

УДК 621(3.016+926.323)

к.т.н., доц. Власенко Д. А.
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР)

АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛКАХ С РИФЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ БАНДАЖЕЙ

Предложен аналитический способ определения энергосиловых параметров процесса дробления в валковой дробилке с рифленой поверхностью бандажей валков. На основании формулы Ньютона — Лейбница и теоремы Лагранжа о среднем значении функции на ее отрезке аналитически обоснована зависимость усилия дробления с учетом функции распределения материала по рабочей поверхности рифленого бандажа валка на дуге захвата куска материала. Обосновано значение фактической площади контакта, учитывающее условия контактного взаимодействия куска материала с поверхностью валика сетки бандажа валка при его перемещении в рабочем пространстве на дуге очага деформации. Предложены зависимости для определения результирующих сил при дроблении материала с учетом зависимости распределения материала по рабочей поверхности валков и рифлей на дуге захвата, окружной и нормальной сил на поверхности валиков сетки бандажей, а также результирующих сил, включающих в себя силы, возникающие при дроблении о рабочую поверхность бандажей и рифлей.

Ключевые слова: дробление, валковая дробилка, рифленый валок, площадь контакта, усилие дробления, окружная сила, нормальная сила.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Валковые дробилки [1–3] применяются для мелкого и среднего дробления материалов с различными физико-механическими свойствами, реализуемого за счет наложения на дробимый кусок материала сжимающих воздействий, возникающих между рабочими поверхностями бандажей [3–5].

На металлургических предприятиях для фракционной подготовки различных видов твердого топлива, используемого в агломерационном процессе, наибольшее распространение получили четырехвалковые дробилки [3–5]. При этом качество дробленых каменных углей и кокса, зависящее от многочисленных факторов, существенно сказывается на удельном расходе данного сырья в процессе спекания агломерата, производительности процесса, качестве и прочностных характеристиках готового аглоспека, а также количестве вредных выбросов в атмосферу [4–6].

Четырехвалковые дробилки (типа ДЧГ), получившие наибольшее распространение в

условиях агломерационного производства, в достаточной степени отвечают требованиям, предъявляемым технологическими условиями процесса подготовки сырья [1, 5]. Однако в процессе дробления материала в валковых дробилках возникают дополнительные энергозатраты, связанные с попаданием в рабочее пространство кусков размерами, превышающими допустимые; при этом не обеспечивается условие захвата материала валками и происходит их проскальзывание относительно поверхности бочки [5]. В данных условиях разрушение большей части куска осуществляется за счет истирания, а не раздавливания, что приводит к перенасыщению продукта частицами мелкодисперсной фракции, а также вызывает интенсивное изнашивание рабочей поверхности валка.

Для повышения эффективности процесса дробления материала в четырехвалковых дробилках применяют машины комбинированного типа, где на рабочую поверхность верхних валков наносят сетку, состоящую из продольных и поперечных

валиков (рифлей) [6, 7]. Это позволяет реализовать условие захвата кусков материала размерами, превышающими верхний предел фракции, при котором обеспечивается их захват в рабочее пространство гладкими валками. При этом рабочую поверхность бандажей нижней пары валков оставляют гладкой.

Энергосиловые показатели дробильно-измельчительного оборудования определяются следующими параметрами: усилием дробления, возникающим при деформации и разрушении материала в процессе измельчения; крутящим моментом, зависящим от момента сопротивления, возникающего на валу исполнительного органа, а также потребной мощностью привода, обеспечивающей устойчивую работу дробильной машины.

Ранее весьма детально затрагивался вопрос определения энергосиловых показателей валковых дробилок с гладкими валками. В данном направлении проводилось большое количество исследований, отраженных в научных работах [2–4, 8–12].

При использовании рифленой поверхности бандажей валков существенно меняются условия контактного взаимодействия массива материала с поверхностью бандажей в рабочем пространстве валков. В данном случае в системе сил, действующей на валок, возникают тангенциальные и радиальные составляющие от силы дробления при взаимодействии материала с рабочей поверхностью валиков рифленого бандажа.

