

УДК 622.68

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ РОТОРА УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ

К.А. Зиборов¹, А.А. Логинова²

¹кандидат технических наук, заведующий кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

²аспирант, заместитель декана механико-машиностроительного факультета по науке и международной деятельности, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: logan-ne@ukr.net

Аннотация. В работе аналитически определяется осевой момента инерции ротора ударно-центробежной дробилки относительно оси его вращения.

Ключевые слова: ударно центробежная дробилка, осевой момент инерции, ротор.

ANALYTICAL DETERMINATION OF THE ROTOR INERTIA MOMENT OF CENTRIFUGAL CRUSHER

Kirill Ziborov¹, Anastasia Loginova²

¹Ph.D., Head of Machinery Design Bases Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: ziborov@nmu.org.ua

²Postgraduate, Deputy Dean of the Mechanical Engineering Faculty for Research, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: logan-ne@ukr.net

Abstract. The paper analytically determined by the axial moment of inertia of the rotor centrifugal crusher shock relative to the axis of rotation.

Keywords: Shock centrifugal crusher, axial moment of inertia, rotor.

Введение. Ударно-центробежные дробилки, разрушающие материал «свободным ударом» в поле центробежных сил, позволяют получать продукт более высокого качества при меньшем количестве стадий дробления (измельчения), чем в случае использования дробилок раздавливающего или истирающего действия [1,2,3].

На сегодняшний день они не получили достаточно широкой распространённости из-за меньших (по сравнению с дробилками раздавливающего и истирающего действия) показателей надёжности. В первую очередь это связано с тем, что в процессе эксплуатации рабочий орган ударно-центробежной дробилки (далее ротор) испытывает совокупное воздействие рабочих нагрузок, вызывающих нестационарный режим работы [1],

что приводит к преждевременному выходу из строя опорных подшипниковых узлов.

Для исследования динамики элементов сложных механических систем, к которым можно безусловно отнести ударно-центробежную дробилку, традиционно используют методы классической механики, в частности уравнение Лагранжа 2-го рода. Одним из подготовительных этапов при составлении уравнений движения подобных механических систем является определение кинетической энергии для чего необходимо получить выражение моментов инерции в аналитическом виде.

Цель работы: определение осевого момента инерции ротора ударно-центробежной дробилки относительно оси его вращения в аналитическом виде.

Материал и результаты исследований. Экспериментальные исследования процесса самофутеровки рабочего органа ударно-центробежной дробилки показали, что слой самофутеровки на разгонных лопатках, образующийся при эксплуатации, имеет форму логарифмической спирали. Опыты с поочередной подачей в начале работы материалов контрастных цветов подтвердили высокую устойчивость образующейся слоевой структуры самофутерирующего слоя [4].

Таким образом, схему ротора ударно-центробежной дробилки можно представить в виде указанном на Рисунке 1.

Как известно уравнение логарифмической спирали, выраженное в полярных координатах, имеет вид: [5]

$$r = ae^{b\theta} \quad (1)$$

где a – коэффициент, отвечающий за расстояние между витками; b – коэффициент, отвечающий за густоту витков; θ – угол отклонения точки на витке спирали от нуля.

Для решения рассматриваемой прикладной задачи из формулы (1) путём математических и логических преобразований было получено следующее выражение (2), тождественное выражению (1), однако более удобное в рамках данного исследования, так как показывает непосредственную зависимость между радиусом кривизны логарифмической спирали (внутренней поверхности лопатки) и текущим значением угла φ :

$$r(\varphi) = R_0 e^{\frac{\varphi}{\varphi_{\max}} \ln \frac{R_{\max}}{R_0}} \quad (2)$$

