

MASZyny  
DO URABIANIA  
W KOPALNIACH  
ODKRYWKOWYCH

Górnictwo odkrywkowe  
Obliczenia wydajności  
koparek kołowych

Grupa katalogowa 0441

BN-90/1717-24 (neq CT CЭB 6400-88)

## 1. WSTĘP

Przedmiotem normy są metody obliczania wydajności koparek kołowych o parametrach wg PN-84/G-47006.

## 2. OBLICZENIA

**2.1. Wydajność teoretyczna.**  $Q_{\text{teor}}$  w spalchnionym urobku (wynikająca z cech geometryczno-konstrukcyjnych koła naczyniowego, bez uwzględnienia własności fizykomechanicznych skał, mocy i sprawności napędu koła oraz sił kopania):

a) w  $\text{m}^3/\text{s}$  — wg wzoru

$$Q_{\text{teor}} = (V_n + V_d) \cdot n \quad (1)$$

w którym:

$V_n$  — pojemność nominalna naczynia urabiającego (czepaka) wg BN-72/1717-03 rys. 1,  $\text{m}^3$ ,

$n$  — częstość wysypów z naczyń urabiających,  $\text{s}^{-1}$ ,

$V_d$  — część pojemności podczepakowej koła naczyniowego,  $\text{m}^3$ .

Orientacyjnie dla koła:

— bezkomorowego  $V_d = 0,5 \cdot V_p$ ,

— półkomorowego  $V_d = 0,5 \cdot V_n$ ,

— komorowego  $V_d = (0 \div 0,5) \cdot V_n$ ,

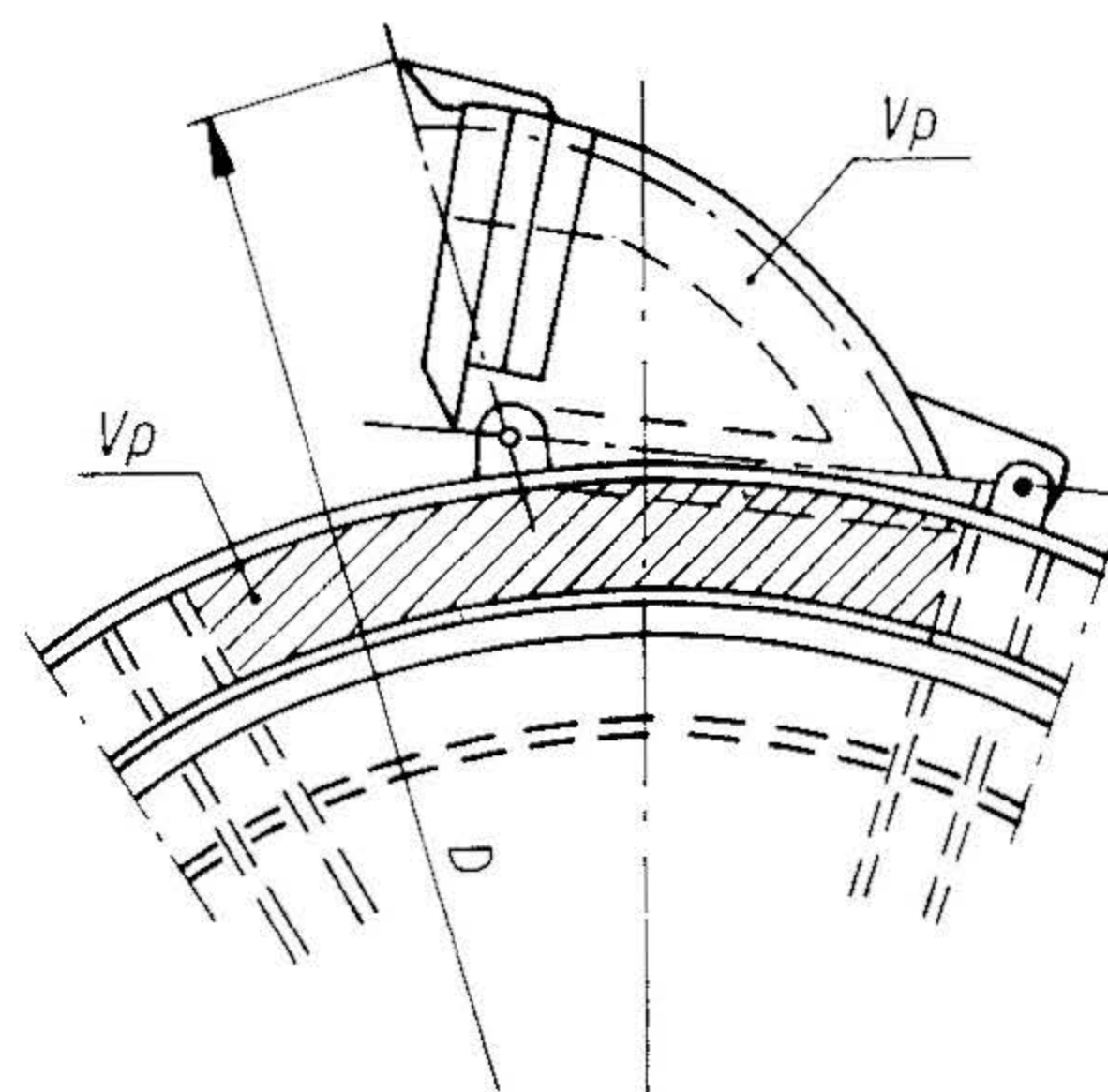
$V_p$  — pojemność podczepakowej przestrzeni pierścieniowej koła naczyniowego koparki bezkomorowej,  $\text{m}^3$  (rys. 1),

