

И.А. Гайсинская,
А.П. Ладанец,
Ф.В. Негода
(КТИП, г. Киев)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ В ПОТОКАХ ТЕЛ
В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

При создании автоматизированных систем управления в пищевой промышленности возникает необходимость измерения массы в пульсирующем потоке тел, например в свеклосахарном производстве — в потоке свеклы, стружки, жома.

В отличие от расходомеров жидкостей и газов, которые успешно применяются в разнообразных условиях, расходомеры сыпучих материалов, предназначенные для какой-либо определенной отрасли народного хозяйства, часто невозможно использовать в других отраслях. Это вызвано разнообразием технологических процессов и физико-механических свойств самих сыпучих материалов (гранулометрический составом, плотностью, липкостью, спекаемостью и т.д.). Измерение расхода таких сыпучих материалов, имеющих большой разброс вышеперечисленных параметров и различный характер движения их потоков (непрерывный, дискретный, смешанный), является трудной задачей.

Рассмотрим основные типы известных расходомеров с точки зрения использования их в сахарной промышленности, в частности для измерения расхода пульсирующего потока свекловичной стружки.

Расходомеры делятся на два класса: контактного и бесконтактного типа /1,2/.

К контактным расходомерам относятся дисковые кориолисовы расходомеры. Они являются массовыми расходомерами, измеряющими моменты сил при изменении направления движения потока, и позволяют измерять расход материалов широкого фракционного состава с различными значениями насыпной плотности. Эти расходомеры имеют высокую точность измерения, достигающую $\pm(1-2)\%$, однако они отличаются сложностью.

Применение их для измерения расхода стружки в пульсирующем потоке, характерном для свеклосахарного производства, приведет к пульсации реактивного момента, что вызовет увеличение погрешности измерения.

К этому же классу относятся расходомеры обтекания, которые для сыпучих материалов отличаются простотой конструкции. Погрешность измерения составляет 2%. Использование расходомеров обтекания для измерения расхода свекловичной стружки невозможно из-за пульсации ее потока.

Следующим представителем класса контактных расходомеров является турбинный расходомер. В отличие от турбинных расходомеров жидкости и газа турбинные расходомеры сыпучих материалов могут измерять очень малые скорости потока сыпучих материалов (от 1 до 200 кг/ч). Точность измерения составляет 3%. Будучи простыми и надежными в работе при различной температуре, турбинные расходомеры имеют конструктивные недостатки: длинную штангу, шарнирное ее соединение со шнеком. Применение турбинных расходомеров для измерения расхода потока стружки неприемлемо из-за большого его расхода - 50-150 т/ч. Также при пульсации потока стружки будет пульсировать угловая скорость турбины и из-за инерционности устройства появится дополнительная погрешность измерения.

Известны также барабанные расходомеры класса контактных расходомеров. Для нормальной работы они требуют плотной массы частиц потока и малой скорости потока. Однако, как было сказано выше, скорость движения потока стружки достаточно высока; движение стружки плотной массой нежелательно из-за ее слипания и деформации. При пульсации потока стружки барабан будет также пульсировать, и возникнут дополнительные погрешности измерения.

К этому же классу относятся лепестковые расходомеры, их погрешность измерения составляет 5%. Использование лепесткового расходомера для измерения расхода свекловичной стружки при пульсации ее потока приведет к пульсации динамического давления, в результате появится дополнительная погрешность измерения.

Известны также роликовые указатели производительности для зерна. Использование такого устройства для измерения расхода стружки затруднено, так как им не отражается переменная ширина потока.

Таким образом, можно сделать вывод, что контактные расходомеры применительно к измерению расхода стружки имеют ряд общих недостатков, которые приводят к снижению точности измерения. Это чувствительность к пульсации потока, возможное налипание стружки на первичный преобразователь, забивание трубопровода, деформация и слипание стружки. В них возникают дополнительные погрешности из-за разброса физико-механических свойств этого материала (плотности и т.д.).

Рассмотрим класс бесконтактных расходомеров с точки зрения использования их для измерения расхода стружки.

Представителем этого класса расходомеров являются калориметрические расходомеры /1/. Они бывают двух типов: с постоянной и переменной мощностью нагрева. Достоинствами калориметрических расходомеров являются широкий диапазон измерения, бесконтактность, достаточная точность (погрешность измерения составляет 2%). Недостатки заключаются в следующем: сложность конструкции, дрейф измерительной схемы, большая инерционность. При использовании этих расходомеров для измерения расхода свежеспиленной стружки будет иметь место ферментативное разложение сахарозы при нагреве. При возникновении пучающей стружки появится дополнительная погрешность из-за инерционности устройства.

Известны также электростатические расходомеры. Эти устройства применяются для измерения расхода диэлектрических сыпучих материалов. Они описаны в патентном отношении. Для измерения расхода свежеспиленной стружки электростатические расходомеры не пригодны, так как свежеспиленная стружка не является диэлектриком.

Далее следуют электроемкостные расходомеры. Они с успехом применяются для измерения (с точностью до $\pm 5\%$) расходов потоков диэлектрических сыпучих материалов. Большое влияние на точность измерения оказывает гигроскопичность материалов. Для измерения расхода свежеспиленной стружки эти устройства не могут быть применены, так как свежеспиленная стружка, как уже указывалось, не является диэлектриком.

Существуют также акустические расходомеры. Одним из условий работы этих расходомеров является наличие разреженного потока частиц. Создание такого потока свежеспиленной стружки при производстве сахара затруднительно из-за большого расхода стружки и возможности налипания стружки на шуп.

