

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СИЛИТЕ И РЕАКЦИИТЕ В РАБОТНИЯ ОРГАН НА ХИДРАВЛИЧЕН ЕДНОКОФОВ БАГЕР ТИП O&K RH 200 C

Иван Минин¹

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: minin@dir.bg

РЕЗЮМЕ. Създадена е методика за определяне на силите и опорните реакции в характерни точки от работния орган на хидравличен еднокофов багер тип „права лопата“. Избран е хидравличен еднокофов багер тип „O&K RH 200 C“ поради това, че тази машина се използва в големите открити рудници в България.

METHODS THAT DETERMINE POWERS AND REACTIONS IN THE WORKING ORGAN OF HYDRAULIC ONE BUCKET EXCAVATOR TYPE O&K RH 200 C.

Ivan Minin¹

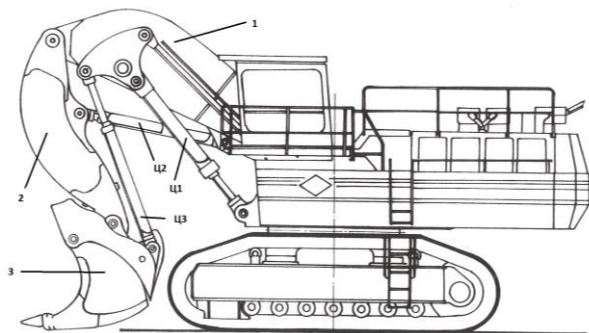
¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: minin@dir.bg

ABSTRACT. Methods that determine powers and support reactions in typical points of working organ of hydraulic one bucket excavator, "shovel" type. We have chosen hydraulic one bucket excavator type O&K RH 200 C since this machine is used in big opencast mines in Bulgaria.

Благодарение на трезвената конструкция на стрелата хидравличните багери осигуряват копаене с максимално усилие на всякаква височина на внедряване на кофата.

Освен традиционното им използване при изкопни работи в жилищното и пътното строителство и при прокарване на напоителни канали, през последните години хидравличните багери навлязоха в откритите рудници, където замениха морално и физически остарелите въжено-механични багери.

Такива машини се използват в най-големите невъглищни открити рудници, като техен представител е хидравличния еднокофов багер O&K RH 200 C, с обем на кофата 25 m³. Разглеждания в настоящата статия багер O&K RH 200 C е показан на фиг. 1



Фиг. 1. Общ вид на багер O&K RH 200 C

Работното оборудване на машината се състои от три основни звена: стрела 1, ръка 2 и кофа 3, свързани последователно със самостоятелни шарнирни връзки позволяващи завъртането им едно спрямо друго. Движението на елементите на работния орган се осъществява от три двойки хидравлични цилиндъра: Ц₁, Ц₂ и Ц₃.

В процеса на срязване (Фиг. 2) на поредната стружка върху режещия ръб на зъбите кофата (точка N), действат следните сили:

1. Тангенциална сила P_t^1 , насочена по допирателната към траекторията на движение на предния режещ ръб на зъбите на кофата в посока, обратна на това движение. При хидравличните багери ъгълът на рязане е в диапазона 30° ÷ 40°. Отчитайки този ъгъл при пресмятане на тангенциалната сила можем да използваме формулата:

$$P_t^1 = K_F \cdot K_o \cdot b \cdot \delta, N, \quad (1)$$

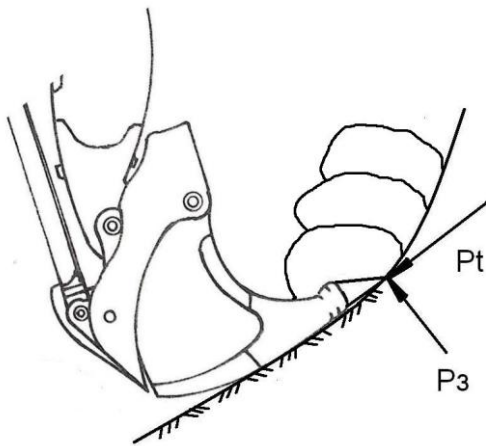
където:

K_F е специфичното съпротивление на скалите при копаене, Pa . $K_F = (0,226 \div 0,292) MPa$ - за добре взривена скала.

b - ширина на срязваната стружка, m . Този параметър зависи от широчината на кофата на багера;

δ - дебелина на срязваната стружка, m ;

K_o е корекционен коефициент, отчитащ ъгъла на рязане. Стойностите му са в диапазона $K_o = (0,7 \div 0,8)$.



