

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ**

На правах рукописи

СТЕКОВНИКОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ

**АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЕСОВОЙ ДОЗАТОР
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ**

05.11.13 – Приборы и методы контроля природной
среды, веществ, материалов и изделий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2000

Работа выполнена в Московском государственном университете инженерной экологии.

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор Стальнов П.И.

Научный консультант доктор технических наук,
профессор Кораблев И.В.

Официальные оппоненты доктор технических наук,
профессор Пушкин А.А.

кандидат технических наук,
Шибяев А.С.

Ведущая организация АК "Новомосковскбытхим,,
г. Новомосковск Тульской обл.

Защита диссертации состоится "25", мая 2000 года в 14 час. 00 мин.
на заседании диссертационного совета Д063.44.02 при Московском государственном университете инженерной экологии, 107884, г. Москва, ул. Старая Басманная, 21/4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУИЭ.

Автореферат разослан "25", апреля 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Г.Д. Шишов

112000
4818

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время в ряде отраслей народного хозяйства, таких как химическая, медицинская, строительная и т.д. требуется непрерывное дозирование относительно небольших добавок сыпучих материалов. Используемые для этой цели автоматические дозаторы непрерывного действия не в полной мере отвечают требованиям по точности при дозировании небольших количеств сыпучих материалов.

Большинство дозаторов непрерывного действия включают ряд традиционных-стандартных блоков (бункер сыпучего материала с регулируемой заслонкой, ленточный транспортёр, первичный измерительный преобразователь (ПИП), измеритель массы сыпучего материала на транспортёре, приёмная камера сыпучего материала и, в некоторых случаях, система обратной связи).

Снижение точности при непрерывном дозировании всегда определено тем, что в процессе измерения учитывается не вся информация о массе дозируемого материала на транспортёре, т.к. ленточный транспортёр обычно имеет одну жесткую опору связанную с корпусом дозатора. Если при больших расходах непрерывного дозирования удастся получить удовлетворительные погрешности измерения, то при малых массах дозирования это невозможно, поэтому для дозирования малых расходов применяют импортные средства измерения.

Эта проблема имеет место в технологическом процессе производства синтетических моющих средств, при дозировании различных добавок к моющей основе. Добавками являются: энзимы – биологически активные вещества, разрушающие пятна, содержащие белок, полимеры – растворяющие грязь в воде, карбонаты определяющие кислотно-щелочной баланс, отбеливатели – придающие белизну и яркость цветной одежде, сульфат натрия – улучшающий сыпучесть синтетических моющих средств.

В связи с этим актуальной научно-технической задачей является создание автоматической системы весового дозирования повышенной точности для малых расходов сыпучих материалов. Это дает возможность повысить эффективность технологического процесса, например, при дозировании добавок в производстве синтетических моющих средств.

о. 193

Цель работы. Разработка автоматического весового дозатора сыпучих материалов непрерывного действия с легко перестраиваемыми пределами дозирования и исследование его характеристик.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- исследование существующих методов и средств непрерывного дозирования сыпучих материалов;
- создание способа непрерывного дозирования сыпучих материалов повышенной точности при малых производительностях;
- выбор структуры и параметров системы непрерывного дозирования на основе точностных критериев;
- разработка системы непрерывного дозирования сыпучих материалов и экспериментальное исследование её характеристик;
- проведение производственных испытаний системы дозирования непрерывного действия.

Методы исследования.

При решении поставленных в реферируемой работе задач применялись методы математического моделирования и метрологии. Моделирование осуществлялось с помощью средств вычислительной техники.

Научная новизна работы.

1. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность применения системы контроля непрерывного дозирования в производстве синтетических моющих средств.
2. Предложен новый способ автоматического непрерывного дозирования сыпучих материалов повышенной точности, основанный на измерении всей массы дозируемого материала на весоизмерительной платформе (патент на изобретение №2128825).
3. Построены модели статической и динамической характеристик системы непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов, учитывающие влияние основных параметров системы.
4. Осуществлен выбор основных конструктивных параметров автоматического весового дозатора непрерывного дозирования сыпучих материалов (разделение транспортера питателя и транспортера весоизмерительной платформы, освобождение от жёстких связей весоизмерительной платформы и др.).

