

П.Е. Митусов

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-КЛАССИФИКАТОРА

Приведен расчет основных геометрических параметров нового валкового измельчителя-классификатора, выполненного в виде отдельного агрегата. Установлена зависимость между размером измельчаемой горной массы и валом-измельчителем.

Ключевые слова: агрегат, измельчитель-классификатор, горная масса, валки.

В настоящее время для измельчения горных пород средней и слабой прочности в большинстве случаев используются двухвалковые дробилки с гладкими валками.

Недостатком этого вида дробилок является необходимость иметь значительные размеры валков для гарантированного затягивания кусков измельчаемого материала в камеру дробления даже при относительно небольших их размерах. Так, например, при исходном размере куска известняка, песчаника или каменного угля размером 75 мм диаметр валков должен быть не менее 1500 мм.

Это возможно подтвердить расчетом, представленным ниже

На рис. 1 приведена схема двухвалковой дробилки с гладкими валка-

ми в момент втягивания куска горной породы [1], где P – давление валков на кусок дробимого материала; Pf – сила трения (f – коэффициент трения дробимого материала о валки). Сила P и вызываемая ею сила Pf действуют в обеих точках касания (для простоты эти силы показаны на рис. 1 только в одной точке касания).

Кусок дробимого материала втягивается валками при условии

$$2Pf \cos \alpha \geq 2P \sin \alpha \quad (1)$$

Разделив правую и левую части формулы на $2P \cos \alpha/2$ получаем:
 $f \geq \tan \alpha$.

Заменив коэффициент трения f углом трения φ , получим:

$$\tan \alpha \leq \tan \varphi,$$

откуда $\alpha \leq \varphi$.

Таким образом, для затягивания материала валками необходимо, чтобы угол α , называемый углом захвата, был больше угла трения. Углом захвата называют угол β , образуемый касательными к валкам в точках прилегания куска материала. Не трудно убедиться, что угол β равен 2α , и тогда $\beta \leq 2\varphi$.

Для определения соотношения между размерами поступающего куска и диаметром валка также воспользуемся схемой, представленной на рис. 1.

$$(D/2 + d/2) \cos \alpha = D/2 + a/2$$

$$(D + d) \cos \alpha = D + a, \quad (2)$$

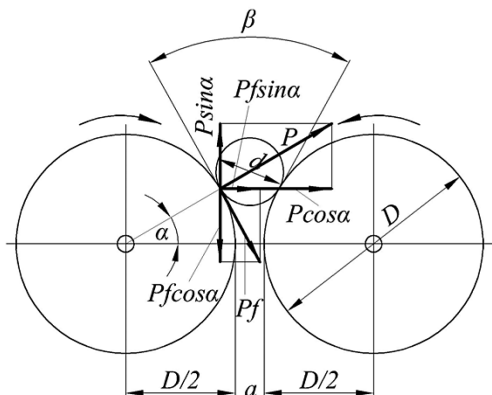


Рис. 1. Схема к определению размеров валков

где D – диаметр валка; d – диаметр куска; a – ширина выходной щели.

Преобразуем уравнение (2), разделив правую и левую части его на d :

$$(D/2 + 1) \cos \alpha = D/2 + a/2 \quad (3)$$

Учитывая, что степень измельчения в валковых дробилках принимается в среднем равной 4, можно записать, что $a/d = 0,25$. Сделав необходимые преобразования в уравнении (3) получим

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos \alpha - 0,25}{1 - \cos \alpha}$$

Коэффициент трения f кусков твердых пород (известняка, песка, каменного угля) о поверхность стального валка равен в среднем 0,3 а для кусков влажной глины – 0,45.

При указанных значениях f предельный угол захвата будет равен соответственно $16^\circ 40'$ и $24^\circ 20'$.

Таким образом, отношение D/d будет равно:

- при дроблении твердых горных пород

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos 16^\circ 40' - 0,25}{1 - \cos 16^\circ 40'} \approx 17 \quad (4)$$

- при дроблении глин карьерной влажности

$$\frac{D}{d} = \frac{\cos 24^\circ 20' - 0,25}{1 - \cos 24^\circ 20'} \approx 7,5 \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) выведены при том предположении, что угол захвата α равен углу трения. Практически же для надежной работы работы валковой дробилки необходимо полученные значения увеличивать на 20–25%. Таким образом, гладкие валковые дробилки применимы только для среднего и мелкого дробления, поскольку даже при очень больших диаметрах валков (1500 мм) размер захватываемых твердых кусков не превышает 75 мм. Для устранения недостатков валковых дробилок, нами разработана конструкция валкового измельчителя-классификатора, схема которого представлена на рис. 2 [2].