Фиг. 2. Сили действащи на предния режещ ръб на зъбите на кофата

2. Нормална сила P_3 (реакция на забоя), N. Пресмята се по формулата:

$$P_3 = \psi \cdot P_t^1, N, \quad (2)$$

където:

ψ е коефициент, отчитащ съотношението между нормалната и тангенциалната сила. Стойността му зависи от физико-механичните свойства на скалите и обикновено е в интервала $\psi = (0,2 \div 0,5)$, като по-ниските стойности са за по-меки скали.

3. Сила на триене $P_3 f$. Нормалната реакция на забоя P_3 създава сила на триене, приложена в същата точка в която действа тангенциалната и действаща по допирателната в посока, обратна на движението на работния орган. С отчитането ѝ, пълното тангенциално съпротивление се определя от израза:

$$P_t = P_t^1 + P_3 f = K_F \cdot K_O \cdot b \cdot \delta + K_F \cdot K_O \cdot b \cdot \delta \cdot \psi \cdot f = K_F \cdot K_O \cdot b \cdot \delta (1 + \psi \cdot f), N \quad (3)$$

където:

f е коефициент на триене на кофата в масива. Стойностите му са в диапазона: $f = (0,2 \div 0,25)$.

При работа на багера върху елементите на работния орган действат резултатната сила на копаене и гравитационните товари, представляващи теглата на отделните звена на изпълнителния орган, които реакции трябва да бъдат еднозначно определени.

Масовите центрове се приемат, както следва:

- масовият център на хидравличните цилиндри се приема в средата на същите, като при изчисляване на съответния елемент теглото на цилиндрите се приема, че се разпределя равномерно върху шарнирите, на които е окачен;

- теглата на ръката, стрелата и кофата се приемат в средата на отсечките, определени от шарнирите в двата им края, съответно на ръката АК, на стрелата АЕ, на кофата КН.

Тези приемания не биха довели до голяма грешка, поради това, че теглата на цилиндрите са относително малки в сравнение с теглата на останалите елементи.

На фиг. 3 е дадена адаптирана схема на работния орган на хидравличния багер, при което са известни следните величини:

- двойките координати X, Z на всички шарнирни връзки (А, В, С, D, Е, F, S, M, P, Q, L, K);
- тангенциалната сила на копаене P_t (формула 3);
- теглото на кофата G_K (звено KLN), на ръката G_P (звено EK) и на стрелата G_C (звено AE) и теглата на двойките цилиндри G_1, G_2, G_3 .

Теглото на материала се определя по формулата:

$$G_M = g \cdot V_K \cdot \rho \cdot K_P \cdot N \quad (4)$$

където:

V_K, m^3 е обем на кофата;

$\rho, kg/m^3$ - плътност на материала;

K_P - коефициент на разбухване.

С багера се свързва относителна пространствена Декартова координатна система OXYZ, ориентирана така, че: ос OZ съвпада с оста на въртене на горния строеж а, ос OX лежи в равнината на стоене на багера.

Приема се, че ъгълът, който даден вектор (например r_{AB} (AB)) сключва с положителното направление на абсцисната ос OX, се означава със символа φ_{AB} .