5. Создан автоматический весовой дозатор непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов во взрывобезопасном исполнении (используется энергия сжатого воздуха) с легко изменяемыми пределами весового дозирования.
6. Теоретически и экспериментально определены метрологические характеристики системы непрерывного дозирования сыпучих материалов.

Практическая ценность работы и её реализация. На основе проведенных исследований, разработана система контроля непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов повышенной точности, для производства СМС, которая имеет легко регулируемые пределы дозирования. Опытный образец системы контроля непрерывного расхода сыпучих материалов, прошел производственные испытания на базе АК «Новомосковскбытхим» г. Новомосковск Тульской обл.

Публикации. По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований опубликовано 5 работ, новизна защищена патентом РФ №2128825 БИ №10 1999 г.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на втором международном симпозиуме молодых ученых, аспирантов и студентов «Техника и технология экологически чистых производств» (Москва 1998 г) и на международной научно-технической конференции - школе-семинаре «Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века» (Белгород 1998 г).

Положения работы выносимые на защиту:

- новый способ автоматического непрерывного дозирования сыпучих материалов повышенной точности, основанный на измерении всей массы дозируемого материала на весоизмерительной платформе;
- модели статической и динамической характеристик системы непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов;
- конструкция автоматического весового дозатора непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов которая отличается от существующих:
 - весоизмерительным механизмом, выполненным в виде транспортёра подвешенного независимо от корпуса дозатора;

- введением дополнительного транспортера питателя, который одновременно является регулирующим органом;
- охватом обратной связью всей системы дозирования сыпучего материала.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи. Раскрыты научная новизна и практическая ценность работы, приведены результаты апробации и реализации теоретических и практических исследований.

Первая глава посвящена литературному обзору существующих способов и средств непрерывного дозирования сыпучих материалов.

Обзор способов построения и технических характеристик дозаторов непрерывного действия сыпучих материалов показал, что подавляющее их число состоит из традиционно-стандартных блоков: бункера сыпучего материала с регулирующим элементом, ленточного транспортера (весоизмерительная платформа), первичного измерительного преобразователя массы сыпучего материала, приёмной камеры сыпучего материала и в ряде случаев системы обратной связи.

Необходимо отметить, что способы построения дозаторов непрерывного действия с обратной связью более надежны в работе.

К числу факторов, определяющих точность дозирования можно отнести: чувствительность и погрешность ПИП, конструкции весоизмерительной платформы, стабильность коэффициентов и звеньев системы, погрешность приводов.

Из других факторов, влияющих на точность непрерывного дозирования, можно выделить изменение напряжения питания и его частоты (если в конструкции есть электрические приводы), изменение температуры и влажности окружающей среды (нестабильность характеристик ПИП, изменение жесткости упругих элементов) и др.

Существенный недостаток большинства дозаторов непрерывного действия, это измерение не всей массы сыпучего материала, находящейся на весоизмерительной платформе, а только ее части (30-50%), поскольку весоизмерительная платформа имеет одну жёсткую опору, что снижает чувствительность ПИП и ограничивает точность дозирования особенно в требуемом диапазоне малых расходов.

Проведённый анализ показал, что для повышения точности дозаторов, при выборе способа дозирования и схемы дозатора, должны быть решены следующие задачи:

- измерение всей массы сыпучего материала на весоизмерительной платформе (желательно с предварительным уравниванием самой платформы);
- применение обратной связи, для регулирования подачи сыпучего материала из бункера и стабилизации количества сыпучих материалов на весоизмерительной платформе;
- освобождение весоизмерительной платформы от жёстких опор.

Во второй главе рассматривается предложенная методика непрерывного дозирования сыпучих материалов малых расходов.

