

МЕТОДИКА ВИБОРУ СХЕМ РУХУ ЕКСКАВАТОРІВ ПРИ ВЛАШТУВАННІ КОТЛОВАНІВ

© Коцій Я. Й., 2019

Наведено методику вибору схем руху екскаваторів, пов'язану з перевіркою існуючих. Основою чинних методик є вибір схеми руху лобовою або бічною проходкою залежно від ширини котловану або траншеї і радіуса копання. Запропоновано аналітичну перевірку оптимальних варіантів із врахуванням підвищення ефективності роботи екскаваторів і мінімального часу на їх пересування. Оптимізація технологічних параметрів роботи екскаваторів при влаштуванні котлованів полягає в підвищенні продуктивності та ефективності їхньої роботи. Наведена у статті методика вибору схем руху екскаваторів, обладнаних зворотною лопатою, передбачає певні критерії вибору типорозмірів машин, зокрема: а) продуктивність машин, а також відповідність технічним впливам характеристик машин і геометричних параметрів виїмок; б) експлуатаційна змінна продуктивність екскаватора на об'єкті та продуктивність їх розробки; в) математичне очікування обсягу робіт на об'єкті; г) надійність машин; д) енергетичний показник комплексу машин; е) енерго-технологічні критерії моделей систем машин. У результаті є необхідність реально оцінити критерії вибору схем руху машин при влаштуванні виїмок. Встановлено взаємозв'язок продуктивності гідравлічних екскаваторів та геометричних параметрів котлованів. Уточнено області застосування різних схем роботи екскаваторів при влаштуванні котлованів різної конфігурації. Встановлено на основі аналітичних розрахунків оптимальні залежності при виборі схем руху екскаваторів.

Ключові слова: схеми роботи екскаваторів, час на робоче пересування, продуктивність та ефективність екскаваторів.

Y. Y. Kotsiy

Lviv Polytechnic National University
Department of construction production

METHOD OF SELECTION OF THE SCHEME OF MOVEMENTS OF EXCAVATOR'S AT ARRANGEMENT A PIT

© Kotsiy Y. Y., 2019

The adduce technique of the moving schemes of excavators is connected with the checking of existing ones. The basis of the techniques is the choice of the flow pattern with the frontal or lateral drain depending on the width of the pit or trench and this basis can be named as a radius of digging. In this article an analytical check of the optimal variants is taken into account for increasing the efficiency of the work of excavators and the minimum time for their movement. Optimization of technological parameters of the work of excavators in the installation of pits is the increasing of their productivity and efficiency. In this article is given the method of selecting the schemes of movement of excavators which are equipped with a return shovel. It includes certain criteria for choosing the standard sizes of machines, which can be attributed to: a) productivity of machines and also conformity to technical influences of characteristics of machines and geometric parameters of the excavations; b) the operational

variable of the excavators performance on the object and the productivity of their development; c) by the criterion of mathematical expectation of the volume of work on the object; d) by the reliability of machines; e) by the energy index of the complex of cars; f) according to the energy-technological criteria of models of the machine systems. As a result, there is a require for a realistic assessment of the criteria for selecting the schemes of movement of the machines at the site of the excavations. The article establishes the interconnection of the productivity of hydraulic excavators with the geometric parameters of the pits. Specified areas of application of different schemes of work of excavators in the arrangement of pits of different configurations. The arrangement on the basis of analytical calculations of optimal dependencies in the choice of schemes of motion of excavators.

Key words: schemes of the work of excavators, time on working shift, productivity and efficiency of excavators.

Аналіз існуючих досліджень. Розробляти котловани екскаватором, обладнаним зворотною лопатою, можна лобовою (торцевою) проходкою або бічною проходкою із попереднім відробітком піонерної траншеї.

Вузький котлован лобовою проходкою екскаватор розробляє на задану ширину, переміщаючись по прямій, при роботі лобовою розширеною проходкою – переміщаючись двома лобовими проходками, зигзагом або поперечно-торцевими ходами.

Широкі котловани розробляють лобовим способом до піонерної траншеї з подальшим розробленням ґрунту бічними проходками.

Схему руху екскаватора вибирають залежно від ширини котловану B_k і технологічних параметрів робочого устаткування екскаваторів, зокрема, максимального радіуса копання $R_{\max}$.

Немає єдиної думки при виборі схем руху екскаваторів із зворотною лопатою. Можна виділити дві групи емпіричних методик, що рекомендуються: $B_k = 1,6 \div 1,7 R_{\max}$ лобова проходка; $B_k = 3 R_{\max}$ – двома лобовими проходками; $B_k = 3 \div 3,5 R_{\max}$ – лобова при русі екскаватора зигзагом; $B_k > 3,5 R_{\max}$ – поперечно-торцевою або лобовою з подальшими лобовими проходками, а також $B_k \leq 1,3 R_{\max}$ – лобова проходка; $B_k < 2,5 R_{\max}$ – рух зигзагом; $B_k < 3,5 R_{\max}$ – поперечно-торцевими ходами; $B_k > 3,5 R_{\max}$ – влаштування піонерної траншеї з подальшими бічними проходками [1, 2].