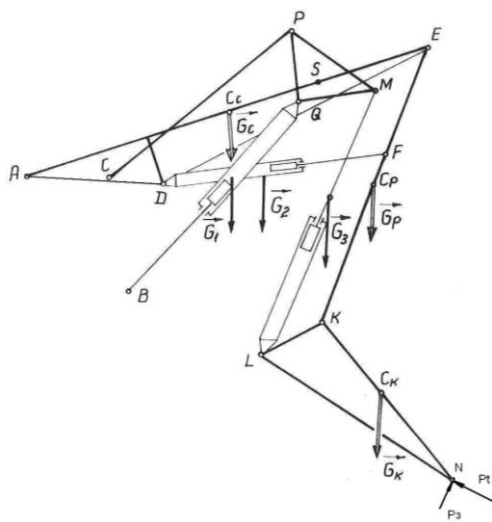
Разглеждат се положението на работния орган при връзване на празна кофата в масива на нивото, на равнината на стоене на багера.

Тъй като, нормално багерът копае чрез завъртане на кофата заедно с ръката около шарнира Е, то директрисата на реакцията на забоя P_3 се приема да съвпада с направлението NE, като посоката на силата е от т. N към т. Е. Тангенциалната сила на копаене P_t , породена от срязването на стружката е приложена в т. N, перпендикулярно на направлението NE в посока отгоре надолу.

Координатите на приложените точки $C_K(x_K, z_K)$, $C_P(x_P, z_P)$ и $C_C(x_C, z_C)$ съответно на теглата G_K, G_P и G_C са определени предварително и са известни.

Разглеждаме тялото KLN (Фиг. 4), което представлява кофата на багера. На точка N действа силата P_t и P_3 , чийто директриси и посоки вече са определени.

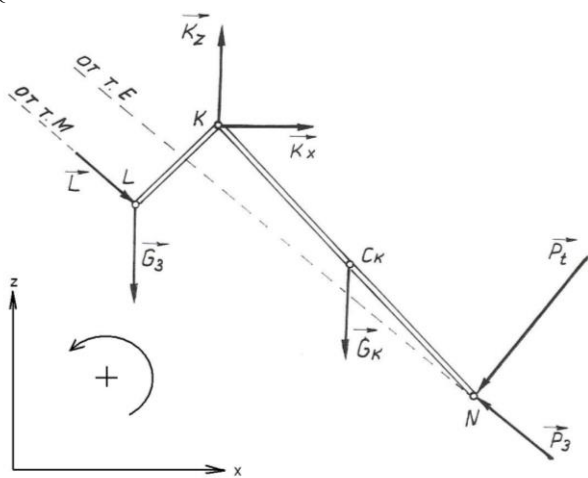
В шарнира L действа силата L, която представлява сила в буталния прът на цилиндъра Цз и има посока на вектора ML, а в шарнира K има реакция разложена по двете оси на координатната система.



Фиг. 3. Адаптивна схема на работния орган със силите на тежестта на елементите на работния орган

В условията на равномерно движение тялото KLN е в равновесие. Следователно може да се запише следната система от уравнения:

$$\begin{cases} \sum X_i = 0; -P_3x - P_t x + Lx + Kx = 0 \\ \sum Z_i = 0; P_3z - P_t z - G_K - G_3 - Lz + Kz = 0 \\ \sum M_{K_i} = 0; -P_3x(z_K - z_N) - P_t x(z_K - z_N) + \\ + Lx(z_K - z_L) + P_3z(x_N - x_K) - P_t z(x_N - x_K) + \\ + Lz(x_N - x_K) - G_K(x_{C_K} - x_K) + G_3(x_K - x_L) = 0 \end{cases} \quad (5)$$



Фиг. 4. Сили действащи на кофата на багера

Тази система е от три уравнения и за да бъде решена, трябва неизвестните да бъдат сведени до три. Това може да стане по следния начин. Хоризонталната и вертикалната съставна на силата в буталните пръти на хидравличните цилиндри Ц1 могат да бъдат заместени със силата в пръта по следния начин:

$$Lx = L \cos \varphi_{LM}, N \quad (6)$$

$$Lz = L \sin \varphi_{LM}, N \quad (7)$$

Същото се отнася и за хоризонталните и вертикални проекции на силите действащи на предния режещ ръб на зъбите на кофата на багера.

