

Сеньор Макарон

Обзор рынка макаронных изделий

Где живет «Черный Доктор»?

Итоги пресс-тура на винзавод «Солнечная Долина»

Молочные берега

Бизнес-план организации молочной фермы

Перевершуючи  
європейську  
якість!



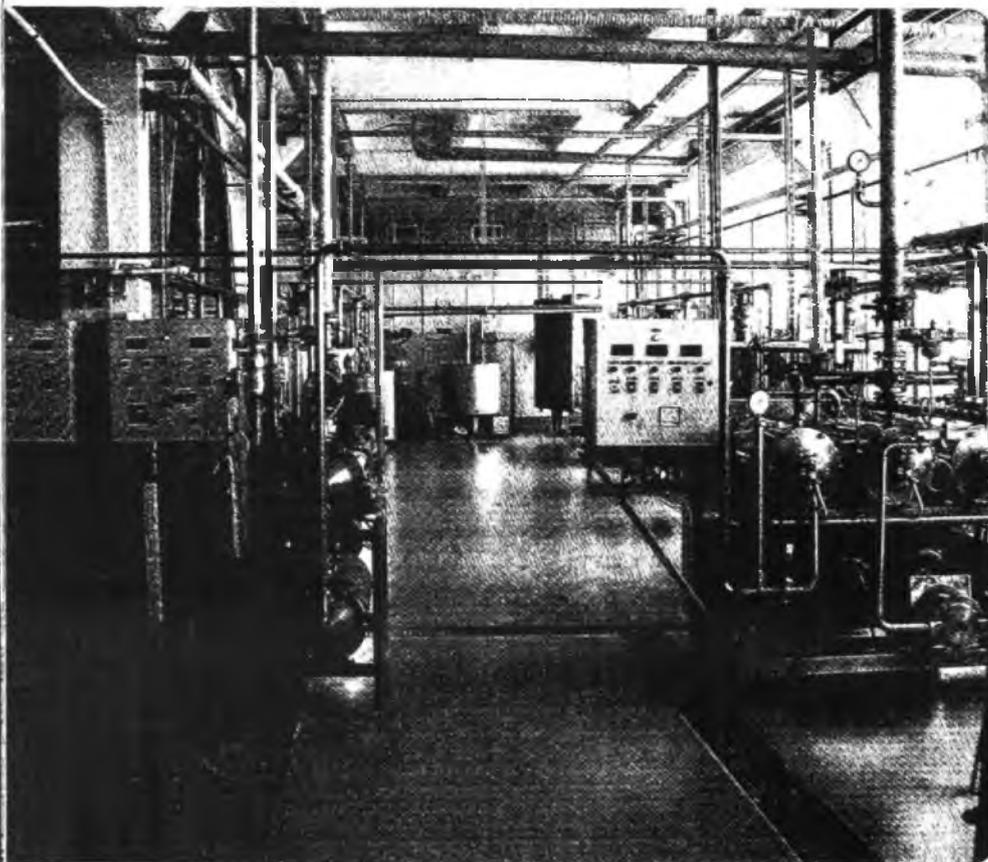
Виробництво пластівців, круп, борошна з усіх видів зернобобових,  
а також **ТОЛОКНА** та екстратонких пластівців, які виготовляються  
за європейською технологією **делікатного різання**  
цільного зерна



вул.Острівського, 57, м.Полтава, Україна, 36014;  
тел.: +38 (0532) 677-355;  
e-mail: FirmadiAMANTLD@mail.ru;  
www.diamanttd.com.ua

Відповідальний  
національний виробник

# Верное дозирование



## Дозирование и учет жидких веществ в промышленности

Некоторые задачи, решаемые при автоматизации предприятий, специфичны, к ним относятся задачи создания систем дозирования и учета продукции, товарных запасов в резервуарах. Специфика заключается в первую очередь в том, что значительная часть технологических процессов характеризуется наличием операций, устанавливаемых регламентом, для выполнения которых необходима реализация автоматической подачи в технологический объект доз или расходов жидких компонентов. Актуальность создания систем дозирования и учета жидких веществ связана с получением объективной картины движения товарных и сырьевых потоков на предприятии, а также возможностью ее анализа.

