

## Określanie parametrów geometrycznych do obliczeń siły i mocy głównych napędów koparki odkrywkowej

### Определение геометрических параметров для расчета усилий и мощностей основных приводов карьерного экскаватора

*Представлено i uzasadniono analityczne zależności, wiążące parametry geometryczne niezbędne do obliczeń siły i mocy głównych napędów koparki odkrywkowej z parametrami konstrukcyjnymi maszyny i parametrami przodka – wysokością przodka (usypu) i wysokością wyladunku. Wykorzystanie tych zależności znacznie ułatwia i przyspiesza obliczenia eksploatacyjne, ponieważ wyklucza obecność elementów rozwiązania graficznego.*

*Приведены и обоснованы аналитические зависимости, связывающие геометрические параметры, необходимые для расчета усилий и мощностей основных приводов карьерного экскаватора с конструктивными параметрами машины и параметрами забоя – высотой забоя (развала) и высотой разгрузки. Использование этих зависимостей значительно облегчает и ускоряет эксплуатационные расчеты, так как исключает наличие элементов графического решения.*

#### 1. WPROWADZENIE

---

Aby obliczyć siłę i moc głównych napędów koparki odkrywkowej oraz określić masę przeciwwagi należy znać szereg parametrów geometrycznych, określających położenie osprzętu roboczego maszyny przy kopaniu oraz w czasie powrotu na załadunek i do przodka [2].

Takimi parametrami geometrycznymi są: kąty nachylenia liny wyciągowej i ramienia; odległości od punktów przyłożenia działających na osprzęt roboczy sił do osi wału tłocznego; odległości od środków mas mechanizmów i konstrukcji do osi obrotu platformy obrotowej.

Tradycyjnie wielkości te określone są graficznie z wykorzystaniem schematu osprzętu roboczego koparki w przodku i skalowane. W danej pracy zaproponowano metodykę obliczeń analitycznych paramet-

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

---

Для расчета усилий и мощностей основных приводов карьерного экскаватора, а также определения массы противовеса необходимо знать ряд геометрических параметров, определяющих положение рабочего оборудования машины при копании, а также в периоды поворотов на разгрузку и в забой [2].

Такими геометрическими параметрами являются: углы наклона подъемного каната и рукояти; расстояния от точек приложения действующих на рабочее оборудование сил до оси напорного вала; расстояния от центров масс механизмов и конструкций до оси вращения поворотной платформы.

Традиционно эти величины определяют графически, используя схемы рабочего оборудования лопаты в забое, выполненные с соблюдением

trów geometrycznych, pozwalającą całkowicie wykluczyć elementy graficznego rozwiązania w obliczeniach eksploatacyjnych mechanicznych koparek odkrywkowych [1, 3].

## 2. ОПИС ПАРАМЕТРÓВ ГЕОМЕТРИЧНЫХ

Aby wykazać zależności określające poszukiwane parametry geometryczne przyjęto dwie hipotezy.

1. W chwili rozpoczęcia kopania ramię pionowe, zęby czerpaka znajdują się na poziomie pozycji koparki.
2. Trajektoria kopania – łuk okręgu, czyli wielkość zagłębienia się czerpaka – nie ma zauważalnego wpływu na wysięg ramienia.

Dla dowolnej pozycji czerpaka w stosunku do przodka przy urabianiu skały długość przedniej (wysuniętej z łożyska siodłowego) części ramienia będzie obliczana ze wzoru:

$$L_{Lr.przed.} = H_w + L_{cz.} + t, \quad (1)$$

gdzie

$H_w$  – wysokość wału tłocznego, m,

$L_{cz.}$  – długość czerpaka, m,

$t$  – wielkość zagłębienia czerpaka (grubość wiórów urobku).