Суть предложенной методики, направленной на повышение чувствительности и точности дозирования, состоит в решении вопросов, о которых было сказано в главе 1. Это осуществляется следующим путём: сыпучий продукт из бункера поступает на транспортер питателя, имеющего одну жёсткую опору, вокруг которой он может поворачиваться от исполнительного механизма. Тем самым изменяется зазор между плоскостью ленты транспортера и патрубком, из которого поступает сыпучий продукт, т.е. поворачивающийся питатель, является регулирующим органом. Затем продукт поступает на транспортер весоизмерительной платформы, причём весоизмерительная платформа подвешена на гибких опорах (через рычажно-весовой механизм). Весоизмерительная платформа предварительно уравновешена, и первичный измерительный преобразователь измеряет только дозируемую массу на ней. Сигнал с ПИП поступает на вторичный прибор и затем на регулирующее устройство с заданием определённого расхода. При отклонении от заданного расхода вырабатывается регулирующее воздействие на исполнительный механизм, который изменяет положение питателя относительно насыпного патрубка и таким образом приводит систему в равновесие, т.е. система охвачена обратной связью.

Рассмотренная методика дозирования позволила уменьшить погрешность традиционных дозаторов непрерывного дозирования сыпучих материалов за счет:

- освобождения от жёстких связей между весоизмерительной платформой и корпусом дозатора;
- предварительного уравнивания весоизмерительной платформы, что позволяет измерить всю массу сыпучего продукта на весоизмерительной платформе;

- введения дополнительного транспортера питателя, одновременно являющегося регулирующим органом;
- охвата обратной связью всей системы дозирования сыпучего материала.

На основе предложенной методики дозирования была разработана конструкция дозатора, которая представлена на рис. 1.

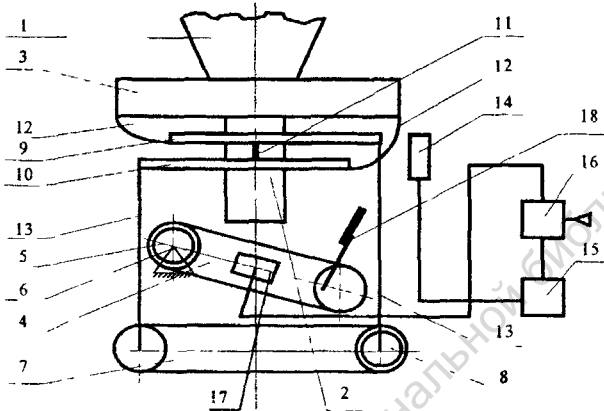


Рис. 1. Конструктивная схема дозатора непрерывного действия

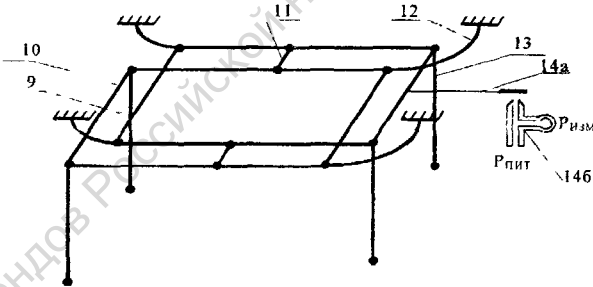


Рис.2. Рычажно-весовой механизм

Она состоит (рис.1) из бункера (1), патрубка (2), корпуса (3), питателя (4) с приводом (5), весоизмерительной платформы (7) с приводом (8) (синхронным двигателем), прикрепленной к корпусу (3) через рычажно-весовой механизм (9, 10, 11, 12) на 4-х подвесках (13).