Проблемы при создании таких систем начинаются уже с выбора датчиков для контроля расхода, потоков или измерения уровня в резервуарах. Дело в том, что датчик должен наряду с высокой точностью измерения обладать надежностью при работе с жидкостями, которые могут быть агрессивными, вязкими, иметь абразивы. Также во многих технологических процессах различных отраслей промышленности есть необходимость автоматического дозирования материалов и продуктов. В связи с этим становится чрезвычайно актуальным поиск или создание высокоточного, недорогого, надежного и компактного оборудования, учитывающего специфические условия дозирования и фасовки продукта или полупродукта.

Ряд задач, решаемых при дозировании материалов, является общим для всех технологических процессов, например: задачей 1 является выдача заданного количества материала с требуемой точностью; задачей 2 – обеспечение расхода непрерывным потоком с целью поддержания подачи заданного количества материала  $G(t)$  с отклонениями не более  $\pm\Delta$ , выдаваемого за промежуток времени  $\Delta t$ ; задачей 3 является обеспечение заданного расхода одного из исходных компонентов смеси  $Q_i(t)$ , при этом нередко необходимо получить сигналы, пропорциональные суммарному расходу всех компонентов смеси  $I = \sum Q_k(t)$ , или сигнал, пропорциональный  $\sum Q_k(t) - Q_i(t)$ , где  $k$  – число компонентов.

Дозирование с одновременным учетом нескольких параметров является сложной задачей, возникающей при дозировании многокомпонентных смесей и необходимости поддержания расхода одного из компонентов, а также учета расхода другого.

Для решения таких задач необходимо определение содержания интересующих нас компонентов в смеси. Если мы имеем  $n$ -компонентную смесь, а каждый из компонентов характеризуется  $m$ -параметрами, то значение любого параметра среды будет описываться уравнением:

$$A = a_1 \cdot k_1 \cdot G_1 + a_2 \cdot k_2 \cdot G_2 + \dots + a_n \cdot k_n \cdot G_n$$

где:  $A$  – измеряемый параметр среды;  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – удельное значение измеряемого параметра отдельных компонентов;  $G_1, G_2, \dots, G_n$  – количество отдельных

компонентов;  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициенты, определяемые характером взаимодействия сред в части данного свойства, их можно представить в общем случае в виде зависимости.

Как следствие, такие системы для эсозимерения, дозирования и учета продукции могут быть построены с использованием разных подходов. Классифицируются системы по подходам в зависимости от методов измерения и управления: системы с использованием массовых расходомеров, системы векового дозирования с тензодатчиками, системы с применением средств измерения уровня и системы дозирования специальными исполнительными механизмами – насосами-дозаторами.

Массовые расходомеры позволяют измерить расход практически всех жидких сред: чистого вещества и растворителей, различные виды топлива, растительные масла, животные жиры, латекс, силиконовые масла, алкоголь, фруктовые соки, зубную пасту, уксус, кетчуп, майонез, газы, сжиженные газы и др.

Дозирование с использованием массовых расходомеров, которые работают по принципу Кориолиса, показано на рисунке 1.

Жидкость проходит через J-образные трубки. При отсутствии движения жидкости внутри трубки генератор отклоняет трубки друг от друга с заданной частотой, тогда трубки отклоняются друг от друга параллельно.

Если жидкость массой  $M$  начинает движение по трубкам, то они начинают отклоняться в разные стороны. Когда жидкость течет вниз, в первой половине U-трубки, она будет иметь тенденцию для отклонения трубок в направлении друг к другу. И наоборот, когда жидкость течет вверх, во второй половине U-трубки, она будет иметь тенденцию отклонять трубки противоположно друг от друга. Это и есть изгиб Кориолиса.

Уравнение массового расхода описывается следующим:

$$M = S_s \frac{A_c}{A_e} \cdot \frac{1}{f_v}$$

где:  $M$  – массовый расход;  $A_c$  – амплитуда колебаний Кориолиса;  $A_e$  – амплитуда возбуждения колебаний;  $A_c/A_e$  – фазовый угол;  $S_s$  – датчик постоянная (константа калибровки);  $f_v$  – частота отклонений.



Рассмотрим пример пропорционального дозирования с использованием массовых расходомеров. На рисунке 3 показан процесс подачи добавок А и В в продукт. Подача продукта производится из технологических аппаратов или из хра-

нилища; выдача приготовленного продукта с добавками производится прямо в тару потребителя или в хранилище. За основную жидкость принимается продукт, идущий в значительно большем количестве и определяющий работу всей системы.

