

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОДНОКІВШЕВИХ ЕКСКАВАТОРІВ У СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Вадим Богуславський

Київський національний університет будівництва і архітектури  
03680, Повітрофлотський пр. 31, Київ, Україна, e-mail v.bogus @ mail.ru

## OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF WORKING PROCESS OF ONESCOOP POWER-SHOVELS IS IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

Vadim Boguslavskiy

Kyiv National Universitate of Constructure and Architecture  
03680 Vozdukhoflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, e-mail v.bogus @ mail.ru

**АНОТАЦІЯ.** Виконано аналіз причин зниження продуктивності роботи одноківшевих екскаваторів в умовах налипання і намерзання ґрунту, а також інтенсивного зношування робочих органів. Розроблена математична модель зміни продуктивності екскаваторів. Запропонована методика вибору оптимальних параметрів робочого процесу одноківшевих екскаваторів та інших машин для земляних робіт у складних гірничо-геологічних умовах.

**Ключові слова:** екскаватор, продуктивність, налипання, намерзання, зношування

**АННОТАЦИЯ.** Выполнен анализ причин снижения производительности работы одноковшевых экскаваторов в условиях налипания и намерзания грунта, а также интенсивного изнашивания рабочих органов. Разработана математическая модель изменения производительности экскаваторов. Предложена методика выбора оптимальных параметров рабочего процесса одноковшевых экскаваторов и других машин для земляных работ в сложных горно-геологических условиях.

**Ключевые слова:** экскаватор, производительность, налипание, замерзание, изнашивание.

**ABSTRACT. Purpose.** Creation of method of choice of optimum parameters of working process of single-bucket power-shovels and other machines for earthmovings in difficult geological terms. **Methodology/approach.** Researches were conducted theoretical method by a way creationing of mathematical model of decline of the productivity of power-shovels in the conditions of sticking, freezing and intensive wear with subsequent research of objective function on an extremum. **Findings.** The method of choice of optimum parameters of working process of single-bucket power-shovels and other machines is offered for earthmovings in difficult geological terms **Researche limitation/implication.** The decline of the productivity of single-bucket power-shovels in the conditions of sticking and freezing of soil, and also intensive wear of workings organs can be diminished due to optimization of parameters of their exploitation **Originality/value.** The original method of practical choice of optimum parameters of working process of single-bucket power-shovels and other machines is offered for earthmovings in difficult geological terms.

**Key words:** power-shovel, productivity, sticking, freezing, wear.

### ВСТУП

Відомо, що продуктивність і ефективність роботи екскаваторів залежить від трьох груп факторів – конструкційних, експлуатаційних і організаційних. Перші дві групи факторів характеризуються технічною продуктивністю.

Технічна продуктивність екскаватора - максимальна годинна продуктивність екскаватора при безперервній його роботі в

конкретних гірничо-геологічних умовах експлуатації [2 - 4].

Годинна технічна продуктивність в щільній масі для одноківшевих екскаваторів визначається за формулою [5, 6]:

$$\begin{aligned} P &= 3600 \frac{E}{T_{ц.р.}} \frac{K_{н.к.}}{K_{р.к.}} K_3 = \\ &= 3600 \frac{E}{T_{ц.р.}} K_e K_3, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $E$  – місткість ковша, м<sup>3</sup>;  $T_{ц.р}$  – розрахунковий час робочого циклу екскаватора в даному забої (залежить від виду розроблюваних порід і кута повороту екскаватора на розвантаження), с;  $K_{н.к}$  – коефіцієнт наповнення ковша;  $K_{р.к}$  – коефіцієнт розпушення породи в ковші;  $K_e$  – коефіцієнт екскавації;  $K_3$  – коефіцієнт забою, що враховує вплив допоміжних операцій.

Розрахунковий час робочого циклу

$$T_{ц.р} = t_ч + t_{н.р} + t_{н.з} + t_p, \text{ с}, \quad (2)$$

де  $t_ч$  – час черпання, с;  $t_p$  – час розвантаження ковша, с;  $t_{н.р}$ ,  $t_{н.з}$  – час повороту екскаватора відповідно на розвантаження і в забій.

Коефіцієнт забою:

$$K_3 = \frac{t_p}{t_p + t_e}, \quad (3)$$

де  $t_p$  – тривалість роботи екскаватора з одного положення, с;  $t_e$  – тривалість допоміжних операцій, с.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У ряді випадків одноківшові екскаватори (будівельні, кар'єрні, розкривні) працюють в умовах ґрунтів і порід, що налипають, намерзають або є високоабразивними [7, 8].

У таких випадках спостерігається поступове зниження їх технічної продуктивності, пов'язане з прогресуючим налипанням (намерзанням) ґрунту або зношуванням різальної частини ковша.