Odpowiednio tylna, newsunięta do łożyska siodłowego część ramienia będzie następująca:

$$L_{r.tyl.} = L_r - H_w + L_{cz.} - t, \quad (2)$$

Wielkość zagłębienia  $t$  czerpaka wpływa na wysięg ramienia nieznacznie, dlatego w ramach przyjętej hipotezy o tym, że trajektorią ścinania jest łuk okręgu, wielkość  $t$  jest pomijana. Uwzględniając powyższe otrzymuje się:

$$L_{r.przed.} = H_w - L_k, \quad (3)$$

$$L_{r.tyl.} = L_r - H_w + L_{cz.} \quad (4)$$

Analizując konstrukcje koparek produkcji „IZ-KARTEX”, można przyjąć, że łożysko siodłowe znajduje się w odległości  $0,4 L_w$  od stopy wysięgnika ( $L_w$  – długość wysięgnika). Wówczas wysokość wału tłocznego może być obliczona ze wzoru:

масштаба. В данной работе предложена методика аналитического расчета геометрических параметров, позволяющая полностью исключить элементы графического решения в эксплуатационных расчетах карьерных механических лопат [1, 3].

## 2. ОПИСАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Для вывода зависимостей, определяющих искомые геометрические параметры, приняты два допущения.

1. В момент начала копания рукоять вертикальна, зубья ковша находятся на уровне стоянки экскаватора.
2. Траектория копания представляет собой дугу окружности, т.е. величина заглубления ковша не оказывает заметного влияния на вылет рукояти.

Для любого положения ковша относительно забоя при черпании породы длина передней (выдвинутой из седлового подшипника) части рукояти будет определяться из выражения:

$$L_{p.пер} = H_b + L_k + t \quad (1)$$

где

$H_b$  – высота напорного вала, м,

$L_k$  – длина ковша, м,

$t$  – величина заглубления ковша (толщина стружки).

Соответственно задняя, не вдвинутая в седловой подшипник часть рукояти будет:

$$L_{p.зад} = L_p - H_b + L_k - t \quad (2)$$

Величина заглубления  $t$  ковша на вылет рукояти влияет незначительно, поэтому в рамках принятого допущения о том, что траектория резания есть дуга окружности, величиной  $t$  пренебрегаем. С учетом вышеизложенного получим:

$$L_{p.пер} = H_b - L_k \quad (3)$$

$$L_{p.зад} = L_p - H_b + L_k \quad (4)$$

Анализируя конструкции карьерных экскаваторов производства «ИЗ-КАРТЭКС», можно принять, что седловой подшипник находится на расстоянии  $0,4L_c$  от пяты стрелы ( $L_c$  – длина стрелы). Тогда высота напорного вала может быть определена из выражения:

$$H_w = h_{sw} + 0,4L_w \sin \alpha_w \quad (5)$$

$$H_b = h_{nc} + 0,4L_c \sin \alpha_c \quad (5)$$

gdzie

$h_{sw}$  – wysokość stopy wysięgnika, m,

$\alpha_w$  – kąt nachylenia wysięgnika, stopnie.

Stosując wyrażenie (5) oraz po podaniu zgodnie ze znanym wzorem empirycznym [2] długości czerpaka poprzez jego pojemność  $E$ , otrzymuje się:

$$L_{r.przed.} = h_{sw} + 0,4L_w \sin \alpha_w - 0,924\sqrt[3]{E}, \quad (6)$$

$$L_{r.tyl.} = L_r - h_{sw} - 0,4L_w \sin \alpha_w + 0,924\sqrt[3]{E}. \quad (7)$$

Rozpatrzmy dowolną pozycję ramienia przy urabianiu (rys. 1).

Na rys. 1 punkt  $O$  odpowiada osi wału tłoczego, punkt  $D$  – pozycji zębów czerpaka. Przy tym  $OD = L_{r.przed.} + L_{cz}$ ,  $FD = H_w - H$ , gdzie  $H$  – wysokość przodka. Z trójkąta  $ODF$  wylicza się  $\gamma_r$  – kąt nachylenia ramienia do poziomu podczas urabiania.

где

$h_{nc}$  – высота пяты стрелы, м,

$\alpha_c$  – угол наклона стрелы, рад.