b) w  $\text{m}^3/\text{h}$  — wg wzoru

$$Q_{\text{teor}} = 60 \cdot (V_n + V_d) \cdot n \quad (2)$$

w którym  $n$  — częstość wysypów z naczyń urabiających,  $\text{min}^{-1}$ ,

c) w zależności od wymiarów wióra — patrz Informacje dodatkowe p. 8.



BN-90/1717-24-1

Rys. 1

**2.2. Wydajność techniczna**  $Q_{\text{tech}}$  w caliznie,  $\text{m}^3/\text{h}$ :

a) przy uwzględnieniu własności fizykomechanicznych urabianych skał i cech geometryczno-konstrukcyjnych koła naczyniowego, bez uwzględnienia mocy i sprawności napędu koła oraz sił kopania — wg wzoru

$$Q_{\text{tech}} = \frac{Q_{\text{teor}}}{f} \cdot k_1 \quad (3)$$

w którym:

$f$  — współczynnik spalchnienia skały w czepakach ( $f = 1,1 - 1,4$ ),

$k_1$  — współczynnik napełnienia czepaków ( $k_1 = 0,95 - 0,75$ ),

b) przy uwzględnieniu własności fizykomechanicznych urabianych skał i cech geometryczno-konstrukcyjnych, mocy i sprawności napędu koła naczyniowego oraz jednostkowych sił kopania:

Zgłoszona przez Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR  
Ustanowiona przez Generalnego Dyrektora Wspólnoty Energetyki i Węgla Brunatnego dnia 28 września 1990 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1991 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 13/1990, poz. 30)

1) przy zadanej jednostkowej liniowej sile kopania  $K_1, K_2$  — wg wzoru

$$Q_{\text{tech}} = \left( \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right)^2 \quad (4)$$

w którym:

$$a = \frac{D \cdot \rho}{2,19},$$

$$b = 0,102 \cdot K_1 \sqrt{D \cdot n (1 + i)} \text{ dla czerpaków trapezowych (rys. 2),}$$

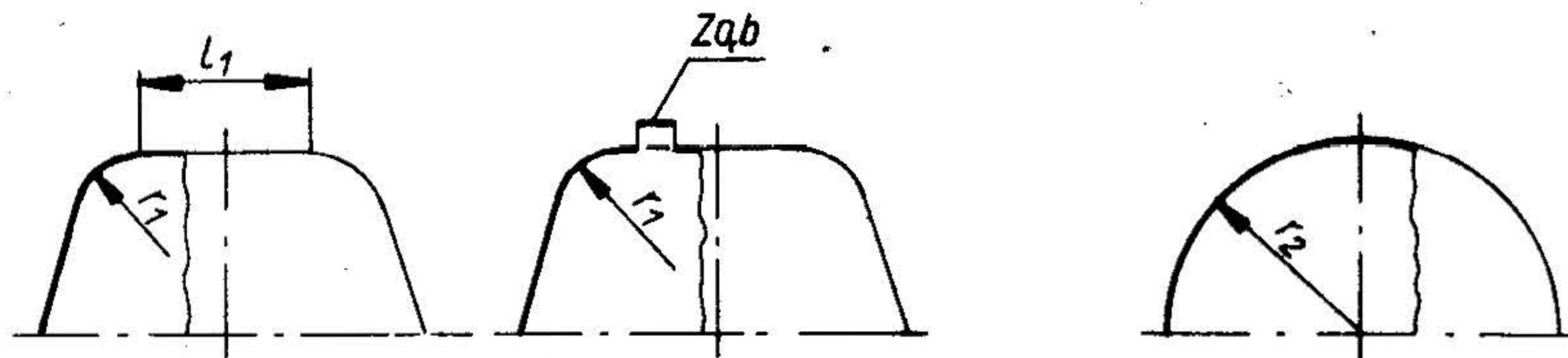
$$c = 0,162 \cdot K_1 \cdot D \cdot n / 1 + i / r_1 - 232P \text{ dla czerpaków trapezowych (rys. 2),}$$

