



Надуть В. П.

Ягнюкова И. В.

*Институт
геотехнической
механики
им. Н. С. Полякова
НАН Украины*

Титов А. А.

*ГВУЗ «Национальный
горный университет»*

Nadutyu V. P.

Iagniukova I. V.

*M.S. Polyakov Institute of
Geotechnical Mechanics
under the NAS of Ukraine*

Tytov A. A.

*DHEE “National Mining
University”*

УДК 622.74.913.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕПЕСТКОВЫХ ДИСКОВ ВАЛКОВОГО ВИБРАЦИОННОГО КЛАССИФИКАТОРА С ГОРНОЙ МАССОЙ

Рассмотрено применение полимерных лепестковых дисков на валковых классификаторах, что позволяет эффективно разделять влажные и склонные к залипанию материалы. Аналитически определена величина силы взаимодействия лепестка с кусковым материалом, что позволит определить эффективность грохочения.

Ключевые слова: валковый классификатор, полимерный лепестковый диск, сила взаимодействия, вибрация, влажный и склонный к залипанию материал.

Введение. Грохочение склонных к залипанию материалов, имеющих влажность порядка 15...20%, традиционно считается наиболее трудным видом грохочения. Здесь должны применяться только такие машины и (или) просеивающие поверхности, которые способствуют эффективной дезинтеграции горной массы, обладающей наибольшими из возможных силами сцепления между частицами. Традиционные вибрационные грохоты с ситами, имеющими жесткие ячейки, а также валковые грохоты с зубчатыми валками, не решают данную проблему. Сочетание вращательного движения дисков валкового классификатора с наложением инерционного вибровозбуждения приводит к такому закону их движения, что воздействие на горную массу позволяет разрушать большие комки и не дает частицам повторно прочно слипаться,

препятствуя их прохождению через сито [1]. Возникает виброударный режим взаимодействия горной массы с рабочими элементами, приводящий к интенсивному истирающему воздействию на последние. А выполнение лепестков из полимерных материалов, например резины, резко повышает их срок службы.

Для оценки эффективности грохочения валкового классификатора с полимерными лепестковыми дисками необходимо определить зависимость силы взаимодействия лепестков с кусковым материалом в зависимости от таких параметров, как размер и масса куска, окружная скорость лепестка, параметры режима вибрации и др. В данной статье выполнено аналитическое обоснование величины указанной силы взаимодействия.



Анализ публикаций. В работе [2] впервые представлена модернизация валкового вибрационного классификатора на основе использования виброударного режима, полученного на основании кинематического взаимодействия гладкого валка со специальной конструкцией его оси, имеющей выступы, которые позволяют получить ударное явление внутри элементов рабочей поверхности. А впоследствии такие ударные импульсы передаются кускам обрабатываемого материала. В следующих исследованиях был проведен анализ взаимодействия кусковой горной массы с таким валком вибрационного классификатора [3], где получены аналитические выражения для вычисления ударного импульса и силы удара. А в работе [4] построена аналитическая функция, максимально приближенная к описанию траектории движения центра масс валка в виде круглого цилиндра, совершающего виброобкатывание по внутренней поверхности подпружиненной квадратной трубы. В совокупности система таких рабочих элементов позволяет получить виброударный режим валкового вибрационного классификатора без дополнительных приводов на обеспечение такого режима.

Цель работы. Определить зависимость силы взаимодействия полимерного лепестка диска валкового вибрационного классификатора от параметров

обрабатываемого материала, конструктивных и режимных параметров рабочего органа классификатора.

Изложение материала. Валковый вибрационный классификатор имеет просеивающую поверхность, которая состоит из некоторого количества одинаковых горизонтально расположенных валков, которые вращаются в одну сторону с частотой ω_1 (рис. 1). Перемещение материала осуществляется за счет круговых колебаний с амплитудой a и частотой ω_2 ($\omega_2 \gg \omega_1$), обеспечиваемых встроенными в валки дебалансами, а также вращения закрепленных на валках дисков специальной конструкции, выступы на которых выполнены в виде лепестков (рис. 2).

