

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРОХОЧЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

ЕЛЕМЕС Д.Е., ВАВИЛОВ А.В.

*Восточно-Казахстанский государственный технический университет им.
Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан,*

Elemes-Darkhan@yandex.ru

MATHEMATICAL MODEL BOLTING OF THE LOOSE MATERIAL

YELEMES D.E., VAVILOV A.V.

*Name D.Serikbaev the East Kazakhstan state technical university, Ust-Kamenogorsk,
Republic Kazakhstan*

Elemes-Darkhan@yandex.ru

В промышленности строительных материалов необходимой технологической стадией многих производственных процессов является сортировка. Исследования современного состояния оборудования и теоретического исследования сортировки сыпучих строительных материалов на различные фракции, в особенности влажных материалов, содержащих лещадные, пластинчатые и игольчатые формы, показывают, что эксплуатируемые в данный момент плоские вибрационные или барабанные грохота не удовлетворяют процессу разделения нерудных материалов.

Важной задачей при создании новых и эксплуатации старых типов грохотов является обеспечение низкого содержания зерен пластинчатой и игольчатой формы с целью улучшения качества щебня (особенно мелких фракций) как заполнителя для различных видов бетонов. В настоящее время данная задача не решена окончательно.

На основе анализа направлений развития сортирующего оборудования видно, что процессы двойного возбуждения материала на ситах с щелевидными отверстиями обеспечивают повышение качества грохочения щебня при повышении производительности.

По результатам аналитических и экспериментальных исследований перспективных конструкций грохотов была предложена новая конструкция вибрационного грохота и защищена патентами ряд изобретений, характеризующих модернизацию элементов возбуждения материала и совершенствование процесса грохочения. Эти изобретения позволяют качественно классифицировать нерудные материалы с влажностью более 5%, а также содержащие зерна лещадной, пластинчатой и игольчатой формы. Получены положительные решения «Казпатента» от 04.02.2010 г. о выдаче инновационного патента на изобретение заявка № 2010/0147.1 МКИ⁷ В07В 1/22 «Спиральный грохот», заявка № 2010/0148.1 МКИ⁷ В07В 1/22 «Спиральный вибрационный грохот», заявка № 2010/0149.1 МКИ⁷ В07В 1/22 «Грохот». Подана заявка на получение положительного решения «Казпатента» от 31.03.2010 г. о выдаче патента на изобретение (заявка № 2010/0381.1 МКИ⁷ В07В 1/22 «Грохот»).

С целью исследования процесса грохочения сыпучего материала в упругой спирали на базе Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка спирального вибрационного грохота. Рабочим органом предлагаемого грохота является упругая спираль.

Для определения рациональных параметров грохота, обеспечивающих получение качественного продукта, снижение потребляемой мощности и увеличение производительности, необходимо разработать математическую модель грохочения сыпучего материала, приводимого к сложному возбуждению за счет эксцентриковых кулачков.

Рассмотрим упругую спираль в двух положениях – в статическом и динамическом. Динамическим положением (моделью) будем считать ситуацию, когда спираль находится в работе. Статическим положением (моделью) будем считать ситуацию, возникающую в случае резкой остановки спирали, при сохранении всей массы материала внутри спирали. Непосредственно математической моделью при работе грохота является динамическая модель. Статическая модель необходима для определения массы материала на внутренней поверхности спирали. Результатом построения как статической, так и динамической модели должны являться зависимости для определения поперечной деформации витков спирали.

Предпосылкой для построения данной модели является условие полной загрузки спирали исходным сыпучим материалом, обеспечивающей рациональные значения производительности и эффективности грохочения.

Рассмотрим спираль, загруженную на внутренней поверхности определенным количеством материала. Масса материала и масса самой спирали создают поперечную нагрузку на спираль. Для определения величин зазоров между витками спирали необходимо определить максимальный прогиб от данной нагрузки, который будет приходиться на центральную часть спирали.

Входными параметрами для динамической модели являются геометрические размеры самой спирали, некоторые физические и кинематические ее параметры – частота колебаний и число оборотов. Данная модель должна описывать поведение спирали, когда она приводится в равномерное вращение вокруг собственной оси и одновременно колебательное движение в вертикальной плоскости – поперечные колебания спирали. В результате построения модели должна быть найдена зависимость для расчета амплитуды витков упругой спирали.

Рассмотрим вынужденные колебания спирали под действием опорных кулачков. Так как в месте соприкосновения с ними спираль опирается на кулачки, при этом в результате предварительных экспериментов было установлено, что оптимальное качество грохочения и производительность грохота наблюдаются при режиме вибрации спирали без отрыва ее от кулачков, то, следовательно, мы можем принять, что витки, лежащие на кулачках, имеют с ними одну частоту – ω_c , и амплитуда данных витков, назовем ее верхней амплитудой – A_e , жестко связана с эксцентриситетом установки кулачков – e (рис.1):

$$A_e = R_2 - e,$$

где R_2 – радиус кулачка.

