

И.В. КОЦ, канд. техн. наук,
Винницкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАЦИОННЫХ МЕЛЬНИЦ

Розглянута нова принципова схема вертикального вібраційного млина із гідроприводом. Розроблена математична модель робочого процесу, що надає можливість провести аналіз всіх основних складових, які сприяють створенню такого робочого режиму, при якому буде пришвидшено помел і поліпшена його якість.

The new of principle scheme of vertical vibration mill with hydraulic drive setting, is considered. The mathematical model of working process, which gives possibility to conduct the analysis of all of basic constituents, which are instrumental in creation of such operating condition at which a crush will be accelerate and his quality improves, is developed.

Актуальность работы. В различных отраслях промышленности, таких как, например, химическая, горная, фармацевтическая и пищевая, важную роль при изготовлении качественной продукции играют процессы измельчения различных материалов. Поэтому создание новых конструкций измельчающих агрегатов, которые характеризуются достаточным уровнем экономичности, надежности и качества выходной продукции есть актуальной задачей [1 – 3].

Анализ последних исследований и публикаций. Наибольшее распространение среди известных способов вибрационного измельчения сыпучих материалов имеет способ измельчения в шаровых мельницах с дисбалансным электромеханическим приводом. Известные шаровые вибромельницы с дисбалансным приводом, которым присущ ряд положительных качеств, имеют также некоторые технические недостатки, основными из которых являются: сложности в изменении рабочей частоты и амплитуды колебаний, существенная зависимость от технологической загрузки [1 – 3].

Основным конструктивным узлом, который определяет эффективность и надежность машин ударно-вибрационного действия является их привод. Среди известных видов приводов наибольшее распространение в качестве привода для оборудования ударно-вибрационного действия, которое используются в горной и других отраслях промышленности, получили механи-

ческие, пневматические и гидравлические. Детальное изучение существующих гидроприводов автоматического циклического действия, которые используются для привода машин ударного действия различного технологического назначения, показало, что наиболее перспективными являются гидроприводы управляемые специальным устройством – автоматическим гидрораспределителем – клапаном-пульсатором [4 – 6]. Как отмечается в ряде публикаций такой гидравлический привод обладает достаточно высокой энергоемкостью и значительным быстродействием, позволяет легко изменять параметры рабочих ходов в процессе выбора оптимальных технологических режимов.

Постановка цели и задач исследований. Целью работы является исследование предложенной конструкции вибрационной мельницы с гидроприводом для тонкого измельчения горнорудного сырья. Необходимо произвести обоснование и выбор таких взаимосвязей и соотношений между её рабочими характеристиками и параметрами гидропривода, которые будут обеспечивать надежное функционирование оборудования и получение качественной выходной продукции при относительно небольших энергетических расходах.

Изложение основного материала и результаты исследований.

На рисунке показана принципиальная схема экспериментальной вертикальной вибрационной мельницы с гидроприводом [4]. Мельница состоит из вертикального корпуса помольной камеры 1, которая подпружинена относительно основания с помощью упругих элементов 6 и 7. Помольная камера 1 состоит из ряда секций, разделенных донными ситами 5. Для обеспечения направленных колебаний корпуса помольной камеры 1 предназначены исполнительные плунжерные гидроцилиндры-вибраторы 8 и 9, жестко закрепленные на основании, плунжеры которых контактируют с площадками опорных элементов, расположенными на корпусе помольной камеры 1. Устройство работает следующим образом. Исходный материал подлежащий измельчению через входной патрубок 15 с дозатором 18 подается в помольную камеру 1. Под действием переменного давления жидкости, которая поступает от насоса 11 к рабочим камерам исполнительных плунжерных гидроцилиндров-вибраторов 8 и 9 происходят вертикальные возвратно-поступательные перемещения корпуса помольной камеры 1 и размещенной в ней технологической нагрузки - мелющих тел и измельчаемого сыпучего материала 4. Переменное давление в гидросистеме создается гидравлическим генератором колебаний давления рабочей жидкости 13. В результате периодических колебаний тех-

нологическая нагрузка во время каждого хода помольной камеры 1 вверх будет подбрасываться и отрываться от неё, а затем будет осуществляться свободное падение, а в конце его силовое ударное взаимодействие между мелющими телами (шарами) и измельчаемым сыпучим материалом.

