

ПРОЕКТ НА КОФА С „РАЗДЕЛНО РЯЗАНЕ” НА РОТОРЕН БАГЕР SRS 4000

Николай Динев¹, Райна Вучева²

¹ „Мини Марица Изток” ЕАД, nick@marica-iztok.com

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, r.wutschewa@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Поради незадоволителната работа на използваната в момента кофа на багер SRs 4000 възниква необходимост от разработване на проект на нова кофа. Въз основа на направен анализ на конструктивното изпълнение на настоящата кофа се предлага кофа с т.н. "разделно рязане". Тя работи добре при разработване на забои, както с твърди включения, така и при забои без твърди включения, тъй като изкопаният материал е с по-малка едрина. За нуждите на проектирането и конструирането на новата кофа са направени технологични и якостни изчисления, част от които са показани в настоящата публикация.

Ключови думи: кофа на роторен багер, разделно рязане, технологични изчисления.

DESIGN OF A SEPARATION CUTTING BUCKET OF THE SRS 4000 BUCKET WHEEL EXCAVATOR

Nikolai Dinev¹, Raina Vucheva²

¹ „Mini Maritsa Iztok” EAD, nick@marica-iztok.com

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, r.wutschewa@abv.bg

ABSTRACT: Due to deficiencies in the current performance of the bucket of the SRs 4000 bucket wheel excavator, we have been faced with the necessity of designing a new type of bucket. The constructional execution of the bucket in current use has been analysed. On the basis of the analysis, a bucket is offered that functions on the principle of the so called separation cutting.

The bucket performs well in mining faces with hard inclusions as well as in faces without hard inclusions since the lump size of the excavated material is smaller. For the purposes of the design and construction of the new bucket, engineering and strength calculations were made and part of them are included in this publication.

Key words: wheel excavator bucket, separation cutting, engineering calculations.

Геоложките особености на находището Източно-маришки въглищен басейн, както и голямото разнообразие във физико-механичните свойства на откривката са причина за много случаи на реконструкции на кофи и зъби от работния орган на роторните багери и приспособяването му към конкретните условия. Незадоволителната работа на използваната в момента кофа в забои и твърди включения е причина техническият съвет към „Мини Марица-изток” ЕАД да вземе решение и да възложи проектиране и конструиране на нова кофа, съобразена с конкретните условия. Конструктивното изпълнение на старата кофа е показано на фиг. 1.

Анализът показва следното:

- Почти всички зъби са разположени върху предната част на ножа на кофата. Замисълът на конструктора е бил багерът да работи с малка дебелина на стружката и голяма широчина, т.е. малки подавания на ходовия механизъм и по-голяма скорост на въртене на горния строеж на багера.

Такъв метод на работа е неблагоприятен за натоварването на механизма на въртене на горния

