

УДК 531.31.15

¹Снитко С. А., ²Вишневский Д. А., ²Зинченко А. М.¹Донецкий национальный технический университет,²Донбасский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ НАГРУЗОК ДВУХВАЛКОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ДРОБИЛКИ

Работа посвящена исследованиям рабочих нагрузок двухвалковой зубчатой дробилки при переработке агломерата, углей и сланцев. Исследовано влияние на возникающие силы и крутящие моменты основных параметров дробилки.

Ключевые слова: сила, нагрузка, двухвалковая зубчатая дробилка, крутящий момент, крупное дробление.

Одной из разновидностей валковых дробилок являются машины с двумя валками, которые могут быть выполнены как гладкими, так и с выступами различной формы, а также в виде зубьев [1, 2].

Так, например, в металлургической отрасли широкое применение нашли одновалковые и двухвалковые зубчатые дробилки для фракционной подготовки предварительно спечённой железной руды в виде агломерационного пирога, а также иных материалов. При этом основным преимуществом двухвалкового исполнения является лучшее условие разрушения, которое может осуществляться даже при не имеющем возможности вращения одном из валков. Кроме того, наличие даже коротких зубьев (выступов) на поверхностях валков обеспечивает лучший способ захвата перерабатываемого материала [3, 4].

Однако наличие значительных усилий дробления передаётся на валы и подшипниковые опоры [5], что существенно ужесточает требования к их надёжности, поэтому актуальными являются не только аналитическое прогнозирование и расчёт таких узлов, но и практическое исследование и испытание рассматриваемых дробилок в производственных условиях.

Для наглядности на рисунке 1 показана схема действующих на материал сил.

В технике дробления, измельчения и обогащения полезных ископаемых наиболее актуальным является решение вопро-

сов повышения производительности, сокращение стадий переработки сырья, повышения надёжности, снижения удельной энергоёмкости и повышения качества готового продукта [6], что частично может достигаться аналитическими путями, однако пока ещё требует испытаний машин в производственных условиях.

Постановка задач: экспериментальные исследования условий возникновения и определения нагрузок в рабочей зоне двухвалковой зубчатой дробилки.

Исследуемая дробильная машина ДДГ-10 предназначена для крупного дробления исходного материала с размерами $400 \times 600 \times 1000$ мм, например углей и сланцев, имеющих твёрдость по шкале Мооса 4–5 единиц, до крупности $(0 \times 100 \times 300)$ мм.

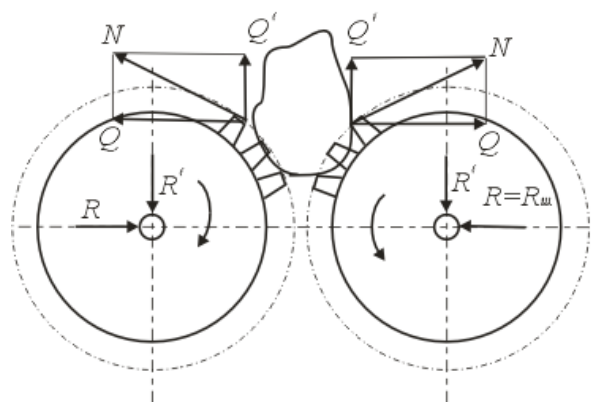


Рисунок 1 — Схема действующих на материал сил

Дробилка ДДГ-10 представляет собой двухвалковую зубчатую конструкцию, состоящую из следующих механизмов: вал вращающийся подвижный; вал вращающийся неподвижный; передаточный механизм; устройство амортизирующее.

Подвижный и неподвижный валы оснащены сегментами с зубьями и установлены в роликовых сферических (самоустанавливающихся) подшипниках. Передаточный механизм состоит из клиноременной передачи и закрытой зубчатой цилиндрической передачи. Соединение ведомого шкива клиноременной передачи с валом осуществляется посредством шариковой предохранительной муфты.

Ведомый шкив является также маховиком в механизме привода. Передача движения между неподвижным и подвижным валами осуществляется зубчатой цилиндрической передачей с внутренним зацеплением. При изменении межосевого расстояния между валами зацепление достигается применением зубчатого параллелограммного механизма. Амортизирующее устройство предназначено для отодвигания подвижного вала при попадании в рабочую зону недробимых или труднодробимых предметов и последующего его возврата в исходное положение. В качестве амортизирующих элементов установлены наборы витых цилиндрических пружин.