Используемые в формуле (2) обозначения приведены на Рисунке 2

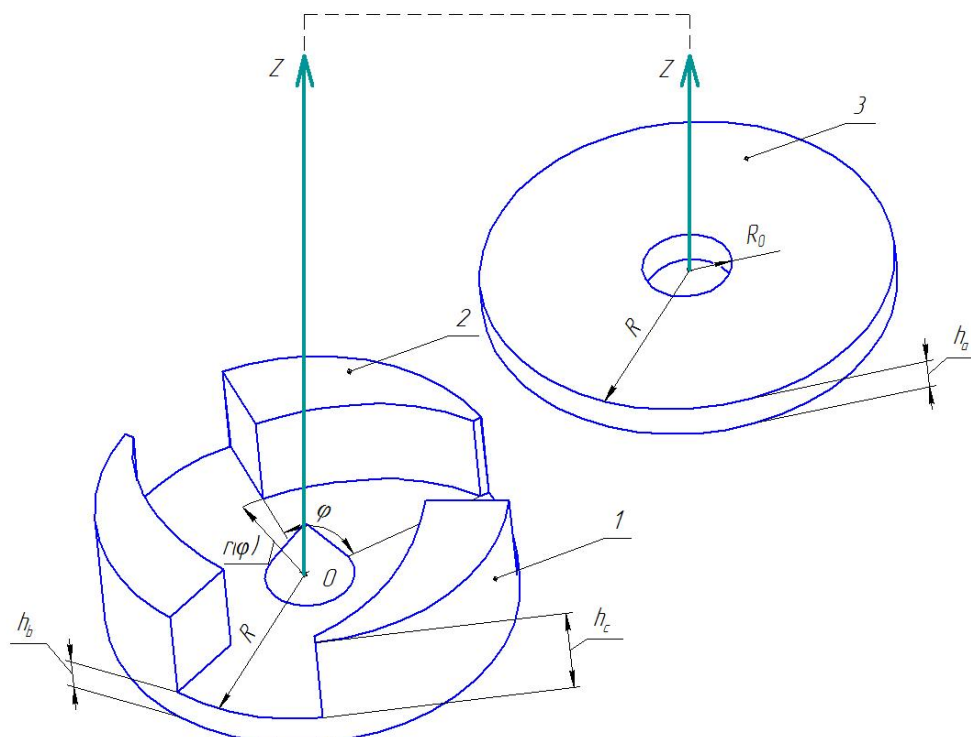


Рисунок 1 – Расчётная схема для определения осевого момента инерции ротора УЦД относительно его оси вращения:

поз. 1 – диск ротора; поз. 2 – лопатки ротора; поз. 3 – крышка ротора; h_a, h_b, h_c – высота крышки ротора, диска, разгонных лопаток соответственно; R – радиус ротора и крышки; R_0 – радиус загрузочного отверстия; $r(\varphi)$ – внутренний радиус разгонной лопатки, соответствующий виду логарифмической спирали; φ – центральный угол установки разгонной лопатки, рад

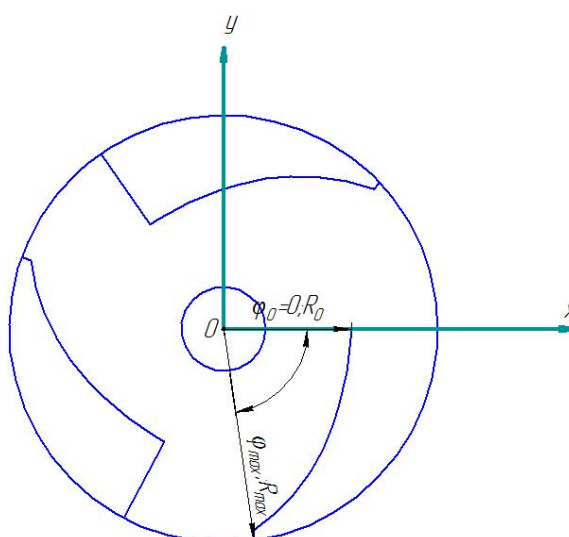


Рисунок 2 – Расчётная схема внутреннего радиуса разгонной лопатки $r(\varphi)$: φ_0, φ_{max} – начальный и конечный угол положения разгонной лопатки; R_0, R_{max} – начальный и конечный радиус положения разгонной лопатки;

В работе авторами предполагается, что центр тяжести ротора, заполненного дробимым материалом, остаётся на оси симметрии ротора, при этом плотность распределения частиц дробимого материала в роторе соответствует нормальному закону распределения.

