УДК 621.926.22-52

С.Ю.ТЯГУШЕВ, *аспирант, Sergey_ty@mail.ru*
О.Б.ШОНИН, *д-р техн. наук, профессор, nisosh_eltec@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

S.Yu.TYAGUSHEV, *post-graduate student, Sergey_ty@mail.ru*
O.B.SHONIN, *Dr. in eng. sc., professor, nisosh_eltec@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ПРИВОДА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИБРАЦИОННОЙ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

На основе разработанного экспериментального стенда исследовано влияние неидентичности электромеханических параметров подсистем дробилки на рассогласование номинального режима в безударном и ударном режимах. Показано, что экспериментальные зависимости в безударном режиме отвечают основным положениям теории самосинхронизации. Установлено, что начальное рассогласование колебаний щек приводит к существенному снижению производительности и росту энергоемкости дробления.

Ключевые слова: вибрационная щековая дробилка, электромеханическая система, электропривод, самосинхронизация.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF VIBRATION JAW CRUSHER PERFOMANCE AND CHARACTERISTIC OF THE CRUSHER TWO-MOTOR DRIVE IN NO-LOAD AND NOMINAL MODE OF OPERATION

The paper is devoted to the experimental study of jaw crusher characteristics under condition that nonidentity of subsystems electro-mechanical parameters causes the distortion of the nominal mode of the jaw crusher operation. Experimental data obtained have confirmed basic statements of a self-synchronization theory. The initial phase shift of jaws oscillations is shown to result in a substantial decrease in the crusher productivity and a significant increase in the specific power consumption.

Key words: vibration jaw crusher, electromechanical system, electric drive, self-synchronization.

Проектирование вибрационной щековой дробилки (ВЩД) и расчет ее эксплуатационных характеристик основаны на исследованиях, посвященных описанию и анализу безударного режима [1, 3]. В этих работах считается, что конструкция дробилки симметрична, а при переходе в режим дробления параметры движения элементов дробилки остаются неизменными, если масса разрушаемого материала мала относительно массы дробилки.

Однако опыт заводских и промышленных испытаний дробилок указывает на ряд несоответствий их расчетных и эксплуатационных характеристик. В большинстве случаев они выражены в существенно меньшей производительности, а также в зависании материала в камере дробления.

Отсутствие полномасштабной модели процесса и достаточного объема экспериментальных данных о безударном и ударном режимах не позволяют оценить влияние разрушаемого материала на режим электромеханической системы вибрационной щековой дробилки и выявить причины наблюдаемых отказов.

Для решения данной задачи были проведены экспериментальные исследования вибрационной щековой дробилки в безударном и ударном режимах. Исследования проводились на испытательном стенде, который включает: ВЩД 130×300 с приводными асинхронными двигателями мощностью 11 кВт, преобразователь частоты, информационно-измерительную систему, состоящую из датчиков электрических и механических величин, платы сбора данных, управляемой средствами LabView 8.5 [4].

На первом этапе исследований было изучено влияние парциальных скоростей двигателей на безударный режим работы. Парциальные скорости $\omega_{п1}$, $\omega_{п2}$ определяются индивидуальными механическими характеристиками двигателей $\omega_1(M)$, $\omega_2(M)$, которые определяются при отсутствии вибрационной связи между дебалансными вибраторами [2].

В рабочем диапазоне скоростей вращения ротора ($\omega \geq \omega_{ном}$) механическую характеристику можно аппроксимировать линейной функцией $\omega_i(\mathrm{M}) = \omega_{0i} - K_i M$ (где ω_{0i} – частота вращения поля статора, $\omega_{0i} = 2\pi f / z_P$; K_i – угловой коэффициент; f – частота питающего напряжения, z_P – число пар полюсов асинхронного двигателя).

Разность парциальных скоростей $\Delta\omega_{п} = \omega_{п1} - \omega_{п2} = \omega_1(\mathrm{M_{c1}}) - \omega_2(\mathrm{M_{c2}})$ характеризует отличие в условиях возбуждения двух подсистем дробилки. Если асинхронные двигатели питаются от сети $\omega_{01} = \omega_{02} = \omega_0$ и их нагрузка одинакова, то разность парциальных скоростей определяется отличием угловых коэффициентов характеристик $\Delta\omega_{п} = (K_1 - K_2)M_{ном}$ (рис.1). Отличие коэффициентов наклона характеристик K_1 и K_2 связано с разбросом параметров асинхронных двигателей одной серии. В соответствии с ГОСТ 183-74 допустимый разброс номинальных скольжений, обусловленных неидентичностью параметров двигателей, лежит в диапазоне 20 % от номинального значения. Теоретический расчет, основанный на связи парциальных скоростей и фазового сдвига [2], выполненный для ВЩД 130×300, показал, что максимально допустимый разброс скольжений двигателей по ГОСТ 183-74 может приводить к срыву синхронно-противофазного режима.