Исходя из вышесказанного, зависимости, предложенные в научных работах [2–4, 8–12], не могут быть использованы для определения основных энергосиловых параметров процесса дробления материала валковыми дробилками с рифленой поверхностью бандажей, что, в свою очередь, не дает возможности определить рациональные конструктивные и технологические параметры отдельных узлов и механизмов валковой дробильной машины комбинированного типа.

Поэтому изучение самого процесса измельчения материала и анализ его основных параметров с целью повышения качества фракционной подготовки сырья и эффективности дробильных машин является актуальным и значительно влияет на показатели процесса агломерации железорудных материалов.

Постановка задач. Задачами данного исследования является математическое моделирование взаимодействия массива материала с рабочей поверхностью валка в процессе его дробления и определение основных энергосиловых параметров процесса дробления каменно-рудных материалов в валковой дробилке с рифлеными валками аналитическим методом: силы дробления с учетом зависимости распределения материала по рабочей поверхности валков и рифлей на дуге захвата; окружной (тангенциальной) и нормальной (радиальной) сил на поверхности валиков сетки бандажей, возникающих при взаимодействии с порцией сырья; результирующих сил, включающих в себя силы, возникающие при дроблении о рабочую поверхность бандажей и рифлей.

Изложение материала и его результаты. Для математического моделирования процесса дробления материала при контактном взаимодействии куска измельчаемого материала с рабочей поверхностью рифленых бандажей валков в процессе дробления необходимо принять следующие допущения:

- материал измельчаемой частицы материала — однородный, сплошной, изотропный и физико-механически линейный (при этом обладающий максимально возможными прочностными характеристиками);
- отдельный кусок дробимого материала условно представляется в виде шара;
- контактирующие поверхности валка и куска материала предполагаются совершенно гладкими;
- кусок материала при контактном взаимодействии с поверхностями рифленых верхних валков воспринимает равнознач-

ные нагрузки от пары валков и при этом не вращается относительно своей оси симметрии.

Схема контактного взаимодействия дробимого куска материала 2 с поверхностью валка 1 и валиков сетки 3 представлена на рисунке 1.

При определении различных энергосиловых параметров процесса дробления в валковых дробилках с рифлеными валками в процессе контактного взаимодействия с порцией измельчаемого материала в рабочем пространстве необходимо в первую очередь определить силы, действующие на валок. Для этого предложена математическая модель, основанная на уточненной методике определения энергосиловых параметров процесса измельчения в валковых дробилках [12].

Для адаптации данной методики [12] в условиях процесса дробления материала в дробилке с рифлеными валками рассмотрим процесс измельчения как динамическую систему, в которой возникает сила

дробления $F_{др}$ и сила трения материала $F_{тр}$ о поверхность бандажа и валиков.

На первом этапе математического моделирования определим силы, возникающие при контактом взаимодействии сырья с рабочей поверхностью валиков в процессе его измельчения. Для этого рассмотрим расчетную схему сил (рис. 1, вид А), возникающих при дроблении материала о рифли сетки валка (рис. 2).

Представим элементарную силу $\partial F_{др}$, действующую на элементарную поверхность валика валка дробилки, как произведение давления (напряжения), возникающего в материале при его разрушении (прямо пропорционально зависящее от предела прочности материала), и площади элементарной площадки контакта материала с валиком сетки ∂S_{κ}

$$\partial F_{др} = \sigma_m \partial S_{\kappa}, \quad (1)$$

где σ_m — предел прочности дробимого материала на сжатие, МПа.