Постановка проблеми. В нормативно-технічній літературі відсутні рекомендації щодо вибору схем руху екскаваторів, обладнаних зворотною лопатою, при влаштуванні котлованів. В роботі виконано аналітичну перевірку існуючих рекомендацій і встановлено області раціонального використання екскаваторних комплексів.

Мета статті. Підвищення ефективності застосування екскаваторних комплексів при влаштуванні котлованів.

Результати досліджень. У роботі розроблено метод аналітичної перевірки оптимальності вказаних співвідношень з урахуванням підвищення ефективності роботи гідравлічних екскаваторів і забезпеченням машиністові огляду дна котловану.

Як критерій оптимізації схеми руху екскаватора при влаштуванні котловану прийнято мінімальний час, що витрачається на пересування екскаватора:

$$t = l/U + \sum t_{\text{пов}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де l – довжина шляху пересування екскаватором при влаштуванні котловану, м; U – швидкість руху екскаватора, м/с; $t_{\text{пов}}$ – середня тривалість повороту екскаватора, с.

Розглянемо наступні схеми руху екскаватора – влаштування піонерної траншеї з подальшими бічними проходками і поперечно-торцевими ходами.

Сумарна довжина переміщення екскаватора з першому і другому випадках з урахуванням перетворень

$$l_n = B'_k - 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + 4(N-1)(l_n + R_{ymin} + mH), \quad (2)$$

$$l_n = N \left[B'_k - 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} \right] + 2(N-1)(l_n + R_{ymin} + mH), \quad (3)$$

де B'_k – ширина котловану низом, м; R – максимальний радіус копання на рівні дна котловану, м; l_n – довжина робочого пересування, м; R_{ymin} – мінімальний радіус копання на рівні стоянки, м; m – крутизна укосу; H – глибина котловану, м; N – число поперечних ходів екскаватора. Тривалість пересування відповідно для першого і другого випадків:

$$t_n = l_1/U + 2t_{пов}, \quad (4)$$

$$t_2 = l_2/U + 2t_{пов}, \quad (5)$$

Для встановлення області ефективного застосування кожною з схем руху слід порівняти (4) і (5). У результаті із врахуванням (2) і (3) після перетворень отримаємо:

$$B_k = 2 \left[\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + (l_n + R_{ymin} + mH) + mH - t_{пов}U \right], \quad (6)$$

де B_k – ширина котловану згори, м.

Формула (6) встановлює граничну ширину котловану згори, за якої ще доцільно застосовувати поперечно-торцеву проходку. За більшої ширини котловану рекомендується переходити на бічні проходки.

Аналогічно визначають область застосування схеми руху екскаватора зигзагом.

Сумарна довжина переміщення екскаватора у разі його руху зигзагом:

$$l_3 = B'_k - 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + 2(N-1) \times \sqrt{\left[B'_k - 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} \right]^2 + (l_n + R_{ymin} + mH)^2} \quad (7)$$

Тривалість пересування:

$$t_3 = l_3/U + 2Nt'_{пов}, \quad (8)$$

де $t_{пов}$ – тривалість одного повороту екскаватора під час його руху зигзагом.

Приймаючи $t'_{пов} = t_{пов}$, і порівнюючи (5) і (8), після перетворень отримаємо:

$$B_k = 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + \frac{4}{3}(l_n + R_{ymin} + mH) + 2mH, \quad (9)$$

Формула (9) встановлює граничну ширину котловану, за якої ще доцільно застосовувати рух зигзагом. За більшої ширини котловану ефективніша поперечно-торцева проходка. Слід зазначити, що відсутність у формулі (9) тривалості повороту пояснюється тим, що в схемах руху, що зіставляються, кількість поворотів однакова.

Беручи до уваги, що для влаштування котлованів можливість переміщення по прямій визначається виразом:

$$B_k \leq 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + 2mH, \quad (10)$$

вибір схеми руху екскаватора зводиться до аналізу таких нерівностей:

$$\begin{aligned} B_{k1} &\leq 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + 2mH \leq B_{k2} \leq \\ &\leq 2\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + \frac{4}{3}(l_n + R_{ymin} + mH) + 2mH \leq B_{k3} \leq \\ &\leq 2\left[\sqrt{R^2 - (l_n + R_{ymin} + mH)^2} + (l_n + R_{ymin} + mH) + mH - t_{пов}U\right] \leq B_{k4}, \end{aligned} \quad (11)$$

Ці нерівності визначають області застосування схеми руху за прямою (B_{k1}), зигзагом (B_{k2}), поперечно-торцевими ходами (B_{k3}) і лобовою проходкою з подальшими бічними проходками (B_{k4}). До цих нерівностей не введено залежностей для визначення області застосування схеми руху екскаватора двома лобовими ходами з урахуванням збігу області її роботи з областю роботи поперечно-торцевими ходами.