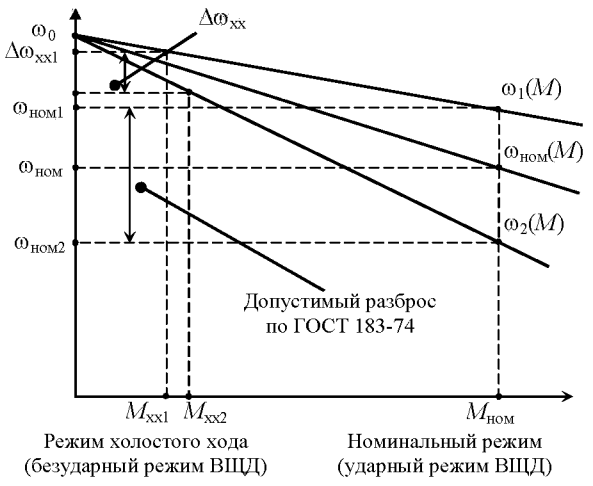


Рис.1. Разброс механических характеристик асинхронных двигателей

В экспериментах разброс парциальных скоростей воспроизводился за счет изменения частоты поля статора $\omega_{01} \neq \omega_{02}$ путем варьирования частоты питания двигателя в соответствии с законом скалярного управления. Фазовый сдвиг колебаний щек ψ_p измерялся относительно синхронно-противофазного режима, $\psi_p = \psi_A - 180°$ (где ψ_A – абсолютный фазовый сдвиг).

Экспериментальные исследования ВЩД 130×300 в безударном режиме показали, что согласованный режим $\psi_p = 0$ наблюдается при равенстве парциальных скоростей $\omega_{п1} = \omega_{п2}$ (рис.2). При уменьшении парциальной скорости одного из двигателей возникает фазовый сдвиг колебаний щек ψ_p и вибрационный момент, который вызывает перераспределение мощности между электродвигателями вплоть до перевода одного из двигателей в режим близкий к режиму холостого хода. При этом суммарная мощность системы $P = P_1 + P_2$ от рассогласования не зависит (рис.2).

Для практической оценки влияния фазового сдвига и перераспределения мощности между двигателями на технологические показатели ВЩД были проведены экспериментальные исследования ударного режима. В качестве разрушаемого материала использовался гранит крупностью 60-70 мм. Масса навески дробимого материала составляла 12 кг.

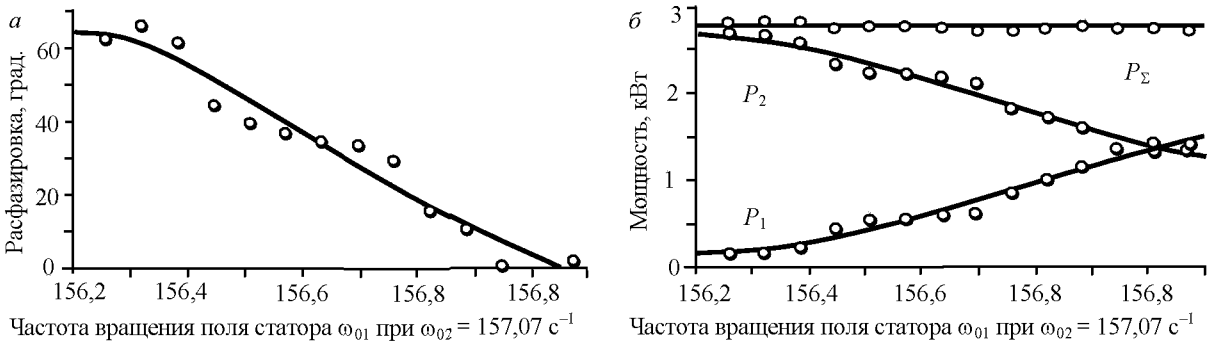


Рис.2. Фазовый сдвиг положений щек (*а*) и мощности асинхронных двигателей (*б*) в зависимости от частоты поля статора в безударном режиме работы

