

УДК 681.123

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Пузренков А.Н., Сальников И.И.

Пензенский государственный технологический университет, Пенза,

e-mail: alexey314@yandex.ru

В работе представлен обзор методов измерения объема сыпучих материалов, использующих различные физические эффекты. Это силы Кориолиса, оптическое лазерное излучение, акустическое и ультразвуковое излучение, разность давления в трубе, по которой перемещается сыпучий материал и другие методы. Основным критерием для оценки систем измерений объема и расхода сыпучих материалов является достоверность получаемой информации, которая, в свою очередь, определяется надежностью работы систем и метрологическими характеристиками используемых средств измерений. В настоящее время разрабатываются информационные модели физических процессов сыпучего материала, находящихся в различных внешних условиях. При этом учитываются физические особенности каждой частицы входящей в насыпь. Таким образом моделируется взаимодействие частиц друг с другом и с внешней средой. Данную модель, предлагается, изобразить в виде облака точек при помощи специальной программы на ЭВМ и вычислить необходимый объем.

Ключевые слова: сыпучие материалы, объем, расход сыпучих материалов, лазерное излучение, посторонние включения

INFORMATION METHODS OF MEASUREMENT OF VOLUME LOOSE MATERIALS

Puzrenkov A.N., Salnikov I.I.

Penza State Technological University, Penza, e-mail: iis@penzgtu.ru

The paper presents an overview of methods for measuring the volume of bulk materials using various physical effects. These are the Coriolis forces, optical laser radiation, acoustic and ultrasonic radiation, the pressure difference in the pipe along which the bulk material moves and other methods. The main criterion for the evaluation of systems for measuring the volume and flow of bulk materials is the reliability of the information obtained, which in turn is determined by the reliability of the operation of the systems and the metrological characteristics of the measuring instruments used. At the present time, information models of physical processes of bulk material under different external conditions are being developed. This takes into account the physical characteristics of each particle entering the embankment. Thus, the interaction of particles with each other and with the external environment is modeled. This model is proposed to be depicted as a cloud of points using a special program on a computer and calculate the required volume.

Keywords: bulk materials, volume, consumption of bulk materials, laser radiation, foreign inclusions

Бурное развитие рынка объективных средств измерений объема и расхода сыпучих материалов обусловлено потребностями осуществления финансовых расчетных операций, а также необходимостью контроля технологических процессов в промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. При этом, контроль расхода необходим для управления такими процессами, как транспортирование, теплообмен, дозирование. Системы измерений расхода и объема применяются также для оценки эффективности функционирования различных сооружений, установок и аппаратов, а также для диагностики их неисправностей. Существует множество методов измерения объема и дозирования сыпучих материалов. Это может быть реализовано, например, при помощи специальных расходомеров основанных на силе Кориолиса. Другим способом дозирования может быть не объем, а вес материала, поскольку многие сыпучие вещества отгружаются именно так. Для достижения этих целей возможна установка

специальных весов на конвейер, по которому проходит измеряемая среда. Весы снабжаются специальным чувствительным сенсором, который будет заставлять срабатывать весы. Основным критерием для оценки систем измерений объема и расхода сыпучих материалов является достоверность получаемой информации, которая, в свою очередь, определяется надежностью работы систем и метрологическими характеристиками используемых средств измерений [1].

Оценивать эти характеристики следует применительно к реальным условиям эксплуатации, ибо высокая точность прибора, указанная в паспорте, часто задается для условий, обеспечить которые на реальных объектах невозможно. Повышенная погрешность измерения расхода также нежелательна, она может приводить к дополнительным энергетическим и материальным затратам или к снижению качества продукции.

Принципы действия средств измерений расхода и объема основаны на различных

физических методах, каждый из которых имеет свои особенности; однако существуют факторы, оказывающие в той или иной мере негативное влияние на точность практически всех приборов [2, 3].

В России измерением объема сыпучих материалов занимается только одна организация: «Инженерная организация «НГКИ». Она выполняет работы в несколько этапов: 3D лазерное сканирование объектов съёмки (бурты, насыпи, котлованы, материалы на складах); сшивка полученных сканов в единое облако точек; построение 3D моделей объектов съёмки; вычисление объёмов объектов съёмки. Кроме того, для формирования технического задания необходимо предоставить следующие материалы: фотографии и / или планы объектов съёмки; предполагаемые объёмы материалов на складе (количество и приблизительные размеры буртов и крытых складов); требуемая точность определения объёмов; принятая Заказчиком форма протокола, отчёта или таблиц результатов измерений; особенности проведения работ (время суток, запыленность, загазованность, иные загрязнения; результаты топографической съёмки поверхности площадок хранения до проведения обмеров буртов.

3D лазерное сканирование обеспечивает довольно высокую точность, однако это зависит от сканера. Кроме того, иногда важен учет посторонних включений в насыпь, при этом 3D сканер не сможет «посмотреть» внутри структуры насыпи [4]. Методы определения посторонних включений могут быть использованы для повышения точности дозировки при смешивании двух или более сыпучих материалов, например смешивание песка и щебня для получения бетона. В связи с этим имеется необходимость определения физического состава структуры насыпи.