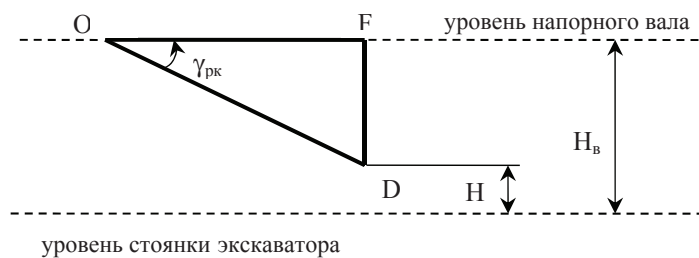
Используя выражение (5), а также выразив по известной эмпирической формуле [2] длину ковша через его вместимость  $E$ , получим:

$$L_{p.пер} = h_{nc} + 0,4L_c \sin \alpha_c - 0,924\sqrt[3]{E}, \quad (6)$$

$$L_{p.зад} = L_p - h_{nc} - 0,4L_c \sin \alpha_c + 0,924\sqrt[3]{E} \quad (7)$$

Рассмотрим произвольное положение рукояти при черпании (рис. 1).

На рис. 1 точка  $O$  соответствует оси напорного вала, точка  $D$  – положению зубьев ковша. При этом  $OD = L_{p.пер} + L_k$ ,  $FD = H_b - H$ , где  $H$  – высота забоя. Из треугольника  $ODF$  определим  $\gamma_{pk}$  – угол наклона рукояти к горизонтали при копании.



Rys. 1. Schemat obliczania kąta nachylenia ramienia do poziomu  
 Рис. 1 Схема к определению угла наклона рукояти к горизонтали

$$\sin \gamma_r = \frac{FD}{OD} = \frac{H_w - H}{L_{r.przed.} + L_{cz}} = \frac{H_w - H}{H_w} = 1 - \frac{H}{H_w},$$

$$\sin \gamma_r = 1 - \frac{H}{h_{sw} + 0,4L_w \sin \alpha_w}, \quad (8)$$

$$\gamma_r = \arcsin\left(1 - \frac{H}{h_{sw} + 0,4L_w \sin \alpha_w}\right). \quad (9)$$

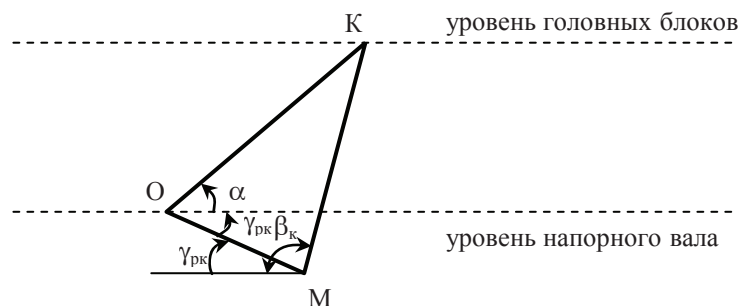
Określmy  $\beta_l$  – kąt nachylenia liny wyciągowej podczas urabiania. W tym celu rozpatrzmy trójkąt OKM (rys. 2).

$$\sin \gamma_{pk} = \frac{FD}{OD} = \frac{H_b - H}{L_{p.пер} + L_k} = \frac{H_b - H}{H_b} = 1 - \frac{H}{H_b},$$

$$\sin \gamma_{pk} = 1 - \frac{H}{h_{nc} + 0,4L_c \sin \alpha_c}, \quad (8)$$

$$\gamma_{pk} = \arcsin\left(1 - \frac{H}{h_{nc} + 0,4L_c \sin \alpha_c}\right). \quad (9)$$

Определим  $\beta_k$  – угол наклона подъемного каната при копании. Для этого рассмотрим треугольник  $OKM$  (рис. 2).



Rys. 2. Schemat obliczania kąta nachylenia lin wyciągowych do poziomu  
 Рис. 2 Схема к определению угла наклона подъемных канатов к горизонтали

Na rys. 2 punkt  $O$  odpowiada osi wału tłocznego, punkt  $K$  – blokowi czołowemu, punkt  $M$  – punkt mocowania liny wyciągowej do dźwigni czerpaka.

$$OM = L_{r.przed} = H_w - L_1.$$

Z kolei, kąty trójkąta  $OKM$  mogą być wyliczone z kąta nachylenia wsiężnika, kąta nachylenia ramienia i kąta nachylenia lin wyciągowych

$$\angle KOM = \gamma_r + \alpha_w,$$

$$\angle KMO = \beta_1 - \gamma_r,$$

$$\angle OKM = \pi - (\angle KMO - \angle KOM) = \pi - (\gamma_r + \alpha_w + \beta_1 - \gamma_r)$$

$$\angle OKM = \pi - \alpha_w - \beta_1.$$

Stosując wzór na tangens można zapisać:

$$\operatorname{tg}(\pi - \alpha_w - \beta_1) = \frac{(H_w - L_{cz}) \sin(\gamma_r + \alpha_w)}{0,6L_w + R_b - (H_w - L_{cz}) \cos(\gamma_r + \alpha_w)}.$$