При этом амплитуда A_e в данном случае равна размаху колебаний витков спирали лежащих на кулачках.

Частота колебаний любого витка будет равна ω_{cn} . Относительно амплитуды можно сказать, что каждый виток будет иметь свою амплитуду, при этом все они будут связаны геометрическими зависимостями.

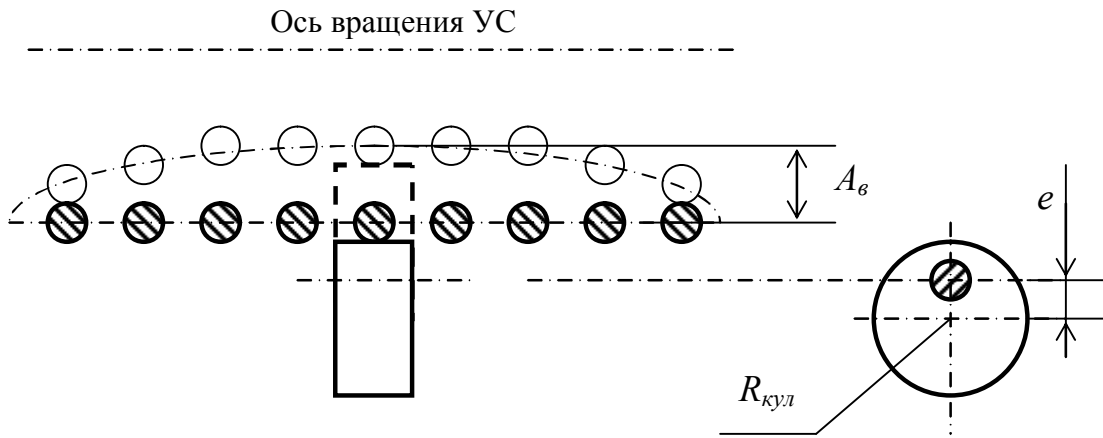


Рис. 1. Схема определения верхней амплитуды.

Размах колебаний свободных витков спирали – витков, не опирающихся на кулачки, будет больше размаха колебаний витков имеющих амплитуду A_e (рис.2). При этом максимальный размах будет у витков, находящихся в середине секции спирали.

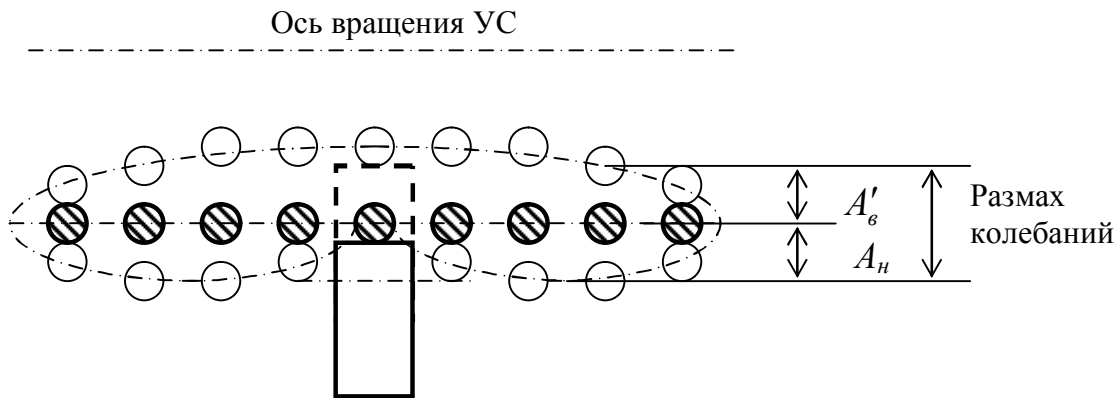


Рис. 2. Схема определения нижней амплитуды.

При расчете спирального виброгрохота необходимо знать допускаемый прогиб спирали – $[\lambda]$, это позволит определить ее геометрические параметры и оптимизировать определенную выше амплитуду A_n .

Для отсева в нижний продукт зерен определенной фракции статический зазор (зазор между витками спирали в ее спокойном состоянии) – z_{cm} должен быть меньше верхней границы этой фракции, и при этом зерна, превышающие средним размером величину z_{cm} , проходят вниз при колебаниях спирали. То есть происходит «раскрытие» витков до какого-то определенного размера, назовем его динамическим зазором – z_d , в который проходят трудные зерна.

