

14. Mancini L., Sala S. **Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks** / Resources Policy. 2018. Vol. 57. Pp. 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>.
15. Amirshenava S., Osanloo M. **Mine closure risk management: An integration of 3D risk model and MCDM techniques** / Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 184. Pp. 389-401. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.186>.
16. **Geotechnical Risk Management Concept for Intelligent Deep Mines** / R.K. Mishra, M. Janiszewski, L.K.T. Uotinen, M. Szydłowska, T. Siren, M. Rinne // Procedia Engineering. 2017. Vol. 191. Pp. 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.192>.
17. **Towards sustainability in underground coal mine closure contexts: A methodology proposal for environmental risk management** / A. Krzemiń, A.S. Sánchez, P.R. Fernández, K. Zimmermann, F.G. Coto // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 139. Pp. 1044-1056. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.149>.
18. **Examining psychosocial and physical hazards in the Ghanaian mining industry and their implications for employees' safety experience** / K. Amponsah-Tawiah, A. Jain, S. Leka, D. Hollis, T. Cox // Journal of Safety Research. 2013. Vol. 45. Pp. 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2013.01.003>.
19. **Stochastic modeling of accident risks associated with an underground coal mine in Turkey** / M. Sari, A.S. Selcuk, C. Karpuz, H.S.B. Duzgun // Safety Science. 2009. Vol. 47(1). Pp. 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.12.004>.
20. **Duzgun H.S.B., Einstein H.H. Assessment and management of roof fall risks in underground coal mines** / Safety Science. 2004. Vol. 42(1). Pp. 23-41. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(02\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(02)00067-X).

Рукопись постуила в редакцию 06.10.2020

УДК 621.929.6:622.781

В. Й. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,  
 Д. В. ПОПОЛОВ, І. В. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти  
 Технологічний навчально-науковий інститут  
 Державного університету економіки та технологій  
 М. І. ШЕПЕЛЕНКО, асп., Криворізький національний університет

## АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ВИТРАТ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «РОТОРНИЙ ЗМІШУВАЧ-КОНВЕЄР»

**Мета.** Сучасні технологічні схеми металургійного виробництва передбачають підготовку шихтових матеріалів до спікання та випалу де важливою складовою є процес змішування, для якого може бути застосований роторний змішувач безперервної горизонтально-направленої дії. Мета роботи полягає в проведенні детального аналізу конструктивних робочих вузлів роторного змішувача безперервної горизонтально-направленої дії та сформувані алгоритм розрахунку енергосилових витрат, які були затрачені на формування гомогенної шихтової суміші з урахуванням вібраційного впливу на конвеєрну стрічку, яка подає матеріал на змішування.

**Методи.** Методика досліджень в даній науковій праці включає аналітичне дослідження яке виконувалось на основі представлення динаміки руху матеріальної точки і твердих тіл, що рухаються в вібраційній горизонтальній площині та обертаються навколо нерухомої осі з застосуванням математичного моделювання.

**Наукова новизна.** Вперше для технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» отримані залежності, що пов'язують кінематичні, конструктивні параметри роторного змішувача та вібраційні коливання конвеєрної стрічки, які впливають на енергетичні витрати по змішуванню матеріалу. Також розроблена загальна методика розрахунку енергосилових витрат робочого органу змішувача. З аналізу встановлено, що застосування гнучкого тросового елемента в конструктиві роторного змішувача з додаванням вібраційного впливу на конвеєрну стрічку значно зменшить супротив другого по ходу матеріалу ротора та підвищить якість отриманої суміші.

**Практична значимість.** В статті наведено конструктивний вузол системи роторний змішувач безперервної горизонтально-направленої дії та стрічковий конвеєр, також запропонована методика розрахунку її енергосилових витрат. Встановлений зв'язок між кінематичними та конструктивними елементами робочого органу змішувача, висотою шару транспортуючого матеріалу та коливаннями конвеєрної стрічки, які впливають на енерговитрати при підготовці суміші.

