

## ЕКОНОМІКО- МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ КОТЛОВАНІВ

© Коцій Я.Й., Гоголь М.М., Чайковська Р.В., 2013

Наведено економіко-математичну модель розроблення котлованів із врахування складності їх геометрії, реалізовану за допомогою комп'ютерної програми Windows – Form – Application 3 в інженерній методиці вибору різних екскаваторних комплексів.

**Ключові слова:** економіко-математична модель, екскаваторні комплекси.

The paper shows the mathematical model of economic development taking into account the complexity of the pits of their geometry is implemented using a computer program Windows – Form – Application 3 in engineering technique of choosing different excavation systems.

**Key words:** mathematical model, excavation systems.

### Постановка проблеми

Метою роботи є аналіз сучасного стану в такій сфері будівництва, як земляні роботи. Оскільки виконання ручних земляних робіт, (переважно це зачистка дна котлованів) порівняно із загальним обсягом є доволі трудомісткими і вартісними, вибір оптимальної схеми комплексу є важливим фактором для загальної економії, а також ефективного використання технологічних можливостей будівельних машин.

При формуванні комплексу машин і обчислення показників необхідно визначити кількість машин, що беруть участь у процесі. Вихідними даними для цього є: директивний термін робіт ( $T_g$ ), об'єми робіт за кожною операцією ( $V_{o,п}, V_{з,м}, V_{з,р}$ ), відстань перебезування основної ( $L_1$ ) і додаткової машин ( $L_2$ ), група ґрунту ( $G_{гр}$ ) і залежна від неї експлуатаційна продуктивність основної ( $Q_{e,в}$ ) і додаткової ( $Q_{e,д}$ ) машин, відстань до відвалу ( $L_0$ ), вантажопідйомність автосамоскида ( $q_{a,c}$ ) швидкості руху основної ( $U'_в$ ), додаткової ( $U'_g$ ), машин і автосамоскида ( $U'_{cp}$ ).

Кількість основних машин з урахуванням складності геометрії котловану

$$n_{в} = \frac{V_{o,п}}{K_{y,п} Q_{e,в} T_{м,в}}, \quad (1)$$

де  $V_{o,п}$  – загальний об'єм робіт, що виконується основними машинами, м<sup>3</sup>;  $T_{м,в}$  – можлива тривалість роботи однієї з основних машин протягом заданого терміну, маш. год.

$$T_{м,в} = \frac{(T_g - L_1/U'_в) t_{cm} K_{cm}}{1 + D_{тр,в} t_{cm} K_{cm}}, \quad (2)$$

де  $t_{cm}$  – тривалість робочої зміни, год;  $K_{cm}$  – коефіцієнт змінності роботи машини;  $D_{тр,в}$  – тривалість знаходження основної машини в технічному обслуговуванні і поточному ремонті, дні/маш.год.

$$D_{тр,в} = \left[ \left( \frac{1}{t_{01}} - \frac{1}{t_{02}} \right) d_{01} + \left( \frac{1}{t_{02}} - \frac{1}{t_{03}} \right) d_{02} \left( \frac{1}{t_{тр}} - \frac{1}{T_p} \right) d_{тр} \right] K_{ч}, \quad (3)$$

де  $T_p$  – середній ресурс до першого капітального ремонту, маш год;  $t_{01}, t_{02}, t_{03}$  – періодичність технічного обслуговування або поточного ремонту, маш.-год;  $d_{01}, d_{02}, d_{03}$  – тривалість перебування машини в технічному обслуговуванні і поточному ремонті, дні;  $K_{ч}$  – коефіцієнт переведення мото-год в маш.-год.

Тривалість перебування основних машин на об'єкті дорівнюватиме

$$T'_{д,в} = \frac{V_{o,п}}{n_{в} K_{y,п} Q_{e,в}} (1 + D_{тр,в}) + t_{cm} K_{cm}. \quad (4)$$

Кількість додаткових машин встановлюється залежно від об'ємів зачисних робіт за умови:  
 $n_g = 1$  при  $T_{g.g} < T_g$  і  $n_g > 1$  при  $T_{g.g} > T_g$ , причому  $T_{g.g}$

$$T_{g.g} = \frac{V_{з.м}}{n_g Q_{е.д} t_{см} K_{см}} + \left( D_{тр.в} + L_2 / U_g \right) n_g, \quad (5)$$

де  $T_{g.g}$  – тривалість перебування додаткової машини на об'єкті, маш.-год.