Основные технические характеристики машины приведены в таблице 1.

Исследование работы дробилки ДДТ-10 производилось при дроблении сланца твёрдостью 4–5 по Протодяконову. Межосевое расстояние валков составляет 1080 мм. Дробилка работала совместно с ранее установленной зубчатой дробилкой. Загрузка обеих дробилок осуществлялась с одного конвейера, при этом происходило разделение сланца: крупные куски размером 300×400 мм и более поступали для измельчения в дробилку ДДГ-10. Таким образом, загрузка исследуемой дробилки носит периодический характер.

Обработка и анализ результатов измерения показал, что распорные усилия на штоки амортизирующего устройства достигают 60–80 кН, момент на приводном валу не превышает 1350 Нм, время действия которого составляло 0,5–0,8 секунды. Анализ записи тока (рис. 2) и мощности электродвигателя позволил создать график нагрузки дробилки, а также определить коэффициент рабочего времени, характеризующий чистое время нахождения дробилки под нагрузкой.

Коэффициент рабочего времени

$$K = \frac{N \cdot t}{60 \cdot T} = \frac{9300 \cdot 0,5}{60 \cdot 0,5} = 0,016, \quad (1)$$

где $N=9300$ — среднее значение количества импульсов нагрузки за 8 часов работы дробилки; $t=0,5$ с — среднее значение длительности импульса нагрузки; $T=8$ часов — время работы дробилки.

Таблица 1

Технические характеристики двухвалковой дробилки

Параметр	Значение параметра
Диаметр валков, мм	1000
Длина валков, мм	1250
Межосевое расстояние, мм	1100–1350
Пределы регулирования щели, мм	100–350
Максимальный отход подвижного валка, мм	300
Скорость вращения валков, об/мин	36
Передаточное число передаточного механизма	20,44
Мощность электродвигателя, кВт	40
Производительность дробилки определяется крупностью поступающего и дроблёного материала и составляет, т/час	125–525

Измерение нагрузки электродвигателя при длительном режиме работы проводилось самопишущим ампервольтметром Н 390 с шириной применяемой ленты 100 мм, что соответствует потребляемому двигателем току 200 А (рис. 2).

При помощи тензометрии определялся крутящий момент на приводном валу.

Основные динамические характеристики работы дробилки показаны в таблице 2, а показатели определения мощности электродвигателя — в таблице 3.

Изменение мощности электродвигателя показано на рисунке 3, а график нагрузки дробилки — на рисунке 4.

Исследование шума, возникающего при дроблении, выявило, что максимальный уровень звукового давления в 110 дБ находится в среднечастотном диапазоне спектра. В высокочастотном диапазоне от 1000 до 5000 Гц уровень звукового давления у станины дробилки составляет 86–92 дБ. На хо-

лостом ходу максимальный уровень шума 81–84 дБ; он вызывается вибрациями вследствие динамических нагрузок в элементах привода, основным источником которого являются зубчатые передачи. Рабочий режим характеризуется резким понижением шума.

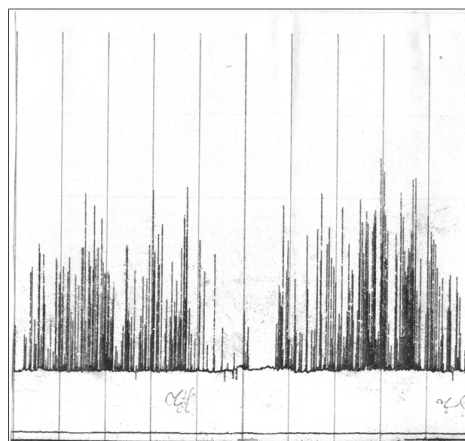


Рисунок 2 — Диаграмма тока двигателя дробилки

Таблица 2

Основные динамические характеристики работы дробилки

Давление на левый шток, $P_{ш1}$, кН	Давление на правый шток, $P_{ш2}$, кН	Суммарное распорное усилие, P , кН	Величина хода подвижного вала, мм	Продолжительность действия нагрузки, с	Крутящий момент на приводном валу, M_e , кНм
25,20	18,30	43,50	1,0	0,3	9,10
15,80	13,00	28,80	0,0	0,2	3,60
31,20	11,00	42,20	0,3	0,3	8,60
34,80	35,20	70,00	2,0	0,5	10,30
19,40	12,00	31,40	0,2	0,2	3,95
22,00	23,00	45,00	0,3	0,3	9,60
44,00	33,00	77,00	4,0	0,4	12,90
50,50	17,50	68,00	5,0	0,5	12,70
16,00	11,00	27,00	0,2	0,2	3,30
57,00	33,00	90,00	2,5	0,5	13,20
66,00	41,00	107,00	15	0,6	13,50
51,00	37,50	88,50	4,0	0,4	13,00
50,50	41,50	92,00	5,0	0,5	13,20
62,30	53,00	115,30	7,5	0,2	13,10