Po wyrażeniu kąta nachylenia lin wyciągowych do poziomu przez odwrotną funkcję trygonometryczną otrzymuje się:

$$\beta_1 = \pi - \alpha_w - \operatorname{arctg} \frac{(H_w - L_{cz}) \sin(\gamma_r + \alpha_w)}{0,6L_w + R_b - (H_w - L_{cz}) \cos(\gamma_r + \alpha_w)} \quad (10)$$

Pomijając grubość wiórów urobku i stosując wcześniej otrzymane wyrażenia, określimy odległości od punktów przyłożenia odpowiednio stycznej składowej siły oporu skały, siły wyciągania, siły ciężkości czerpaka z urobkiem, siły ciężkości ramienia do osi wału tłocznego w czasie urabiania.

$$r_{1cz} = L_{r.przed} + L_{cz} = H_w = h_{st} + 0,4L_w \sin \alpha_w, \quad (11)$$

$$r_{2cz} = L_{r.przed} = h_{st} + 0,4L_w \sin \alpha_w - 0,924\sqrt[3]{E}, \quad (12)$$

$$r_{3cz} = L_{r.przed} + 0,5L_{cz} = h_{st} + 0,4L_w \sin \alpha_w - 0,462\sqrt[3]{E}, \quad (13)$$

$$r_{4cz} = L_{r.przed} - 0,5L_r = h_{st} + 0,4L_w \sin \alpha_w - 0,924\sqrt[3]{E} - 0,5L_w. \quad (14)$$

W analogiczny sposób otrzymano wyrażenia do obliczania kątów nachylenia liny wyciągowej i ramienia do poziomu, odległości od punktów przyłożenia działających na osprzęt roboczy sił do osi wału tłocznego w czasie obrotów na rozładunek i do przodka, które są niezbędne do obliczeń napędów wyciągania i naporu oraz wyrażenia do obliczania odległości od środków mas mechanizmów i konstrukcji do osi obrotu platformy obrotowej, które są niezbędne do obliczenia napędu obrotu [1]. Opuszczając pośrednie obliczenia matematyczne, przedstawimy tylko rezultat końcowy.

На рис. 2 точка  $O$  соответствует оси напорного вала, точка  $K$  – головному блоку, точка  $M$  – точка крепления подъемного каната к коромыслу ковша.

$$OM = L_{p.пер} = H_b - L_k.$$

В свою очередь, углы треугольника  $OKM$  могут быть определены через угол наклона стрелы, угол наклона рукояти и угол наклона подъемных канатов.

$$\angle KOM = \gamma_{pk} + \alpha_c.$$

$$\angle KMO = \beta_k - \gamma_{pk},$$

$$\angle OKM = \pi - (\angle KMO - \angle KOM) = \pi - (\gamma_{pk} + \alpha_c + \beta_k - \gamma_{pk})$$

$$\angle OKM = \pi - \alpha_c - \beta_k.$$

Используя формулу тангенсов, можем записать:

$$\operatorname{tg}(\pi - \alpha_c - \beta_k) = \frac{(H_b - L_k) \sin(\gamma_{pk} + \alpha_c)}{0,6L_c + R_b - (H_b - L_k) \cos(\gamma_{pk} + \alpha_c)}.$$

Выразив угол наклона подъемных канатов к горизонтали через обратную тригонометрическую функцию, получим:

$$\beta_k = \pi - \alpha_c - \operatorname{arctg} \frac{(H_b - L_k) \sin(\gamma_{pk} + \alpha_c)}{0,6L_c + R_b - (H_b - L_k) \cos(\gamma_{pk} + \alpha_c)} \quad (10)$$

Пренебрегая толщиной стружки и используя ранее полученные выражения, определим расстояния от точек приложения соответственно касательной составляющей силы сопротивления породы копанию, усилия подъема, силы тяжести ковша с породой, силы тяжести рукояти до оси напорного вала в период копания.