Рычажно-весовой механизм (рис. 2) представляет собой совокупность рычагов, выполненных в виде двух рамок (9,10), скрепленных двумя подвесками (11) в середине их. Одна пара противоположных сторон рамок крепится гибкими опо-

рами (12) к корпусу дозатора, а к другой паре с противоположных сторон рамок крепятся по две подвески (13), к которым прикреплена весоизмерительная платформа (7). К рамке (10) прикреплена заслонка (14а), которая во время работы перемещается относительно сопла (14б). Габариты рамок определены чувствительностью ПИП. Совокупность подвесок (11, 13) позволяет предварительно уравновесить весоизмерительную платформу (7), т.е. подвески (11) играют роль опор, вокруг которых перемещаются рамки (9,10). ПИП (14) соединен с вторичным прибором (15), регулирующим блоком (16) и исполнительным механизмом (17) на который опирается питатель. Питатель (4) является регулирующим органом, на нём для ограничения массы сыпучего продукта установлена заслонка (18).

Предлагаемая реализация методики отличается от существующих систем непрерывного дозирования двумя важными особенностями:

-измерение всей массы и текущего значения массы на уравновешенной весоизмерительной платформе осуществляется с помощью ПИП типа "сопло-заслонка" и вторичного прибора;

-регулирование подачи сыпучего материала осуществляется системой обратной связи, при этом используется специальный дополнительный транспортёр – питатель с одной подвижной и одной неподвижной опорами, который является одновременно и регулирующим органом.

Созданная на основе предложенной методики система дозирования непрерывного действия работает следующим образом.

Из бункера (1) сыпучий продукт через патрубок (2) и питатель (4) поступает на весоизмерительную платформу(7), с которой затем поступает в технологический процесс.

Взвешивание продукта производится ПИП (14), на который воздействует весоизмерительная платформа (7) через подвески (13) и рычажно-весовой механизм (9,10,11,12) с вторичным прибором (15) и регулирующим блоком (16). Регулирующий блок управляет исполнительным механизмом (17), на который опирается подвижная опора питателя (4). Исполнительный механизм поворачивает питатель вокруг опоры (6) (угловое перемещение) относительно патрубка (2) (при отклонении массы дозируемого материала от заданной). Так автоматически поддерживается заданное значение массы на весоизмерительной платформе (7). Из описания следует, что питатель в данном случае является регулирующим органом.

Производительность дозатора обеспечивается скоростью ленты весоизмерительной платформы(7) и массой продукта на ней и может изменяться в широких пределах.

Функциональная схема дозатора непрерывного действия представлена в следующем виде:

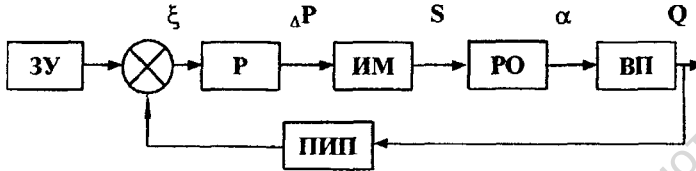


Рис. 3. Функциональная схема дозатора

ЗУ – задающее устройство совместно с суммирующим элементом;

Р – пневматический промышленный регулятор;

ИМ – исполнительный механизм;

РО – питатель, укрепленный на жёсткой опоре, преобразующий поступательное движение поршня исполнительного механизма в угол поворота;

ВП – весоизмерительная платформа с приводом;

ПИП – чувствительный элемент типа "сопло-заслонка" с вторичным прибором;

Q – массовый расход материала;

α – угол поворота питателя относительно насыпного патрубка;

S – перемещение штока исполнительного механизма;

ΔP – давление воздуха;

ξ – ошибка рассогласования.

Проведённый анализ показал, что передаточные функции элементов системы непрерывного дозирования имеют вид:

-весоизмерительной платформы:

$$W_{ВП} = K_{ВП} * \exp(-\tau * p); K_{ВП} = Q/\alpha,$$

где τ – транспортное запаздывание (нахождение сыпучего материала на ленте транспортера весоизмерительной платформы);

-питателя:

$$W_{РО} = K_{РО}; K_{РО} = \alpha/S,$$

-первичного измерительного преобразователя:

$$W_{ПИП} = K_{ПИП}; K_{ПИП} = P_{ос}/Q.$$

Исполнительный механизм можно представить в виде динамического звена (рис.4), где входная величина сила F , выходная величина перемещение x точки А (поршня).