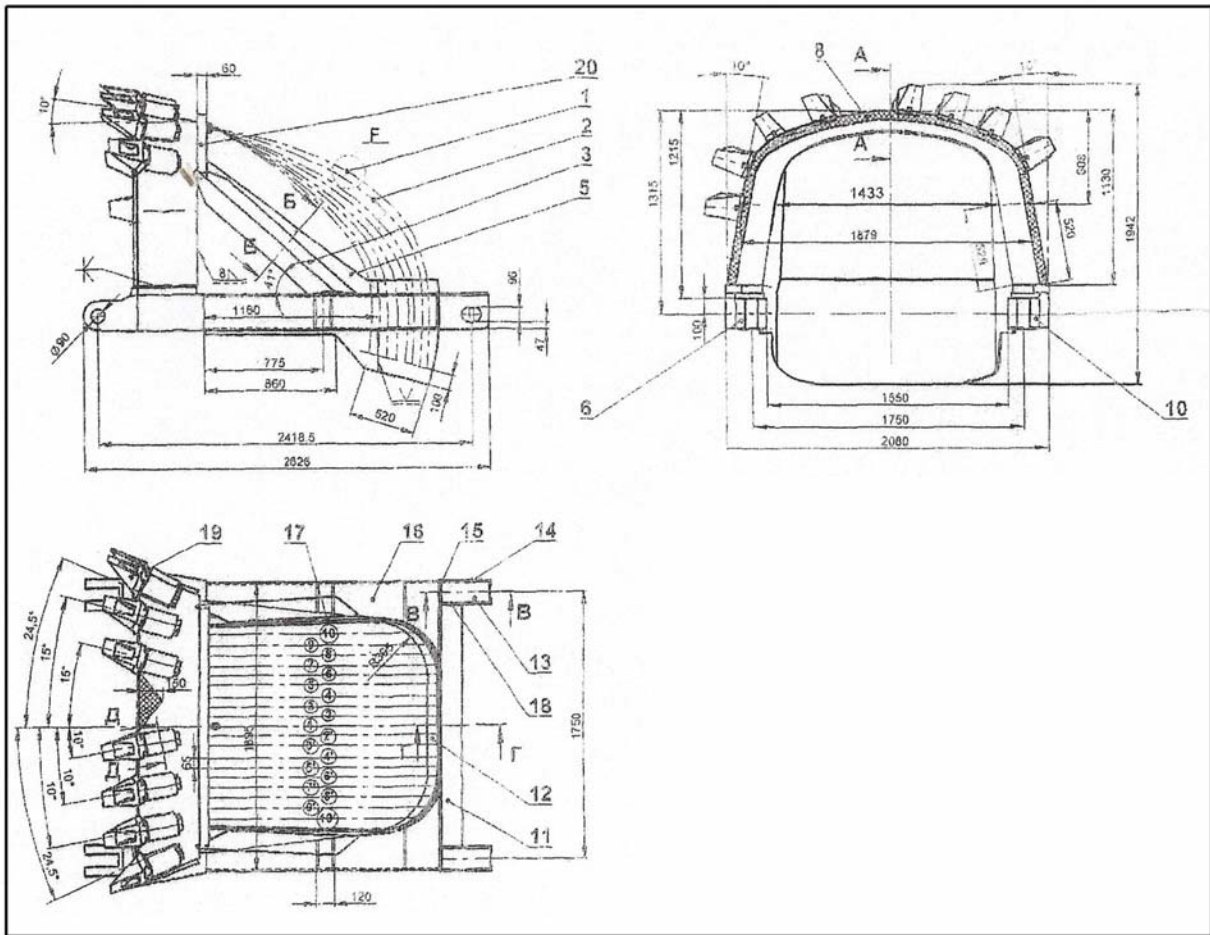
строеж на багера и води вероятно до по-ниска производителност.

- Малък ъгъл на рязане на ножа и зъбите, поради което те се изтриват отзад, често се износват и втулките, в които са поставени зъбите и те трябва да се подменят при малко износване. Това е свързано с увеличен разход на зъби и по-чести ремонти.

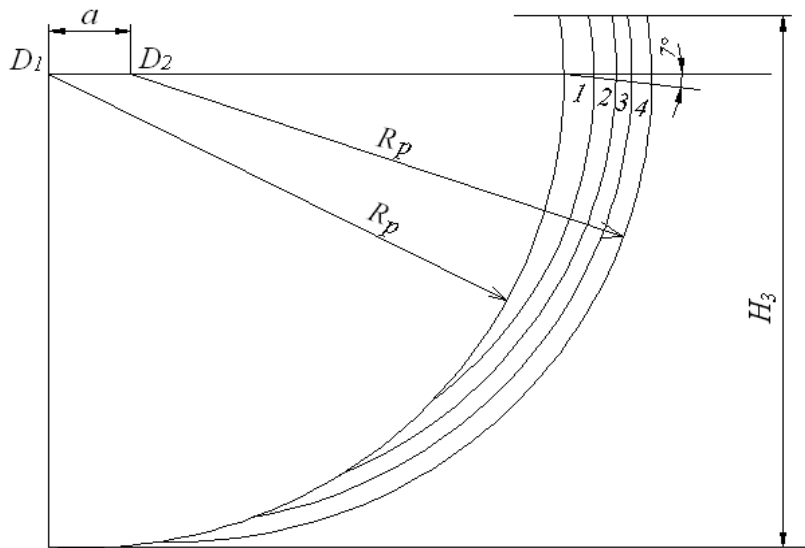
Забелязано е и неправилно ориентиране на зъбите спрямо траекторията на рязане и като резултат – увеличено съпротивление на рязане.