$$P_{3X} = P_3 \cos(180^\circ - \varphi_{NE}), N \quad (8)$$

$$P_{3Z} = P_3 \sin(180^\circ - \varphi_{NE}), N \quad (9)$$

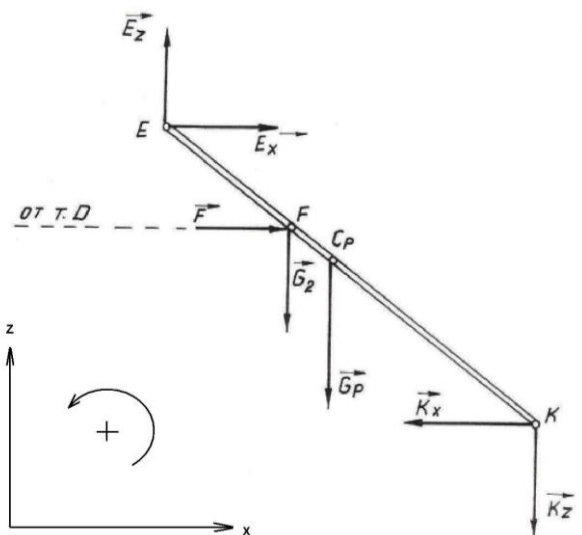
$$P_{tX} = P_t \cos(\varphi_{NE} - 90^\circ), N \quad (10)$$

$$P_{tZ} = P_t \sin(\varphi_{NE} - 90^\circ), N \quad (11)$$

Замествайки (6), (7), (8), (9), (10) и (11) в системата от уравнения (5), тя става с три неизвестни - L , Kx и Kz , като определянето им е елементарно от гледна точка на математиката.

Следва да се разгледа тялото EFK (фиг. 5).

В шарнира F действа сила F , която представлява сила в буталния прът на цилиндър Ц2. В точка K действат реакциите по двете оси на координатната система, като за ръката те са акции и са си сменили посоката.



Фиг. 5. Сили действащи на ръката на багера

В условията на равномерно движение, тялото EFK е в равновесие. Следователно можем да се запише нова система от три уравнения:

$$\begin{cases} \sum X_i = 0; -K_x + F_x + E_x = 0 \\ \sum Z_i = 0; -K_z - G_p - G_2 + F_z + E_z = 0 \\ \sum M_{E_i} = 0; -K_x(z_E - z_K) + F_x(z_E - z_F) - \\ - K_z(x_E - x_K) - G_p(x_E - x_{C_P}) - \\ - G_2(x_E - x_C) + F_z(x_E - x_F) = 0 \end{cases} \quad (12)$$

И тази система от уравнения е с три неизвестни след преобразуването на хоризонталните и вертикални съставни на силата в хидравличния цилиндър Ц2.

$$\begin{aligned} F_x &= F \cos \varphi_{DF}, N \\ F_z &= F \sin \varphi_{DF}, N \end{aligned} \quad (13)$$

Замествайки (13) в системата от уравнения (12), тя става с три неизвестни - F , E_x и E_z , като определянето им става чрез известните ни от математиката методи.

Следващото тялото ADE (Фиг. 6), което подлежи на разглеждане е стрелата на багера.

На шарнира S действа силата S , която представлява сила в буталния прът на цилиндър Ц₁. На шарнира Д действа сила, равна по големина и обратна по посока на силата F . В точка се появяват опорни реакции, които също са проектирани по двете оси на координатната система.