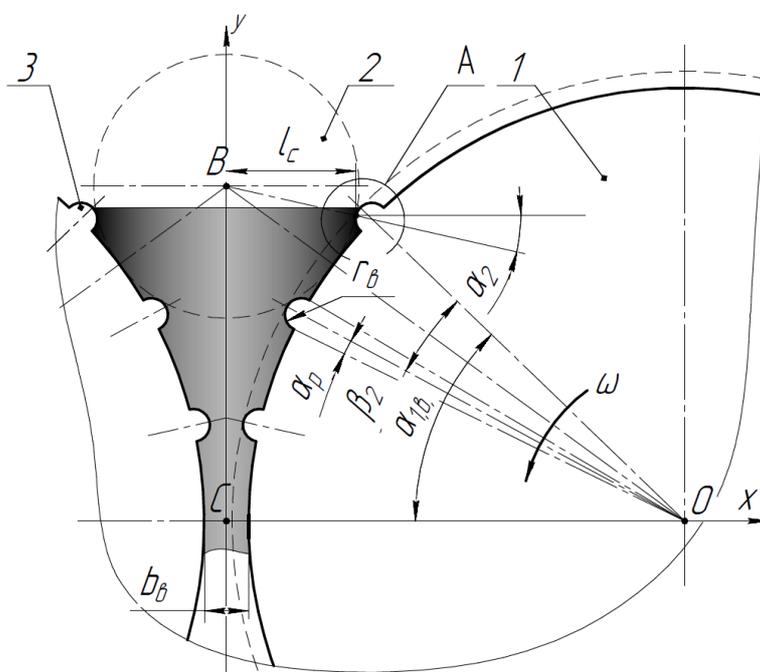


Рисунок 1 Расчетная схема для определения условий контактного взаимодействия материала с поверхностью бандажей и валиков сетки при его измельчении в рабочем пространстве валковой дробилки с рифлеными валками

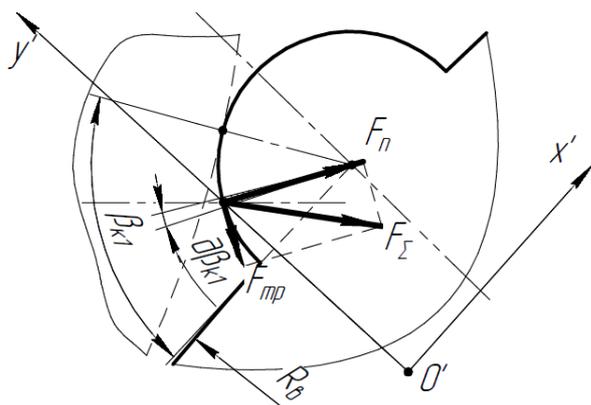


Рисунок 2 Схема сил, возникающих при дроблении материала о рифли валика

При этом площадь элементарной площадки контакта определяется как

$$\partial S_k = B_k \partial L_\partial, \quad (2)$$

где B_k — ширина элементарной площадки контакта порции материала с поверхностью валика валика дробилки, м; ∂L_∂ — длина элементарной дуги захвата материала в зоне очага деформации материала, м

$$\partial L_\partial = r_\partial \partial \beta_{k1}, \quad (3)$$

где r_∂ — радиус валика сетки банджа, м; $\partial \beta_{k1}$ — элементарный угол на дуге захвата, рад.

При этом сила трения материала об элементарную площадку поверхности валика, возникающая при дроблении, определяется как

$$\partial F_{тр} = \mu_m \partial F_{dp}, \quad (4)$$

где μ_m — коэффициент трения дробимого материала по материалу банджа валика.

В этом случае систему сил, возникающих при дроблении и действующих на поверхность валика банджа валика в подвижной системе координат $x'O'y'$, ориентированных относительно центра вращения валика (рис. 2), можно представить как проекции сумм элементарных сил на элементарных площадках на осях x' и y' на

длине дуги контактного взаимодействия материала с поверхностью валика, на которой происходит процесс разрушения материала. При этом предполагаем, что взаимодействие происходит на поверхности валика в секторе от основания валика до его вершины и в первом приближении соответствует углу $\frac{\pi}{2}$

$$\left\{ \begin{aligned} F_x &= \Sigma \partial F_x = \\ &= p \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos \beta_{k1} - \mu_m \sin \beta_{k1}) \partial \beta_{k1}; \\ F_y &= \Sigma \partial F_y = \\ &= p \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\mu_m \cos \beta_{k1} + \sin \beta_{k1}) \partial \beta_{k1}, \end{aligned} \right. \quad (5)$$

где p — удельная сила на площадке контакта, Н

$$p = \sigma_m B_k r_\partial. \quad (6)$$

Для определения средней величины суммы проекций сил на осях x' и y' воспользуемся формулой конечных приращений (теоремой Лагранжа о среднем значении функции [13]). На основании результатов аналитического решения формул (5, 6) с использованием данного метода зависимости для определения среднего значения составляющих сил $\bar{F}_{x,y}$ (в проекциях на координатные оси) будут выглядеть следующим образом

$$\bar{F}_x = \frac{2p(1-\mu_m)}{\pi}. \quad (7)$$

$$\bar{F}_y = \frac{2p(1+\mu_m)}{\pi}. \quad (8)$$

При дальнейшем определении силовых параметров процесса дробления материала о поверхность валика (при разрушении порции материала), исходя из характера распределения нормальных и касательных сил по поверхности рифлей в подвижной

системе координат $x'Oy'$, необходимо определить угол, характеризующий точку приложения равнодействующей силы от удельной силы в процессе деформации материала рифлями для тангенциальной и нормальной сил — их условные «центры тяжести» поверхности контакта (рис. 3).