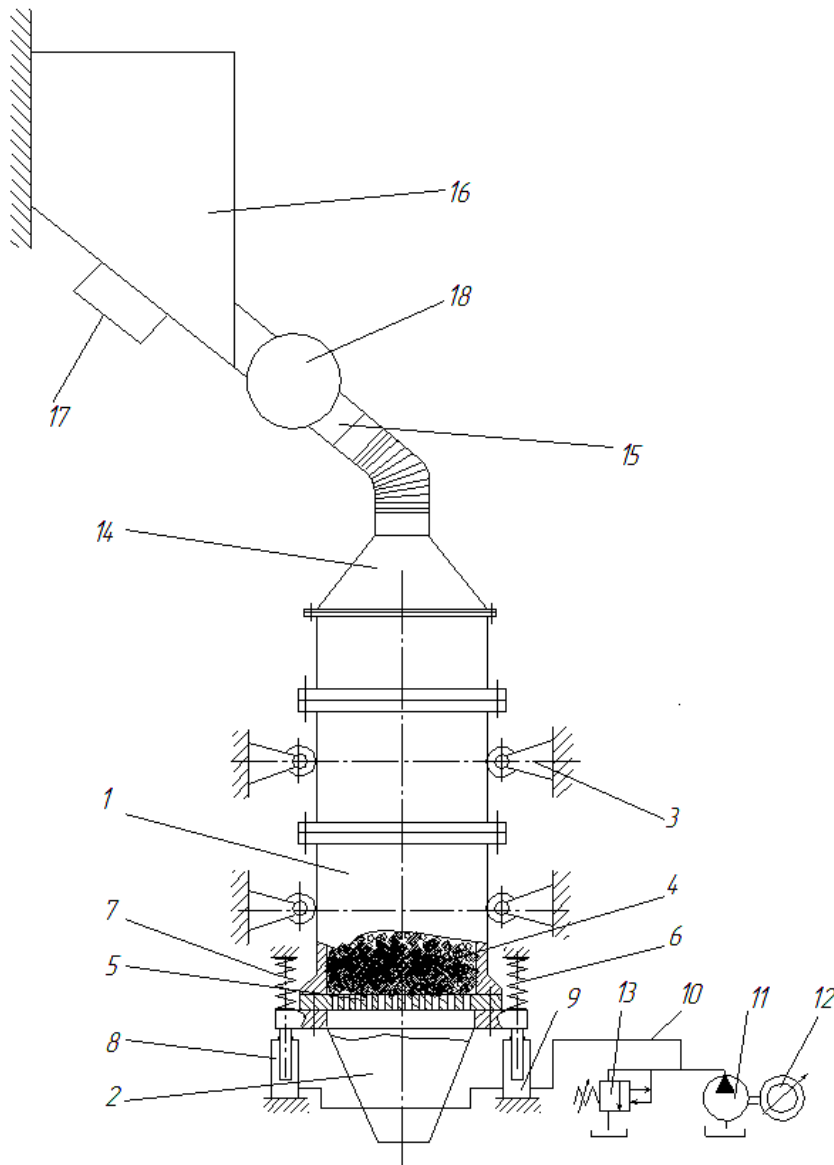


Рисунок – Конструктивная схема экспериментальной вертикальной гидравлической вибрационной мельницы

Таким образом, в результате периодически повторяющихся возвратно-поступательных перемещений и взрывлений мелющих тел и сыпучего измельчаемого материала будет происходить его перемешивание и нарастающее измельчение до заданной величины тонины выходной продукции, разгрузка которой будет производиться в приемный бункер 2.

Для описания динамики рабочего процесса примем следующие допущения: массу технологической нагрузки – мелющих тел и измельчаемого материала условно принимаем сосредоточенной, размерами и формой ее частиц пренебрегаем [1, 5]; рабочая жидкость в приводной гидросистеме полагается сжимаемой, причем коэффициент сжимаемости при давлении 0,3 МПа имеет среднеинтегральное значение β_{cp} , а при давлении свыше 3,0 МПа – некоторое постоянное значение β [6]; срабатывание генератора колебаний давления рабочей жидкости происходит релейно; давление в сливной магистрали и производительность насоса 11 принимаются постоянными.