**Результати.** В результаті розробки методики розрахунку визначено основні енергозатратні вузли змішувача; наведена методика розрахунку витраченої енергії при взаємодії робочих органів змішувача з шихтовим матеріалом.

**Ключові слова:** змішувач, матеріал, лопатка, технічний об'єкт, робочий орган, ротор, розрахунок, змішувач, технічна система, конвеєр.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-51-24-29

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Вдосконалення змішувачів, як базисного устаткування для підготовки компонентів шихти, є перспективним шля-

хом в питаннях підвищення ефективності агломераційного та коксохімічного виробництва. Саме операція змішування являється базисною, адже за нею тягнеться подальший технологічний цикл, для якого є характерним використання складного устаткування. Таке устаткування схильне до постійного зносу внаслідок безперервного тертя при транспортуванні шихтової суміші.

З загальної характеристики змішувачами називаються машини або апарати, призначені для здійснення процесу змішування матеріалів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Аналіз найбільш поширених класичних та сучасних концептуальних робіт [1-4] показав, що теоретичним підґрунтям створення та розвитку змішувальної техніки для компонентів вугільної шихти є використання устаткування з одночасною функцією розпушення та змішування компонентів змішувальної суміші.

Для подальшого дослідження серед різноманіття конструкцій змішувальної техніки було обрано роторний змішувач. Це обумовлено рядом переваг: змішувач встановлюється безпосередньо над стрічкою конвеєра; відсутність значних динамічних навантажень; можливе впровадження в умовах діючих конвеєрних ліній без істотних капітальних витрат; змішування концентратів, вугілля та іншої сировини, яка має здатність змерзатися при вантажних перевезеннях, з присадками, які запобігають змерзання; зниження вологості на конвеєрі (при послідовному завантаженні сухих та вологих компонентів); підсушування на конвеєрі (при послідовному завантаженні холодних та гарячих компонентів) [5, 7].

**Постановка завдання.** Як згадувалось вище, відомий змішувач роторного типу, горизонтально-направленої дії з еластичним тросовим елементом [5], не має чіткого математичного опису процесу змішування з додаванням вібраційного впливу. Відповідно до цього твердження необхідність проведення додаткових досліджень та визначення раціональних параметрів устаткування для змішування сировини, є зваженим та аргументованим.

**Викладення матеріалу та результати.** Розглянемо детальніше конструкцію секції роторного змішувача, яка є першою по ходу постачання матеріалу і впливає на енергосилові параметри змішувача.

Секція змішувача (рис.1) складається з трьох паралельно закріплених валів 1, на крайніх валах розміщено два типи роторів, а саме тросовий (з гнучким елементом) 2 та лопатевий 3. Середній вал розміщений на нижньому ярусі рами секції та призначається для приводу вібруючого ролика 4. Тросовий ротор 2 є ведучим, обертання якому передається від електричного двигуна 5 через клинопасову передачу 6 і шків 7. З іншої сторони секції, на кінцях роторів розмішені три шківки 8, які пов'язані між собою клинопасовою передачею 9, передаючи обертання лопатевому ротору 3 та вібруючому ролику 4, при цьому ротори обертаються один відносно одного в одному напрямі. На роторах 2 та 3 перпендикулярно валам розміщені троси та лопаті відповідно. Конструктивна схема робочих вузлів секції роторного змішувача показана на рис.2.