Применяя известные выражения для определения осевого момента инерции и используя полученную зависимость (2) получим аналитическое выражение осевого момента инерции относительно оси вращения ротора ударно-центробежной дробилки, заполненного дробимым материалом, с учётом того, что внутренняя поверхность разгонных лопаток имеет форму логарифмической спирали.

$$I_z = \frac{\rho h_a}{2} \pi (R^4 - R_0^4) + \frac{\rho h_b}{2} \pi R^4 + 3 \frac{\rho h_c}{4} \varphi_{\max} \left(R^4 - \frac{R_{\max}^4 + R_0^4}{4 \ln \frac{R_{\max}}{R_0}} \right) + 3 \left(\frac{\rho_0 h_c}{4} \left(R^4 \alpha + \varphi_{\max} \left(\frac{R_{\max}^4 - R_0^4}{4 \ln \frac{R_{\max}}{R_0}} \right) \right) \right) \quad (3)$$

где ρ, ρ_0 – плотности материала ротора и дробимого материала соответственно; α – угол между разгонными лопатками.

Выводы. Полученное авторами аналитическое выражение момента инерции ротора ударно-центробежной дробилки заполненного дробимым материалом, предполагается использовать в дальнейшем для составления дифференциальных уравнений движения ударно-центробежной дробилки, описывающих её сложное динамическое поведение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинова А.А. Динамический дисбаланс ротора ударно-центробежной дробилки и условия, обеспечивающие его динамическое совершенство / А.А. Логинова, К.А. Зиборов // Сборник научных трудов международной конференции "Развитие информационно-ресурсного образования и науки в горно-металлургической отрасли и на транспорте 2015" / Днепропетровск: НГУ, 2014. – С. 15-18.

2. Зиборов К.А., Трубицин М.М., Логинова А.О., Анализ особенностей рабочего процесса та конструкцій опорного вузла ударно-відцентрових дробарок з вертикальним валом робочого органу/ Гірнична електромеханіка і автоматика Д.: НГУ, 2013. – №91. – С. 131-136.

3. Зиборов К.А., Логинова А.О., Порівняльний аналіз машин дроблення на середній і дрібній стадіях дроблення // Молодь: наука та інновації: тези допов. перша всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених, – Дніпропетровськ, 2013р.

4. Сокур Н.И. Центробежные дробилки [Текст]: монография / Н.И. Сокур, И.Н. Сокур, Л.М. Сокур. – Кременчуг: КДПУ, 2009. – 202 с.

5. Интернет-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Логарифмическая_спираль

УДК 622.236.232

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ БЕЗВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА БАЗЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

А.Г. Недельский¹, А.Ю. Журавель²

¹кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

²студент группы ИМмм-11-1, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: goralex007@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены безвзрывные технологии разрушения горных пород. На основании теоретических исследований установлено, что наиболее прогрессивным техническим решением для разрушения горных пород является создание безвзрывной технологии на базе высокочастотных колебаний. Установлены главные направления использования безвзрывной технологии разрушения горных пород на основе высокочастотных колебаний.

Ключевые слова: горная порода, разрушение, безвзрывной.

PERSPECTIVES OF NONEXPLOSIVE TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR ROCK DESTRUCTION, BASED ON HIGH-FREQUENCY OSCILLATIONS

Alexander Nedelsky¹, Alex Juravel²

¹Ph.D., senior researcher, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

²Student, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: goralex007@rambler.ru

Abstract. The article describes the technology non-explosive rock failure. On the basis of theoretical studies found that the most advanced engineering solutions for the destruction of rocks is to create a non-explosive technology based on high-frequency oscillations. Established the main uses of technology non-explosive destruction of rocks on the basis of high-frequency oscillations.

Keywords: rock, destruction, non-explosive.

Введение. В горнодобывающей промышленности при открытой и подземной добыче полезных ископаемых основным технологическим процессом являются буровзрывные работы, поэтому, с учетом экологических, экономических требований, предъявляемых как к продукции, так и