Первый этап рабочего цикла – рост давления рабочей жидкости в гидросистеме от $p_{сл}$ до $p_1 \geq (P_{II} + R_{mp}) / F_{nl}$, при котором начинается движение рабочих органов исполнительных плунжерных гидроцилиндров-вибраторов 6:

$$Q_H = \frac{dp}{dt} W_{\Gamma} b_{cp} + j_{ym} p. \quad (1)$$

Второй этап – совместный ход вверх корпуса помольной камеры 1 и технологической нагрузки – мелющих тел и сыпучего измельчаемого материала, расположенной в ней, при начальных условиях: $t = t_1$, $z = z_H = 0$,

$$\frac{dz}{dt} = 0$$

$$\begin{cases} M_C \frac{d^2 z}{dt^2} = p F_{nl} - c(z + z_H) - a_{mp} \frac{dz}{dt} - R_{mp} \text{sign}\left(\frac{dz}{dt}\right) - M_C g + P_{B1}, \\ Q_H = \frac{dp}{dt} (W_{\Gamma} + F_{nl} z) b + F_{nl} \frac{dz}{dt} + j_{ym} p. \end{cases} \quad (2)$$

Третий этап – ход помольной камеры вниз и свободное падение сыпучего материала, при начальных условиях: $t = t_2$, $z_1 = z_K$, $\frac{dz_1}{dt} = 0$, $z_2 = z_K$,

$$\frac{dz_2}{dt} = 0$$

$$\begin{cases} M_K \frac{d^2 z_1}{dt^2} = c[(z_n + z_k) - z] - a_{mp} \frac{dz}{dt} - R_{mp} \operatorname{sign}\left(\frac{dz}{dt}\right) + M_K g, \\ m f_{cl} \sqrt{\frac{2g}{g}} \sqrt{p - p_{cl}} + j_{ym} p = Q_n + \frac{dp}{dt} [W_\Gamma + F_{nl} (z_k - z_1) b] + F_{nl} \frac{dz_1}{dt}, \\ M_T \frac{d^2 z_2}{dt^2} = M_T g. \end{cases} \quad (3)$$

В уравнениях (1 – 3) приняты следующие обозначения: Q_i – производительность насоса 11; p, t – текущее давление и время; W_i – суммарный объем рабочих полостей, включая полость генератора колебаний давления рабочей жидкости 5, полость приводной гидросистемы и гидроцилиндров 8 и 9; $b_{\bar{n}}$ – среднеинтегральное значение коэффициента сжимаемости жидкости в интервале давления от p_{cl} до p_i ; M_C – суммарная масса (которая состоит: $M_C = M_K + M_T$, здесь M_K – масса помольной камеры 1; M_T – сосредоточенная масса технологической нагрузки); z, z_1 – соответственно, текущее перемещение совместного движения плунжеров гидроцилиндров-вибраторов 8, 9 и помольной камеры 1 во время первого и второго этапов; z_2 – перемещение сыпучего материала; z_n, z_k – начальное и конечное положение помольной камеры 1; F_{nl} – эффективная рабочая площадь поперечного сечения плунжеров гидроцилиндров-вибраторов 8 и 9; g – ускорение свободного падения; c – жесткость упругих элементов 6 и 7; R_{mp} – сила сухого трения, принятая постоянной [5, 6]; a_{mp} – постоянный коэффициент вязкого трения; m – коэффициент расхода рабочей жидкости; f_{cl} – площадь проходного сечения сливной гидролинии; j_{ym} – коэффициент внутренних утечек в гидросистеме; γ – удельный вес рабочей жидкости.

Проведено испытание вибромельницы с гидроприводом. Технологическая нагрузка мельницы – мелющие тела (стальные шары $\varnothing 32, 40$ мм) и измельчаемый материал – мрамор (фракция –5мм +2,5 мм), отсеянный из продуктов дробления. Загружаемая порция измельчаемого материала составляла 5 – 10 кг. Средняя производительность вибромельницы составила 55 кг/час. В процессе испытаний амплитуда колебаний помольной камеры обеспечивалась в пределах от 4 до 10 мм, частота колебаний помольной камеры плавно изменялась от 10 до 80 Гц. Выход кондиционного по крупности продукта

(–0,3 мм) в разгрузке вибромельницы в открытом цикле находился в пределах 31,1...62,5%. Наиболее интенсивный режим измельчения наблюдался при амплитудах колебаний порядка 8 мм и частоте колебаний 42 Гц.

С целью проверки результатов математического моделирования, с помощью системы датчиков компьютерного измерительного комплекса, фиксировались следующие параметры: изменение текущего давления в рабочих полостях плунжерных гидроцилиндров-вибраторов $p(t)$; перемещение помольной камеры $s(t)$; частота колебаний f ; периоды отдельного и совместного движения мелющих шаров и измельчаемого материала с помольной камерой; напряжения, возникающие в донных ситах.