Для дальнейшего моделирования необходимо определить углы положения «центров тяжести» в подвижной системе координат $x'Oy'$:

– для тангенциальной силы \bar{F}_x

$$\alpha_{к.ср.х} = \frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \beta_{k1} (\cos \beta_{k1} - \mu_m \sin \beta_{k1}) d\beta_{k1}}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos \beta_{k1} - \mu_m \sin \beta_{k1}) d\beta_{k1}}; \quad (9)$$

– для нормальной силы \bar{F}_y

$$\alpha_{к.ср.у} = \frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \beta_{k1} (\mu_m \cos \beta_{k1} + \sin \beta_{k1}) d\beta_{k1}}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\mu_m \cos \beta_{k1} + \sin \beta_{k1}) d\beta_{k1}}. \quad (10)$$

Решение зависимостей (9, 10) с помощью численных методов дает следующие результаты:

– для окружной составляющей сил

$$\alpha_{к.ср.х} = \frac{0,43}{\mu_m - 1} + 1; \quad (11)$$

– для нормальной составляющей сил

$$\alpha_{к.ср.у} = \frac{0,43}{\mu_m + 1} + 0,57. \quad (12)$$

На следующем этапе моделирования необходимо определить условия распределения порции материала по поверхности валков.

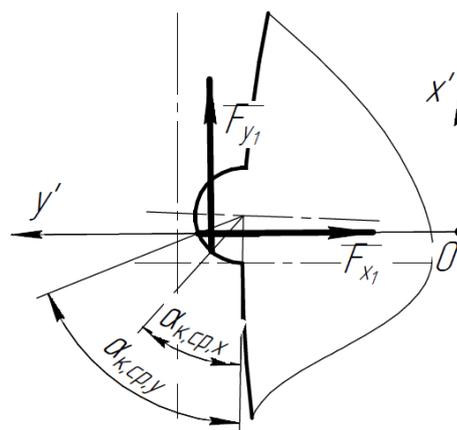


Рисунок 3 Положение сосредоточенных нормальных и касательных сил на поверхности валика в подвижной системе координат

Для определения ширины элементарной площадки контакта материала с поверхностью валика бандажа B_k необходимо использовать методику, предложенную в работе [12].

Для четырехвалковых дробилок комбинированного типа необходимо учитывать условия, определяющие порцию дробимого материала, загружаемую в рабочее пространство верхних валков, которая не может превышать пропускную способность нижних валков (в том числе дробилки в целом).

При этом условии ширину элементарной площадки контакта материала с поверхностью валика в плоскости межвалкового зазора («плоскость выгрузки» материала) верхней пары можно определить следующим образом

$$B_k = B_{раб} k_B, \quad (13)$$

где $B_{раб}$ — рабочая ширина поверхности контакта материала с бандажами нижней пары валков в плоскости межвалкового зазора с предельно допустимой пропускной способностью дробилки, м [12]; k_B — коэффициент, учитывающий отношение ширины элементарной площадки контакта материала с рабочей поверхностью бандажей

верхних и нижних валков с учетом пропускной способности дробилки, скорости вращения валков, величины межвалкового зазора и объема материала, вытесняемого валиками сетки из массива, находящегося в рабочем пространстве дробилки, который определяется из следующего уравнения

$$b_n n_n B_{раб} = b_n n_n B_{к.в.} - \frac{\pi^2 n_n r_n^2 B_{раб}}{\beta_2}, \quad (14)$$

где n_n — число оборотов нижней пары валков дробилки, об/мин; b_n — межвалковый зазор нижней пары, м; b_n — межвалковый зазор верхней пары, м; β_2 — угол между центрами окружностей соседних валиков сетки бандажей (шаг валиков), рад [6]; n_n — число оборотов верхней пары валков, об/мин.