Налипання (намерзання) ґрунтів на поверхню робочих органів є однією з найбільш значущих проблем будь-яких землерийних машин, у тому числі і екскаваторів, в результаті чого ускладнюється вивантаження і подальше завантаження ковша. Крім того зменшується фактичний об'єм ковша і, як наслідок, знижується продуктивність машини. Інтенсивність цих процесів залежить від типу і вологості ґрунтів,

температури навколишнього середовища, стану поверхонь робочого органа. Налипанню (намерзання) сприяють наявність глинистих фракцій і висока вологість ґрунту, низька температура повітря, нерівна поверхня робочого органа і його невдала конструкція. Спроби боротьби із вказаними явищами такі, як підігрів ковша, змашування його поверхонь різними газами, нанесення антиадгезійного покриття виявились недостатньо ефективними і практичного розповсюдження не одержали.

Зношування робочих органів землерийних машин завжди супроводжує процес розробки ґрунту. Зокрема, на зношування зубів, коронок і різальної кромки ковша екскаватора впливають [9,10]:

- властивості і структура поверхні шару металу, що взаємодіє з зовнішнім середовищем;

- властивості робочого середовища (твердість, міцність, абразивність, розмір часток ґрунту або кусків породи, міра однорідності);

- режим руху робочого органа.

Високі експлуатаційні вимоги до зубів і коронок обумовлюють використання зносостійких сталей з підвищеними характеристиками твердості. Зуби виготовляють за допомогою лиття або обробки тиском із сталі 110Г13Л або з конструкційних марганцехромомолібденових і нікелевих сталей.

Суттєвий вплив на працездатність зубів екскаваторів мають:

- хімічний склад сталей;

- термообробка;

- розміри і форма зуба;

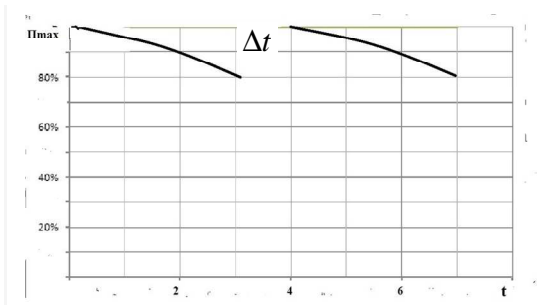
- спосіб виготовлення з урахуванням пластичного деформування або наплавки.

Для підтримки продуктивності машин на досить високому рівні через певні проміжки часу здійснюють очищення ковша або заміну його зубів. Таким чином робота екскаватора набуває певну циклічність: розробка ґрунту – очищення ковша або заміна зубів. Далі процес повторюється (рис.1).

За такої роботи машин важливим моментом є визначення оптимального проміжку

ОПТИМІЗАЦІЯ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОДНОКІВШЕВИХ  
ЕКСКАВАТОРІВ У СКЛАДНИХ ПРНІЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

часу безперервної роботи екскаватора між двома очищеннями робочого органу або



**Рис.1.** Графік зміни продуктивності екскаватора у часі

**Fig.1.** Graphic Arts of change of the productivity of power-shovel in time

зміни зубів в умовах зменшування технічної продуктивності.

У загальному випадку зміна технічної продуктивності за рахунок описаних факторів може бути виражено формулою:

$$P = P_{\max} - at^n, \quad (4)$$

де  $P_{\max}$  – продуктивність на початку роботи;  $t$  – час роботи екскаватора;  $a$  і  $n$  – параметри, що визначають інтенсивність зниження продуктивності екскаватора.

Середня продуктивність за цикл, що містить час роботи екскаватора і час очищення ковша або заміни зубів визначається формулою:

$$P_{\text{сеп}} = \frac{\int_0^t (P_{\max} - at^n) dt}{t + \Delta t}. \quad (5)$$

Вираз (5) після інтегрування:

$$P_{\text{сеп}} = \frac{P_{\max}t - \frac{at^{n+1}}{n+1}}{t + \Delta t}. \quad (6)$$

Приймаючи середню технічну продуктивність екскаватора як критерій оптимізації, визначимо оптимальний час його роботи до очищення ковша або заміни зубів

шляхом дослідження виразу (3) на екстремум.

Для цього візьмемо похідну і прирівняємо її до 0:

$$\frac{dP_{\text{сеп}}}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{P_{\max}t - \frac{at^{n+1}}{n+1}}{t + \Delta t} \right). \quad (7)$$

Після диференціювання виразу (7) і перетворень отримаємо

$$t^{n+1} + \frac{n+1}{n}t^n \Delta t - \frac{n+1}{n} \frac{P_{\max} \Delta t}{a} = 0 \quad (8)$$

Для вирішення рівняння (8) необхідно знати чисельне значення параметра  $n$ .

