

Jerzy Woźczański

Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze

PRÓBA OKREŚLENIA KORZYSTNYCH SPOSOBÓW PRACY KOPARKĄ JEDNONACZYNIOWĄ Z OSPRZĘTEM PRZEDSIĘBIERNYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono próbę określenia korzystnych sposobów pracy koparką hydrauliczną z osprzętem przedsiębiornym i łyżką ładowarkową. Przeprowadzone badania pozwoliły na ustalenie kształtowania się wydajności koparki, kosztów oraz nakładów energetycznych na realizację procesu urabiania gruntu w zależności od wybranych parametrów.

1. Wstęp

Zwiększenie wydajności w realizacji robót ziemnych wymaga nie tylko budowy maszyn nowej konstrukcji, zwiększania ich mocy i wydajności technicznej, zastosowania automatyzacji sterowania oraz ulepszania osprzętu roboczego ale również szukania rezerw w technologii robót ziemnych i technice pracy maszyn. Większość stosowanych obecnie w kraju koparek jednonaczyńowych to koparki hydrauliczne, jednakże efektywność ich pracy nie jest jeszcze w pełni wykorzystywana. Wyjaśnia się to niepełnym rozpoznaniem możliwości tych maszyn. Dlatego nawet nieznaczne zwiększenie wydajności tych maszyn poprzez dobór najkorzystniejszych sposobów pracy do konkretnych warunków może prowadzić do znacznych efektów ekonomicznych.

Proces pracy koparek hydraulicznych znacznie różni się od procesu pracy dobrze znanych koparek linowych. Wyjaśnia się to różnicami w konstrukcji i kinematyce osprzętu roboczego. Ilość stopni swobody osprzętu roboczego koparek hydraulicznych i możliwość łączenia ruchów roboczych poszczególnych elementów osprzętu pozwala na ruchy łyżki praktycznie po każdej trajektorii. Jednakże największe znaczenie mają te trajektorie i sposoby urabiania gruntu, które stwarzają możliwość uzyskania napełnienia łyżki przy najmniejszych nakładach energetycznych oraz uwzględnieniu maksymalnej dla danych warunków wydajności maszyny

2. Wybór kryterium oceny

Dla porównania różnych sposobów pracy koparką hydrauliczną z osprzętem przedsiębiornym i wyboru jednego ze sposobów przyjęto ekonomiczne kryterium oceny (kosztu pracy maszyny) [2]:

$$K = \frac{K' + K'' + K'''}{W_R} \quad (1)$$

gdzie:

K' - koszty jednorazowe,

K'' - koszty stałe,

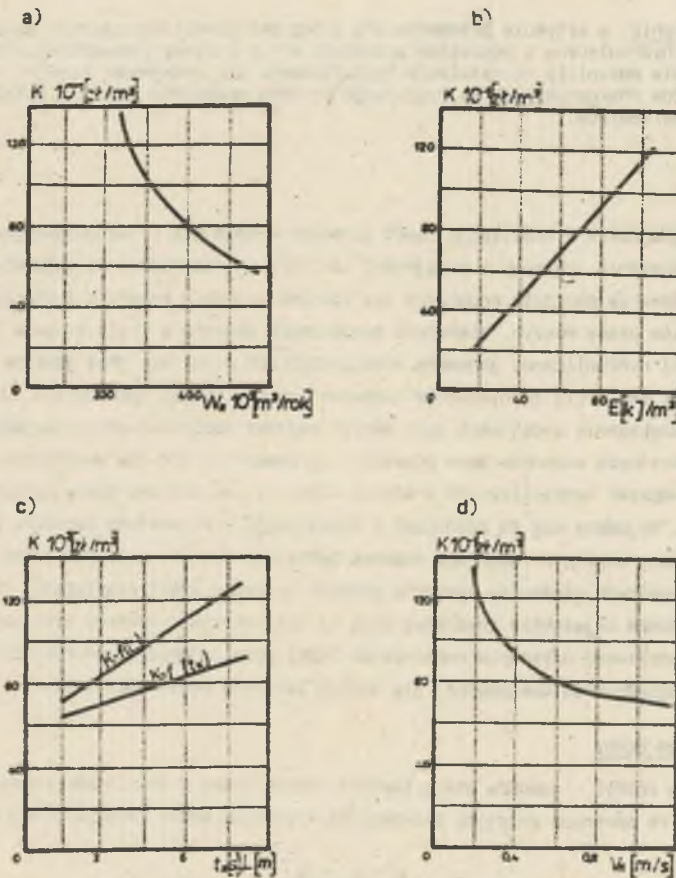
K''' - koszty bieżące,

W_R - praktyczna roczna wydajność maszyny budowlanej.