$$S_{к.б.} = \int_0^{\alpha_{1.б.}} R_n B_n d\alpha = \frac{2k_B b_n R_n B_{раб} \arctg \left(\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_{1.б.}}{2} \right) \frac{\sqrt{b_n (4R_n + b_n)}}{b_n} \right)}{\sqrt{b_n (4R_n + b_n)}}, \quad (16)$$

где R_n — радиус рабочей поверхности бандажа валка (радиус впадин рифлей); $\alpha_{1.б.}$ — угол сектора очага деформации в рабочем пространстве дробилки с рифлеными валками

$$\alpha_{1.б.} = \alpha_1 + \frac{\beta_2}{2}, \quad (17)$$

где α_1 — угол контакта материала для гладких валков [2, 3, 6].

Наибольшие нагрузки в процессе дробления возникают в том случае, когда ближнее основание (по направлению вращения) одного из валиков (в дальнейшем — «опорный» валик) находится в «плоскости выгрузки». В то же время необходимо учитывать, что очаг деформации разделен на несколько чередующихся секторов, включающих в себя участки с гладкой поверхностью бандажа и следующие за ними поперечно расположенные валики сетки (рис. 4).

Тогда коэффициент, определяющий отношение рабочей ширины площадки контакта материала в плоскости межвалкового зазора верхнего валка к той же ширине нижнего,

$$k_B = \frac{\pi^2 n_n r_n^2 + b_n n_n \beta_2}{b_n n_n \beta_2}. \quad (15)$$

Учитывая вышесказанное и используя свойство аддитивности площадей (формула Ньютона — Лейбница), интегрируемых на одном и том же отрезке функции [13], контактная площадь материала с рабочей поверхностью бандажей в первом приближении на основании методики, предложенной в работе [12], определяется как определенный интеграл от зависимости ширины элементарной площадки на длине дуги очага деформации

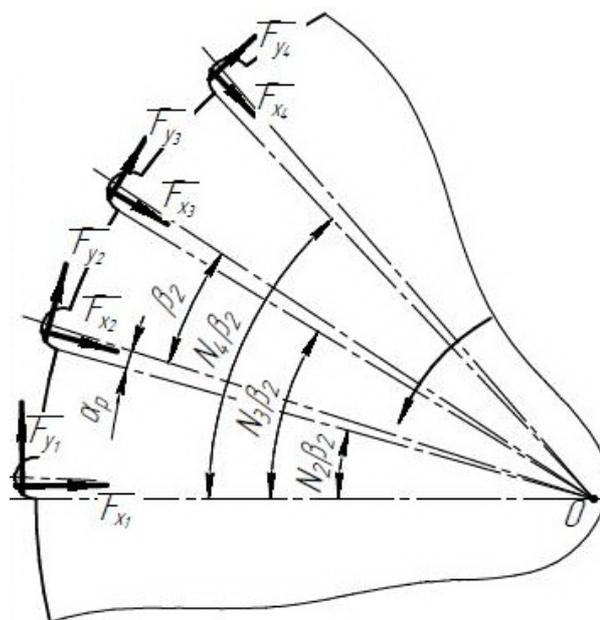


Рисунок 4 Положение рифлей валков и проекций сил для определения предельного значения силы сопротивления

Число таких секторов будет зависеть от количества поперечных валиков сетки, находящихся в секторе дуги очага деформации

$$N_{\epsilon} = \frac{\alpha_{1.\epsilon}}{\beta_2}. \quad (18)$$

При расчетах принимаем целое число валиков, находящихся в секторе дуги очага деформации.

