushkova, S.V. Demchenko, A.A.Chihrin, A.I.Stepanyuk Study of the properties of refractory nanodisperse compositions in order to improve the mechanical properties of structural steels</i>	6
<i>О.С. Дьяченко, Є.О. Міщук, М.В. Волинець Розробка поворотного кріплення пневмовібраторів на рамі віброустановки для ущільнення будівельних сумішей</i>	8
<i>Є.І. Калінін Оцінка надійності металоконструкцій роторних екскаваторів</i>	11
<i>Ю.І. Колєсник Конструктивне виконання кабіни трактора</i>	13
<i>Ю.І. Колєсник Аналіз робочого місця оператора трактора</i>	15
<i>Р.М. Петров Підвищення надійності і довговічності зварних конструкцій на основі застосування високоміцних сталей</i>	16
<i>Ю. С. Саленко, В. В. Лисич, студент Експериментальні дослідження вібраційної обробки цементобетонних сумішей</i>	18
<i>Б.О. Коробко, А.В. Ківшик Залежність електрорушійної сили що наводиться в плунжері від значення ковзання робочого органа диференційного насоса електромагнітної дії</i>	21
<i>Б.О. Коробко, Ю.Ю. Коротич Обґрунтування важільного закріплення віброзбуджувача відносно вібростолу</i>	22
<i>М.М. Нестеренко, Г.Ф. Дураченко, Кушка М.М. Галтовочний метод обробки деталей</i>	24
<i>В.Є. Лютенко, С.В. Горб Дослідження привода електромобілів</i>	27
<i>В.Є. Лютенко, Ю.О. Батраченко Визначення частот і форм власних коливань механізму головного привода шпинделя токарного верстата</i>	29
<i>В.Є. Лютенко, Д.С. Науменко Дослідження свердлильного верстата</i>	30
<i>І.І.Назаренко, М.М.Нестеренко, А.Є. Бондаренко Синхронізація віброзбудників двомасової установки</i>	32
<i>І.І.Назаренко, І.І. Перегінець, В.С. Слюсар ВІМ технології та їх ефективність в будівництві малоповерхових будівель</i>	33

---

<i>І.І.Назаренко, А.В. Запривода</i>	
<i>Стабілізація режимів роботи вібропристрою</i>	35
<i>І.І.Назаренко, М.М. Делембовський</i>	
<i>Критерії надійності систем динамічної дії</i>	37
<i>І.І.Назаренко, Є.О.Мишук, О.С.Дьяченко</i>	
<i>Методи дослідження енергетичних характеристик подрібнювачів</i>	41
<i>В.А. Настоящий, С.О. Карпушин, О.С. Бобров.</i>	
<i>В.І. Пантелесенко</i>	
<i>Розробка змінного снігоприбирального бульдозерного робочого обладнання для сільськогосподарських колісних тракторів John Deere</i>	44
<i>Ромасевич Ю.О., Ловейкін В.С., Крушельницький В.В.</i>	
<i>Методика збору масиву експериментальних даних про динаміку керування рухом динамічною системою „КРАН-ВАНТАЖ”</i>	48
<i>О.В. Орисенко, О.П. Шека</i>	
<i>Класифікація опор для вібраційних площадок</i>	49
<i>О.В. Орисенко, А.В. Шокало, М.М. Ручинський</i>	
<i>Огляд технології 3D друку бетонних виробів складної форми</i>	50
<i>С.М. Срібнюк, О.В. Орисенко</i>	
<i>Робоче колесо відцентрового насоса</i>	53
<i>І.А. Рогозін, О. Машадов, І.М. Сучков</i>	
<i>Дослідження тривалості робочого циклу вертикального шнекового розчинозмішувача при приготуванні будівельних розчинних сумішей</i>	55
<i>О.В. Солоня</i>	
<i>Керований вібраційний млин для помолу сипкого середовища</i>	57
<i>М.М. Нестеренко, Добринін А.О.</i>	
<i>Вплив технічних параметрів на технічну експлуатацію автомобілів</i>	60
<i>І.І.Назаренко, П.О. Молчанов, Т.О. Суржко, А.Є. Бондаренк<sup>3</sup></i>	
<i>Удосконалення конструкції пружної опори для вібраційного сита</i>	63
<i>Є.А. Васильєв, В.П. Вовченко</i>	
<i>Чистова алмазна обробка отворів на верстатах токарної групи</i>	65
<i>Є.А. Васильєв, С.В. Кондак</i>	
<i>Розчинозмішувач для малоповерхового будівництва</i>	66
<i>М.М. Нестеренко, Г.Ф. Дураченко, Лук'янець М.В.</i>	
<i>Хімічні методи переробки шин</i>	67
<i>М.В. Шаповал, В.В. Вірченко, А.І. Криворот, М.О. Скорик</i>	
<i>Визначення трудомісткостей проведення технічного обслуговування середньорозмірних кросоверів</i>	68
<i>А.І. Криворот, С.О. Дворник</i>	
<i>Перспективи використання газогенераторного палива на міському транспорті</i>	72
<i>В.П. Сахно, А.І. Криворот</i>	
<i>Порівняльний аналіз швидкісних характеристик автомобіля КрАЗ-5401С2 за різних передаточних відношень коробки передач</i>	74

---

---

<i>Т.О. Склярєнко</i>	
<i>Дослідження впливу якості гумового матеріалу вібраційних опор на роботу установки</i>	77
<i>О.С. Васильєв, А.М. Яковєнко</i>	
<i>Різновиди обладнання для проведення робіт з ямкового ремонту</i>	78
<i>Є.А. Васильєв, Р.А. Лєднік,</i>	
<i>Регулювання продуктивності нанесення будівельних розчинних сумішей</i>	80



---

НАУКОВО-НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

---

**Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Створення, експлуатація і ремонт автомобільного транспорту та будівельної техніки» (22 квітня 2021 р. м. Полтава) Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Видається відповідно до рішення вченої ради Навчально-наукового інституту інформаційних технологій та механотроніки Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» від 22.04.2021 р., протокол № 14 .

Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Матеріали друкуються в авторській редакції  
Художній редактор *М.М. Нестеренко*  
Технічний редактор *М.М. Нестеренко*

Макет виготовлено на кафедрі будівельних машин та обладнання Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Формат А5. Папір ксероксний.  
Друк лазерний. Тираж 30 прим.

---

Кафедра будівельних машин та обладнання,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Першотравневий проспект, буд 24,  
36000, м. Полтава, Україна