Расход продукта управляется регулирующим органом от внешнего сигнала и контролируется расходомером 1. Сигналы, пропорциональные расходу продукта, подаются на регуляторы соотношения 2 линий добавок А и Б. На эти же блоки подаются и сигналы расходомеров, установленных на тех же линиях. Сигналы управления из регуляторов соотношения 2 подаются на регулирующий орган.

В результате сравнения входных величин вырабатываются сигналы управления:

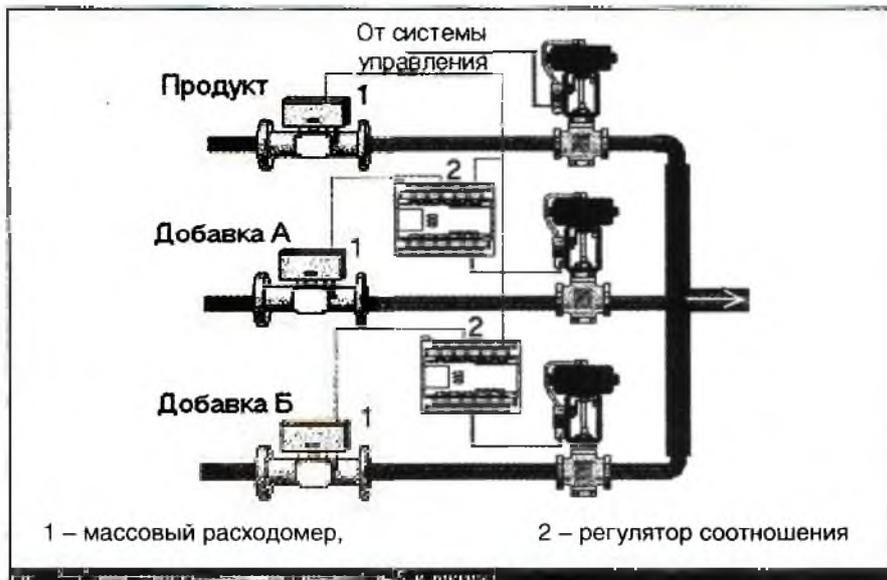
$$\left. \begin{aligned} I(Q_a) &= Q_{ap} - k_a Q_p \\ I(Q_b) &= Q_{bp} - k_b Q_p \end{aligned} \right\}$$

где:  $Q_{ap}$ ,  $Q_{bp}$ ,  $Q_p$  – фактические расходы продукта, добавок А и Б;  $k_a$ ,  $k_b$  – коэффициенты пропорциональности, характеризующие содержание добавок в продукте.

Из рассмотренного выше примера пропорционального дозирования с использованием массовых расходомеров мы можем сделать вывод, что основным преимуществом пропорциональных систем дозирования является универсальный принцип измерений для жидкостей и газов. В данных системах ведутся одновременные прямые измерения массового расхода, плотности, температуры и вязкости среды (многопараметрическим датчиком). Измерительный принцип пропорциональных систем дозирования не зависит от свойств среды и имеет очень высокую точность (типичная 0,1%), нечувствителен к профилю потока и не нуждается в прямых участках при монтаже.

Для организации весового дозирования жидких и вязких веществ необходимо объединить три основных компонента: систему подачи дозируемого продукта, которая осуществляет подачу этого вещества к дозирочной машине; дозирочную головку, осуществляющую поступление дозируемого продукта в заполняемый контейнер и контролирующую его поток; систему взвешивания, которая определяет вес дозируемого вещества и управляет дозирочной головкой.

Система подачи должна удовлетворять единственному условию: обеспечивать регулярный поток дозируемого вещества. Дозирочные головки могут быть как самые простые, для дозирова-



ния жидких не пенящихся продуктов, так и более сложные, укомплектованные рассекателями для исключения эффекта расплескивания при дозировании в открытые ведра. Система взвешивания осуществляет измерение веса дозируемого продукта и выполняется, как правило, с использованием тензодатчиков (тензорезисторов). Действие тензорезисторов основано на известном явлении тензоэффекта – свойстве материалов изменять при деформации свое электрическое сопротивление. При этом считается, что сопротивление проводника или полупроводника зависит (при неизменном объеме) от его длины:

$$R = \rho \cdot l / S = \rho \cdot l^2 / V$$

где:  $\rho$  – удельное сопротивление материала, Ом/см;  $S$  – площадь поперечного сечения, см.