albo

$$b = 0,082 \cdot K_2 \sqrt{D \cdot n (1 + i)} \text{ dla czerpaków kołowych (rys. 2),}$$

$$c = 0,15 \cdot K_2 \cdot D \cdot n (1 + i) \cdot r_2 - 232P \text{ dla czerpaków kołowych (rys. 2),}$$

$i$  — liczba pośrednich noży urabiających między dwoma sąsiednimi naczyniami,  
 $\rho$  — gęstość kopaliny w caliznie,  $t/m^3$ ,  
 $\gamma$  — ciężar właściwy kopaliny w caliznie,  $kN/m^3$ ,  
 $n$  — częstość wysypów z naczyń urabiających,  $s^{-1}$ ,  
 $\eta$  — sprawność mechanizmu napędu koła naczyniowego ( $\eta = 0,9$ ),  
 $s$  — szerokość wióra, równa się  $1,55 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{teor}}}{D \cdot n \cdot f}}$ , m,  
 $g$  — grubość wióra, (przeważnie  $g = 1,5 \cdot s$ ) (rys. 3), m,  
 $x$  — równa się  $s$ , jeżeli  $s$  jest mniejsze od  $l_4$  lub równa się  $l_4$ , jeżeli  $s$  jest większe lub równe  $l_4$ ,



Rys. 2

2) przy zadanej jednostkowej powierzchniowej sile kopania  $K_3$  — wg wzoru

$$Q_{\text{tech}} = \frac{323 \cdot P}{K_3 + 0,64 \cdot D \cdot \rho} \quad (5)$$

(we wzorach (4) i (5) przyjęto współczynnik wypełnienia czerpaków  $k_1 = 1$  i  $Q_{\text{tech}} = \frac{Q_{\text{teor}}}{f}$ ),

c) przy uwzględnieniu własności fizykomechanicznych urabianych skał i cech geometryczno-konstrukcyjnych, mocy i sprawności napędu koła naczyniowego oraz jednostkowych sił kopania:

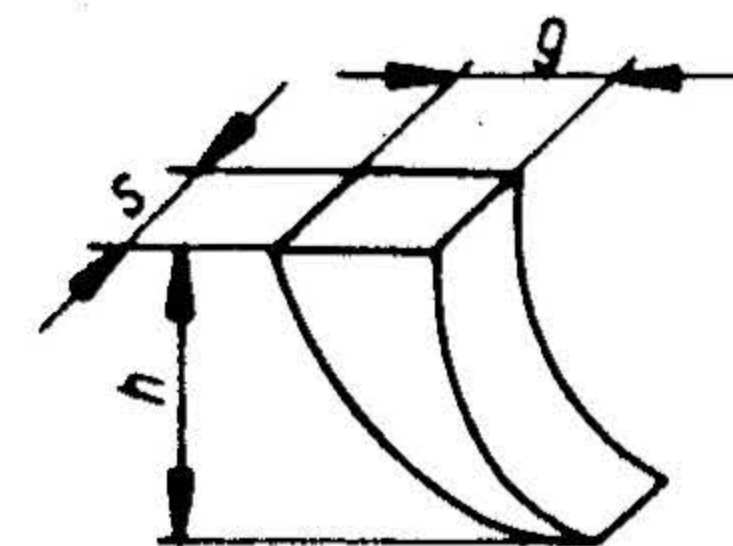
1) przy zadanej jednostkowej powierzchniowej sile kopania  $K_3, N/cm^2$  — wg wzoru

$$Q_{\text{tech}} = \frac{P \cdot \eta}{K_3 + 0,65 \cdot D \cdot \gamma} \quad (6)$$

