

Экспериментальное исследование весоизмерительной системы непрерывного действия

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Постановка проблемы. Процесс дозирования материалов является неотъемлемой частью технологических процессов на большинстве предприятий горнодобывающей, химической и пищевой промышленности. Точность дозирования компонентов во многом влияет на качество выпускаемой предприятием продукции. Оборудование отечественных предприятий морально устарело, физически изношено и нуждается в замене или модернизации. Поэтому проблема повышения точности дозирования является актуальной в связи с постоянно растущими требованиями к качеству продукции.

Анализ последних достижений и публикаций. В состав весодозирующих систем, применяемых на предприятиях для дозирования сыпучих материалов, в качестве взвешивающего элемента часто входят весоизмерительные лотки или пластины [1, 3]. Весоизмерительный лоток представляет собой наклонную плоскость с системой силопередающих рычагов, установленную на неподвижном основании с помощью шарниров или призм. Сыпучий материал, двигаясь по поверхности лотка, воздействует на тензометрические датчики силы, входящие в состав силопередающих рычагов.

Цель статьи. Для повышения точности дозирования весодозирующих систем, в состав которых входят весоизмерительные лотки, необходимо:

- для нахождения оптимальной формы лотка экспериментальным путем определить зависимость скорости движения и слоя сыпучего материала от формы лотка;
- определить оптимальный способ крепления лотка к тензодатчикам для уменьшения зоны нечувствительности;
- для повышения точности измерения уменьшить влияние пиковых нагрузок на датчики за счет внесения изменений в конструкцию крепления тензодатчиков;
- изучить степень влияния налипшего на лотке сыпучего материала на результаты измерений.

Основные материалы исследования. Для проведения экспериментальных исследований был построен макет весоизмерительной системы, в состав которого входят: бункер вместимостью до 100 кг; направляющий лоток, жестко прикрепленный к бункеру; весоизмерительный лоток, закрепленный под направляющим лотком на трех тензометрических датчиках силы; блок измерений, включающий в себя три измерительных канала.

Тензометрические датчики силы связаны с весоизмерительным лотком шарнирными соединениями. Шарнирное крепление обоих узлов позволяет освободиться от поперечных сил и моментов, возникающих в результате температурных воздействий и деформаций отдельных деталей и узлов встройки.

В состав каждого измерительного канала входят тензометрический датчик силы, вторичный измерительный преобразователь, преобразующий входной аналоговый сигнал с датчика в цифровой код. Предел основной приведенной погрешности преобразования входного аналогового сигнала в цифровой код не

превышает 0.2 %. Тензометрические датчики силы были откалиброваны с помощью образцовых мер веса. Каждый тензометрический датчик силы последовательно нагружался от 0 до 8 кг с шагом в 2 кг. Результаты калибровки тензометрических датчиков силы приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты калибровки тензометрических датчиков силы

Значение нагрузки в исследуемой точке, кг	Значение сигнала на выходе тензометрического датчика силы, мВ					
	Тензометрический датчик 2 силы		Тензометрический датчик 3 силы		Тензометрический датчик 5 силы	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
0	-0,024	-0,33	0,032	0,028	0,063	0,064
2	0,130	0,162	0,12	0,117	0,32	0,31
4	0,323	0,325	0,269	0,275	0,55	0,55
6	0,504	0,502	0,435	0,463	0,78	0,78
8	0,670	0,670	0,655	0,631	1,03	1,01

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке.

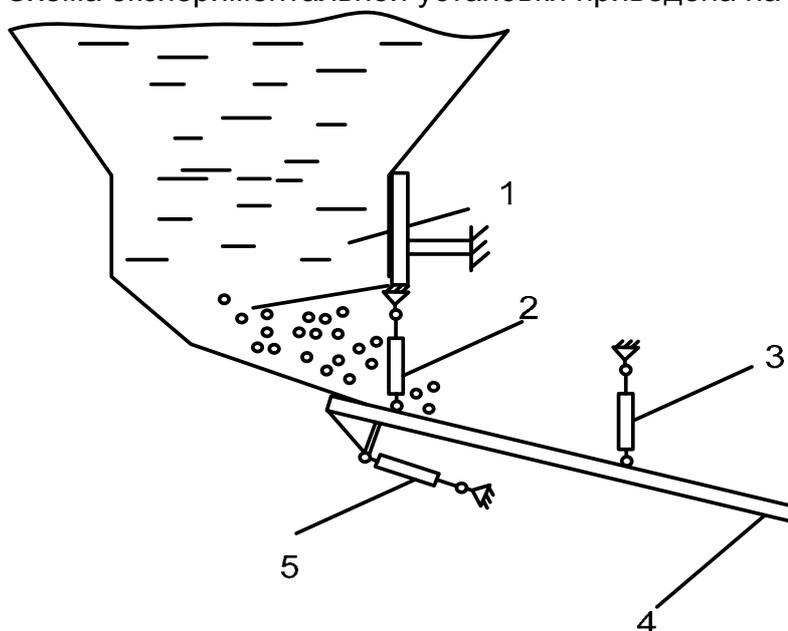


Схема экспериментальной установки: 1 - бункер; 2, 3, 5 – тензометрические датчики силы; 4 – весоизмерительный лоток

Информационные функции, реализуемые блоком измерений, включают в себя сбор информации о текущем значении веса с каждого датчика и передачу этой информации (в виде цифрового кода) на ПЭВМ. В вычислительной машине создается база данных по информации получаемой, с тензометрических датчиков силы. По информации, хранящейся в базе данных, вычислительная машина рассчитывает значения мгновенного и суммарного расходов сыпучего материала.