Таким образом, при механическом воздействии на проводник, изменение его сопротивления вызывается изменением его длины  $\Delta l/l$ , площади попереч-

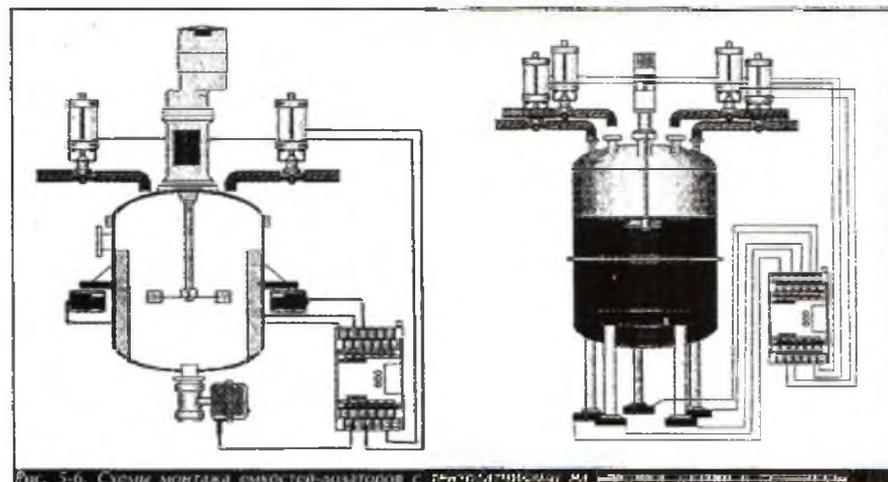
ного сечения  $\Delta S/S$  или удельного сопротивления  $\rho/\rho$ .

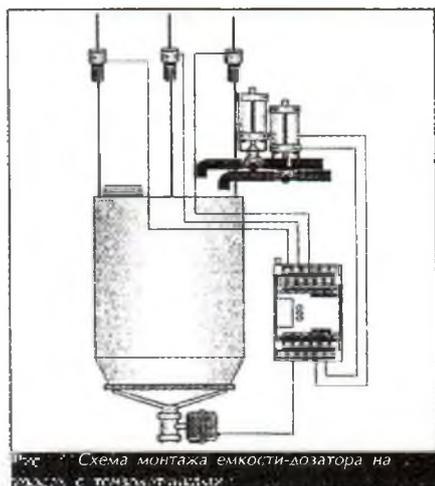
Конструктивно тензорезисторы выполняются из проволоки, фольги или прямоугольных полупроводникового материала (рис. 4), наклеенных на тонкую бумагу или пленку лака. К концам тензоэлемента припаивают (приваривают) медные выводные проводники.



Принцип действия дозатора, основанный на преобразовании значения силы веса жидкости, находящейся в грузоприемном бункре, с помощью тензометрического датчика показан на рисунках 5–7.

Емкости-дозаторы (рис. 5, 6) опираются на лапки, для лучшего смешивания отдельных компонентов на резервуаре установлена мешалка, которая работает и в процессе взвешивания. В качестве





монтажных компонентов используются самоцентрирующиеся монтажные блоки для минимизации вызываемых мешалкой колебаний, они допускают небольшое качание.

На рисунке 7 показан подвешенный резервуар на тросах через весоизмерительные ячейки. Подача материала в дозаторы осуществляется питающими устройствами, которые представляют собой клапаны с пневматическим управлением. Загрузка бункера дозатора может проходить в двух режимах – «грубо» и «точно». Выпускная горловина бункера грузоприемного бункера закрывается клапаном с пневматическим цилиндром и датчиком закрытого положения. Точность дозирования  $\pm 0,5\%$ . Предел дозирования вещества зависит от выбранных тензодатчиков.

Для управления весовым дозатором и процессом дозирования заданного значения массы материала используется блок управления дозатором (индикация веса материала в дозаторе, счетчик циклов, формирование накопительного отчета расхода материалов), при необходимости контроллер подключается к компьютеру. При необходимости блок управления дозатором интегрируется в пульт управления линией дозирования.