Szczegółowy opis określania poszczególnych składowych wzoru (1) przedstawiono w pracy [2]. Na podstawie analizy danych literaturowych ustalono, że dla tego typu badań można przyjąć, iż warunki eksploatacji maszyn na terenie kraju są w przybliżeniu jednakowe. Licznik wzoru (1) ma więc postać: $K' + K'' + K''' = \text{const.} = C_1$, a więc:

$$K = C_1 f_1 \left(\frac{1}{W_R} \right) \quad (2)$$

Wykonane obliczenia pozwoliły na ustalenie, że wraz ze wzrostem wydajności maszyny W_R koszty obniżają się w przybliżeniu według zależności przedstawionej na rys. 1a. Z kolei roczna wydajność określa jest z uwzględnieniem wydajności technicznej według zależności:



Rys. 1. Kształtowanie się kosztu jednostkowego odpowiadania m^3 gruntu w zależności od: rocznej wydajności koparki (a), nakładów energetycznych na realizację procesu (b), czasu kopania oraz długości drogi napełnienia łyżki (c), prędkości ruchu łyżki w trakcie kopania (d)

Fig. 1. Costs of lm^3 ground separate in light of digging parameters

$$W_R = W_t t_R s_t s_w \quad (3)$$

gdzie:

- W_t - wydajność techniczna maszyny,
- t_R - ilość godzin pracy w roku,
- s_t - współczynnik gotowości technicznej maszyny,
- s_w - współczynnik rzeczywistych warunków technologicznych,
- s_w - współczynnik wykorzystania maszyny w trakcie czasu pracy.

Przeciętnie iloczyn $s_t s_w = 0,4$, a z kolei dla koparki z hydraulicznym sterowaniem osprzętu roboczego pomiędzy wydajnością techniczną (limitowaną mocą pompy hydraulicznej N_p oraz nakładami energii na realizację cyklu roboczego E_{RC}) występuje zależność:

$$W_t = 3600 \frac{N_p}{E_{RC}} \quad (4)$$

gdzie:

- $E_{RC} = E + E_w$ - nakłady energetyczne na realizację cyklu roboczego,
- E_w - nakłady energetyczne pomocniczych ruchów cyklu roboczego (obrót do wysypu, opróżnienie łyżki, powrót do miejsca urabiania).

Nakłady energetyczne na realizację pomocniczych ruchów cyklu roboczego (dla danej maszyny) można przyjąć jako stałe: $E_w = \text{const.} = C_2$. Wobec tego:

$$K = \frac{C_1 (E + C_2)}{0,4 \cdot 3600 N_p t_R}$$

W dalszej analizie przyjęto, że: $0,4 \cdot 3600 N_p t_R = \text{const.} = C_3$, a więc:

$$K = \frac{C_1 (E + C_2)}{C_3} \longrightarrow K = f_2(E) \quad (6)$$

W związku z tym, obniżenie nakładów energetycznych na urabianie gruntu powinno prowadzić do obniżenia kosztów odspojenia jednostki objętości gruntu (rys. 1b). Z drugiej strony, wydajność techniczna koparki może być określona jako:

$$W_t = 3600 \frac{V}{t_c} \quad (7)$$

gdzie:

- V - objętość gruntu zagarniętego łyżką koparki,
- t_c - czas trwania cyklu roboczego.

W związku z tym:

$$E = \frac{N_p t_c}{V} - C_3 \quad (8)$$

a dla jednakowych (w przybliżeniu) objętości urobionego gruntu w każdym cyklu pracy:

$$\frac{N_p}{V} = \text{const.} = C_4 \quad (9)$$

oraz

$$E = C_4(t_u + C_5) - C_2 \quad (10)$$

gdzie:

- C_5 - czas obrotu nadwozia koparki do wysypu, opróżnienie łyżki i powrót do miejsca urabiania (przyjmuje się, że ma on wartość stałą dla danej maszyny przy wykorzystaniu różnych sposobów pracy).

Skrócenie czasu urabiania prowadzi więc do obniżenia wydatków energetycznych na realizację procesu pracy koparki, a uwzględniając wzory (10) i (6) otrzymamy:

$$K = \frac{C_1 C_4}{C_3} (t_u + C_5) \longrightarrow K = f_3(t_u) \quad (11)$$

gdzie:

t_u - czas trwania urabiania (kopania) gruntu.

Zależność pomiędzy czasem urabiania, a kosztami przedstawiono na rys. 1c. Czas urabiania można określić poprzez prędkość ruchu łyżki (v) i długość drogi jej napełnienia (1):

$$K = \frac{C_1 C_4}{C_3} \frac{1}{v} + C_5 \quad (12)$$

Przy stałej prędkości urabiania zmniejszenie długości drogi napełnienia łyżki będzie prowadziło do obniżenia nakładów energetycznych na realizację procesu urabiania oraz kosztów. Równocześnie przy stałej długości drogi napełnienia łyżki zwiększenie prędkości jej ruchu doprowadzi do obniżenia nakładów na realizację procesu (rys. 1d).