Для упрощения расчетов введем следующие обозначения:

– коэффициент, определяющий конструктивно-технологические параметры

$$\lambda_{\kappa} = \frac{\sqrt{b_{\epsilon}(4R_{\epsilon} + b_{\epsilon})}}{b_{\epsilon}}; \quad (19)$$

– угол между центром симметрии «опорного» валика и осью определенной рифли сетки с порядковым номером N_{ϵ_i} в

$$S_{\kappa.p.i} = \int_{\beta_{N_i}}^{\beta_{N_i} + \alpha_p} R_{\epsilon} B_{\kappa} d\alpha = \frac{2\nu_{\epsilon} k_B R_{\epsilon} B_{pa\delta} \left(\arctg \left(\lambda_{\kappa} \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_p - \beta_{N_i}}{2} \right) \right) + \arctg \left(\lambda_{\kappa} \operatorname{tg} \left(\frac{\beta_{N_i}}{2} \right) \right) \right)}{\lambda_{\kappa}}, \quad (22)$$

где α_p — половина угла сектора окружности поверхности валков, занимаемого одним валиком сетки (определяется из схемы (рис. 1))

$$\alpha_p = \arccos \left(1 - \frac{r_{\epsilon}^2}{2R_{\epsilon}^2} \right). \quad (23)$$

Тогда зависимости (7, 8) выглядят следующим образом:

– для нормальной (радиальной) составляющей сил

$$\bar{F}_{x_i} = \frac{2\sigma_m S_{\kappa.p.i} (1 - \mu_m)}{\pi}; \quad (24)$$

– для окружной (тангенциальной) составляющей сил

$$\bar{F}_{y_i} = \frac{2\sigma_m S_{\kappa.p.i} (1 + \mu_m)}{\pi}. \quad (25)$$

системе отсчета относительно «плоскости выгрузки»

$$\beta_{N_i} = (N_{\epsilon_i} - 1)\beta_2; \quad (20)$$

– отношение длин окружностей валика и бандажа на угловом секторе между основаниями рифли, учитывающее длину поверхности рифли — площадки контакта на участке распределения материала на валике сетки

$$\nu_{\epsilon} = \frac{r_{\epsilon}\pi}{2R_{\epsilon}\alpha_p}. \quad (21)$$

Тогда, с учетом зависимостей (1, 6–8, 12, 14, 15, 18, 19–21), площадь контакта валика сетки бандажа с определенным порядковым номером в секторе очага деформации материала на угле $\alpha_{1.\epsilon}$ в точке приложения равнодействующей определяется следующим образом

Суммарную силу дробления о рабочую поверхность бандажа можно определить как

$$F_{\partial.\delta.} = \sigma_m \left(S_{\kappa.\delta.} - \sum_1^N S_{\kappa_i} \right). \quad (26)$$

В этом случае результирующая (суммарная) окружная (тангенциальная) составляющая относительно подвижной системы координат $x'Oy'$ силы дробления определяется как

$$F_{\tau} = F_{mp.\delta.} + \sum_1^N \bar{F}_{x_i}, \quad (27)$$

где $F_{mp.\delta.}$ — сила трения поверхности валка о дробимый материал

$$F_{mp.\delta.} = \mu_m F_{\partial.\delta.}. \quad (28)$$

Результирующая нормальная (радиальная) составляющая относительно подвиж-

ной системы координат $x'Oy'$ силы дробления

$$F_r = F_{\partial.б.} + \sum_1^N \bar{F}_{y_i}. \quad (29)$$

Выводы и направление дальнейших исследований. В работе предложена математическая модель процесса взаимодействия дробимого материала с рифленой поверхностью бандажей в валковой дробилке. На основании данной модели получен способ определения энергосиловых параметров процесса дробления материала, а именно окружной (тангенциальной) и нормальной (радиальной) сил на поверхности валиков

сетки бандажей, возникающих при взаимодействии с порцией сырья, а также результирующих сил, включающих в себя силы, действующие при взаимном контакте с рабочей поверхностью бандажей и рифлей.

Дальнейшими перспективами в исследовании процесса дробления различных материалов в валковых дробилках с рифлеными валками являются математическое описание и определение моментов сопротивления от сил трения, возникающих при дроблении материала и в подшипниковых опорах, а также требуемой мощности привода валковой дробилки при установившемся режиме работы.