Приймаючи в найбільш простому випадку  $n=1$  (лінійна апроксимація), отримаємо

$$t = \Delta t \left( \sqrt{1 + \frac{2P_{\max}}{a\Delta t}} - 1 \right). \quad (9)$$

Формула (9) визначає оптимальний час роботи екскаватора до очищення ковша або заміни зубів.

Викликає певний інтерес знаходження коефіцієнта зниження продуктивності екскаватора при зазначених умовах работ

$$K = \frac{P_{\text{сеп}}}{P_{\max}} \quad (10)$$

Вираз (10) з урахуванням (6) і після перетворень

$$K = \frac{t}{t + \Delta t} - \frac{at^{n+1}}{P_{\max}(t + \Delta t)(n+1)}. \quad (11)$$

## ВИСНОВКИ

1. Запропонована методика дозволяє визначити оптимальний режим експлуатації екскаваторів за час їх роботи в умовах налипання або намерзання ґрунту, а також в умовах інтенсивного абразивного зношування зубів ковша.

2. Для реалізації методики необхідно експериментально визначити параметри зни-

ження продуктивності  $a$  і  $n$  у конкретних умовах експлуатації.

3. Застосування методики дозволить підвищити ефективність роботи екскаваторів у складних забоях.

4. Методика може бути поширена і на інші види машин для земляних робіт.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Солод Г.И., Повышение долговечности горных машин. / Солод Г.И., Шахова К.И., Русихин В.И. - М.Машиностроение, 1978. - 183 с.
2. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., «Недра», 1974. - 456 с
3. Домбровский Н.Г. Землеройные машины. Ч.1. Одноковшовые экскаваторы. / Домбровский Н.Г., Панкратов С.А., М., Госстройиздат, 1961- 621 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. М., «Недра», 1985.- 510 с.
5. Ветров Ю.А. Экскаваторный забой. К., Государственное издательство технической литературы, 1955.- 211 с.
6. Технология строительного производства. Учебник для инженерно-строительных вузов и строительных факультетов/ Под редакцией О.О. Литвинова и Ю.И.Белякова. К. «Вища школа», 1985.- 476 с.
7. Рейш А.К. Основы технологии выполнения земляных работ одноковшовыми экскаваторами. К., «Вища школа», 1987- 174 с.
8. Рейш А.К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин - М.: Машиностроение, 1986. - 184 с.
9. Черновол М.И. Напружений стан різальних елементів деталей ґрунтообробних машин в процесі взаємодії з абразивним середовищем / Черновол М.І, Аулін В.В., Бобрицький В.М. // Вісник інженерної академії України. №3-4, 2007. -С. 256-261.
10. Аулін В.В Самозагострювання різальних елементів ґрунтообробних і землерійних машин в умовах зміцнення їх робочих поверхонь./ Аулін В.В, Карпушин С.О., Тихий А.А.//, Вестник ХНАДУ, вып. 57, 2012 - С. 188-194

#### REFERENCES

1. Solod G.I., Shahova K.I., Rusihin V.I., 1978. Povyshenie dolgovechnosti gornyh mashin. [Increased longevity of mining machines]. M.Mashinostroenie, 183
2. Mel'nikov N.V., 1974. Kratkij spravochnik po otkryтым gornym rabotam.[ Short reference book on open mountain works]. M., Nedra, 456
3. Dombrovskij N.G., Pankratov S.A., 1961. Zemlerojnye mashiny. Ch.1. Odnokovshovye ekskavatory. [Earth-moving machinery. P.1. One scoop ekskavators]. Moscow, Gosstroyizdat, 621.
4. Rzhetskij V.V., 1985. Otkrytye gornye raboty. [Open pit mining]. Moscow, Nedra Publ., 510.
5. Vetrov Ju.A., 1955. Jekskavatornyj zaboj. [Power-shovel coal face]. K. Gosudarstvennoe izdatel'stvo tehničeskoj literatury, 211
6. The technology of building production. 1985. Textbook for engineering and construction of Wu-call and Engineering Faculties / under red, O.O. Litvinov and Yu.I.Belyakov. K., Vischa shkola, 476
7. Rejsh A.K., 1987. Osnovy tehnologii vypolnenija zemljanyh rabot odnokovshovymi jekskavatorami. [Technology basics earthworks shovel ].Kyiv, Vishha shk. Publ., 174.
8. Rejsh A.K., 1986. Povyshenie iznosostojkosti stroitel'nyh i dorozhnyh mashin [Increased durability of construction and road machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 184.
9. Chernovol M.I., Aulin V.V., Bobrickij V.M., 2007. Visnik inzhenernoї akademii Ukraїni. [News of inzhenernoї akademii Ukrainy ], no. 3-4, 256-261.
10. Aulin V.V, Karpushin S.O., Tihij A.A., 2012. Vestnik HNADU, [News of HNADU], vol. 57, 188-194