2) przy zadanej jednostkowej liniowej sile kopania,  $N/cm$ , dla czerpaków trapezowych  $K_1$  lub dla czerpaków kołowych  $K_2$ , w zależności od wymiarów urabianego wióra — wg wzoru

$l_4$  — długość ostrza między zaokrągleniami krawędzi tnącej czerpaka trapezowego, m (dla czerpaka kołowego  $x = 0$ ),

$y = 0,2856 + \left(\frac{g}{r}\right) \cdot 0,5266$  dla  $g$  mniejszego od  $0,8r$  lub równa się  $0,118 + \left(0,17 \frac{g}{r}\right)$  dla  $g$  większego albo równego  $0,8r$ .



BN-90/1717-24-3

Rys. 3

$$Q_{\text{tech}} = \frac{P \cdot \eta - K_{1,2} \cdot \{\pi \cdot D \cdot n(1 + i) [0,125 s(1 + \frac{x}{s}) + y \cdot r]\}}{D \cdot \gamma} \quad (7)$$

w którym:

$P$  — moc napędu koła naczyniowego, kW,

$D$  — średnica koła naczyniowego mierzona na ostrzach urabiających, m,

$r, r_1, r_2$  — promienie zaokrąglenia krawędzi tnącej w płaszczyźnie skrawania ( $r = r_1$  lub  $r = r_2$ ),

**2.3. Wydajność eksploatacyjna  $Q_{\text{eksp}}$**  w caliznie,  $m^3/h$  (uwzględniająca czynniki związane z technologią pracy i wymiarami zabierki) — wg wzoru

$$Q_{\text{eksp}} = Q_{\text{tech}} \cdot k_2 \quad (8)$$

w którym  $k_2$  — współczynnik ruchów manewrowych i sierpowatości strug (0,59 - 0,84 dla koparek bez-

wysuwowych i 0,69 — 0,98 dla koparek wysuwowych).

**2.4. Wydajność efektywna**  $Q_{ef}$  w caliźnie,  $m^3/h$  (uzyskana w ciągu dłuższego czasu  $T$ , z uwzględnieniem strat wydajności na końcówkach frontu, strat losowych i innych zakłóceń i przerw w pracy):

$$Q_{ef} = Q_{eksp} \cdot k_3 \quad (9)$$

w którym  $k_3 = k(T)$  — współczynnik ruchowych strat wydajności (wskaźnik wykorzystania koparki  $k_3 = 0,2 - 0,65$ ).

Wydajność  $Q_{ef}$  w zależności od objętości ( $V_b$ ,  $m^3$ ) i czasu ( $t$ , h) urabiania bloku:

$$Q_{ef} = \frac{V_b}{t} \quad (10)$$

**2.5. Zdolność produkcyjna koparki** w caliźnie,  $m^3$  (uzyskiwana w okresie kalendarzowym  $T_K$ , z uwzględnieniem wszystkich strat wydajności, w tym także spowodowanych warunkami atmosferycznymi, sprawnością operatora, utrzymaniem i plantowaniem poziomu eksploatacyjnego) — wg wzoru

$$Z = Q_{ef} \cdot t_p \quad (11)$$

w którym  $t$  — czas pracy koparki w danym okresie kalendarzowym,  $T_K$ , h.

K O N I E C

#### INFORMACJE DODATKOWE

**1. Instytucja opracowująca normę** — Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR, Wrocław.

**2. Normy związane**

PN-84/G-47006 Górnictwo odkrywkowe. Koparki wielonaczyniowe. Podstawowe parametry

**3. Normy międzynarodowe**

RWPG CT CЭB 6400-88 Экскаваторы карьерные роторные. Методы расчета производительности

**4. Stopień zgodności z normą CT CЭB 6400-88** — norma całkowicie niezgodna.

**5. Symbol wg SWW** — 0723-100.

**6. Autor projektu normy** — zespół normalizacji — Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego POLTEGOR, Wrocław.

**7. Objaśnienia dotyczące współczynnika technicznego wykorzystania  $K_{it}$**

1) Według PN-77/N-04005 p. 2.4.3 określenie wskaźnika wykorzystania technicznego  $K_w$  jest następujące:

Prawdopodobieństwo zdarzenia, że w dowolnej chwili czasu koparka (obiekt) znajduje się w stanie zdatności i wykonuje zadania, do którego jest przeznaczona

$$K_w = P(T_i < t) = \int_0^t f_i(\tau) d\tau$$

gdzie  $T_i$  — zmienna losowa opisująca powyższe zdarzenie.