Таблица 3
Показатели определения мощности
электродвигателя

Ординаты мгновенной мощности, мм		Мгновенная мощность двигателя, кВт	Ток двигателя	
y_1	y_2		холостого хода, I_{xx} , А	при нагрузке, $I_{об}$, А
9	2,5	42,7	38	166
10,5	2,5	52,6		122
5,5	2,5	19,8		132
6	2,5	23		128
6,5	2,5	26,3		120
7,5	2,5	32,9		116
8	2,5	36,2		134
12	2,5	62,5		120
7,5	2,5	32,9		115
6,5	2,5	26,3		104
5	2,5	16,5		135
7	2,5	29,6		100
5,5	2,5	46		130

Проведенные исследования показали, что загрузка электродвигателя находится на уровне его установленной мощности, наибольшая величина которой достигает 52,6 кВт. Основным источником шума является кожух и загрузочное устройство, что может быть компенсировано устройством соответствующей шумоизоляции и повышения точности изготовления зубчатых передач.

Библиографический список

1. Развитие технического уровня одновалковых зубчатых дробилок горячего агломерата : монография / О. А. Левченко [и др.]. Алчевск : ДонГТУ, 2016. 190 с.
2. Жилкин В. П., Доронин Д. Н. Производство агломерата, оборудование, автоматизация. Екатеринбург : Уральский центр ПР и рекламы, 2004. 292 с.
3. Левченко О. А., Левченко Э. П., Зинченко А. М. Состояние и основные направления развития технического уровня конструкций одновалковых зубчатых дробилок // *Металлургические процессы и оборудование*. 2011. № 1. С. 24–29.
4. Левченко Э. П., Зинченко А. М., Левченко О. А. Основы синтеза инновационных технологических процессов, механических устройств и систем (опыт 30-летней изобретательской деятельности) : монография. Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. 353 с.

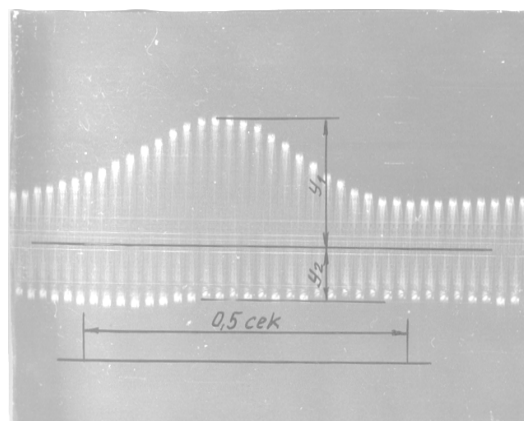


Рисунок 3 — Изменение мощности двигателя дробилки

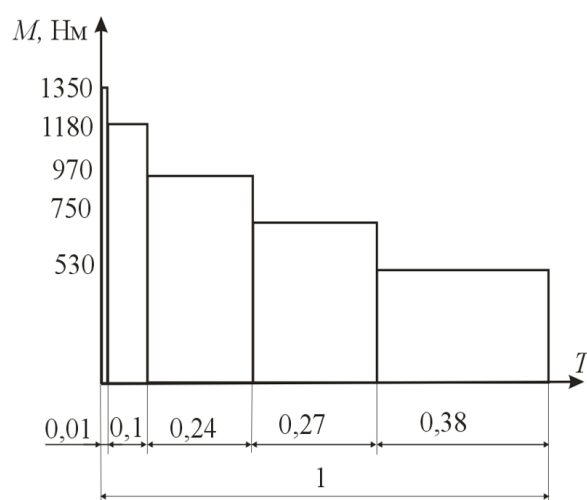


Рисунок 4 — График нагрузки дробилки

В качестве перспектив развития данного направления исследований предполагается определение прочностных характеристик основных деталей данной машины.

5. Левченко Э. П., Щербак В. В. Определение рациональной скорости загрузочного конвейера рудно-дробильного комплекса // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2010. Вып. 32. С. 227–233.