На рис. 2, а схематически изображен предлагаемый агрегат, общий вид. На 2, б) – разрез А–А. Измельчитель-классификатор содержит загрузочное устройство 1, вращающийся перфорированный барабан 2, с отверстиями перфорациями 3, опирающийся на приводной 4 и поддерживающий 5 ролики. Внутри перфорированного барабана 2 размещен рабочий элемент в виде вала-измель-

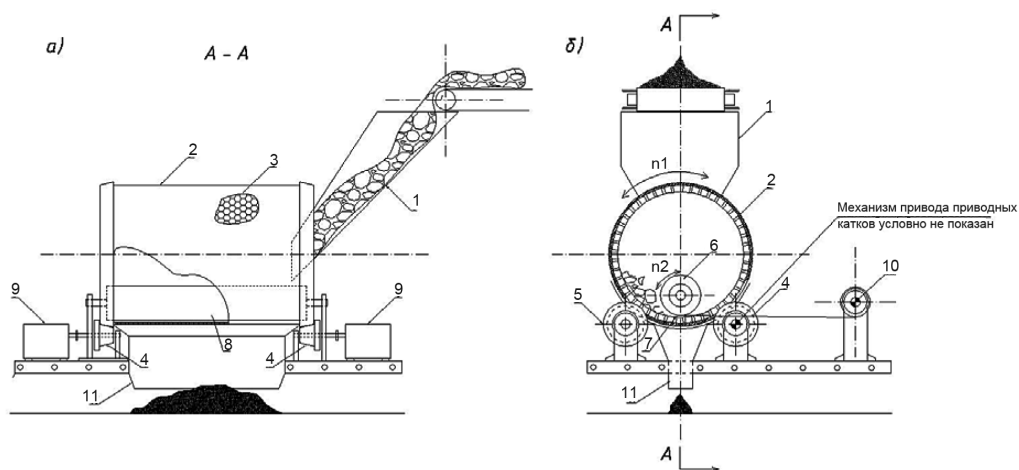


Рис. 2. Агрегат измельчитель-классификатор

чителя 6, установленный с технологическим зазором 7 пропорциональным размеру отверстий перфорированного барабана 3. Вал-измельчитель 6 снабжен рабочими рельефными накладками 8. Перфорированный барабан 2 и вал-измельчитель 6 снабжены индивидуальными приводами 9, 10, соответственно. Под перфорированным барабаном расположено разгрузочное устройство 11.

Измельчитель-классификатор работает следующим образом. Предварительно подготовленный по размеру к измельчению в данном агрегате исходный материал, через загрузочное устройство 1 попадает на внутреннюю поверхность перфорированного барабана 2, вращающегося и опирающегося на приводные 4 и поддерживающие 5 ролики. Окружная скорость перфорированного барабана 2 отличается от окружной скорости вала-измельчителя 6 за счет использования индивидуальных приводов 9, 10. В зазоре 7 между валом-измельчителем 6 и перфорированным барабаном 2 материал подвергается высокоэффективному измельчению и через отверстия перфорированного барабана перфорации 3 попадает в разгрузочное устройство 11.

Повышенная эффективность разрушения материала достигается за счет наличия разницы в окружных скоростях вращающегося вала-измельчителя и перфорированного барабана, вследствие чего измельчаемый материал подвергается одновременно как нормальным, так и сдвиговым (тангенциальным) напряжениям. Эта особенность разрушения положительно влияет на энергетические затраты и производительность агрегата, т.к. все природные и искусственные каменные материалы хорошо противостоят одноосному сжатию, тогда как способность их противостоять разрушению на сдвиг составляет 8–12% от предела прочности на сжатие.

Кроме того, разница в окружных скоростях вала-измельчителя и перфорированного барабана приводит к появлению различных направлений движения отдельных слоев материала относительно друг друга, что положительно влияет на процесс классификации. Использование на внутренней поверхности перфорированного барабана и поверхности вала-измельчителя футеровок с повышенными фрикционными свойствами относительно измельчаемого материала, позволяет создать условия, при которых внешнее трение будет превышать внутреннее в слое, что положительно скажется как на процессе разрушения, так и на процессе классификации.

Использование регулируемого зазора обусловлено повышением эффективности процесса грохочения. Из теории и практики грохочения известно, что материал с размером частиц $\leq 0,85B$ (где B – размер отверстия просеивающей поверхности) является легкогрохотимым, величина зазора прямо пропорциональна данному критерию.

Использование сменных рабочих рельефных накладок на поверхности вала-измельчителя позволяет интенсифицировать процесс разрушения за счет повышенных удельных напряжений при контакте с разрушаемым материалом. Рельеф и размер рабочих накладок выбирается исходя из конкретных физико-механических свойств материала. Так, например, для хрупких горных пород и материалов рекомендуется применять гладкую поверхность накладки вала-измельчителя или снабженную полусферами, расположенными в шахматном порядке, для вязких и пластичных – накладки выполненные в виде винта или штырей, расположенных в шахматном порядке. Расположение элементов в шахматном порядке обусловлено увеличением рабочей поверхности вала-измельчителя.