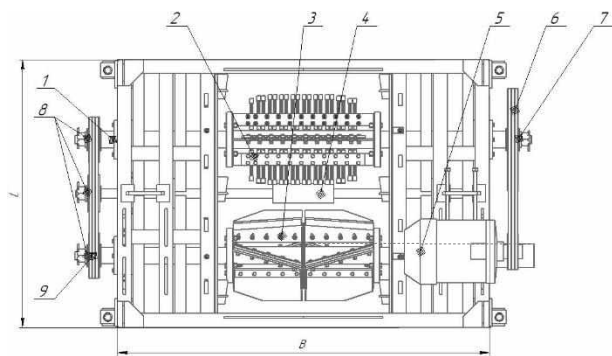


Рис. 1 Конструктивна схема секції роторного змішувача [5]

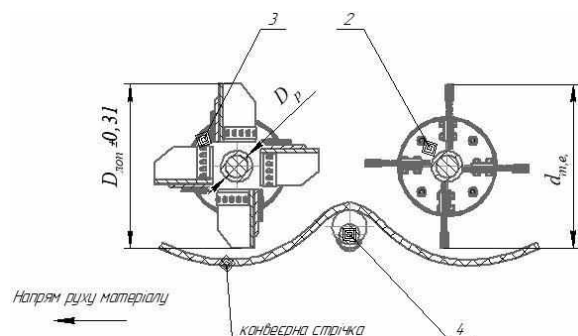


Рис. 2 Конструктивна схема робочих елементів змішувача

З конструктивних особливостей роторного змішувача, приведених на рис.2, видно, що перший ротор з тросовими елементами виконує функцію розпушувача шару приводячи матеріал у суспендований стан, а другий лопатевий здійснює його переміщення та екскавацію. При цьому вібруючий ролик 4 утворює додаткові коливання конвеєрної стрічки, що позитивно впливає на

якість готової суміші. Робота в тандемі таких роторів та ролику дозволяє отримати гомогенну шихтову суміш з меншими енергетичними витратами.

Сумарна потужність приводу складається з потужності однієї секції змішувача (рис.1) та вібруючого ролику 4, який наведено на конструктивній схемі рис.2

$$N = N^I + N^{II}, \quad (1)$$

де  $N^I$  – сумарна потужність тросового та лопатевого роторів, кВт;  $N^{II}$  – загальна потужність витрачена на подолання сил тертя в опорах валу  $N_{mp}$ , з супутнім підкиданням матеріалу  $N_m$ ;

$$N^I = \frac{k_n(M_I + M_{II}) \cdot \omega_p}{9,55 \cdot \eta_{заг}}, \quad (2)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт запасу встановленої потужності механізму приводу с урахуванням додаткових опорів, ( $k_n = 1,2 \dots 1,5$ );  $\eta_{заг}$  – загальний коефіцієнт корисної дії приводу механізму;  $\omega_p$  – кутова швидкість обертання ротора,  $c^{-1}$ ;  $M_I$  – крутний момент на валу з тросовими елементами, Н·м;  $M_{II}$  – крутний момент на валу лопатевого ротора, Н·м.

Крутний момент  $M_I$  на валу I-го ротора (з тросовими елементами), який виконує функцію розпушувача, можна визначити за формулою, Н·м

$$M_I = i \cdot G_{роз} \cdot V_p^{mam} \cdot f_{сд} + m_{ром}^I \cdot g \cdot \frac{D_p}{2} \cdot \mu, \quad (3)$$

де  $i$  – кількість розпушувачів (тросових елементів) в прошарку матеріалу, шт;  $G_{роз}$  – розподілене навантаження на один розпушувач, Н/м<sup>2</sup>;  $V_p^{mam}$  – об'єм розпушеного матеріалу, м<sup>3</sup>;  $f_{сд}$  – коефіцієнт внутрішнього зсуву матеріалу, який для сипких матеріалів прирівнюється до коефіцієнта внутрішнього тертя матеріалу  $f_{вн}$ ;  $m_{ром}^I$  – власна маса ротору з тросовими елементами, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $D_p$  – діаметр ротора, мм;  $\mu$  – коефіцієнт тертя в підшипниках опори ротора.