Oszacowanie statystyczne wyraża się wzorem

$$K'_w = \frac{t_s}{t_s + t_{ns} + t_{ps}}$$

w którym:

$t_s$  — sumaryczny czas poprawnej pracy koparki (obiektu) w rozpatrywanym okresie eksploatacji,

$t_{ns}$  — sumaryczny czas napraw badanego obiektu w rozpatrywanym okresie eksploatacji,

$t_{ps}$  — sumaryczny czas zużyty na zabiegi profilaktyczne badanego obiektu w rozpatrywanym okresie eksploatacji.

2) Według bezpośredniej interpretacji pojęcia wskaźnika podanego w CT CЭB 292-76, współczynnik wykorzystania technicznego  $K_{it}$  jest to stosunek wartości oczekiwanej czasu znajdowania się koparki (obiektu) w stanie zdolności do pracy w jakimś okresie eksploatacji do sumy wartości oczekiwanych czasów znajdowania się koparki

w stanie zdolności do pracy, czasów przestojów spowodowanych obsługą techniczną i czasów remontów w tym samym okresie eksploatacji.

Podane powyżej określenie współczynnika  $K_{it}$  wyraża się wzorem na oszacowanie statystyczne  $K'_w$  zawartym w PN-77/N-04005.

**8. Wydajność**  $Q_{teor}$  w zależności od wymiarów wióra i prędkości bocznego posuwu koła naczyniowego — wg wzoru

$$Q_{teor} = h \cdot g \cdot v_b \cdot f$$

w którym:

$h$  — wysokość wióra ( $h_{max} = 0,7D$ ),

$g$  — grubość wióra ( $g = 0,075D$ ),

$v_b$  — prędkość bocznego posuwu koła naczyniowego, m/s,

$f$  — współczynnik spulchnienia skały w czerpakach.

**9. Tłumaczenie Normy Międzynarodowej RWPG CT CЭB 6400-88:**

Niniejsza norma RWPG obejmuje koparki kołowe dla kopalń odkrywkowych i ustala jednolite metody określania obliczeniowej wydajności teoretycznej, wydajności efektywnej i wydajności eksploatacyjnej, stosowanych do oceny porównawczej poziomu technicznego.

**1. Określenie maksymalnej obliczeniowej wydajności teoretycznej** w spulchnionym urobku ( $\dot{V}_1$ ), mierzonej w metrach sześciennych na godzinę wg wzorów

$$\dot{V}_1 = 0,06 \cdot (V_n + 0,5 V_k) \cdot n_s \quad (1)$$

$$\dot{V}_1 = 3600 \cdot F_L \cdot V_L \cdot K_n \quad (2)$$

gdzie:

$V_n$  — pojemność czerpaka (rys. 1),  $dm^3$ ,

$V_k$  — pojemność komory pod czerpakiem (rys. 1),  $dm^3$ ,

$n_s$  — ilość wysypów czerpaka,  $min^{-1}$ ,

$V_L$  — prędkość taśmy przenośnikowej, m/s,

$K_n$  — współczynnik nierównomierności wydobywania,  $K_n = 0,9$ ,

$F_L$  — obliczeniowa powierzchnia przekroju poprzecznego urobku na taśmie,  $m^2$ .

Przy tym obliczeniową szerokość taśmy określa się wg wzoru

$$B_L = 0,9B-50 \quad (3)$$

gdzie  $B$  — szerokość taśmy, mm.

Z dwóch wielkości wydajności otrzymanych wg wzorów (1) i (2) przyjmuje się mniejszą.