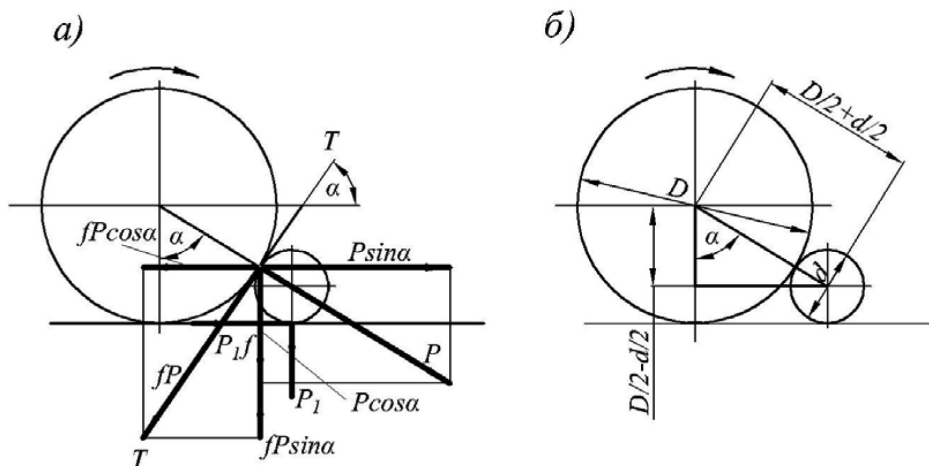


Рис. 3. Схема к расчету параметров вала-измельчителя и барабана-классификатора

В соответствии с расчетной схемой, приведенной на рис. 3 дробление кусков горной породы можно осуществить в том случае если угол α захвата между касательной TT (рис. 3) и горизонтальной осью не будет превышать определенной величины. Для определения условий захвата дробимого материала рассмотрим усилия, действующие в рабочей камере агрегата между валом-измельчителем и перфорированным барабаном. Давление P на кусок материала направлено перпендикулярно к касательной, проведенной через точку контакта, и вызывает в этой точке силу трения fP , направленную по касательной. В точке соприкосновения дробимого куска с поверхностью чаши возникают реакция P_1 от давления P на кусок материала и вызываемая ею сила трения f (весом куска вследствие его незначительности пренебрегаем).

Кусок будет захватываться при условии:

$$P \sin \alpha \leq fP_1 + fP \cos \alpha \quad (6)$$

Проектируя все силы на вертикальную ось, получаем

$$P_1 - P \cos \alpha - fP \sin \alpha = 0$$

или

$$P_1 = P (\cos \alpha + fP \sin \alpha) \quad (7)$$

Подставляя в формулу (6) вместо P_1 его значение из формулы (7) получим $P \sin \alpha \leq fP (\cos \alpha + fP \sin \alpha) + fP \cos \alpha$.

Разделив левую и правую части на $P \cos \alpha$, имеем:

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha \leq f(1 + f \operatorname{tg} \alpha) + 1, \\ \operatorname{tg} \alpha \leq 2f + f^2 \operatorname{tg} \alpha, \\ \operatorname{tg} \alpha \leq \frac{2f}{1 - f^2} \end{cases}$$

Заменяя коэффициент трения f через $\operatorname{tg} \varphi$ (φ – угол трения), получим

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi} = \operatorname{tg} 2\varphi \quad (8)$$

Таким образом, полученная зависимость идентична и для щековой дробилки, т.е. угол захвата α должен быть меньше двойного угла трения φ .

Чтобы определить соотношение между размером поступающего куска и диаметром катка, рассмотрим схему, представленную на рис. 3 (D – диаметр катка, d – размер куска):

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cos \alpha = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}$$

откуда

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Принимая согласно формуле (8) $\alpha = 2\varphi$ получим для твердых пород ($\alpha = 16^\circ 40'$)

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + 0,835}{1 - 0,835} = 11$$

Для глин карьерной влажности ($\alpha = 24^\circ 20'$)

$$\frac{D}{d} = 5$$

Для того чтобы создать запас, необходимый для надежной работы катков, отношения D/d , полученные по уравнениям (9) и (10) необходимо увеличить на 10–20%.

Таким образом, предложенный нами валковый измельчитель-классификатор имеет не только меньшие габариты, но и более низкие энергозатраты, пропорциональные вращающимся массам вала измельчителя и барабана классификатора, кроме того, совмещение процессов дробления и классификации в одном агрегате позволяет еще более повысить энергоэффективность, т.к. устраняются как минимум два конвейера, служащие для перегрузки горной массы на грохот и возврат ее на додробление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинополо Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов. – М., 1988.
2. Заявка на патент РФ. **ПАТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Митусов П.Е. – аспирант,
МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: tpmmsmu@gmail.com.

UDC 622.73

THE CALCULATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF CHOPPER-CLASSIFIER

Mitusov P.E., Graduate Student, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: tpmmsmu@gmail.com.

The calculation of basic geometrical parameters of the new chopper-classifier, executed in the form of a separate unit. The dependence between the size of the milling mining mass and shaft shredding machine.

Key words: the unit, chopper-classifier, mountain weight rolls.

REFERENCES

1. Konstantopulo G.S. *Mekhanicheskoe oborudovanie zavodov zhelezobetonnykh izdelii i teploizolyatsionnykh materialov* (Mechanical equipment for concrete products and heat-insulation materials plants), Moscow, 1988.
2. *Zayavka na patent RF.*