При прогибе спирали вниз она делится на секции между опорными кулачками или между опорными кулачками и зафиксированными концами спирали. Виток, находящийся в середине секции, имеет наибольший прогиб, который и необходимо определить. Примем, что спираль при прогибе образует сегмент окружности с центром в точке O и радиусом R_{np} – радиус прогиба спирали. Тогда $[\lambda]$ – это стрела сегмента h , а расстояние $H_0/2$ – хорда.

$$h = [\lambda] = \sqrt{\frac{3}{16} \left[l^2 - \left(\frac{H_0}{2} \right)^2 \right]}$$

То есть для того, чтобы определить $[\lambda]$, необходимо найти длину дуги сегмента

$$[\lambda_n] = \sqrt{\frac{3}{64} \left[\frac{i^2}{4} (2d_{np} + z_{cm} + z_\delta)^2 - H_0^2 \right]}.$$

Для определения допустимого прогиба в верхнем положении спирали – верхнего допустимого прогиба – воспользуемся тем же способом, что и для нижнего прогиба $[\lambda_n]$. Отличие состоит в том, что рассматриваемым участком изгиба является часть длины секции спирали – $k_p H_0/2$, рис.4. Здесь k_p – коэффициент сокращения, приближенно равный 0,4 – 0,5.

Используя, вышеприведенный способ разложения кривой изгиба на дуги, получим формулу для определения верхнего допустимого прогиба:

$$[\lambda_s] = k_p \sqrt{\frac{3}{16} \left[\frac{i^2}{4} (2d_{np} + z_{cm} + z_\delta)^2 - H_0^2 \right]}.$$

При грохочении исходный материал перемещается по поверхности просеивания с определенной скоростью. До определенного момента увеличение скорости движения улучшает качество грохочения и увеличивает производительность. Но, начиная с какой-то критической скорости, при дальнейшем повышении производительности качество грохочения снижается вследствие того, что частицы нижнего слоя исходного материала «проскакивают» мимо отверстий просеивающей поверхности.

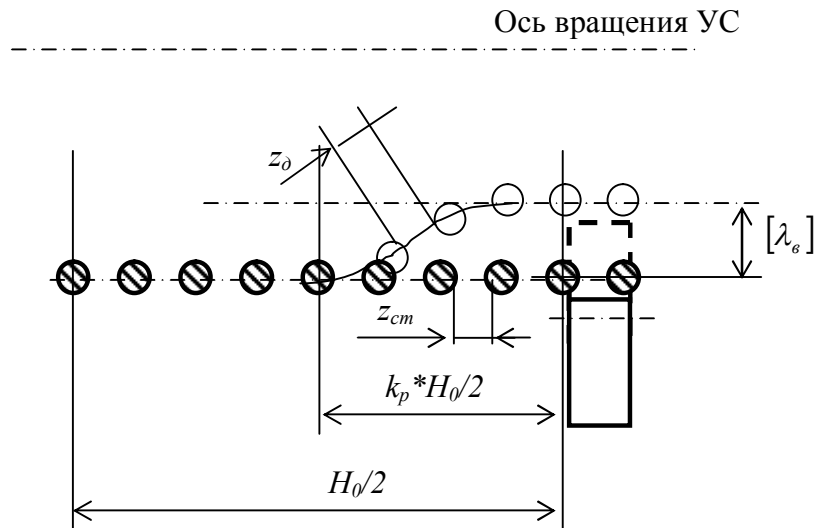


Рис. 4 Схема для расчета верхнего допустимого прогиба упругой спирали.

Таким образом, основная задача состоит в том, чтобы определить это критическое значение скорости как наиболее выгодное. При этом это должна быть скорость движения нижнего слоя материала, назовем ее v_{opt} . Размером отверстия поверхности просеивания в продольном направлении (в сторону движения материала) является зазор спирали z . Данная скорость определяется по формуле, предложенной профессором М.Я. Сапожниковым

$$v = (D - d/2) \sqrt{g/d}.$$

Но, как показано в предыдущем изложении, для спирального виброгрохота существует два зазора – статический z_{cm} и динамический z_δ , последний изменяется от своего максимального значения, приблизительно равного верхней границе нижней фракции, до минимального, приблизительно равного z_{cm} . Соответственно для того,

чтобы получить требуемое качество грохочения, в формулу необходимо подставлять значение динамического зазора.

Естественно, что при $d_3=z$ частица не сможет пройти через отверстие, следовательно, размер отверстия следует увеличить относительно размера зерна (сюда же можно отнести увеличение размера отверстия просеивающей поверхности в следствие наклона грохота). Для барабанного грохота, следует, что $z = d_3/0.8$. Для спирального виброгрохота необходимо добавить дополнительный уменьшающий коэффициент, учитывающий колебания – k_{nc} – поправочный коэффициент скорости. Таким образом, формула примет вид:

$$v_{onm} = k_{nc} 0,75\sqrt{d_3 g} .$$

Поправочный коэффициент определен опытным путем.

В заключение можно сказать, что получена полная математическая модель упругой спирали, спирального вибрационного грохота.