**2. Wydajność teoretyczna** w urobku spulchnionym ( $\dot{V}_2$ ) w metrach sześciennych na godzinę — wg wzorów:

**2.1. Przy zadanej jednostkowej liniowej sile kopania** (dla czerpaka w kształcie trapezu):

$$\dot{V}_2 = \left( \frac{-b + \sqrt{-b^2 - 4ac}}{2} \right)^2 \leq \dot{V}_1 \quad (4)$$

gdzie:

$$a = \frac{D \cdot \rho}{2,19 \cdot f}, \quad (5)$$

$$b = 0,102 \cdot K_1 \sqrt{\frac{D \cdot n_s (1+i)}{f}}, \quad (6)$$

$$c = K_1 \cdot 0,162 \cdot D \cdot n_s \cdot (1+i) \cdot r_1 - 232P, \quad (7)$$

$D$  — średnica koła naczyniowego mierzona do tnących krawędzi czerpaka, m,

$\rho$  — gęstość urobku, t/m<sup>3</sup>,

$f$  — współczynnik spulchnienia urobku w czerpakach,

$K_1$  — jednostkowa liniowa siła kopania, N/cm,

$i$  — ilość pośrednich krawędzi tnących między sąsiednimi czerpakami,

$r_1$  — promień zaokrąglenia krawędzi tnących czerpaków w płaszczyźnie obwodu skrawania, m (rys. 2),

$P$  — moc napędu koła czerpakowego, kW.

**2.2. Przy zadanej jednostkowej powierzchniowej sile kopania:**

$$\dot{V}_2 = \frac{323 \cdot P \cdot f}{K_3 + 0,64 \cdot D \cdot \rho} \leq \dot{V}_1 \quad (8)$$

gdzie  $K_3$  — jednostkowa powierzchniowa siła kopania, N/cm<sup>2</sup>.

**3. Obliczenie wydajności efektywnej** ( $V_e$ ) w metrach sześciennych na godzinę — wg wzoru:

1) **obliczenia przy projektowaniu koparki**

$$V_e = \frac{\dot{V}_2}{f} \cdot K_e \cdot K_u \quad (9)$$

gdzie  $K_e$  — współczynnik przodka charakteryzujący straty czasu na wykonanie pomocniczych operacji technologicznych przy urabianiu przodka obliczeniowego, obliczamy wg wzoru

$$K_e = \frac{T_e}{T_e + T_{BC}} \quad (10)$$

gdzie:

$T_e$  — czas niezbędny do bezpośredniego urabiania bloku przy wydajności  $\dot{V}_2$ , h,

$T_{BC}$  — czas obliczeniowy wykonania pomocniczych operacji technologicznych przy urabianiu bloku (zatrzymanie i ruch zwrotny mechanizmu obrotu na końcu każdej zabierki, przejścia od jednej zabierki do drugiej, od warstwy do warstwy oraz od jednego bloku do drugiego), h,

$K_u$  — współczynnik sterowania charakteryzujący zmianę rzeczywistej średniej wydajności urabiania w porównaniu z wydajnością teoretyczną oraz dodatkowe straty czasu przez wydłużenie czasu wykonania pomocniczych operacji technologicznych przy urabianiu bloku w porównaniu z czasem teoretycznym.

Dla obliczeń orientacyjnych wielkości współczynnika sterowania  $K_u$  są następujące:

$K_u = 0,75 - 0,85$  dla koparek nie wyposażonych w automatyczny układ sterowania,

$K_u = 0,85 - 0,95$  dla koparek wyposażonych w automatyczny układ sterowania.

2) **obliczenia przy eksploatacji koparki**

$$V_e = \frac{V_b}{t_b} \quad (11)$$

gdzie:

$V_b$  — objętość bloku urabianego koparką kołową, m<sup>3</sup>,

$t_b$  — czas urabiania bloku, h.

**4. Wydajność eksploatacyjna** ( $V_{eks}$ ) w metrach sześciennych na godzinę — wg wzoru:

1) **obliczenie przy projektowaniu koparki**

$$V_{eks} = V_e \cdot K_{ii} \quad (12)$$

gdzie  $K_{ii}$  — współczynnik wykorzystania technicznego wg CT CЭB 292-76<sup>1)</sup>.

2) **obliczenie przy eksploatacji koparki**

$$V_{eks} = \frac{V_b}{t_k} \quad (13)$$

gdzie  $t_k$  — czas kalendarzowy po odliczeniu przestojów organizacyjnych, czasu przejazdów koparki związanego z przebudową układu technologicznego oraz okresu prac nietypowych (przeładunek, czyszczenie trasy itd.). W przypadku kiedy koparka kołowa pracuje w układzie urządzeń górniczych czas kalendarzowy określa się bez uwzględnienia wszystkich przestojów (awaryjnych, technologicznych, organizacyjnych itd.) związanych z innymi urządzeniami układu.

<sup>1)</sup> PN-77/N-04005 jest równoważna CT CЭB 292-76 (patrz niniejsza norma Informacje dodatkowe p. 7).