Рассмотрим, какую максимальную скорость могут иметь точки периферии диска, совершающего сложное движение.

Вращательное движение валков приводит к появлению на максимальном радиусе диска окружной скорости v . Диски на соседних валках расположены в шахматном порядке таким образом, что окружности периферий лепестков пересекаются, межосевое расстояние между валками составляет l_0 (рис. 1).

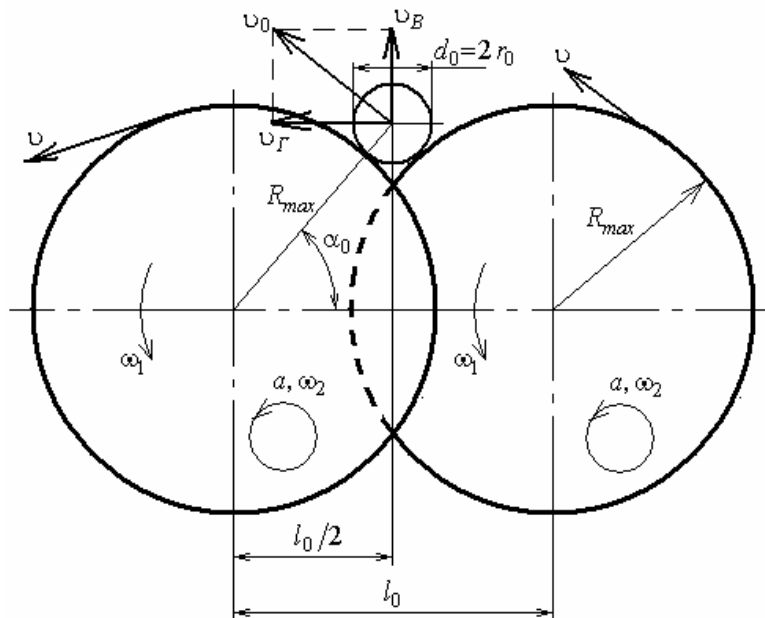


Рис. 1. Схема расположения соседних валков



Будем считать, что кусок размером d_0 , находящийся в контакте с лепестком, при вращении валков приобретает скорость v_0 , соответствующую частоте ω_1 :

$$v_0 = \omega_1 \cdot (R_{max} + r_0). \quad (1)$$

Данную скорость можно разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие, которые по-разному будут влиять на процесс последующих соударений куска. Так, кусок, подброшенный под некоторым углом к горизонту, потом опять упадет на валки, и эффективность дезинтеграции при этом снизится. Будет зависеть от скорости взаимного соударения куска с лепестком. При этом горизонтальная составляющая скорости будет способствовать уходу куска от соударения, а вертикальная в результате свободного полета куска поменяет знак на противоположный и при своем возрастании будет повышать силу соударения. Возможны ситуации, при которых горизонтальная составляющая будет погашаться за счет соударения с другими кусками и в иных случаях, поэтому в дальнейшем будем учитывать только вертикальную составляющую.

Скорость отрыва частицы от лепестка при подбрасывании:

$$\vec{U} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot \omega_2. \quad (2)$$

Так как частоты ω_1 и ω_2 не совпадают и даже не обязательно кратны, то возможно любое сочетание соответствующих им линейных скоростей по направлениям, тогда максимально возможную вертикальную скорость отрыва частицы определим так:

$$U_{B,max} = v_0 \cdot \cos \alpha_0 + a \cdot \omega_2, \quad (3)$$

где α_0 – минимальный угол отрыва частицы (рис. 1):

$$\alpha_0 = \arccos \frac{l_0}{2(R_{max} + r_0)}. \quad (4)$$

Подставим (4) в (3) и получим

$$U_{B,max} = \frac{l_0}{2} \cdot \omega_1 + a \cdot \omega_2. \quad (5)$$

При этом максимально возможная скорость периферии лепестка:

$$U_{B,лен} = v \cdot \cos \alpha_0 + a \cdot \omega_2 = \omega_1 \cdot R_{max} \cdot \cos \alpha_0 + a \cdot \omega_2. \quad (6)$$

Определим расчетные геометрические параметры лепестка (рис. 2).