В настоящее время разрабатываются информационные модели физических процессов сыпучего материала, находящихся в различных внешних условиях. При этом учитываются физические особенности каждой частицы входящей в насыпь. Таким образом, моделируется взаимодействие частиц друг с другом и с внешней средой. Данную модель, возможно, изобразить в виде облака точек при помощи специальной программы на ЭВМ и вычислить необходимый объем, по аналогии с методом вычисления российской «Инженерной организацией «НГКИ». Однако в данном случае отсутствует возможность трехмерного сканиро-

вания и вообще возможности какого-либо определения размеров реальной насыпи. Все параметры должны вводиться индивидуально, после чего, на основе введенных данных, происходит генерация остальных частиц насыпи. Также присутствует заранее созданный список сыпучих материалов, из которых производится выбор. Подстраивание модели под изменившиеся внешние условия дает возможность смоделировать поведение частиц насыпи. Например, некоторые изменения в состоянии объемного напряжения, влажности, температуры и/или химического состава могут влиять на такие параметры, как размер и форма или сцепление частиц в насыпи. Также возможен и другой метод определения объема сыпучего материала на основе его массового расхода, когда измерение массового расхода твердых сыпучих частиц в реальном времени, в котором частицы сыпучего вещества загружаются пневматической транспортной системой в специальную трубу, вдоль которой расположены, как минимум, два манометра (P_1 , P_2). Метод основан на определении падения давления ΔP между указанными манометрами. Давление определяется вычислительным устройством на основании информации, предоставленной самими манометрами во время прохождения по трубе потока газа от компрессора и твердых частиц сыпучего материала. При этом необходимо учитывать диаметр трубы, через которую проходит сыпучее вещество; длина трубы между манометрами, скорость воздуха и коэффициент трения частиц проходящего вещества.

В другом методе предлагается использовать оптическую сортировку сыпучих материалов. Метод представляет собой усовершенствованное устройство и способ для оптического отбора компонентов, как минимум одной фракции потока сыпучего материала. Устройство включает видеоканнеру, направленную на поток сыпучего материала, и фон, расположенный за потоком в направлении просмотра видеоканеры. Цвет, которого должен быть адаптирован к цвету выбранной фракции. Блок анализа и управления, подключенный к блоку камеры, в котором присутствуют команды управления для блока разделения способного отделять компоненты, которые должны быть выбраны из потока сыпучего материала при активации. При этом, необходимо адаптировать цвет фона, перед которым поток объемного материала оптически регистрируется камерой, для конкретной сортиров-

ки. Устройство также имеет гибкие настройки в зависимости от задач сортировки.

В отличие от использования метода расходомера с использованием прохождения через трубу сыпучего материала, данный метод более точен, поскольку позволяет регистрировать каждую частицу насыпи и отправлять ее в необходимую лунку [5, 6, 7].

Для выполнения задачи по определению полного объема насыпи можно использовать эхолокацию. Для этого эхолокаторы нужно установить на высоте доступной для обзора всей насыпи. В отличие от 3D сканера, эхолокация позволяет с большой точностью определить все неровности насыпи и составить более точное облако точек.

Для выполнения задачи по поиску посторонних включений в насыпь можно использовать методы спелеологической разведки, такие как магниторазведка и геолокация.

Метод магниторазведки основан на том, что одни элементы имеют магнитную проницаемость отличную от окружающей их среды. К несомненным достоинствам метода следует отнести его бесконтактность, высокую степень автоматизации измерений, что делает магниторазведку относительно малотрудоемкой, а также слабое влияние на результаты поверхностных неоднородностей, что особенно важно при исследовании сыпучих материалов. Работа с этими приборами, имеющими цифровой выход и встроенное печатающее устройство проста – один магнитометр пишет фон, другой непосредственно исследует насыпь. Отчеты обоих приборов синхронизированы. Соответствующие показания потом вычитают. Обработка результатов может вестись на любой ЭВМ.

Метод геолокации используется для поиска подземных пустот. Будучи бесконтактным, данный метод также можно использовать для определения посторонних

включений в насыпь. Геолокация обеспечивает высокую скорость съемки, предварительные результаты которой часто можно оценить прямо на месте. Данное направление является самым перспективным в спелеологии методом поиска искусственных подземных сооружений, особенно неглубоко расположенных. Аппаратура для геолокации представляется с довольно гибкими настройками, и вероятно может быть адаптирована для других целей, однако является более дорогостоящей по сравнению с приборами для магниторазведки.

Таким образом, определение объема и физической структуры сыпучих материалов является в настоящее время актуальной задачей для многих производственных процессов, и в общем, где необходим контроль подачи и дозирования.

Список литературы

1. Современные способы измерения объема жидкости. Датчики давления KLAY. КИП-Сервис: промышленная автоматика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kipervis.ru/kipia_primenenie/izmerenie_obyema.htm (дата обращения: 17.02.2018).
2. Измерения расхода и объема воды. – Документ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2687430.html> (дата обращения: 17.02.2018).
3. Способ измерения объема жидкости в закрытом резервуаре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2397453.html> (дата обращения: 15.02.2018).
4. Измерение объёма зерна в силосах методом лазерного 3D сканирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngce.ru/news-i198.html> (дата обращения: 16.02.2018).
5. Автоматизация технологических процессов и сервис Emerson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/Pages/Home.aspx> (дата обращения: 16.02.2018).
6. Измерение плотности и объема газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.himikatus.ru/art/htlab/1011izmereni.php> (дата обращения: 16.02.2018).
7. Мирошниченко П.О. Применение геофизических приборов и методов в спелеологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosi-spelesto.narod.ru/speg/1999/geofizika.html> (дата обращения: 18.02.2018).