Метод весового дозирования жидких и вязких веществ используется в промышленности довольно широко. Отличительными чертами такого оборудования является точность, надежность, простота настройки и обслуживания, а так же возможность многоцелевого использования. Достоинство оборудования для весового дозирования состоит в том, что различные типы указанных систем могут свободно сочетаться в различных комбинациях, чтобы соответствовать решению конкретной задачи.

Системы дозирования и учета про-

дукции с использованием датчиков уровня (рис. 8) для вычисления объема и массы продукта должны иметь возможность измерений параметров продукта в резервуаре с самой высокой точностью. Поэтому в этом случае в составе системы необходимо использовать самые точные измерители уровня, температуры и давления (в случае автоматического вычисления плотности). Измерение одного из этих параметров с меньшей точностью может привести к существенному снижению точности вычисления объема или массы.

Измеряемыми параметрами являются: уровень, средняя температура, давление в газовом пространстве и гидростатическое давление продукта. Основными вычисляемыми параметрами являются: объем, плотность и масса продукта в резервуаре. Общий объем в резервуаре после измерения уровня и средней температуры продукта вычисляется:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

где:  $d$  – диаметр основания;  $R$  – радиус основания;  $h$  – текущее значение уровня.

При наличии датчиков гидростатического давления плотность продукта  $D$  вычисляется:

$$D = \frac{(P_1 - P_2)}{(H - L_p)} \cdot g$$

где:  $D$  – плотность в воздухе (в атмосфере),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $P_1$  – давление столба жидкости,  $\text{Па}$ ;  $P_2$  – давление в газовом пространстве резервуара,  $\text{Па}$ ;  $H$  – уровень продукта в резервуаре,  $\text{м}$ ;  $L_p$  – расстояние до дна резервуара до середины мембраны датчика давления;  $g$  – ускорение свободного падения для места установки системы.

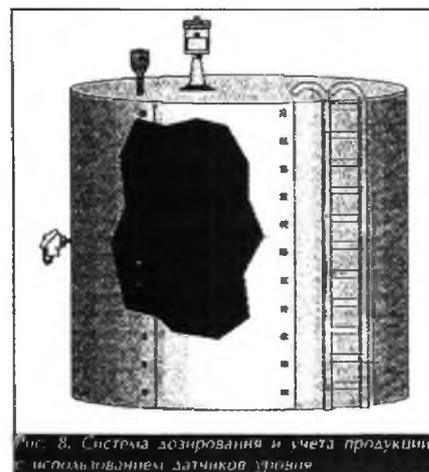
Масса продукта в резервуаре может быть вычислена:

$$M = V_{20} \cdot D_{20}$$

где:  $V_{20}$  – объем брутто продукта, приведенный к  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{м}^3$ ;  $D_{20}$  – плотность продукта в вакууме, приведенная к  $20^\circ$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Насосы-дозаторы (электроприводные и пневматические), применяемые

главным образом на жидкостях, не содержащих твердой фазы, являются конструктивно сложными, имеют узкий диапазон дозирования. Насосы-дозаторы целесообразно применять при значительном противодавлении в объекте – приемнике доз, а также для непрерывного напорного объемного дозирования при соблюдении бесперебойности подачи и постоянства концентрации дозируемого состава.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В промышленности особое место занимают производства, связанные с процессами дозирования, фасовкой и учетом жидкостей. Это обусловлено тем, что образовался целый ряд предприятий малого и среднего бизнеса, занимающихся производством и расфасовкой жидких продуктов в тару. В отличие от крупносерийных и массовых производств такое оборудование должно быть приспособлено к работе с большой номенклатурой дозируемых составов и иметь возможность оперативной переналадки на разные типы ассортиментной продукции.

Задача автоматизации операций дозирования состоит в том, что системы помимо средств автоматического контроля и регулирования основных параметров должны содержать контуры управления процессами дозирования, то есть должны быть спроектированы как измеряющее и так исполнительное устройства. Такая задача решается созданием систем дозирования и учета продукции, товарных запасов в резервуарах на предприятиях, технологические процессы которых требуют дозирования и контроля в процессе производства.

к. техн. н. В.М. Сидлецкий (НУПТ),

к. техн. н. А.И. Левченко (НУПТ),

П.А. Пастушенко (ООО «ПРАТ»)