- Режещият ръб на кофата е разположен почти по радиуса на роторното колело (отклонен назад само на ъгъл $\approx 7^\circ$).

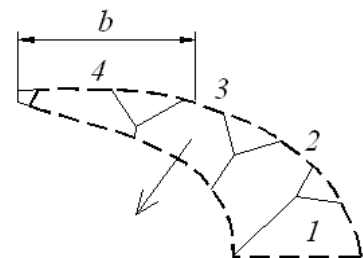
Това води до почти едновременно врязване на зъбите, свързано с висока динамичност на натоварването на роторното колело, на задвижването му и на металоконструкцията на багера, както и за откъсване на едри късове материал, особено при наличие на твърди включения. Тази възможност е показана с прекъснатата линия на фиг. 2б. Практиката е показала, че това се случва много често.



Фиг. 1. Кофа на роторен багер SRs 4000 (стара).



Фиг. 2а



Фиг. 2б

Попадането на големи късове материал върху транспортните ленти на багера, на забойния и магистралния гумено-лентов транспортър (ГЛТ) води до повреди, престои и продължителни ремонти. Повредите по ГЛТ са причина за престои на багера и насипообразувателя.

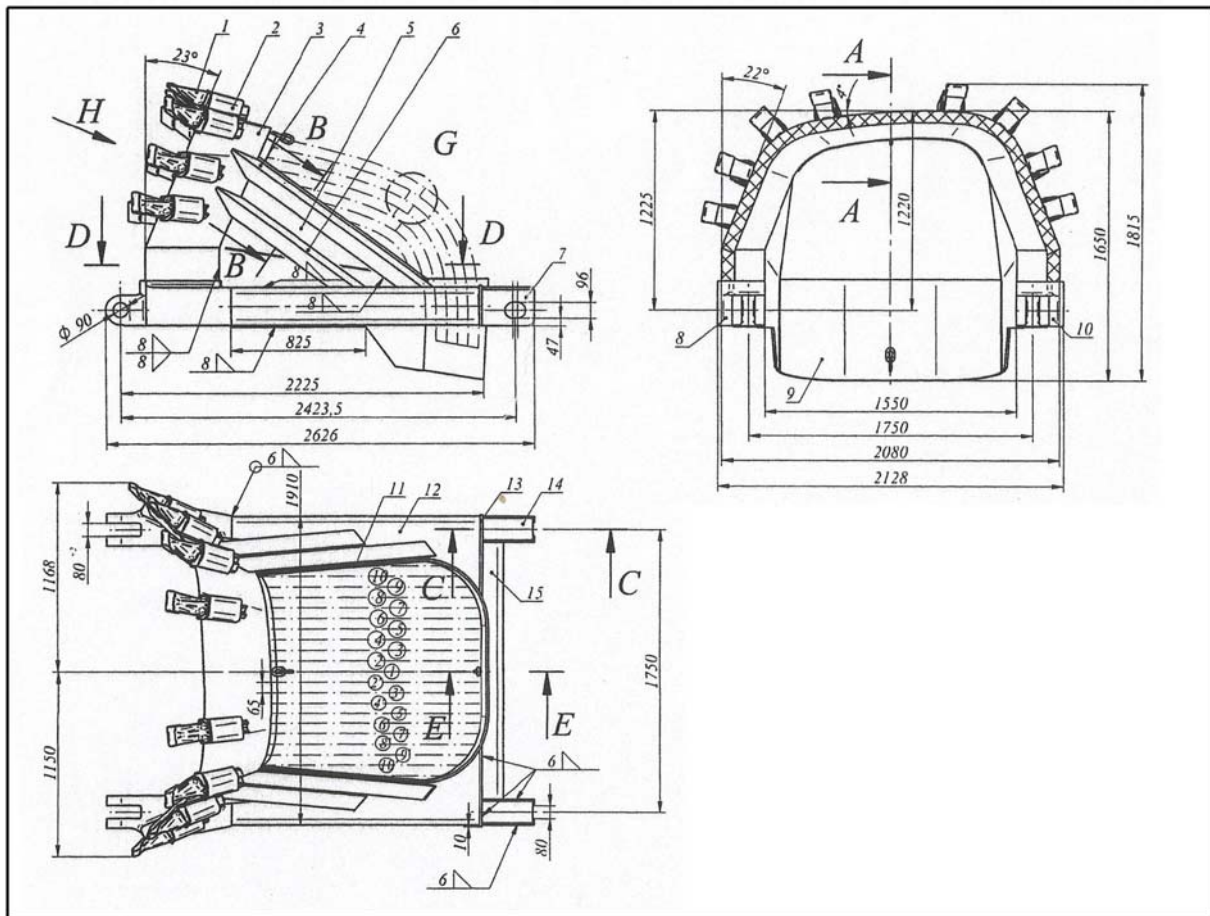
- Стеснена е задната част на кофата, което намалява обема ѝ и се отразява върху производителността на багера.