Кількість автосамоскидів за умови забезпечення безперервної роботи екскаватора дорівнює:

$$N_{а.с} = \left( \frac{2L_0}{U_{ср}} + 0,0833 + \frac{g_{а.с}}{\gamma Q_{е.в}} \right) \frac{n_b \gamma Q_{е.в}}{g_{а.с}}, \quad (6)$$

де 0,0833 – середній час завантаження, маневрування і розвантаження автосамоскида, год.

Після завершення формування складу комплексу машин необхідно визначити показники процесу. Загальна трудомісткість ( $R_0$ ) складатиметься з витрат механізованої і ручної праці з урахуванням кількості машиністів, які обслуговують основні ( $m_b$ ) і додаткові ( $m_{б}$ ) машини впродовж виконання операцій.

Питомі приведені витрати на експлуатацію машин комплексу в загальному вигляді

$$Z_y = \frac{Z_p + C_{пер} + \sum_{i=1}^n C_{маш\ ч\ i} T'_{gi} + E_n + \sum_{i=1}^n K_{б\ i} \Pi_i T_{gi}}{V_0}, \quad (7)$$

де  $Z_p$  – витрати на заробітну плату робочих, які виконують ручну працю, грн.

$$Z_p = K_{н.з} K_p \lambda C_p N_{вр}, \quad (8)$$

де  $K_{н.з}$  – коефіцієнт, що враховує накладні витрати,  $K_{н.з} = 1,3$ ;  $K_p$  – поправковий коефіцієнт до тарифної ставки;  $\lambda$  – коефіцієнт, що враховує премії,  $\lambda = 1,25$ ;  $C_p$  – годинна тарифна ставка  $j$ -го розряду робочого, грн.;  $N_{вр}$  – норма часу виконання ручних робіт, люд.-год;  $C_{пер}$  – витрати на перевезення ґрунту автомобільним транспортом, грн.

$$C_{пер} = P V_0 \gamma L_0, \quad (9)$$

де  $P$  – тариф на перевезення ґрунту згідно із прейскурантом №13- 01-02, грн./т;  $C_{маш\ ч\ i}$  – собівартість однієї маш.год експлуатації  $j$ -ої машини комплексу, грн;  $T'_{gi}$  – тривалість перебування  $i$ -ої машини на об'єкті, маш. год;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності будівництва;  $K_{б}$  – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку машини на об'єкт та її монтаж;  $K_{б} = 1,09$ ;  $\Pi$  – оптова ціна машини згідно із прейскурантом;  $T_{gi}$  – кількість годин роботи машини в рік.

Отже, раціональним можна вважати комплексно-механізований процес, який мінімізує витрати ручної праці, а його техніко-економічні показники досягають мінімуму.

Область ефективного застосування цих комплексів встановлюється на основі вичерпного аналізу умов виробництва з урахуванням технологічних можливостей машин при влаштуванні певних груп об'єктів.

Враховуючи складність геометрії котлованів, слід зазначити, що на появу ручних робіт переважно впливає наявність перепадів висотних відміток, адже розміри місцевих приямків не дозволяють використовувати бульдозерне обладнання.

Для котлованів, що розробляються, залежно від їх складності можна вибрати такі основні схеми формування екскаваторних комплексів:

1 схема (SK -1) – одноківшовий екскаватор з традиційним обладнанням; бульдозер (можлива поява ручних робіт); самоскид.

2 схема (SK -2) – одноківшовий екскаватор із зачисним обладнанням; самоскид.

3 схема (SK -3) – одноківшовий екскаватор з традиційним обладнанням; екскаватор з зачисним обладнанням (малогабаритний навантажувач); самоскид.

За таких умов за відповідної ширини виїмки можна виконувати роботи за допомогою бульдозерного устаткування з необхідною якістю зачистки основ за вимогами нормативних документів. Зміна величини показника рівня продуктивності  $K_{у.п}$  категорії відбувається за рахунок ускладнення конфігурації котловану в плані.