Библиографический список

1. *Treatise on Process Metallurgy. Vol. 3. Industrial Processes [Text] / Editor in Chief S. Seetharaman. — Elsevier, 2014. — 1751 p.*
2. Клушанцев, Б. В. *Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации [Текст] / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. — М. : Машиностроение, 1990. — 320 с.*
3. Борщев, В. Я. *Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы [Текст] / В. Я. Борщев. — Тамбов : ТГТУ, 2004. — 75 с.*
4. Egbe, E. A. P. *Design, Fabrication and Testing of a Double Roll Crusher [Электронный ресурс] / E. A. P. Egbe, O. A. Ohugboji // International Journal of Engineering Trends and Technology. — 2016. — Vol. 35. — № 11. — Режим доступа: <https://www.ijettjournal.org/2016/volume-35/number-11/IJETT-V35P303.pdf> (03.09.2020).*
5. Власенко, Д. А. *Комплексный анализ особенностей эксплуатации дробильно-измельчительного оборудования в агломерационном производстве [Текст] / Д. А. Власенко // Инновационные перспективы Донбасса. Инновационные технологии проектирования, изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2019. — Т. 3 — С. 150–154.*
6. Власенко, Д. А. *Математическое моделирование процесса захвата материала рифлеными валками валковой дробилки [Текст] / Д. А. Власенко // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020. — № 18 (61). — С. 122–130.*
7. Пат. 188107 Российская Федерация, МПК В02С 4/30. *Валок четырехвалковой дробилки / А. П. Жильцов, Г. А. Билан, Д. А. Власенко, Э. П. Левченко, Р. С. Мележик ; заявитель и патентообладатель ЛГТУ. — № 2018134232 ; заявл. 27.09.2018 ; опубл. 28–03–2019, Бюл. № 10. — 3 с. : ил.*
8. Fernández-González, D. *Iron Ore Sintering: Raw Materials and Granulation [Электронный ресурс] / D. Fernández-González, I. Ruiz-Bustanza, J. Mochón, C. González-Gasca, L. F. Verdeja // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review — 2017. — Vol. 38. — № 1. — P. 36–46. — Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08827508.2016.1244059> (10.10.2020).*
9. Плановский, А. Н. *Процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А. Н. Плановский, В. Н. Рам, С. З. Каган. — М. : Химия, 1967. — 848 с.*
10. Lieberwirth, H. *Dynamics in double roll crushers [Text] / H. Lieberwirth, Ph. Hillmann, M. Hesse // Minerals Engineering. — Elsevier Ltd., 2016. — P. 60–66.*
11. Rashidi, S. *A Review of the Modeling of High Pressure Grinding Rolls [Text] / S. Rashidi, R. K. Rajamani, D. W. Fuerstenau // Powder and Particle Journal. — KONA, 2017. — Vol. 34. — P. 125–140.*

12. Власенко, Д. А. Уточненная методика определения энергосиловых параметров процесса измельчения в валковых дробилках [Текст] / Д. А. Власенко // Вестник ДонНТУ. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2020. — № 3 (21). — С. 3–9.

13. Тер-Крикоров, А. М. Курс математического анализа [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. М. Тер-Крикоров, М. И. Шабунин. — [3-е изд.]. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. — 672 с.

© Власенко Д. А.

*Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. ПГМ ДонГТИ Левченко Э. П.,
д.т.н., зав. каф. АТ ЛГУ им. В. Даля Замотой Т. Н.*

Статья поступила в редакцию 23.10.2020.

Vlasenko D. A. (*DonSTI, Alchevsk, LPR*)

ANALYTICAL APPROACH FOR DETERMINING POWER PARAMETERS OF GRINDING PROCESS IN ROLLER CRUSHERS WITH WAVED SURFACE OF SLEEVES

There has been proposed the analytical approach for determining power parameters of crushing process in a roller crusher with waved surface of sleeves. Based on the Newton — Leibniz formula and Lagrange's theorem on the average value of a function on its segment, the dependence of the crushing force is analytically justified considering the function of distributing material over the operating surface of the waved surface of sleeves on the arc of capturing a piece of material. The value of the actual contact area is justified, taking into account the conditions of contact interaction of the piece of material with the surface of roll mesh of the roll sleeve when it moves in the operating space on the arc of deformation zone. Dependencies are proposed for determining the resulting forces at material crushing considering dependence of material distribution over operating surface of rolls and ruffles on arc of capturing, circumferential and direct forces on surface of sleeve mesh roll, as well as resulting forces including forces arising at crushing against operating surface of sleeves and ruffles.

Key words: *crushing, roller crusher, waved roll, contact area, crushing force, circumferential force, direct force.*