Для зерна разработан также гамма-лучевой расходомер, погрешность измерения составляет 2,5%. Поскольку этот расходомер основан на измерении высоты слоя сыпучего продукта, а свежеспиленная стружка характеризуется переменной плотностью, то при использовании гамма-лучевого расходомера для измерения расхода стружки возникнут значительные погрешности. Не исследовано также влияние гамма-лучей на свежеспиленную стружку.

Известны доплеровские оптические расходомеры. Они обладают высокой разрешающей способностью, малой инерционностью, высокой чувствительностью, широким диапазоном измерения, возможностью опреде-

ления скоростей частиц по сечению трубопровода. Однако в нашем случае нет необходимости измерения скорости отдельных частиц потока, так как свекловичная стружка перемещается ленточным транспортером с постоянной скоростью.

Разработаны порционные расходомеры и измерители доз. Их применение в свеклоперерабатывающем отделении приведет к повышению пульсации потока стружки, к слипанию стружки, что крайне нежелательно для процесса диффузии.

Существуют корреляционные расходомеры. Однако определение корреляционных зависимостей довольно сложная задача, и поэтому применение таких расходомеров для измерения расхода свекловичной стружки нецелесообразно.

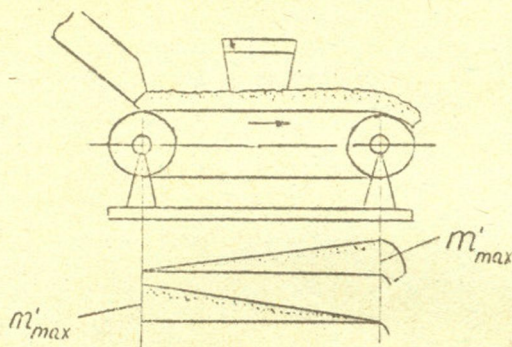
Известны также меточные расходомеры, которые применяют преимущественно в экспериментальных работах. Использование их в качестве расходомеров свекловичной стружки неприемлемо принципиально, так как меточные расходомеры основаны на определении скорости потока, а стружка перемещается транспортером с постоянной скоростью.

В настоящее время в промышленности широко применяют первичные преобразователи ленточного типа /3/. Их можно разделить на две основные группы: встраиваемые в существующие транспортеры и выполненные в виде самостоятельных коротких транспортеров. Ленточные расходомеры имеют высокую надежность, стабильность характеристик, универсальны в применении.

В свеклосахарном производстве для измерения расхода свекловичной стружки, хотя они также нашли широкое применение. Однако для потока стружки характерна пульсация, вследствие которой погрешность измерения расхода ленточными расходомерами увеличивается. Например, если нагрузка на весовую платформу устройства изменяется по треугольному закону, но в одном случае возрастает от нуля до M'_{max} , а в другом убывает от M'_{max} до нуля (рисунок), то в обоих случаях ленточный расходомер покажет одинаковый расход, хотя, действительно, в первом случае он равен M'_{max} , а во втором - нулю.

Следовательно, погрешность измерения расхода пульсирующего потока сырья может достигать 50% и более, поэтому такие первичные преобразователи не могут быть использованы в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами свеклоперерабатывающего отделения.

В последние годы на основе динамики потока тел как дискретной системы переменного состава /4/ получено общее уравнение теории ра-



Устройство для измерения массы в потоке тел с одним силоизмерителем

бочих процессов устройств для измерения массы в пульсирующих потоках тел, которое позволяет составить ряд уравнений в зависимости от способов измерения величин, в него входящих /5/.

В частном случае это уравнение имеет вид

$$\Delta M_{\text{max}} = \frac{1}{q} \left(\frac{\ddot{x}}{L} - [R_1(S_k) \frac{n}{L} + R_2(S_k) (1 - \frac{m}{L})] + [R_1(S_i) \frac{n}{L} + R_2(S_i) (1 - \frac{m}{L})] \right), \quad (I)$$

где

$$\ddot{x} = \Delta S \left(\frac{R_1(S_i) + R_2(S_i)}{2} + \sum_{j=i+1}^{k-1} [R_1(S_j) + R_2(S_j)] + \frac{R_1(S_k) + R_2(S_k)}{2} \right);$$

ΔM_{max} - масса тел, центры инерции которых покинули рабочую полость; $R_1(S)$, $R_2(S)$ - реакции опор, измеренные силоизмерителями; S - перемещение ленты; ΔS - шаг перемещения; $i \dots K$ - номера шагов перемещений; L, m, n - конструктивные размеры.

Уравнение (I) может быть реализовано с помощью устройства, описанного в работе /5/.

Предварительные исследования предложенного способа измерения расхода стружки в потоке показали его перспективность, возможность создания измерительно-информационных систем на базе микропроцессорной техники.

Библиографический список

1. В о т л о х и н Б.З. Приборы для измерения расхода сыпучих материалов. М.: ЦНИИТЭИНВТЕХИМ. 1979. 46 с.
2. К а р п и н В.Б. Средства автоматизации для измерения и дозирования массы. Расчет и конструирование. Изд. 2-е. М.: Машиностроение. 1971. 530 с.
3. Л у т к и н Н.И. Расходомеры для зерна и сыпучих материалов. М.: Колос, 1969.
4. Л и т в и н о в А.И. Динамика потока тел: Учеб. пособие. /РИСХМ. Ростов-на-Дону, 1979. 100 с.
5. Л и т в и н о в А.И. Теория рабочих процессов расходомеров для потоков тел //Тракторы и сельхозмашины, 1975. № 12. С. 20-22.