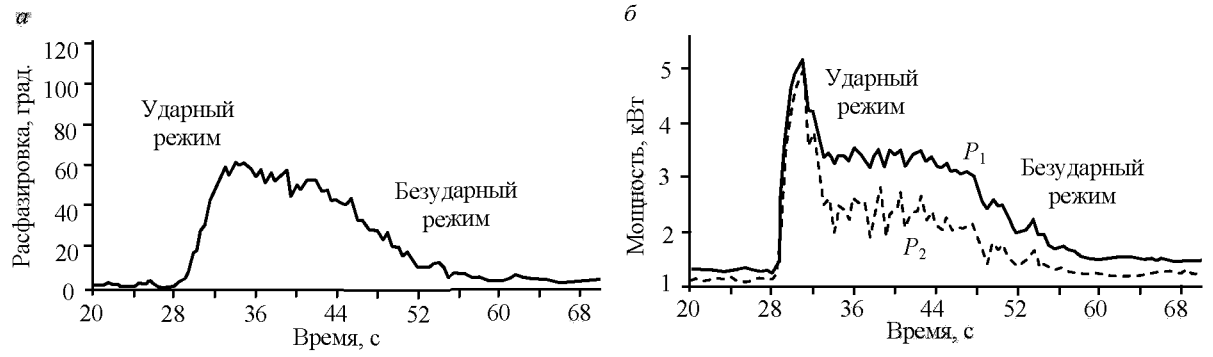


Рис.3. Изменение угловых положений щек (*а*) и мощности двигателей (*б*) при работе под нагрузкой с нулевой начальной разбалансировкой $\psi_P(0) = 0$

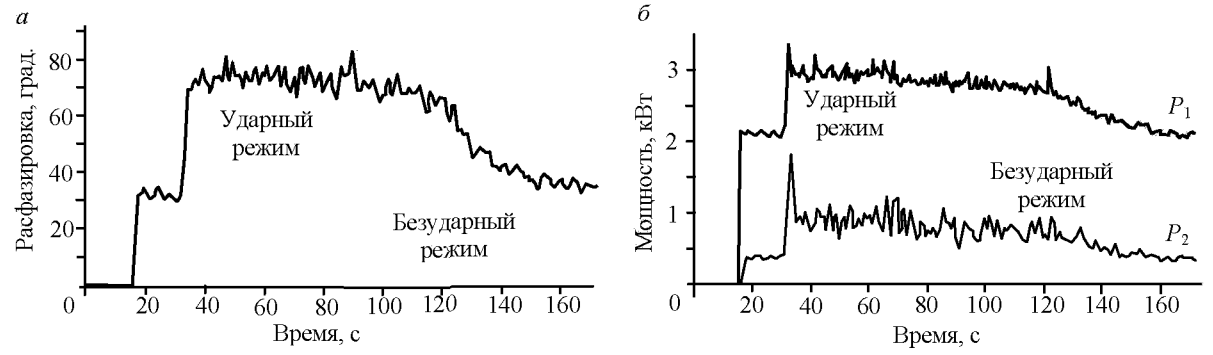


Рис.4. Изменение угловых положений щек (*а*) и мощности двигателей (*б*) при работе под нагрузкой с начальной разбалансировкой $\psi_P(0) = 30°$

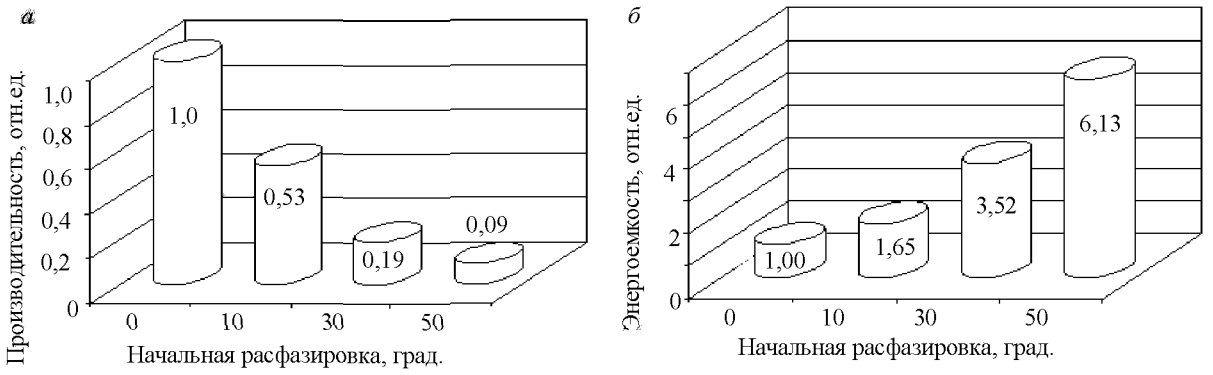


Рис.5. Производительность (*а*) и удельная энергоемкость дробления (*б*)