У разі збільшення об'єму котловану кількість місць з горизонтальними відмітками збільшується, з'являються місцеві приямки. За розміру приямків меншому за 10 м застосування бульдозерів (ДЗ-42, ДЗ-54), що рекомендуються для зачисних робіт, ускладнене, виникає необхідність у використанні зачисного устаткування екскаваторів.

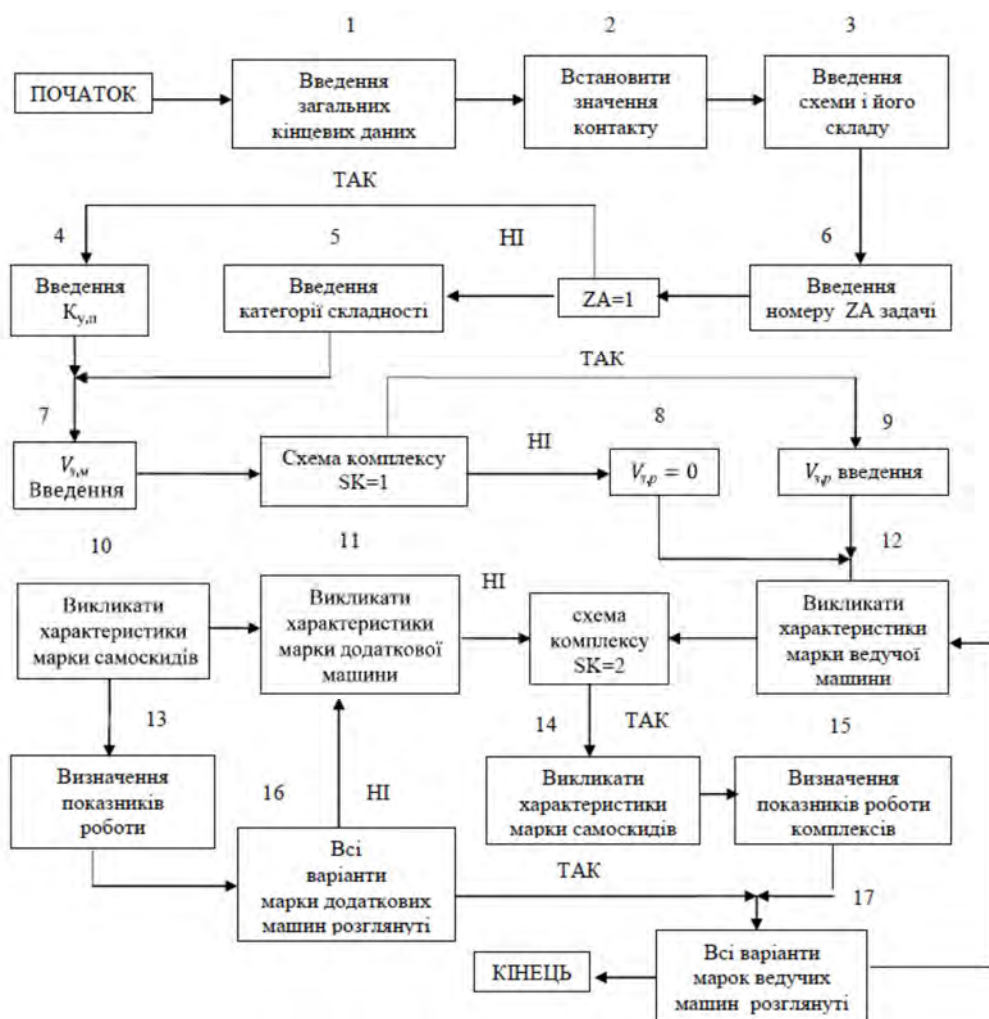


Рис. 1. Блок-схема вибору раціонального варіанта механізації

Рис. 2. Початкове вікно для введення вхідних даних для розрахунку

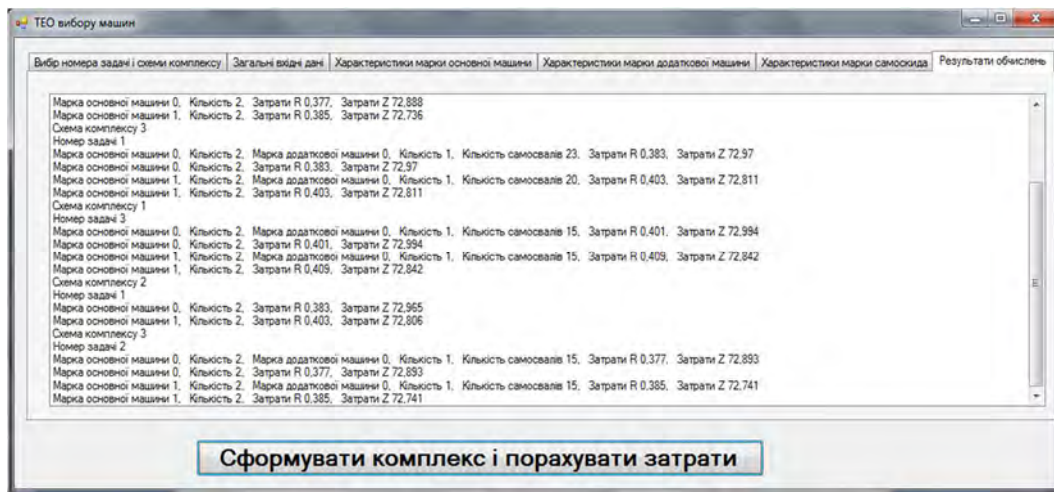


Рис. 3. Переходимо у вікно «результати обчислень» і натискаємо кнопку «Сформуувати комплекс і порахувати витрати»

Оскільки основні і додаткові машини комплексів SK= 2 і SK= 3 забезпечують доопрацювання ґрунту котловану до проектних заміток, необхідно встановити можливість застосування комплексу SK = I для влаштування котлованів різних категорій складності.

Укрупнену блок-схему програми розрахунку техніко-економічних показників комплексів при влаштуванні котлованів різної складності наведено на рис. 1.

Блок-схема (економіко-математична модель) (рис. 1) розроблена для вирішення таких завдань (ZA):

ZA= I – розрахунок техніко-економічних показників даних комплексів для конкретного об'єкту з відомим рівнем складності;

ZA= 2 – визначення області ефективного застосування екскаваторних комплексів для встановлених категорій котлованів за складністю.

Для того, щоб врахувати технологічні можливості машинних комплексів при зачисних роботах, необхідно розв'язувати задачу ZA=3, яка полягає у визначенні області ефективного застосування комплексів з варіюванням об'ємів ручних і механізованих зачисних робіт.