Оскільки під час бічної проходки екскаватор працює продуктивніше порівняно з лобовою завдяки зменшенню кута повороту ковша при вивантаженні ґрунту в кузов автосамоскида, виникає питання про доцільність руху екскаватора двома лобовими проходками.

Розглянемо як приклад влаштування котловану глибиною 2 м екскаватором Е0-5122А із зворотною лопатою. Ґрунт – суглинок, крутизна укосів – 0,5. Максимальний радіус копання 9,9 м, мінімальний радіус копання на рівні стоянки – 3,5 м [8]. довжина пересування за бічної і лобової проходках – відповідно 4,0 і 3,1 м. Середнє значення швидкості переміщення -0,4 м/с, тривалість повороту – 3,2 з (встановлені експериментально).

Після обчислень $B_{k1}=12,0$ м; $B_{k2}=22,1$ м; $B_{k3}=23,2$ м. Отже, за ширини котловану до 12,0 м його слід розробляти у разі руху екскаватора по прямій, до 22,1 м – руху зигзагом, до 23,2 м – руху поперечними ходами і понад 23,2 м – із застосуванням бічних проходок.

Існуюча методика дає значення $B_{k1}=1,6 \div 1,7 \times R_{max} = 16,8$ м; $B_{k2}=3 \div 3,5 \times R_{max} = 29,7$ м; $B_{k3}=3,5 \times R_{max} = 34,65$ м; що істотно відрізняються від отриманих.

Висновки. Аналіз даних дає змогу зробити висновок про розширення області застосування бічної проходки гідравлічних екскаваторів порівняно з існуючими рекомендаціями. Крім того, області ефективної роботи екскаваторів (з урахуванням мінімальних витрат часу на пересування) практично збігаються у разі руху екскаваторів по кривій і поперечно-торцевими ходами. Уточнено області раціонального використання схем руху екскаваторів при влаштуванні котлованів різної конфігурації.

Встановлено залежності для вибору схем руху екскаваторів, враховуючи технологічні параметри машини і оглядовості дна виїмки машиністом. Практична цінність роботи полягає в визначенні раціональних технологічних параметрів ведучих машин екскаваторних комплексів при влаштуванні виїмок.

1. За ред. Черненко В. К. *Технологія будівельного виробництва*. – К.: Вища школа, 2002. – 388 с. 2. За ред. Ярмоленко М. Г. *Технологія будівельного виробництва*. – К., Вища школа, 2005. – 328 с. 3. За ред. Ярмоленко М. Г. *Технологія будівельного виробництва. Практикум*. – К.: Вища школа, 2007. – 342 с. 4. Исаханов Г. В. *Основы научных исследований в строительстве: уч. пос.* – К.: Вища школа, 1985. – 208 с. 5. За ред. Іваніка І. Г. *Основы реконструкції будівель і споруд*. – Львів, Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 276 с. 6. Акимов Л. Д., Аммосов Н. Г., Бадьин Г. М. та ін. / за ред. Г. М. Бадьина, А. В. Мещерякова. *Технология строительного производства: учебник*. – Л.,

Стройиздат, 1987. – 606 с. 7. Дегтярьов А. П., Рейш А. К., Руденский С. И. Комплексная механизация земляных работ. – М.: Стройиздат, 1987. – 334 с. 8. Черненко В. К., Галимуллин В. А., Чебанов Л. С. Проектирование земляных работ. Программированное пособие. – К.: Вища школа, 1989. – 159 с.

References

1. Chernenko V. K., (2002) *Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva*, [Technology of construction production], Higher School, 388 p., [in Ukrainian]. 2. Yarmolenko M. G., (2005) *Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva*, [Technology of construction production], Kiev, Higher School, 328 p., [in Ukrainian]. 3. Yarmolenko M. G., (2007) *Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva*. [Technology of construction production] Workshop. Kiev, Higher School, 342 p., [in Ukrainian]. 4. Isakhanov G. V., (1985) *Osnovy nauchnykh issledovaniy v stroitelstve* [Fundamentals of research in construction], Kiev, Higher School, 208 p. [in Russian] 5. Ivanuk I. G., (2010) *Osnovy rekonstruktsii budivel i sporud* [Basics of reconstruction of buildings and structures], Lviv, Lviv Polytechnic publication, 276 p., [in Ukrainian]. 6. Akimova L. D., Ammosov N. G., Badin G. M. etc. By ed, G. M. Badin, A. V. Mescheryakova. (1987) *Tekhnolohiya stroytelnoho proyzvodstva*, [Technology of building production], Textbook., L., Stroyizdat, 606 p., [in Russian] 7. Dehtyarev A. P., Reish A. K., Rudensky S. I. (1987) *Kompleksnaia mekhanizatsiya zemlianykh rabot* [Complex mechanization of earthworks], Moscow, Stroyizdat, 334 p. 8. Chernenko V. K., Galimullin V. A., Chebanov L. S., (1989) *Proektyrovanye zemlianykh rabot. Prohramyrovannoe posobyie* [Earthwork design. Programmed allowance], Kyiv, High school, 159 p.