- Не е направена корекция на наклона на роторното колело спрямо надлъжната вертикална равнина на симетрия на роторната стрела.
-

Това се отразява неблагоприятно на работата на кофата поради разликата в параметрите на стружката при подаване вляво и вдясно.

Посочените недостатъци са много сериозни и са основание да се поиска проект и конструктивна разработка на нов тип кофа за роторен багер SRs 4000.

Като най-подходяща е избрана кофа с т.н. „разделно рязане“ – фиг. 3.



Фиг. 3. Кофа на роторен багер SRs 4000 с „разделно рязане“.

Този тип кофи имат предимства, в случай че се разработва забой с твърди включения, но работят добре и в забои без твърди включения, тъй като изкопаният материал е с по-малка едрина. Както всички кофи със зъби, те работят лошо в забои от влажни и преовлажнени лепливи глини.

Сравнение на процеса рязане на стружка за старата и новата кофа е показано на фиг. 3 и фиг. 4.

При конструктивната разработка на новата кофа са направени промени във формата на ножа и на разположението на зъбите.

Променен е ъгълът на рязане от 10° на 15°, за да се подобри работата и дълготрайността на зъбите. Зъбите са изместени върху страничните части на ножа, с което се осигурява копаене с по-голямо подаване с ходовия механизъм и по-малка скорост на въртене на горния строеж на багера. Това осигурява работа на по-широк забой без намаляване на производителността. Ножът на кофата е наклонен на 30° назад по отношение на радиуса на роторното колело, което осигурява т.н. „разделно

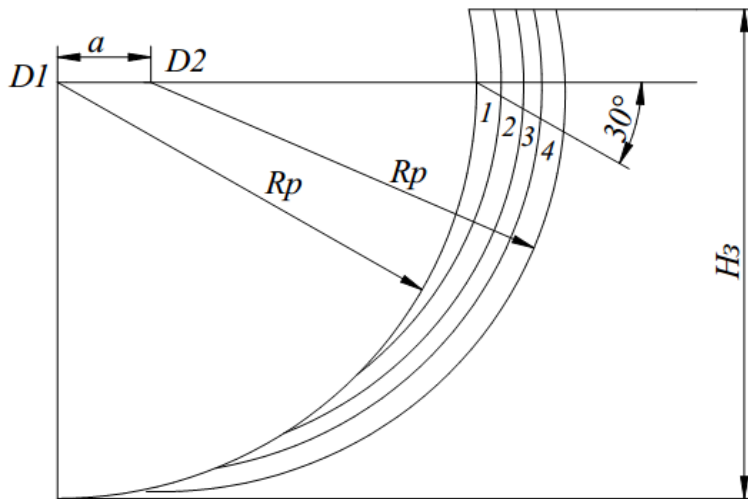
рязане“, при което всеки зъб отделя част от стружката. Зъбите работят последователно и самостоятелно, при което се намалява едрината на изкопания материал.