Розрахункова епора по визначенню навантаження  $G_{роз}(x)$ , яке діє на один розпушувач, представлена на рис.3, з якого видно, що навантаження  $G_{роз}(x)$  розподіляться по закону трапеції [8] від точки  $B$  до точки  $C$  та відповідно дорівнює

$$G_{роз}(x) = G_B + K(x - a), \quad (4)$$

де  $K$  – тангенс кута нахилу кута  $\beta$  дотичної до епори навантаження

$$K = tg\beta = \frac{G_B - G_C}{l - a} = \frac{G_B - G_C}{b}. \quad (5)$$

В нашому випадку навантаження в точці  $B$  буде характеризуватись максимальною висотою шару матеріалу  $H$  на конвеєрній стрічці, котрий не перевищує величину в 0,2 м, а кут  $\beta$  – визначається кутом природнього відкосу змішувального матеріалу, який не перевищує для більшості металургійних шихтових матеріалів 30-35°. В такому випадку величина  $K$  складе від 0,09÷0,18, тобто зневажливо замала в порівнянні з одиницею.

Тому доцільним є розгляд розрахункової схеми з рівномірно розподільним навантаженням на ділянці довжиною  $b$ , представлену на рис. 4.

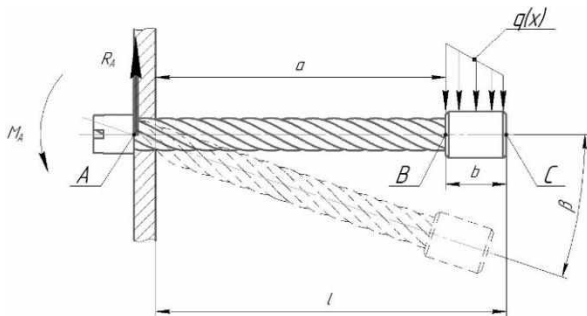


Рис. 3 Епора навантаження, яке діє на один розпушувач

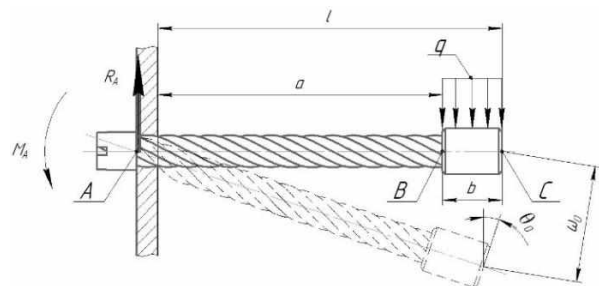


Рис. 4. Епора рівномірного навантаження, яке діє на один розпушувач

Рівняння пружної лінії записується в наступному вигляді

$$\omega(x) = \omega_0 + \theta_0 \cdot x + \frac{1}{EJ} \cdot \left[ M_0 \frac{x^2}{2!} + R_A \frac{x^3}{3!} - \frac{g(x-a)^4}{4!} \right]. \quad (6)$$

З умови рівноваги балки визначаємо статичні початкові параметри

$$M_0 = M_A = -G_{роз} \cdot (l-a) \cdot \left( \frac{l-a}{2} \right) = -G_{роз} \cdot \frac{(l-a)^2}{2}, \quad (7)$$

$$R_A = G_{роз} \cdot (l-a). \quad (8)$$

Так як початок координат співпадає з закладанням, то прогин та кут в початку координат буде дорівнювати нулю  $\omega_0 = 0$ ,  $\theta_0 = 0$ .

Підставивши в рівняння (6) початкові параметри отримаємо рівняння пружної лінії в остаточному вигляді

$$\omega(c) = \frac{1}{EJ} \cdot \left[ \frac{G_{роз} \cdot (l-a)^2 \cdot x^2}{2!} + \frac{G_{роз} \cdot (l-a)^3 \cdot x^3}{3!} - \frac{G_{роз}(x-a)^4}{4!} \right]. \quad (9)$$

При  $x = l$ , прогин в точці С буде дорівнювати

$$\omega(c) = \frac{1}{EJ} \cdot \frac{G_{роз} \cdot (l-a)^4}{24} = \frac{G_{роз} H^4}{EJ \cdot 24}. \quad (10)$$

Обмежено прогин  $\omega(c) = 2\text{мм}$ , тоді

$$G_{роз} H^4 = 48EJ, \quad (11)$$

звідки

$$G_{роз} = \frac{48 \cdot EJ}{H^4}. \quad (12)$$

Об'єм розрихленого матеріалу  $V_p^{mat}$  з достатньою ступеню точності можна визначити виходячи з розрахункової схеми [9] представленій на рис. 5.