Полученные практические результаты подтвердили предыдущие аналогичные выводы экспериментальных исследований проведенные нами для вибротранспортирующих технологических машин с подобным гидроприводом [4, 5]. Установлено важность согласования времени хода вниз помольной камеры $t_{н.х.}$ и времени свободного падения технологической нагрузки – мелющих тел и измельчаемого материала $t_{с.п.}$. Для эффективного измельчения необходимо выполнять условие $t_{н.х.} \approx t_{с.п.}$. Если $t_{н.х.} > t_{с.п.}$, то будет уменьшаться величина каждого элементарного перемещения технологической нагрузки, что будет приводить к уменьшению кинетической энергии падающих мелющих тел, осуществляющих ударное измельчение сыпучего материала, находящегося в помольной камере. При $t_{н.х.} < t_{с.п.}$, будет уменьшаться частота колебаний помольной камеры, вследствие гашения скорости помольной камеры при ходе ее вверх от встречного соударения свободно падающих мелющих тел и измельчаемого материала о донные сита. Анализ осциллограмм изменения текущего давления $p(t)$ показал, что необходимо производить настройку давления срабатывания клапана-пульсатора так, чтобы оно не происходило преждевременно до завершения заданного перемещения помольной камеры совместно с технологической нагрузкой при ходе вверх. Для повышения скорости обратного хода необходимо также существенно уменьшить величину подпора давления $p_{сл}$ в сливной магистрали.

Выводы. Предложена математическая модель динамики рабочего процесса новой конструкции вертикальной гидроприводной вибрационной мельницы, а также осуществлена экспериментальная проверка работоспособности предложенной установки.

Использование результатов проведенных теоретических исследований и

практических испытаний предоставит разработчикам подобных вибротельных с гидроприводом возможность определять оптимальные их конструктивные и приводные параметры, характеристики рабочих режимов, правильный выбор которых будет содействовать улучшению качества выходной продукции, повысит экономичность и интенсивность процесса измельчения.

Список литературы: 1. Вибрации в технике : Справочник. В 6-ти томах / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Том 4. Вибрационные процессы и машины. Под ред: Э.Э. Лавендела. – 1981. – 509 с. 2. Черный Л.М. Математическое моделирование вибрационной мельницы, работающей в замкнутом цикле. – В кн.: Механика горных машин. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 101 – 108. 3. В.П. Франчук, А.В. Анциферов, А. И. Егурнов. Исследование влияния технологической нагрузки на динамику вибрационных машин // Науч.-техн. сб.: Обогащение руд. – 2001. – № 1. – С. 27 – 31. 4. Декларацийний патент України на корисну модель № 24535, МКл. F 26 B17/10. Установка для вібраційного сушіння / Авт.: Коц І.В., Насіковський А.Б., Петрусь В.В. Бюлетень № 6 від 15.11.2006. 5. Коц І.В. Математическое моделирование рабочего процесса виброгрохота с импульсным гидроприводом // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – № 30. – С. 8 – 15. 6. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М.Е. Иванов, И.Б. Матвеев, Р.Д. Искович-Лотоцкий, В.А. Пишенин, И.В. Коц. – М.: Машиностроение, 1977. – 174 с.

Поступила в редколлегию 11.09.08

УДК 622.807.002.54 (088.8)

І.В. КОЦ, канд. техн. наук, **С.Б. СТОРОЖУК**, **В.В. ПЕТРУСЬ**,
Вінницький національний технічний університет

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ІМПУЛЬСНОГО НАГНІТАННЯ СУМІШЕЙ В ГРУНТ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ

Предложена конструкция оборудования и технология импульсного нагнетания смесей в грунт оснований фундаментов, которые базируются на использовании гидравлического привода, давление в котором управляется гидравлическим пульсатором. Представлены математические зависимости и обоснованы параметры создания импульсной струи на выходе из нагнетального блока и процесс проникновения импульсной струи в грунт.

Construction of equipment and technology for impulsive pumping of mixtures in soil of bases of foundations, which are based on the use of hydraulic drive and which controlling by a hydraulic pulser pressure, are offered. The mathematical dependences and validation of parameters forming of impulsive stream on the output of a block for pumping and the process of penetration of impulsive a moving of stream in soil, are presented.