Отделянето на късове към свободна повърхност води до намален разход на енергия за копаене. Улеснява се и рязането на твърди включения, тъй като периферната сила се концентрира върху един зъб вместо върху два или три.

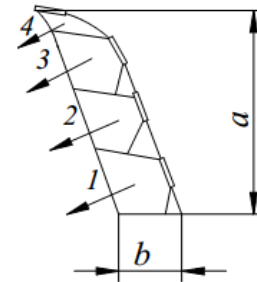
При кофите с „разделно рязане“ зъбите се внедряват последователно 1, 2, 3 и 4 (фиг. 4а) и отделят части от стружката, както е показано на фиг. 4б.

Отделяне на негабаритни късове материал може да се получи, когато твърдите включения са разположени в горната част на шайбата.

За нуждите на проектирането и конструирането на новата кофа бяха направени технологични и якостни изчисления, част от които са показани в настоящата публикация.



Фиг. 4а.

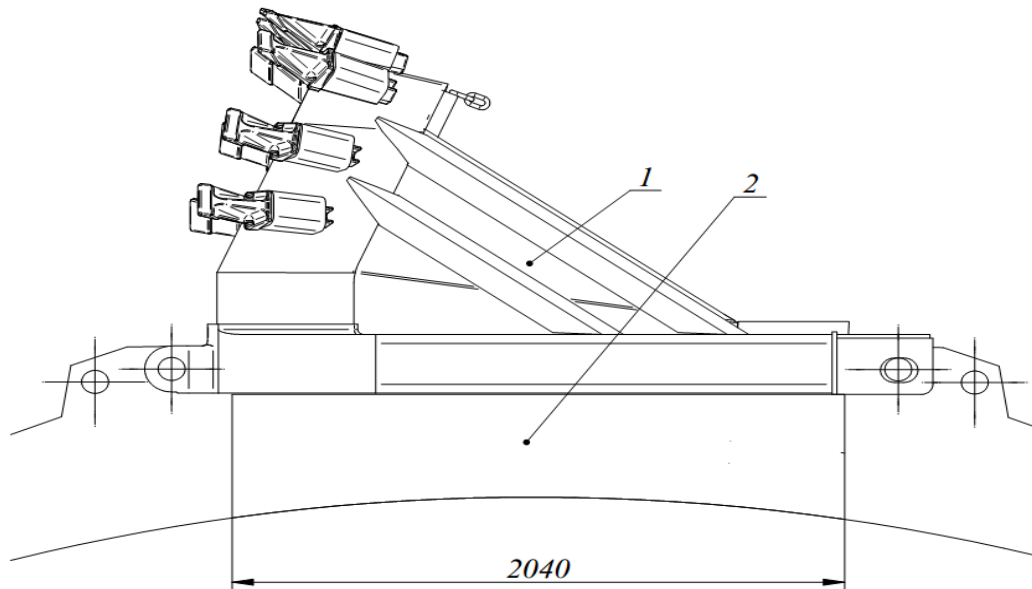


Фиг. 4б.

Технологични изчисления

1. Производителност [техническа] - $Q_{\text{техн}}$, [m³/h]
 $Q_{\text{техн}} = 60 \cdot z \cdot q'_k$, m³/h (разбухнал материал),

където: z - брой на разтоварените кофи, min⁻¹ ;
 q'_k - обем на кофата заедно с подкофовото пространство, m³.



Фиг. 5. 1 – кофа, 2 – подкофово пространство

От техническата характеристика на багера

$$Q_{\text{техн}} = 11000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$z = 57,5 \text{ min}^{-1}$$

$$q'_k = q_k + q_n, \text{ m}^3,$$

където: q_k е обемът на една кофа, m³;

q_n - обем на подкофовото пространство във венца на роторното колело, m³.