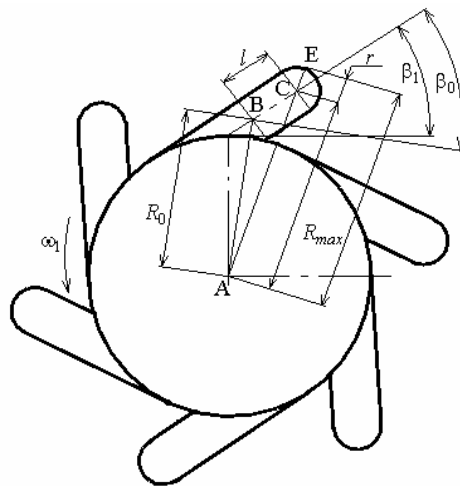


Рис. 2. Схема для расчета лепестка

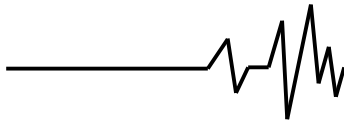
Ось симметрии лепестка наклонена к касательной, проведенной к окружности цилиндрической части диска, под углом β_1 .

Примем следующие допущения:

1) деформации лепестка при контакте с куском или слипшимися кусками будут определяться деформациями балки

постоянного сечения, соответствующего прямолинейному участку лепестка, центральная изогнутая ось балки имеет форму кубической параболы;

2) закруглением конца балки при расчете ее деформаций пренебрегаем;



3) контактными деформациями лепестка и куска пренебрегаем.

Здесь принимаем длину прямолинейного участка лепестка $BC = l$ по его короткой стороне.

Высота балки – $h = 2 \cdot r$, толщина – b .

Угол между осью балки и касательной к окружности радиусом $AB = R_0$ обозначим β_0 .

Рассмотрим такие случаи взаимодействия лепестков с горной массой:

1) взаимодействие с одиночным куском;

2) взаимодействие со слипшимися кусками, имеющие большую приведенную массу и не успевают значительно изменить свое местоположение за время контакта с одним лепестком.

Соударение лепестка с одиночным куском. Считаем, что кусок движется по нормали к балке со скоростью, соответствующей скорости встречи предварительно вертикально подброшенного куска с лепестком (рис. 3):

$$U = (U_{B, \max} + U_{B, \text{лен}}) \cdot \sin(\alpha_0 - \beta_0). \quad (7)$$

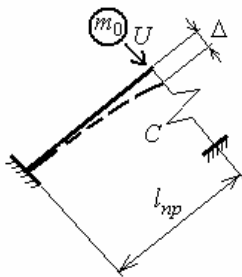


Рис. 3. Схема взаимодействия балки с одиночным куском

Если пренебречь изменением потенциальной энергии куска в гравитационном поле за время взаимодействия, по сравнению с изменением кинетической энергии куска, а также инерцией балки, то уравнение сохранения механической энергии примет вид

$$\frac{m_0 \cdot U^2}{2} = \frac{C \cdot \Delta^2}{2}, \quad (8)$$

где m_0 – масса куска, кг;

C – жесткость балки, определяемая по формуле

$$C = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l_{np}^3}, \text{ Н/м}; \quad (9)$$

E – модуль упругости материала лепестка, Па;

I – осевой момент инерции сечения балки:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ м}^4; \quad (10)$$

l_{np} – приведенная длина балки, которая может быть менее l .

Максимальный прогиб балки из (8):

$$\Delta = U \cdot \sqrt{\frac{m_0}{C}}, \text{ м}. \quad (11)$$

Максимальная сила соударения лепестка с одиночным куском:

$$F_{\max} = C \cdot \Delta = U \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot m_0 \cdot E \cdot I}{l_{np}^3}}. \quad (12)$$

Выводы

Получено выражение (12) для максимально возможной силы удара лепестка с одиночным куском горной массы. Таким образом, из (12) следует, что сила соударения будет повышаться при увеличении массы куска, модуля упругости материала лепестка и при снижении приведенной длины балки.