Інженерна методика визначення ефективних екскаваторних комплексів була реалізована за допомогою комп'ютерної програми Windows – Form – Application 3, що містить 12 вікон для введення вихідних даних для розрахунку. На рис. 2 і 3 наведено відповідно початкове вікно і кінцеве вікно в результаті обчислень. Приведена методика дає можливість вибрати найефективніший варіант механізації і зменшити обсяги ручних зачисних робіт.

## Висновок

Запропоновано:

- інженерну методику вибору раціональної схеми формування екскаваторних комплексів, що враховує технологічні можливості машин із зачистки основ котлованів встановлених категорій складності;
- алгоритм розрахунку показників роботи комплексів машин при влаштуванні котлованів з урахуванням їх геометрії дає змогу вибирати варіант не лише за питомими приведеними витратами, але і за питомою трудомісткістю і тривалістю виконання робіт;
- розрахункові характеристики складу комплексів машин змінюються залежно від конкретних умов виробництва, які було внесено в банк вихідних даних програми, а постійні – введено в текст програми. Отже, у разі необхідності легко внести потрібні корективи характеристик машини.

1. *Технологія будівельного виробництва / за ред. В.К. Черненко. – К.: Вища школа, 2002. – 395 с.*  
 2. *Технологія будівельного виробництва / за ред. М.Г. Ярмоленка. – К.: Вища школа, 2005. – 293с.*  
 3. *Дегтярев А.П., Рейш А.К., Руденский СИ. Комплексная механизация земляных работ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 335 с.*  
 4. *Донской В.М. Механизация земляных работ малых объемов. – iЛ.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1976. – 160 с.*