**Рис. 5** Розрахункова схема для визначення об'єму розрихленого матеріалу

Площа першої фігури  $Obc$  визначається за формулою

$$S_1 = \frac{\pi \cdot Oc^2 \cdot \alpha}{360} = 0,785 \cdot \left( R_p - \frac{H}{0,7} \right)^2, \quad (13)$$

де  $\frac{H}{Ab} = \cos 45^\circ$ , або  $Ab = \frac{H}{0,7}$ . (14)

Площа другої фігури  $OAE$  визначається за формулою

$$S_2 = \frac{\pi \cdot R_p^2 \cdot \alpha}{360} = 0,785 \cdot R_p^2, \quad (15)$$

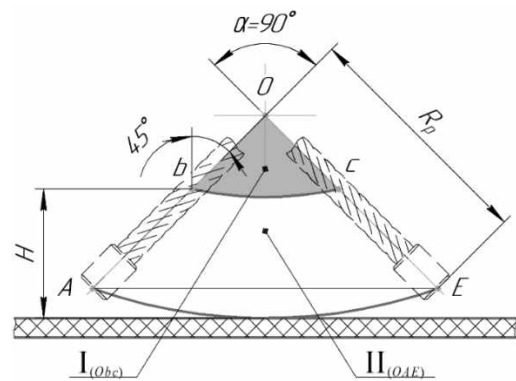
тоді 
$$V_p^{mat} = (S_2 - S_1) \cdot B_k = 0,785 \cdot \left[ R_p^2 - \left( R_p - \frac{H}{0,7} \right)^2 \right] \cdot B_k. \quad (16)$$

де  $B_k$  – ширина конвеєрної стрічки, м;  $R_p$  – радіус ротора з тросовими елементами, мм.

Тоді крутний момент  $M_I$  в своєму кінцевому вигляді буде дорівнювати

$$M_I = 0,785 \cdot i \cdot \frac{(l-a)}{R_A} \cdot \left[ R_p^2 - \left( R_p - \frac{H}{0,7} \right)^2 \right] \cdot B_k \cdot f_{cd} + m_{ром}^I \cdot g \cdot \frac{D_p}{2} \cdot \mu. \quad (17)$$

Крутний момент  $M_{II}$  валу ротора 3 (рис.2), який виконує функцію розпушення і екскавацію матеріалу можна визначити за формулою



$$M_{II} = m_m V \cdot \omega_p \cdot L + m_{ром}^{II} \cdot g \cdot \frac{D_{лон}}{2} \cdot \mu, \quad (18)$$

де  $m_m V$  – імпульс сили від руху матеріалу по конвеєрній стрічці, яка його транспортує;  $m_m$  – маса кускової частини матеріалу, кг;  $V$  – швидкість конвеєрної стрічки, м/с;  $\omega_p$  – кутова швидкість обертання лопатевого ротора;  $L_m$  – шлях транспортування матеріалу, який можна прийняти рівним довжині дуги ротора

$$L_m = \frac{\pi \cdot r_l \cdot \alpha}{180}, \quad \text{або при } \alpha = 90^\circ: L = \frac{\pi \cdot r_l}{2}, \quad (19)$$

де  $\alpha$  – кут поміж встановленими роторами;  $r_l$  – радіус лопатевого ротора, мм;  $m_{ром}^{II}$  – маса лопатевого ротора, кг;  $D_{лон}$  – діаметр лопатевого ротора, (поз.3, рис.2), мм.