Проведенные ранее исследования системы показали, что место крепления и угол наклона лотка оказывают существенное влияние на движение сыпучего материала по его поверхности, что непосредственно влияет на точность дозирования сыпучего материала [1]. Многочисленные экспериментальные исследования движения различных хорошо сыпучих сред обнаружили эффекты скольжения частиц на стенках, а также то, что имеет место частичное скольжение гранул на стенке среды, так как обычно трение между частицами существенно больше по сравнению с трением частиц о твердую поверхность [2].

Был изготовлен плоский весоизмерительный лоток длиной 1 метр. При движении сыпучего материала по наклонной плоскости возникает сила трения, оказывающая существенное влияние на результат измерения. Для уменьшения влияния силы трения внутренняя поверхность весоизмерительного лотка была отполирована.

В начале экспериментов весоизмерительный лоток был закреплен под углом 45° к горизонтальной плоскости. Затем в ходе проведения экспериментов с помощью тендерных тяг угол наклона весоизмерительного лотка менялся от 35 до 60° с шагом в 5° .

В ходе экспериментальных исследований в качестве сыпучего материала применялся песок различной влажности. Масса просыпаемого песка в ходе одного эксперимента изменялась от 25 до 55 кг. Опрос с каждого датчика производился с периодичностью не реже чем $0,5$ мс.

При просыпании сухого песка, независимо от угла наклона весоизмерительного лотка, наблюдалось его движение с постоянной скоростью без накопления. Масса песка, находящегося на поверхности весоизмерительного лотка, оставалась неизменной. Толщина слоя песка, движущегося по поверхности весоизмерительного лотка, оставалась постоянной, разброс в толщине слоя при различных экспериментах составлял не более 1 сантиметра. Нестабильность потока песка наблюдалась только в периоды начала и окончания просыпания.

При просыпании более влажного песка при тех же углах наблюдался нестационарный поток, с увеличением влажности песка происходило скопление его в нижней части весоизмерительного лотка. Налипание песка увеличивалось при меньших углах наклона весоизмерительного лотка и оказывало существенное влияние на результат измерения. Для уменьшения налипания песка угол наклона весоизмерительного лотка увеличивался до 55° .

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась по следующим формулам: по формуле (1) вычислялась мгновенная масса расхода, общий расход материала определялся по формуле (2):

$$M = (A + B) \sqrt{\frac{F}{6 \cdot g \cdot L \cdot A}}, \quad (1)$$

где M – мгновенная масса расхода; A – сила, воздействующая на датчик 3; B – сила, воздействующая на датчик 2; F – сила, воздействующая на датчик 5; L – длина измерительного лотка; g – ускорение силы тяжести.

$$M_{\text{сумм}} = K \cdot \left(\sum_{i=1}^n M_i \right) \quad (2)$$

где $M_{\text{сумм}}$ – общий расход материала; K – коэффициент, определяемый экспериментальным путем; M_i – мгновенная масса расхода.

Использование формулы (1) при расчете расхода сыпучего материала позволяет не учитывать скорость движения частиц сыпучего материала по наклонной плоскости [4]. Это важное преимущество, так как измерение скорости движения частиц сыпучего материала является очень сложным и трудоемким процессом.

Значения коэффициентов и данные, полученные в ходе трех экспериментов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты полученные после обработки данных экспериментов

№ п/п	Масса просыпанного песка, кг	$M_{\text{сумм}}$, кг	Длительность эксперимента, с	Коэффициент К
1	26	25,98	5,2	0,0135
2	30	29,99	8,5	0,0140
3	37	36,96	9,8	0,0133

Выводы. В результате проведенных экспериментов были подтверждены работоспособность макета весоизмерительной системы, содержащей наклонный измерительный лоток, а также его адекватность реальному промышленному образцу. Найден оптимальный способ крепления весоизмерительного лотка оптимальной формы к тензодатчикам.

Список литературы

1 Калашников Е.Е., Кошевой Н.Д., Черепашук Г.А. Вагодозувальна система для дозування сипких матеріалів // Тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. „Інтегровані комп’ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2006”:- Х.: Нац. аерокосм. ун-т „Харківський авіац. ін-т”, 2006. – С. 126.

2 Шваб А.В., Асадчая Е.В. Моделирование трехмерного движения плотного слоя гранулированных материалов на основе кинематической модели.// Сиб. физ.-техн. журн., 1991.- Вып. 3. - С. 82 - 87.

3 Патент RU2138783 С1, G 01 F 11/00 Способ непрерывного дозирования сыпучих материалов / Першин В. Ф., Барышникова С. В. Бюл. № 27, 27.09.99.

4 Патент RU 2110775, G 01 F 11/04 Устройство для взвешивания непрерывно текущего гранулированного или порошкообразного материала / Генри Тофтдахль Олесен БВ № 92, 12.02.92.