Обемът q_n на подкофовото пространство се определя, като се използват размерите му взети от чертежа на корпуса на роторното колело.

От чертежа на фиг. 5 са взети необходимите размери за

изчисляване на обема на подкофовото пространство - височина $H = 400\text{mm}$, дължина $L = 2040\text{mm}$ и широчина $B = 1690\text{mm}$.

Като не се отчитат закръгленията в ъглите, приблизително обемът на подкофовото пространство ще се определи по формулата:

$$q_n = B \cdot L \cdot H, \text{ m}^3 = 1,69 \cdot 2,08 \cdot 0,4 = 1,38 \text{ m}^3$$

За осигуряване на производителност $Q_{\text{техн}} = 11000 \text{ m}^3/\text{h}$ е необходимо обемът на кофата да бъде:

$$q_k = q'_k - 0,5 q_n, \text{ m}^3 = 3,2 - 0,5 \cdot 1,4 \approx 2,5 \text{ m}^3$$

Като се има предвид приблизителното определяне на обема на подкофовото пространство, се приема обемът на проектираната кофа да бъде $q_k = 2,5\text{m}^3$.

2. Производителност (техническа) в плътен материал.

$$Q_{\text{техн}}^p = 60 \cdot z \cdot a \cdot b \cdot H \cdot K_p \cdot K_n, \text{ m}^3/\text{h},$$

където $Q_{\text{техн}}^p$ е техническата производителност на багера в разбухнал материал, m^3

- z – брой на разтоварените кофи, min^{-1}
- a – подаване, m
- b – широчина на стружката, m
- H – височина на стъпалото, m
- K_p – коефициент на разбухване
- K_n – коефициент на напълване

$$Q_{\text{техн}}^n = \frac{Q_{\text{техн}}^p}{K_p} = \frac{11000}{1,6} = 6875, \text{ m}^3/\text{h}$$

$z = 57,5 \text{ min}^{-1}$ - от характеристиката на багера;
 a - подаване - задава се от манипуланта на багера, m ;
 H - височината на стъпалото – определя се от технологични съображения, но се препоръчва в границите от $\frac{D}{2}$ до $\frac{2}{3}D$, където $D = 16\text{m}$ е диаметърът на роторното колело.

Следователно $H = 8 \div 10,5\text{m}$. Ако забоят е устойчив и не се обрушава лесно, височината на стъпалото може да се приеме от $\frac{D}{2}$ до $\frac{2}{3}D$, т.е. от $8 \div 12\text{m}$.

Нека $H = 10\text{m}$, a - препоръчително $0,6 \div 0,8$ от височината на кофата, m .

Тогава широчината на стружката, която срязва една отделна кофа, може да бъде пресметната

$$b = \frac{Q_{\text{техн}}^p}{60 \cdot z \cdot a \cdot H \cdot K_p} = \frac{11000}{60 \cdot 57,5 \cdot 0,75 \cdot 10 \cdot 1,6} \approx 0,266\text{m}$$

Тъй като скоростта на подаване чрез механизма за въртене е $8 \div 38\text{m/min}$, за минималната и максималната възможна широчина на стружката ще се получат:

$$b_{\text{min}} = \frac{\pi \cdot D}{z_k} \cdot \frac{V_{n \text{ min}}}{V_p}, \text{ m}$$

$$b_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot D}{z_k} \cdot \frac{V_{n \text{ max}}}{V_p}, \text{ m}$$

където: V_n - периферна скорост при зъбите на кофата на нивото на оста на роторното колело, задавана от механизма на въртене на горния строеж на багера, m/min ;
 V_p – скорост на рязане (периферна скорост на роторното