$$r_{1к} = L_{p.пер} + L_k = H_b = h_{пс} + 0,4L_c \sin \alpha_c, \quad (11)$$

$$r_{2к} = L_{p.пер} = h_{пс} + 0,4L_c \sin \alpha_c - 0,924\sqrt[3]{E}, \quad (12)$$

$$r_{3к} = L_{p.пер} + 0,5L_k = h_{пс} + 0,4L_c \sin \alpha_c - 0,462\sqrt[3]{E}, \quad (13)$$

$$r_{4к} = L_{p.пер} - 0,5L_p = h_{пс} + 0,4L_c \sin \alpha_c - 0,924\sqrt[3]{E} - 0,5L_c \quad (14)$$

Аналогичным образом были получены выражения для определения углов наклона подъемного каната и рукояти к горизонтали, расстояний от точек приложения действующих на рабочее оборудование сил до оси напорного вала в периоды поворотов на разгрузку и в забой, необходимых для расчета приводов подъема и напора, а также выражения для определения расстояний от центров масс механизмов и конструкций до оси вращения поворотной платформы, необходимых для расчета привода поворота [1]. Пропуская промежуточные математические выкладки, приведем лишь конечный результат.

Kąt nachylenia ramienia do poziomu:

$$\gamma_{rr} = \arctg \frac{h_{sw} + 0,4L_w \sin \alpha_w - H_r - 0,9\sqrt[3]{E}}{R_r - r_{sw} - 0,4L_w \cos \alpha_w}, \quad (15)$$

gdzie:

$H_r, R_r$  – odpowiednio wysokość i promień rozładunku, m,

$r_{sw}$  – promień stopy wysięgnika, m.

Odległości od punktów przyłożenia odpowiednio siły wyciągania, siły ciężkości czerpaka z urobkiem (lub pustego czerpaka), siły ciężkości ramienia do osi wału tłocznego:

$$r_{2r} = L'_{r.przed} = \frac{R_r - r_{sw} - 0,4L_w \cos \alpha_w - 0,462\sqrt[3]{E}}{\cos \gamma_{rr}}, \quad (16)$$

$$r_{3r} = L_{r.przed} + 0,5L_{cz} = \frac{R_r - r_{sw} - 0,4L_w \cos \alpha_w}{\cos \gamma_{rr}}, \quad (17)$$

$$r_{4r} = L'_{r.przed} - 0,5L_r = \frac{R_r - r_{sw} - 0,4L_w \cos \alpha_w - 0,462\sqrt[3]{E} - 0,5L_r}{\cos \gamma_{rr}}. \quad (18)$$

Kąt nachylenia liny wyciągowej do poziomu:

$$\beta_r = \pi - \alpha_w - \arctg \frac{r_{2r} \sin(\alpha_w + \gamma_{rr})}{0,6L_w + R_b - r_{2r} \cos(\alpha_w + \gamma_{rr})}. \quad (19)$$

Odległości od środków mas odpowiednio mechanizmu naporu, wysięgnika, czerpaka i ramienia do osi obrotu platformy obrotowej:

$$r_n \approx r_{sw}, \quad (20)$$

$$r_w = r_{sw} + 0,5L_w \cos \alpha_w, \quad (21)$$

$$r_{cz} = R_r, \quad (22)$$

$$r_r = R_r - (0,462\sqrt[3]{E} - 0,5L_r) \cos \gamma_{rr}. \quad (23)$$

Należy podkreślić, że przy obliczeniu siły naporu [1] znak przed składnikami, zawierającymi  $\sin \gamma_r$ ,  $\sin \gamma_{rr}$  będzie uzyskiwany automatycznie w procesie wyliczania wielkości  $\gamma_r$ ,  $\gamma_{rr}$  (wzory 9 i 15) pod warunkiem, że przed nawiasem będzie stał znak minus. Na przykład, podczas kopania lub rozładunku na wysokości, wartości  $\gamma_r$  i  $\gamma_{rr}$  mniejszej wysokości wału tłocznego obliczone według wzorów (9) i (15) będą dodatnie, a składniki we wzorach do obliczania sił, w których się znajdują – ujemne. W rzeczywistości, w tych przypadkach styczne składowe siły ciężkości czerpaka, skały w czerpaku i ramienia będą skierowane w stronę przodka (lub miejsca rozładunku), zmniejszając tym samym czynną siłę naporu. Podczas kopania lub rozładunku na wysokości, wielkości  $\gamma_r$  i  $\gamma_{rr}$  dużej wysokości wału tłocznego będą ujemne, a zawierające je składniki – dodatnie, co również posiada sens fizyczny.