В ходе эксперимента фиксировались осциллограммы ускорений элементов дробилки, частота питающего напряжения двигателей, средняя мощность каждого двигателя и привода, время прохождения материала через камеру дробления, крупность конечного продукта. Полученные осциллограммы ускорений щеки в ударном режиме имеют несинусоидальную форму с ударными импульсами, соответствующими начальному моменту разрушения. Спектральный анализ данных показал, что основная доля мощности спектра (более 80 %) переносится первой гармоникой. Поэтому отклонение от номинального режима движения щек можно производить по фазовому сдвигу между основными гармониками ускорений $\psi_p = (\psi_{11} - \psi_{12}) - 180$ (где ψ_{11}, ψ_{12} – начальные фазы основных гармоник). Эксперименты проводились при отсутствии начального фазового сдвига $\psi_p(0) = 0$ и наличии начальной расфазировки щек $\psi_p(0) = 10,\ 30,\ 50°$. При $\psi_p(0) = 0$ взаимодействие рабочего органа и разрушаемого материала приводит к расфазировке положений щек до угла $\psi_p = 50°$ и перераспределению мощности $P_1 - P_2 = 1{,}3$ кВт (рис.3). При наличии начальной разбалансировки $\psi_p(0) = 30°$ переход в режим дробления сопровождается ростом фазового сдвига до значения $\psi_p(0) = 70°$, перераспределением мощности $P_1 - P_2 = 2{,}4$ кВт, а также увеличением времени дробления (рис.4).

По данным экспериментов построены графики производительности и энергоемкости дробления в зависимости от начальной разбалансировки колебаний щек (рис.5). Производительность оценивалась по массе дробленного материала и времени дробления. Установлено, что рост начального фазового сдвига положений щек приводит к уменьшению пропускной способности рабочей камеры и снижению производительности дробилки. При этом крупность конечного продукта и мощность, в общем потребляемая приводом от сети, изменяются незначительно. Это свидетельствует о том, что при увеличении расфазировки вибраторов энергоемкость дробления возрастает. Например, начальная расфазировка $\psi_p(0) = 30°$ приводит к снижению производительности в 5 раз и увеличению энергоемкости в 3,5 раза по сравнению со случаем $\psi_p(0) = 0$.

Результаты исследований показывают, что асимметрия электромеханических подсистем дробилки приводит к возникновению вибрационного момента, перераспределению мощности привода между двигателями, рассогласованию номинального синхронно-противофазного режима, существенному снижению производительности и росту энергоемкости дробления. Отличие параметров электрической подсистемы влияет на режим работы дробилки тем больше, чем ближе к номинальному значению нагрузка на привод. В результате взаимодействия рабочего органа с дробимым материалом имеет место увеличение расфазировки положений щек и ухудшение условий дробления материала, снижение производительности и рост энергоемкости дробления. Из экспериментов следует, что для получения максимальной производительности ВЩД необходимо осуществлять фазовую автоподстройку колебаний щек.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Архипов М.Н.* Динамика безударного режима вибрационной щековой дробилки / М.Н.Архипов, Р.Ф.Нагаев // Зап. Горного ин-та. 1995. Т. 141. С. 140-148.

2. *Блехман И.И.* Вибрационная механика. М.: Физматлит, 1994. 480 с.

3. *Лавров Б.П.* Теоретический расчет производительности ударно-вибрационной щековой дробилки / Б.П.Лавров, В.Я.Туркин // Обогащение руд. 1973. № 2. С.72-75.

4. *Тягушев С.Ю.* Экспериментальный стенд для исследования электромеханических характеристик вибрационных щековых дробилок ОАО «НПК «МеханобрТехника» / С.Ю.Тягушев, О.Б.Шонин // Тр. 7-й междунар. конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments – 2008». М., 2008. С. 38-42.

REFERENCES

1. *Archipov M.N., Nagaev R.F.*. Dynamic of non-impact mode of vibration jaw crusher // Proceeding of the Mining Institute 1995. T.141. P.140-148.

2. *Blechman I.I.* Vibration mechanic Moscow: Fizmatlit, 1994.

3. *Lavrov B.P., Tyrkin V.Y.* Theoretical estimate of productivity of the vibration jaw crusher // Ore benefication. 1973. № 2. P.72-75.

4. *Tyagushev S.Y., Shonin O.B.* An experimental test bench for study of electromechanical system of vibration jaw crusher // Study, science and engineering applications based on LabView and national Instruments technology, 2008. Moscow, 2008. P.38-42.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *О.Б.Шонин*