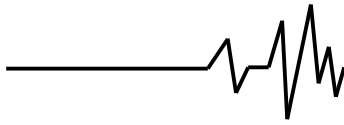
Список использованных источников

1. Пат. UA108453, Украина, МПК В07В1/12, В07В1/14, В07В1/15, В07В1/28, В07В1/40, В07В1/42. Способ классификации трудногροхотимого минерального сырья / В.П. Надутый, В.Ф. Ягнюков, И.В. Ягнюкова. – № а 201404720. Заявл. 05.05.2014. Опубл. 27.04.2015.

2. Надутый, В.П. Модернизация вибрационного валкового классификатора на основе использования виброударного режима / В.П. Надутый, А.И. Егурнов, И.В. Ягнюкова // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – №57 (1030) – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 89–96.

3. Надутый, В.П. Результаты исследований взаимодействия кусковой горной массы с валками вибрационного грохота / В.П. Надутый, В.Ф. Ягнюков, И.В. Ягнюкова // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск. – Вып. 109. – 2013. – С. 207–216.

4. Надутый, В.П. О некоторых особенностях движения рабочих органов валкового виброударного классификатора / В.П. Надутый, В.Ф. Ягнюков, И.В. Ягнюкова //



Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск. – Вып. 115. – 2014. – С. 102–108.

Список источников в транслитерации

1. Pat. UA108453, Ukraine, IPC B07B1/12, B07B1/14, B07B1/15, B07B1/28, B07B1/40, B07B1/42. Method of classification of hard-to-sieve mineral materials / V.P. Naduty, V.F. Iagnikov, I.V. Iagnikova. – № а 201404720. Priority date: 05.05.2014. Publication date: 27.04.2015.

2. Naduty V.P. Modernizatsiya vibratsionnogo valkovogo klassifikatora na osnove ispolzovaniya vibroudarnogo rejima / V.P. Naduty, A.I. Yegurnov, I.V. Iagnikova // Visnyk NTU «HPI». – 2013. – №57 (1030) – (Seriya: Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya). – pp. 89–96.

3. Naduty V.P. Rezultaty issledovaniya vzaimodeystviya kuskovoy gornoy massy s valkami vibratsionnogo grohota / V.P. Naduty, V.F. Iagnikov, I.V. Iagnikova // Geotechnical Mechanics: Mijvid. zb. nauk. pr. IGTM NAS of Ukraine. – Dnepropetrovsk. – № 109. – 2013. – pp. 207–216.

4. Naduty V.P. O nekotoryh osobennostyah dvijeniya rabochih organov valkovogo vibroudarnogo klassifikatora / V.P. Naduty, V.F. Iagnikov, I.V. Iagnikova // Geotechnical Mechanics: Mijvid. zb. nauk. pr. IGTM NAS of Ukraine. – Dnepropetrovsk. – № 115. – 2014. – pp. 102–108.

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ УДАРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПЕЛЮСТКОВИХ ДИСКІВ ВАЛКОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО КЛАСИФІКАТОРА З ГІРНИЧОЮ МАСОЮ

Анотація. Розглянуто застосування полімерних пелюсткових дисків на валкових класифікаторах, що дозволяє ефективно розділяти вологі і схильні до залипання матеріали. Аналітично визначена величина сили взаємодії пелюстка з кусковим матеріалом, що дозволить визначити ефективність грохочення.

Ключові слова: валковий класифікатор, полімерний пелюстковий диск, сила взаємодії, вібрація, вологий і схильний до залипання матеріал.

THE DETERMINATION OF FORCE OF IMPACT INTERACTION BETWEEN FLAP TYPE WHEELS OF A ROLLER VIBRATING CLASSIFIER AND MINED ROCK

Annotation. The application of polymeric flap discs on the roller classifiers that can effectively separate the wet and prone to sticking materials is considered. Analytically determined value of the force of interaction of the flap with lump material, which will determine the effectiveness of screening.

Key words: roller classifier, polymer flap disc, interaction force, vibration, damp and prone to sticking material.