



Рисунок 4 – Окно программы, демонстрирующей вычисление потоков Эрланга

Список литературы

1. Абакаев А. и др. Имитационные модели в экономике. – Киев, 1978. – 98 с.
2. Новиков О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. – М., 1990. – 343 с.
3. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. – СПб., 2004. – 276 с.
4. Розенберг В.Я. Что такое теория массового обслуживания / В.Я. Розенберг, А.И. Прохоров. – М., 1962. – 254 с.
5. Чернявский В.С. Имитационное моделирование процессов и систем. – Усть-Каменогорск, ВКГТУ, 2010. – 320 с.
6. Чернявский В.С. Системные понятия математического моделирования. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2009. – 190 с.

Получено 10.02.10

УДК 621.928.24

О.А. Коробова
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ПРОЦЕСС ГРОХОЧЕНИЯ И РАСЧЕТ МАССЫ МАТЕРИАЛА НА ГРОХОТЕ

При работе грохота ее рабочий орган совершает колебательные движения, в результате которых находящемуся на нем материалу сообщаются силовые импульсы. При этом обеспечение эффективного режима вибросортировки предусматривает достижение надлежащей асимметрии этих импульсов при прямом и обратном ходе и создание наиболее благоприятных условий для направленного перемешивания и распределения зерен материала в заданную сторону. Достигается это сообщением колебаний рабочему органу под углом к направлению перемешивания, использованием несимметричных, например би-

гармонических, колебаний, созданием различных условий для передачи энергии от рабочего органа при движении в прямом и обратном направлениях и созданием сложного возбуждения материала за счет использования специальных приспособлений и дополнительного возбуждения рабочего органа и т. д.

При грохочении зерен материала на процесс движения большое влияние оказывает характер воздействия рабочего органа и особенности взаимодействия составляющих их монослоев и частиц друг с другом. При грохочении насыпных грузов монослоем, входящий в контакт с поверхностью рабочего органа, получает от него силовые импульсы от нижнего монослоя вышележащим. Вследствие инерционности силовые импульсы постепенно ослабевают. Энергия колебательного движения рабочего органа в процессе грохочения затрачивается на ускорение зерен материала и исполнение потерь при необратимых деформациях.

Исследования показывают, что при сложном перемешивании зерен материала наблюдается сдвиг по фазе в перемещении смежных монослоев и обычно уменьшение их средней скорости по мере их удаления от сортирующей поверхности, однако, для некоторых зерен, толщины слоя и режимов работы возможно опережение верхними слоями нижних, это результат упругих свойств.

Вследствие сдвига по фазе разных по величине, а в некоторых случаях и по направлению скоростей движения верхних и нижних слоев зерен постоянно происходит их относительное перемешивание, в результате чего возникают периодические деформации всего слоя. Все это свидетельствует о том, что в массе перемешиваемого материала происходят сложные пространственные перемещения слагающих его зерен и монослоев. При дальнейшем перемешивании в движение постепенно вовлекаются вышележащие монослои до тех пор, пока вся масса материала не придет в движение или (если толщина слоя слишком велика) пока энергия импульса не будет полностью рассеяна. При этом, чем дальше монослоем материала находится от поверхности рабочего органа, тем меньше амплитуда периодической составляющей его движения, тем самым процесс сортировки не происходит. В установившихся режимах сдвиг фаз сортируемого слоя материала и рабочего органа может быть весьма значительным. Следует иметь в виду, что сдвиг фаз получается в перемещении как верхней, так и нижней поверхности слоя, контактирующей с рабочим органом. Сдвигом фаз определяются энергозатраты в процессе грохочения и запаздывания моментов просева груза через отверстия сита. Процесс взаимодействия сита с зернами материала сопровождается постоянным изменением величины действующих между ними сил. При достаточно интенсивных колебаниях нормальная реакция зерен периодически становится равной нулю, нижний монослой теряет контакт с ситом и за счет накопленной кинетической энергии совершает свободное движение с просеиванием части нижнего слоя.

В режиме с подбрасыванием с течением времени нижний монослой, передав всю свою кинетическую энергию вышележащим слоям, начнет обратное движение, хотя верхние монослои могут продолжать перемешиваться к нижнему монослою. В этот момент начинается разрыхление слоя материала и его перераспределение и сортировка. Возможен такой режим, когда верхние монослои находятся еще во взвешенном состоянии, а нижний, упав на поверхность сита, вновь получает импульс вверх. При этом верхние и нижние монослои встречаются во взвешенном состоянии, перемешиваясь только между собой. Верхний монослой, получив от нижнего импульс, направленный вперед и вверх, продолжает свое движение, а нижний, израсходовав свою кинетическую энергию, опять возвращается на поверхность сита.