Угол наклона рукояти к горизонтали:

$$\gamma_{pp} = \arctg \frac{h_{nc} + 0,4L_c \sin \alpha_c - H_p - 0,9\sqrt[3]{E}}{R_p - r_{nc} - 0,4L_c \cos \alpha_c}, \quad (15)$$

где:

$H_p, R_p$  – соответственно высота и радиус разгрузки, м,

$r_{nc}$  – радиус пяты стрелы, м.

Расстояния от точек приложения соответственно усилия подъема, силы тяжести ковша с породой (или порожнего ковша), силы тяжести рукояти до оси напорного вала:

$$r_{2p} = L'_{p.пер} = \frac{R_p - r_{nc} - 0,4L_c \cos \alpha_c - 0,462\sqrt[3]{E}}{\cos \gamma_{pp}}, \quad (16)$$

$$r_{3p} = L_{p.пер} + 0,5L_k = \frac{R_p - r_{nc} - 0,4L_c \cos \alpha_c}{\cos \gamma_{pp}}, \quad (17)$$

$$r_{4p} = L'_{p.пер} - 0,5L_p = \frac{R_p - r_{nc} - 0,4L_c \cos \alpha_c - 0,462\sqrt[3]{E} - 0,5L_p}{\cos \gamma_{pp}}. \quad (18)$$

Угол наклона подъемного каната к горизонтали:

$$\beta_p = \pi - \alpha_c - \arctg \frac{r_{2p} \sin(\alpha_c + \gamma_{pp})}{0,6L_c + R_b - r_{2p} \cos(\alpha_c + \gamma_{pp})}. \quad (19)$$

Расстояния от центров масс соответственно механизма напора, стрелы, ковша и рукояти до оси вращения поворотной платформы:

$$r_n \approx r_{nc}, \quad (20)$$

$$r_c = r_{nc} + 0,5L_c \cos \alpha_c, \quad (21)$$

$$r_k = R_p, \quad (22)$$

$$r_p = R_p - (0,462\sqrt[3]{E} - 0,5L_p) \cos \gamma_{pp}. \quad (23)$$

Следует отметить, что при расчете подъемных и напорных усилий [1] знак перед слагаемыми, содержащими  $\sin \gamma_{рк}$ ,  $\sin \gamma_{рр}$  будет получаться автоматически в процессе вычисления величин  $\gamma_{рк}$ ,  $\gamma_{рр}$  (см. формулы 9 и 15) при условии, что перед скобкой будет стоять знак минус. Например, при копании или разгрузке на высоте, меньшей высоты напорного вала вычисленные по формулам 9 и 15 значения  $\gamma_{рк}$  и  $\gamma_{рр}$  будут положительны, а слагаемые в формулах для расчета усилий, их содержащие – отрицательны. Действительно, в этих случаях тангенциальные составляющие сил тяжести ковша, породы в ковше и рукояти будут направлены в сторону забоя (или места разгрузки), уменьшая тем самым активное усилие напора. При копании или разгрузке на высоте, большей высоты напорного вала величины  $\gamma_{рк}$  и  $\gamma_{рр}$  будут отрицательны, а содержащие их слагаемые – положительны, что также имеет физический смысл.

### 3. PODSUMOWANIE

Zaproponowane zależności analityczne, wiążące kąty nachylenia liny wyciągowej i ramienia, odległości od punktów przyłożenia działających na osprzęt roboczy sił do osi wału tłocznego koparki i odległości od środków mas mechanizmów i konstrukcji do osi obrotów platformy obrotowej z parametrami przodka i podstawowymi konstrukcyjnymi parametrami bazowej maszyny, pozwalają prowadzić obliczenia eksploatacyjne sił i mocy głównych napędów koparki odkrywkowej w sposób analityczny, wykluczając pracochłonną operację budowania i analizy skalowanych schematów osprzętu roboczego koparki odkrywkowej w przodku i podczas rozładunku czerpaka.