В условията на равномерно движение тялото ADE е в равновесие. Следователно може да се запише следната система от уравнения:

$$\begin{cases} \sum X_i = 0; -E_x + S_x + A_x = 0 \\ \sum Z_i = 0; -E_z + S_z - D_z - G_1 - G_2 - G_C + A_z = 0 \\ \sum M_{Ai} = 0; +E_x(z_E - z_K) + S_x(z_S - z_A) - \\ - D_x(x_D - x_A) - E_z(x_E - x_A) + D_z(x_D - x_A) - \\ - G_1(x_S - x_A) + G_2(x_D - x_A) - G_C(x_{C_C} - x_A) = 0 \end{cases} \quad (14)$$

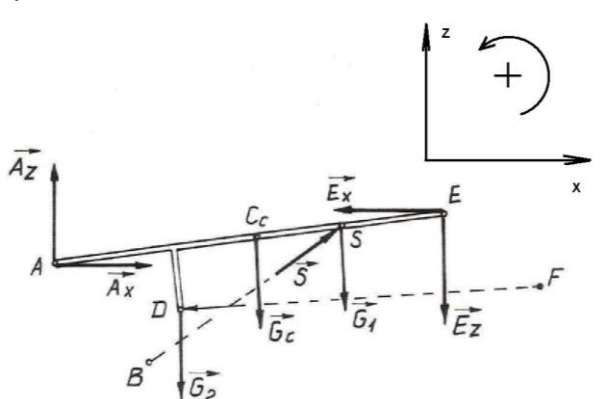
И тази система може да бъде приведена до три неизвестни S , A_z и A_x , които се определят лесно с методите на елементарната математика.

Следва да бъде разглеждано тялото MPQ, (Фиг. 7).

В шарнира М действа сила M , която представлява силата в буталния прът на цилиндъра Ц₃. Тя е равна по големина и обратна по посока на силата L . В шарнира Р действа сила P , която има посока на вектора CP .

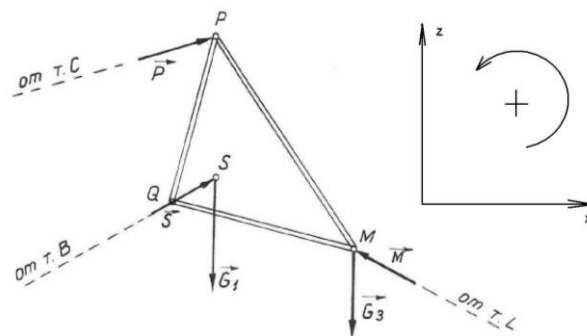
От условието за равновесие може да се напише следната система от две уравнения:

$$\begin{cases} \sum X_i = 0; -M_x + S_x + P_x = 0 \\ \sum Z_i = 0; +M_z + S_z + P_z - G_1 - G_3 = 0 \end{cases} \quad (15)$$



Фиг. 6. Сили действащи на стрелата на багера

Тя става с две лесно определими неизвестни, а именно P_x и P_z .



Фиг. 7. Сили в кобилиците на багера

Изводи

Изчислените сили и реакции са направени при някои предварителни приближения, като например масовия център на хидравличния цилиндър, ръката и стрелата, приети на средата на съответните отсечки.

Най-голяма сила, получена при изчисляването на силите е силата в хидравличните цилиндри $C_1 = 6720 \text{ kN}$. Това се доказва и след направено измерване и запис на налягането на маслото в цилиндрите на багера.

Сравнявайки тази сила с максималната допустима сила в същите хидравлични цилиндри се вижда, че в условията на рудниците „Асарел“ и „Елаците“, те не са натоварени екстремно и работи в сравнително лек режим.

Литература

- Беркман, И. Л. и др. 1971. Одноковшовые экскаваторы и самоходные краны с гидравлическим приводом, Москва, Машиностроение.
- Беркман, И. Л. 1986. Одноковшовые стоительные экскаваторы, Москва, Высшая школа.
- Гаврилов, Н. И. и др. 1980. Гидравлический экскаватор ЭО-4121, Москва, Машиностроение.
- Гоберман, Л. А. 1988. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин, Москва, Машиностроение.
- Дроздов, Н. Е. и др. 1988. Строительные машины и оборудование. Курсовое и дипломное проектирование, Москва, Стройиздат.
- Холодов, А. М. и др. 1986. Проектирование машин для земряных работ, Харьков, Высшая школа.
- Technisches Handbuch Erdbewegung. Ausgabe 1985, Liebherr-Internatinfal AG, 1985.