Основное влияние на величину сдвига фаз в перемешивании монослоев и на градиент скорости оказывают свойства груза, высота слоя, а также частота, амплитуда и направление колебаний короба.

В зависимости от режима работы вибрационного грохота материал может сортироваться стабильно, каждый раз подбрасываясь на одинаковую высоту и с одинаковой скоростью, или неравномерно, когда чередуются большие и малые броски зерен и их дальнейшая сортировка. Нестабильное грохочение возникает в том случае, когда при падении зерна ускорение рабочего органа близко или превышает значения, необходимые по условиям просева. В таком случае упавшее зерно, не успев приобрести необходимой скорости сортировки, вновь теряет контакт с поверхностью рабочего органа. При этом происходит небольшой бросок материала, и он падает уже в более благоприятный момент с точки зрения последующего его попадания в отверстия. Поэтому следующий просев материала протекает нормально, но момент падения вновь оказывается неблагоприятным для последующего просева. Подобные режимы грохочения довольно часто встречаются на практике.

При перемешивании в горизонтальном направлении энергия затрачивается на соударение зерен при проскальзывании отверстия рабочего органа и относительное проскальзывание слоев. Проскальзывание происходит вследствие того, что слои материала, входящие в контакт с просеивающей поверхностью, сортируются, как правило, быстрее, чем частицы, находящиеся на поверхности слоя.

Энергия на ускорение сортировки материала и на преодоление сопротивлений, возникающих в процессе грохочения, сообщается материалу через специальные приспособления. При этом передача энергии от специального приспособления зернам материала происходит на участках совместного движения при отсутствии относительного проскальзывания или при скольжении зерен в обратную сторону перемешивания. Такой способ передачи энергии сортируемому материалу связан с непроизводительными затратами, мерой которых служит относительная скорость сортировки. Величина сообщенной зернам энергии зависит от продолжительности прохождения зерен верхнего монослоя в нижний. В частности, при одинаковых режимах колебаний трудносортируемый материал большее время движется с потоком материала по поверхности сита без просеивания. Установлено также, что с увеличением продолжительности фазы совместного движения специального приспособления с зернами материала повышается стабильность процесса грохочения.

Рассеяние энергии в процессе грохочения происходит на всех этапах движения груза – в свободном движении, при соударении и в период движения совместно с монослоями надрешетного продукта. Интегральным критерием, учитывающим все многообразные факторы рассеяния энергии, является угол сдвига фаз между зернами и отверстиями в рабочем органе.

Масса материала на грохоте оказывает влияние на величину мощности, потребляемой при работе грохота. Количество энергии, расходуемой на сортирование, прямо пропорционально массе материала, что видно из (31), (36), (38) [1]. Расход энергии на трение в подшипниках виброгрохота также зависит от массы материала. Масса материала на грохоте должна учитываться при расчете деталей грохота на прочность [2].

При расчете массы материала на грохоте возникают трудности, связанные с недостаточной изученностью законов, которым подчиняется сортирование на просеивающих поверхностях. Поэтому для получения расчетных формул приходится делать некоторые допущения при теоретическом рассмотрении этого вопроса или же пользоваться для расчета эмпирическими формулами.

Масса материала, находящегося на поверхности грохота, m_m (кг) определяется по формуле

$$m_m = l \cdot \frac{Q_c \cdot \left(C_v + \frac{C_n}{2} \right) \cdot \gamma}{V_m \cdot E}, \quad (1)$$

где C_v – содержание верхнего класса в основном материале, %; C_n – содержание нижнего класса в исходном материале, %; E – эффективность грохочения, %; V_m – скорость движения потока материала по поверхности сита, м/с; l – длина поверхности грохота, м; γ – плотность сортируемого материала, кг/м³; Q_c – секундная производительность виброгрохота, м³/с.

Формула (1) соответствует односитному грохоту. В основе ее лежат следующие соображения.

Секундная производительность – производительность, при которой за секунду поступает масса зерна на грохот, которая за секунду распределяется по длине грохота на расстояние.

Секундная производительность определяется по формуле

$$Q_c = \frac{i \cdot m_{cp}}{t_1} \quad (2)$$

где i – число отверстий в просеивающей поверхности; t_1 – время секундной производительности, 1с.