Wykorzystanie danych zależności umożliwiło autorowi na opracowanie metodyki i na jej podstawie pakietu programów komputerowych, pozwalających dla zadanego typu koparki, parametrów przodka, właściwości eksploatowanej skały, parametrów środków transportu obliczać kinematyczne, siłowe, energetyczne i eksploatacyjne wskaźniki pracy kompleksu koparko-transportowego – prędkość wyciągania, urabiania, obrotu; siły wyciągania i naporu; średnie moce silników mechanizmów wyciągania, naporu, obrotu i silnika sieciowego; czas cyklu wydobywania; wydajność eksploatacyjną; jednostkowe zużycie energii na wydobywanie, transport i łączne, minimalną i maksymalną masę przeciwwagi.

#### Literatura

1. *Kuvshinkin S.Ju.*: Opriedielenije racionalnykh konstruktivnykh parametrov rabocheho oborudovaniya kariernogo ekskavatora w sisteme ekskavatorno-transportnogo kompleksa: diss.... dr nauk technicznych – SPb, 1999. – 200 s.)
2. *Poderni R.Ju.*: Mechanicheskoe oborudovanie karierow: uchebnik dla wuzow. – 6-e izd., pererab. i dop. – M.: MGGU, 2007. – 680 s.)
3. *Kuvshinkin S. Y., Belikov A.A.*: Wybor racionalnogo tipa kariernogo ekskavatora dla zadannykh usloviy ekspluatatsii w sostawe ekskavatorno-awtomobilnogo kompleksa // Oswojenie mineralnykh resursow Sewiera: problemy i reszenija: Trudy 8 miezduнародnoy nauczno-prakticzeskoj konferencii. – Vorkuta.: VGI, 2010, str. 290-293).

### 3. РЕЗЮМЕ

Предложенные аналитические зависимости, связывающие углы наклона подъемного каната и рукояти, расстояния от точек приложения действующих на рабочее оборудование сил до оси напорного вала экскаватора и расстояния от центров масс механизмов и конструкций до оси вращения поворотной платформы с параметрами забоя и основными конструктивными параметрами базовой машины позволяют производить эксплуатационные расчеты усилий и мощностей основных приводов карьерного экскаватора аналитически, исключив трудоемкую операцию построения и анализа масштабных схем рабочего оборудования карьерного экскаватора в забое и при разгрузке ковша.

С использованием данных зависимостей автором была разработана методика и на ее основе пакет компьютерных программ, позволяющих для заданного типа экскаватора, параметров забоя, свойств разрабатываемой горной массы, параметров транспортных средств определять кинематические, силовые, энергетические и эксплуатационные показатели работы экскаваторно-транспортного комплекса – скорости подъема, напора, поворота; усилия подъема и напора; средневзвешенные мощности двигателей механизмов подъема, напора, поворота и сетевого двигателя; время цикла экскавации; эксплуатационную производительность; удельные энергозатраты на экскавацию, транспортирование и суммарные, минимальную и максимальную массы противовеса.

#### Литература

1. *Кувшинкин С.Ю.*: Определение рациональных конструктивных параметров рабочего оборудования карьерного экскаватора в системе экскаваторно-транспортного комплекса: дисс.... канд. техн. наук. – СПб, 1999. – 200 с.
2. *Подэрни Р.Ю.*: Механическое оборудование карьеров: учебник для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ, 2007. – 680 с.
3. *Кувшинкин С.Ю., Беликов А.А.*: Выбор рационального типа карьерного экскаватора для заданных условий эксплуатации в составе экскаваторно-автомобильного комплекса // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 8-й международной научно-практической конференции. – Воркута.: ВГИ, 2010, С. 290-293.

### DETERMINATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS FOR CALCULATING FORCE AND CAPACITY OF MAJOR MINING SHOVELS DRIVE

Presented and validated analytical expressions relating the geometric parameters needed to calculate the force and capacity of major mining shovels drive with the design parameters of the machine and face parameters - face height and dump heights. The use of these relationships is much easier and quicker operational calculations, as it excludes the presence of elements of graphic solutions.