Należy zauważyć, że jeśli długość drogi napełnienia (przy porównywalnych warunkach gruntowych) określa się głównie długością dna łyżki oraz jej pojemnością, to prędkość skrawania określa moc zainstalowanej pompy układu hydraulicznego koparki.

Na podstawie przedstawionych wzorów można więc ustalić, że koszty realizacji procesu urabiania koparką hydrauliczną zależą głównie od:

- wydajności koparki,
- nakładów energetycznych na realizację procesu urabiania,
- czasu trwania urabiania (kopania),
- prędkości ruchu łyżki,
- długości drogi napełnienia łyżki.

Celem ustalenia najkorzystniejszych w danych warunkach sposobów pracy koparką hydrauliczną można posłużyć się algorytmem przedstawionym na rys. 2.

3. Wybór korzystnych sposobów pracy koparką hydrauliczną z osprzętem przedsiębiornym

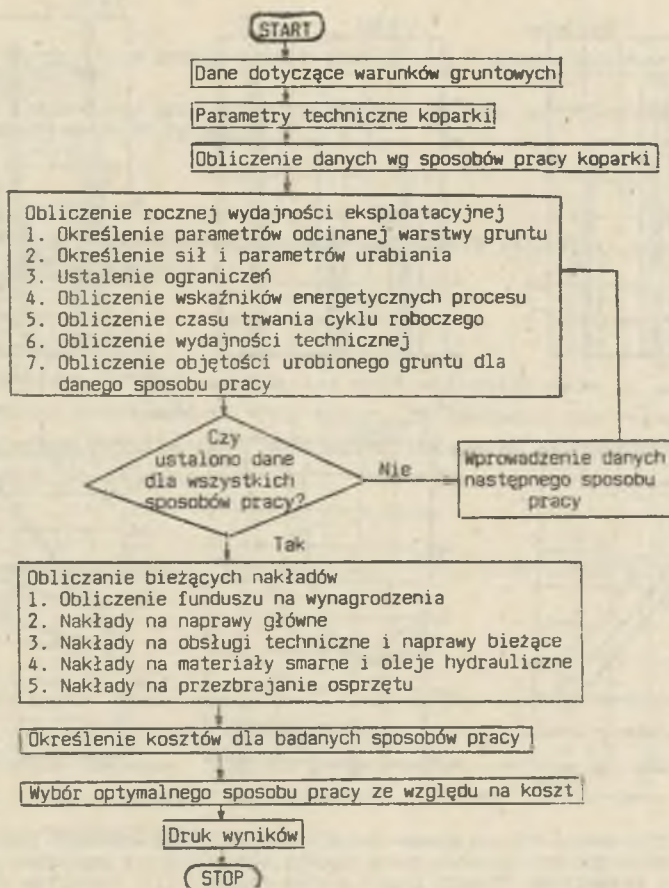
Wyboru najkorzystniejszego sposobu pracy koparką dokonano drogą minimalizacji funkcjonału:

$$K = \left\{ \frac{K'' + K''' + K''''}{W_R} \right\} \longrightarrow \min. \quad (13)$$

Rozpatrzono trzy sposoby urabiania gruntu:

- ruchem ramienia,
- sposobem polegającym na kojarzeniu ruchów ramienia, wysięgnika i łyżki,
- sposobem "ładawkowym".

Dla danych warunków pracy za najkorzystniejszy przyjmuje się ten sposób, dla którego następuje minimalizacja funkcjonału (13). Dlatego dla każdego sposobu pracy określono parametry procesu urabiania i stanowiska pracy koparki oraz badano ich wpływ na wartość funkcjonału (13). Poniżej (rys. 3) przedstawiono wyniki dla wybranej koparki z osprzętem przedsię-



Rys. 2. Algorytm obliczeniowy do wyboru najkorzystniejszego sposobu pracy koparką