Число отверстий в просеивающей поверхности определяем по формуле

$$i = \frac{L \cdot B}{d_{max} + a_1} \quad (3)$$

где d_{max} – максимальный размер диаметра зерна, м; a_1 – диаметр проволоки, м.

Зерна нижнего класса, продвигаясь по грохоту, проваливаются через отверстия просеивающей поверхности и при полном распределении классов масса зерен нижнего класса на единицу длины в конце грохота будет равна нулю. Если сделать допущение, что масса зерен нижнего класса на единицу длин от начала к концу грохота убывает по прямолинейному закону, то средняя масса зерен на единицу длины будет равна половине массы зерен нижнего класса на единицу длины в начале грохота.

Практически в производственных условиях эффективность грохочения всегда меньше единицы. Часть зерен нижнего класса остается на грохоте и сходит вместе с зернами верхнего класса. В результате общая масса материала, находящегося на грохоте, несколько увеличивается. Для учета этого обстоятельства масса материала на грохоте m'_m , соответствующая эффективности грохочения, равной единице, умножается на $1/E$, то есть увеличивается обратно пропорционально эффективности грохочения, что приводит к формуле (1).

Формула (1) дает завышенное значение материала на грохоте. Это завышение может достигать значительной величины. Так, при содержании верхнего класса $C_v = 0,8$ и при эффективности грохочения $E = 0,67$ по формуле (1) количество материала на грохоте получается больше, чем если бы через просеивающую поверхность вообще ничего не просеивалось и весь материал оставался бы на грохоте. Объясняется это тем, что в действительности количество материала верхнего класса, находящегося на грохоте, не зависит от эффективности грохочения.

Оставляя допущение, что масса зерен нижнего класса на единице длины уменьшается

от начала к концу грохота по прямолинейному закону, можно устранить этот недостаток формулы (1) следующим образом.

При выводе основной формулы было сделано допущение, что масса зерен нижнего класса на единицу длины от начала к концу грохота убывает по прямолинейному закону, то есть интенсивность просеивания зерен нижнего класса по длине просеивающей поверхности остается постоянной. В действительности это не так. Экспериментальные данные показывают, что интенсивность просеивания зерен нижнего класса в начале грохота больше, чем в конце, и масса зерен нижнего класса на единицу длины от начала к концу грохота убывает не по прямолинейному, а по криволинейному закону.

Точный расчет массы материала, находящегося на грохоте, требует знания закона, которому подчиняется изменение интенсивности просеивания зерен нижнего класса по длине просеивающей поверхности. Если в первом приближении принять, что масса зерен нижнего класса, просеивающихся на каком-то участке длины сита, пропорциональна массе зерен нижнего класса, то они находятся дифференциальным уравнением (52) [1].

Зная значение скорости движения потока материала, подставим его в формулу (1), после преобразования получаем формулу массы материала на поверхности сита, в которой учтена вероятность изменения массы:

$$m_i = m'_m \cdot \frac{1}{E} = \left(1 - \frac{(1-d)^2}{(b+a_1)^2} \right) \cdot \frac{m_{cp} \cdot l^2 \cdot \pi \cdot B \cdot \gamma \cdot \left(2 - \frac{C_H \cdot E}{1000} \right)}{1480 \cdot (\pi \cdot \sqrt{A} - 0,23) \cdot (d_{\max} + 0,001 \cdot a_1)}, \quad (4)$$

где m'_m – масса материала на грохоте, кг; b – размер квадратного отверстия, мм; d – размер зерна, мм.

Список литературы

1. Кабалкин В.А. Машины для сортировки каменных материалов (грохоты). – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1981. – 96 с.
2. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: Учеб. для вузов. – М.: Машиностроение, 1975. – 351 с. с ил.
3. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. – М.: Недра, 1986. – 144 с.

Получено 28.04.10

УДК 621.92

Т.Б. Курмангалиев

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ОБЗОР ПАТЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ РОТАЦИОННЫХ ВИБРОПРИВОДОВ

Перспективным способом отделочно-зачистной обработки деталей машин является виброабразивная обработка, интерес к которой объясняется ее широкими технологическими возможностями, простотой конструкции машин и высокой производительностью процесса.

Вибрационные машины применяют для обработки широкой номенклатуры деталей в условиях массового и серийного производства [1].

Для осуществления вибрационного движения любой вибрационной машине необхо-