6. Малич Н. Г., Блохин В. С., Дегтярёв А. О. Анализ и перспективы развития отечественных машин для дробления твёрдых материалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. С. 365–380.

7. Блохин В. С., Большаков В. И., Малич Н. Г. Основные параметры технологических машин. Ч. 1. Машины для дезинтеграции твёрдых материалов : учебное пособие. Днепропетровск : ИМА-пресс, 2006. 404 с.

© Снитко С. А.

© Вишневецкий Д. А., Зинченко А. М.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. АТ ЛГУ им. В. Даля Замотой Т. Н., к.т.н., доц. каф. СГ ДонГТУ Смекалин Е. С.

Статья поступила в редакцию 20.06.2023.

Doctor of Technical Sciences Snitko S. A. (*Donetsk National Technical University, Donetsk, DPR, the Russian Federation*), **Doctor of Technical Sciences Vishnevskiy D. A., PhD in Economics Zinchenko A. M.** (*Donbass State Technical University, Alchevsk, LPR, the Russian Federation*)
INVESTIGATING THE WORKLOADS OF A DOUBLE ROLL GEAR CRUSHER

The work is devoted to the research of the workloads of a double roll gear crusher during the processing of agglomerate, coal and shale. The influence of the main crusher parameters on the emerging forces and torques is studied.

Key words: force, loading, double roll gear crusher, torque, coarse breaking.

References

1. Levchenko O. A. Development of technical level of single-roll gear crushers of hot agglomerate: monograph [Razvitie tekhnicheskogo urovnya odnovalkovykh zubchatykh drobilok goryachego aglomerata: monografiya]. Alchevsk: DonSTU, 2016. 190 p. (rus)

2. Zhilkin V. P., Doronin D. N. Sinter production, equipment, automation [Proizvodstvo aglomerata, oborudovanie, avtomatizatsiya]. Ekaterinburg: Uralskiy centr PR i reklamy. 2004. 292 p. (rus)

3. Levchenko O. A., Levchenko E. P., Zinchenko A. M. State and main directions of development of the technical level of single-roll gear crushers designs [Sostoyaniye i osnovnyye napravleniya razvitiya tekhnicheskogo urovnya konstruktsiy odnovalkovykh zubchatykh drobilok]. Metallurgical Process and Equipment. 2011. No. 1. Pp. 24–29. (rus)

4. Levchenko E. P., Zinchenko A. M., Levchenko O. A. Fundamentals of synthesis of innovative technological processes, mechanical devices and systems (experience of 30 years of inventive activity): monograph [Osnovy sinteza innovatsionnykh tekhnologicheskikh processov, mekhanicheskikh ustrojstv i sistem (opyt 30-letnej izobretatel'skoj deyatel'nosti): monografiya]. Alchevsk: SEI HPE LPR "DonSTU", 2018. 353 p. (rus)

5. Levchenko E. P., Shcherbak V. V. Determining the rational speed of the loading conveyor of the ore-crushing complex [Opredelenie racional'noj skorosti zagruzochnogo konvejera rudno-drobit'nogo kompleksa]. Scientific works collection of DonSTU. Vol. 32. 2010. Pp. 227–233. (rus)

6. Malich N. G., Blokhin V. S., Degtarev A. O. Analysis and prospects for the development of domestic machines for crushing solid materials [Analiz i perspektivy razvitiya otechestvennykh mashin dlya drobleniya tvordykh materialov]. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2008. Pp. 365–380. (rus)

7. Blokhin V. S., Bol'shakov V. I., Malich N. G. Basic parameters of technological machines. P. 1. Machines for disintegration of solid materials: a handbook [Osnovnyye parametry tekhnologicheskikh mashin. Ch. 1. Mashiny dlya dezintegratsii tvordykh materialov: uchebnoye posobie]. Dnepropetrovsk: IMA-press. 2006. 404 p. (rus)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Снитко Сергей Александрович, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. обработки металлов давлением

Донецкий национальный технический университет,

г. Донецк, Донецкая Народная Республика, РФ

Вишневский Дмитрий Александрович, д-р техн. наук, профессор каф. машин металлургического комплекса

Донбасский государственный технический университет,

г. Алчевск, Луганская Народная Республика, РФ

Зинченко Андрей Михайлович, канд. экон. наук, доцент, зав. каф. технологии и организации машиностроительного производства

Донбасский государственный технический университет,

г. Алчевск, Луганская Народная Республика, РФ