Припустимо, що кожна лопатка ротора 3 (рис. 2) протягом одного оберту валу змішує деяку середню кількість матеріалу [10], то маса кускової частини яка підлягає змішуванню може бути визначна як

$$m_m = \frac{Q \cdot \gamma}{3600 \cdot \omega_p \cdot n_l}. \quad (20)$$

Співставивши (20) та (18), отримуємо

$$M_{II} = \frac{Q \cdot \gamma \cdot V \cdot \pi \cdot r_l}{3600 \cdot n_l \cdot 2} + m_{ром}^{II} \cdot g \cdot \frac{D_{лон}}{2} \cdot \mu, \quad (21)$$

де  $\gamma$  – питома вага матеріалу, Н/м<sup>3</sup>;  $n_l$  – кількість лопаток на роторі, шт;  $Q$  – продуктивність конвеєра, м<sup>3</sup>/год;

$$Q = 3600 \cdot B_k \cdot H \cdot V. \quad (22)$$

Тоді після перетворень та з урахуванням (22) формула (21) в остаточному набуде наступного вигляду

$$M_{II} = 1,57 \cdot \frac{\gamma \cdot V^2 \cdot B_k \cdot H \cdot r_l}{n_l} + m_{ром}^{II} \cdot g \cdot \frac{D_{лон}}{2} \cdot \mu. \quad (23)$$

При цьому відповідно буде дорівнювати

$$N^{II} = k_n \frac{N_{mp} + N_m}{\eta_{заг}}. \quad (24)$$

Потужність, витрачена на подолання сил тертя в підшипникових опорах ролика 4 (рис. 2) [6]

$$N_{mp} = m_p \cdot e \cdot \omega_k^3 \cdot \mu \cdot \frac{d_e}{2}, \quad (25)$$

де  $m_p$  – маса ролику, кг;  $e$  – ексцентриситет, м;  $\omega_k$  – кутова швидкість ролика,  $\omega_k = V/R_p$ , рад/с;  $R_p$  – радіус ролика, м;  $d_e$  – діаметр цапфи валу, м.

Тоді потужність, витрачена на підкидання матеріалу

$$N_m = E_k \cdot \omega_k, \quad (26)$$

де  $E_k$  – кінетична енергія зворотно-поступальних рухомих мас матеріалу за один оберт валу, та визначається як

$$E_k = m_m \cdot A^2 \cdot \omega_k^2, \quad (27)$$

тоді

$$N_m = m_m \cdot A^2 \cdot \omega_k^3, \quad (28)$$

де  $m_m$  – маса матеріалу, кг;  $A$  – амплітуда коливань;  $\omega_k$  – частота вимушених коливань.

Таким чином отримані залежності дозволяють розрахувати потужність роторного змішувача безперервної дії з вібруючими роликами встановленого над стрічкою конвеєра та окрім цього проаналізовані параметри які істотно впливають на енергозатрати при змішуванні металургійної сировини.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Результати отриманих досліджень можуть бути використанні при розробці технічної системи роторний змішувач безперервної горизонтально-направленої дії – стрічковий конвеєр з метою підвищення якості підготовки металу-

ргійних шихтових матеріалів. Результати отриманих досліджень можуть бути використані для подальших досліджень у сфері підвищення ефективності металургійного виробництва.