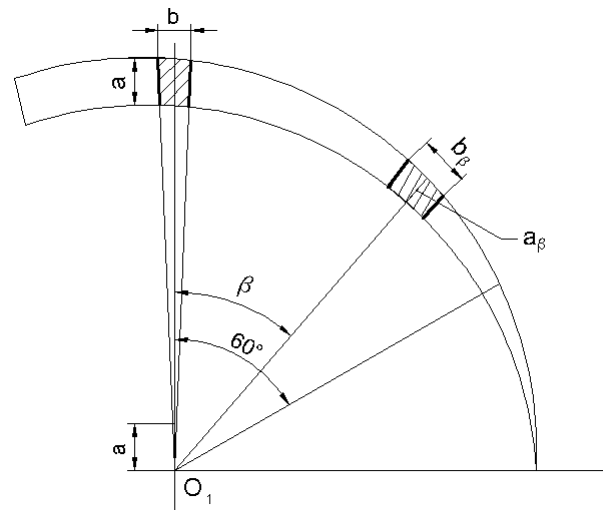
колело), m/s .

$$V_p = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{30 \cdot 2} = \frac{\pi \cdot 3,6 \cdot 16}{60} = 3 \text{ m/s}$$

- n – обороти на роторното колело, min^{-1} ;
- z_k – брой на кофите на роторното колело.

$$b_{\text{min}} = \frac{\pi \cdot 16}{16} \cdot \frac{8}{60 \cdot 3} = 0,14 \text{ m}$$

$$b_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot 16}{16} \cdot \frac{38}{60 \cdot 3} = 0,66 \text{ m}$$



Фиг. 6.

От фиг. 6 се вижда, че при завъртане на горния строеж на багера дебелината на стружката намалява по закона $a_\beta = a \cdot \cos \beta$. За да се запази производителността на багера, е необходимо да се запази напречното сечение на стружката, т.е. $S_{\text{стр}} = a \cdot b$.

Това се постига чрез увеличаване на b по същия закон, т.е. $b_\beta = \frac{b}{\cos \beta}$. Автоматизирана система осигурява това до ъгъл 60° , след което производителността спада.

Нека b_β добие стойност b_{max} при $\beta = 60^\circ$.

Тогава $b = 0,66 \cdot 0,5 = 0,33\text{m}$.

Ако се реши формулата за техническата производителност на багера спрямо a , ще се получи подаването, под стойността на което производителността на багера ще намалява още преди горният му строеж да се е завъртял на 60° .

$$a_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{техн}}^p}{60 \cdot z \cdot b \cdot H \cdot K_p}, \text{ m}$$

$$a_{\text{min}} = \frac{11000}{60 \cdot 57,5 \cdot 0,23 \cdot 10 \cdot 1,6} = 0,6 \text{ m}$$

Вижда се, че при тази височина на стъпалата, за да запази производителността си, багерът трябва да работи с подаване, по-голямо от 0,6m.

Литература

Волков, Д. П., З. А. Черкасов. *Динамика и прочность многокошковых экскаваторов и отвалообразователей*, Машиностроение, Москва, 1969.

Динев, Н., Р. Вучева. Намалване на възможността за създаване на негабаритни късове материал и попадането им в гумено-лентовите транспортни системи при изкопаване на откривка, *Геология и минерални ресурси*, 2015, №1-2.

Домбровский, Н. Г., *Многоковшовые экскаваторы*, Машиностроение, Москва, 1972.

Кеннеди, А. Дж., *Ползучесть и усталост в металлах*, Москва, изд. "Металургия", 1965.

Кинов, А., *Усъвършенстване на работния процес на роторните багери*, МГУ София, 1994.

Хейвуд, Р. Б., *Проектирование с учетом усталости*, Москва, изд. „Машиностроение“, 1969.

Шейретов, К., *Минни машини II част*, изд. Техника, София, 1983.

Rasper, L. *The Bucket Wheel Excavator*, Trans. Tech. Publication, Clanstahl, Germany, 1975.

Russinski, E., Smolnicki T. und Kancewski. *Gesichtspunkte zur Sanierung der Stahlkonstruktion von Schaufelradbaggern*, Trans Tech Publication №5, 1997.

Wocka, N. *Tagebaugrossgeraete nach langem Betrieb – Verlaengerung der Lebensdauer oder Abschaffung*, Gornictwo Odkriwkowe XXXV14/1994.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Машинознание“.