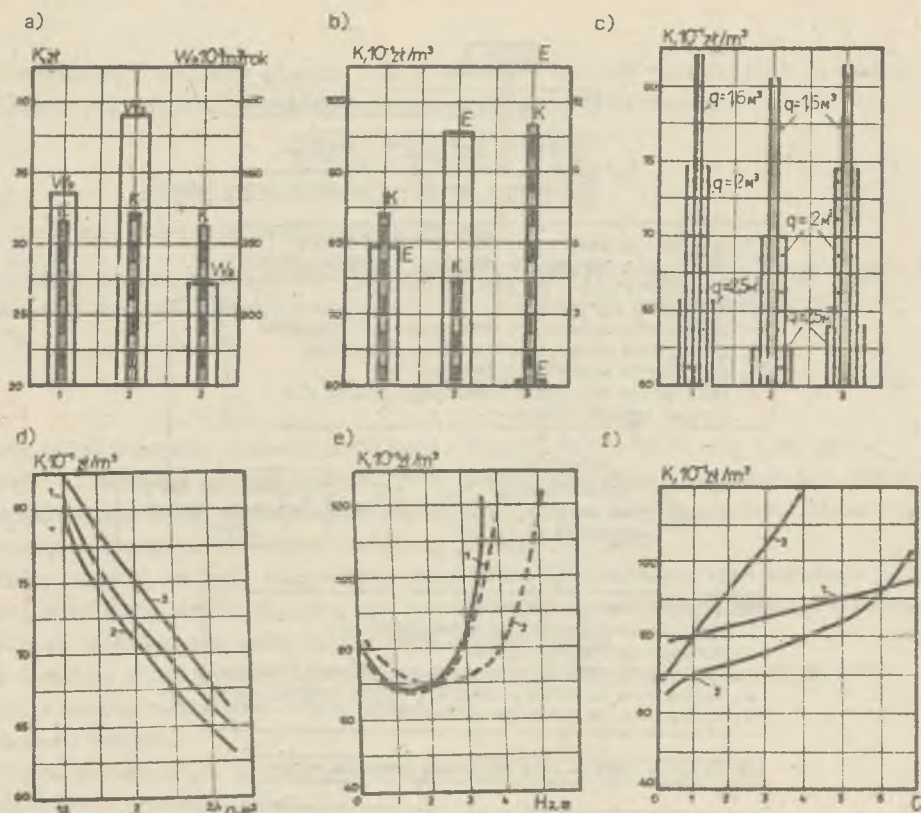
Fig. 2. Algorithm for determining the most effective way of excavator working method.

biernym i łyżką ładowarkową. Wyniki pomiarów uzyskano na drodze rozważań analitycznych oraz badań eksperymentalnych w warunkach poligonowych i na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym.

4. Podsumowanie

Wiele firm światowych produkujących koparki w ostatnich latach intensywnie udoskonalają osprzęt przedsięwzięcia koparek hydraulicznych. Dokonywano tego poprzez opracowywanie nowych konstrukcji, takich jak:

- łyżka klapowa,
- możliwość wyboru kilku pojemności łyżek o różnej konstrukcji krawędzi tnącej,
- łyżka ładowarkowa.



Rys. 3. Kształtowanie się składowych funkcjonalu (13) oraz wybranych parametrów procesu dla poszczególnych sposobów pracy koparką hydrauliczną z osprzętem przedsiębiornym i łyżką ładowarkową. Sposoby pracy: ruchem ramienia (1), łączeniem ruchów ramienia i wysięgnika i łyżki (2), sposobem ładowarkowym (3). Oznaczenia: q - pojemność łyżki koparki, H_2 - wysokość urabiania gruntu, C - liczba uderzeń młotkiem DORNII

Fig. 3. Components of function (13) and parameters of excavator working process for separated working methods.

Koparka wyposażona w łyżkę ładowarkową o pojemności 1,25 - 1,5 razy większej od łyżki standardowej osprzętu przedsiębiornego umożliwia efektywną pracę w gruntach sykich, szczególnie o niewielkim ciężarze objętościowym.

W niniejszej pracy przedstawiono próbę określenia korzystnych sposobów pracy koparką hydrauliczną z osprzętem przedsiębiornym i łyżką ładowarkową w oparciu o rozważania analityczne, badania poligonowe oraz na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym. Stosowanie w praktyce wyróżnionych sposobów pracy (z uwzględnieniem konkretnych warunków realizacji) pozwala na uzyskanie znacznych efektów ekonomicznych

LITERATURA

[1] Lenkiewicz W., Martinek W., Wasilewski Z.J.: Technologia robót budowlanych, WPW, W-wa 1978.

- [2] Wasilewski Z.J.: Optymalna rotacja środków mechanizacji w przedsiębiorstwie budowlanym, WPW, Warszawa 1976.
- [3] Woźczański J.: Modelowanie procesu kopania gruntów koparkami jednoznaczyniowymi z osprzętem przedsiębiernym, (maszynopis).

THE CONTRIBUTION OF DETERMINING THE MOST EFFECTIVE WAYS OF EXCAVATOR WORKING METHODS

S u m m a r y

The contribution of determining the most effective ways of excavator working methods is presented in this paper. It includes the research method and selected results /due to limited volume of the paper the results are given at random/.

ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ КОПАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ЭКСКАВАТОРОМ С ПРЯМОЙ ЛОПАТОЙ

Р е з ю м е

В статье представлен опыт определения целесообразных способов копания гидравлическим экскаватором с прямой лопатой. Для рациональных способов разработки грунта получены аналитические зависимости по определению показателей процесса копания, достоверность которых подтверждена данными экспериментальных исследований.

Wpłynęło do Redakcji 20.03.1988 r.