### Список літератури

1. **Иванец В.Н.** Новые конструкции смесителей для многокомпонентных композиций / **В.Н. Иванец** // Химическое и нефтяное машиностроение - 1992. - № 1. - С. 20-22.
2. **Засельский В.И.** Конструкции смесителей и оценка эффективности их работы при подготовке металлургического сырья / **В.И. Засельский, Ю.И. Вититнев, С.А. Учитель** // Теория и практика металлургии. - 2011. - № 3-4. - С. 40-45.
3. Rotary batch mixers [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Електронні дані. – Utica, NY 13502 – Режим доступу: [www.munsonmachinery.com](http://www.munsonmachinery.com) (дата звернення 10.10.2019) – Назва з екрана.
4. PlowBlend [Электронный ресурс]:[Веб-сайт]. – Електронні дані. – Illinois 60031 – Режим доступу: [www.eirichusa.com](http://www.eirichusa.com) (дата звернення 11.10.2019) – Назва з екрана.
5. Роторний змішувач з гнучким тросовим ротором.: пат. 47571. Україна: МПК В01F 13/00. № u200909165; заявл. 07.09.2009; надрук. 10.02.2010, Бюл.№ 3 URL: <http://uapatents.com/4-47571-rotornijj-zmishuvach-z-gnuchkim-trosovim-rotorom.html>
6. **Большаков В.И.** Расчет металлургических машин. Оборудование обжиговых и агломерационных цехов / **В. И. Большаков, А.Д. Учитель, В.И. Засельский, Д.В. Пополов, С.А. Учитель, В. В. Коноваленко.** – Кривой Рог. – 2012. – 336 с.
7. **Учитель А.Д.** Determination of technological and power parameters of mixer-homogenizer / **A.D. Uchitel, D.V. Popolov, I. V. Zasliski** // Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – № 1. – P. 158-162.
8. **Яблонский А.А.** Курс теоретической механики – учебник [для студ. ВУЗов] / **А. А. Яблонский, В. М. Никифорова.** М. : Лань, 2002. – 764 с.
9. **Мархель І. І.** Деталі машин – навч. посібник / **І. І. Мархель.** – Київ : Алер-та, 2005. – 368 с.
10. **Селиванов Ю.Т.** Расчет и проектирование циркуляционных смесителей сыпучих материалов без внутренних перемешивающих устройств/ **Ю.Т. Селиванов, В.Ф. Першин.** М. : «Издательство Машино-строение-1», 2004. – 120 с. Рукопис подано до редакції 09.10.2020

УДК 629.113

**В.И. ПАХОМОВ**, канд. техн. наук, доц., **И.В. ГИРИН**, ст. преподаватель  
Криворожский национальный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

**Цель.** Основной целью работы является обеспечение эксплуатационной надежности подвижного состава автотранспортных предприятий за счет повышения эффективности процессов текущего ремонта с использованием разработанной системы моделирования условий обслуживания при нестационарном потоке автомобилей и минимизации на ее основе суммы затрат на содержание зоны ТР и потерь от простоев автомобилей в ожидании.

**Методы исследования.** В работе выполнены анализ и обобщение опубликованных теоретических разработок, аналитические расчеты, статистический анализ, экономико-математическое моделирование, программно-целевой метод. Методология теоретических исследований основана на применении логических и математических методов. Также применяется ряд частных методов: аксиоматический и гипотетический методы, анализ и синтез, метод интерпретации, корреляционно-регрессионный анализ, имитационное моделирование.

**Научная новизна.** Научную ценность представляет предложенная на основе моделирования методика оптимизации организации постовых работ текущего ремонта автомобилей в автотранспортном предприятии, которая позволяет проектировать и реконструировать систему текущего ремонта с использованием оптимального количества постов.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке методики корректирования расчетного числа постов ТР с учетом неравномерности поступления автомобилей, позволяющей: - минимизировать сумму затрат от простоя автомобилей в зоне ТР и затрат от простоя постов ТР: - обоснованно распределять нагрузку на подвижный состав в АТП с учетом заданных условий эксплуатации и определять приоритеты при постановке машин на ремонтные работы.

### Результаты:

разработанные математическая модель и методика оптимизации объемов ТР позволяют выполнять функциональный анализ закономерностей, действующих при реализации процессов технического сервиса с использованием диагностической системы условий эксплуатации и изменения технического состояния подвижного состава;

предлагаемая расчетная методика позволяет реализовать принцип индивидуального подхода к оценке условий эксплуатации и изменения технического состояния подвижного состава и использовать выявленные ранее закономерности для повышения эффективности всей системы ТР в АТП

**Ключевые слова:** посты текущего ремонта, система массового обслуживания.