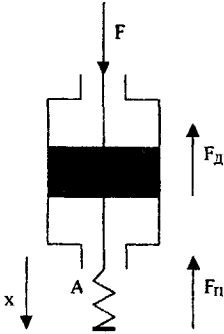


Рис. 4. Исполнительный механизм

Уравнение равновесия:

$$F = F_d + F_n = c_1 * \dot{x} + c_2 * x,$$

c_1 – коэффициент демпфирования, c_2 – коэффициент упругости пружины.

В соответствии с этим имеем

$$(T_1 * P + 1) * x = K * F,$$

где $T_1 = c_1/c_2$; $K = 1/c_1$,

$$W_{им}(P) = K/(T_1 * P + 1).$$

Если для примера взять $c_1 = 80$; $c_2 = 100$, то

$$W_{им}(P) = 0,01 * (0,8 * P + 1)$$

Исходя из требований, к системе дозирования, она не должна иметь статической ошибки, для этого в структуру системы включаем интегрирующее звено. Однако в этом случае оценка переходного процесса системы показала, что постоянная времени стабилизации, (при следующих типовых значениях параметров $S=15$ мм; $\tau=2.68$ с; $Q=40$ кг/час; $\alpha=15^\circ$), получается недопустимо большой и составляет 6000 с.

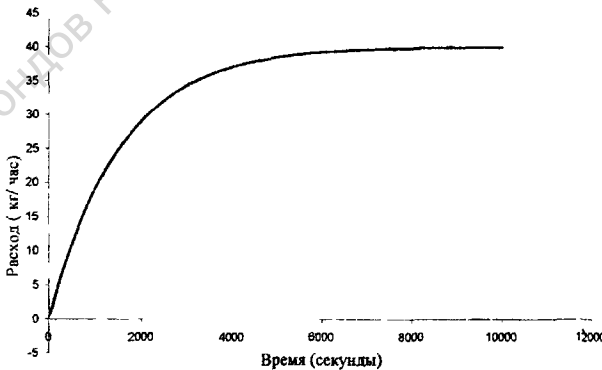


Рис. 5. Переходная характеристика системы с интегральным регулятором

В этих условиях, с учётом полученного для объекта регулирования соотношения времени запаздывания к его постоянной времени, целесообразно использовать в системе дозирования сыпучих материалов стандартный ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_P = K_D + 1/T_I \cdot P$$

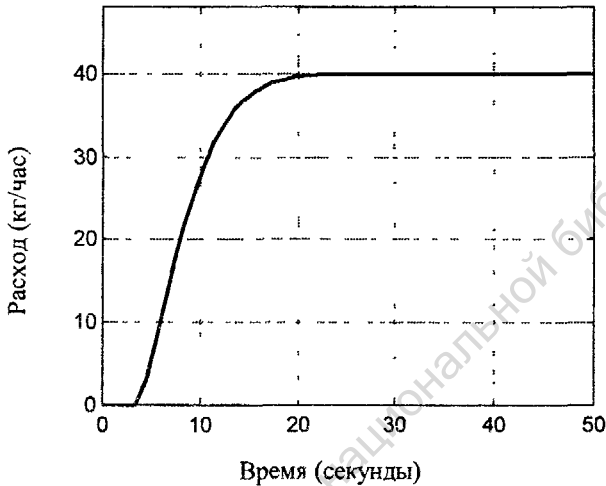


Рис. 6. Переходная характеристика системы с ПИ-регулятором

Настроечные параметры ПИ- регулятора $K_D=100$; $T_I=200$ с.

Установившееся значение $h_{уст} = 40$ кг/час; время переходного процесса $t = 23$ с.

Общая передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

$$W_{раз} = [100 + 1/(200 \cdot P)] \cdot [0.01/(0.8 \cdot P + 1)] \cdot 1 \cdot [2.6 \cdot \exp(-2.68 \cdot P)] \cdot 0.025.$$

Общая передаточная функция замкнутой системы имеет вид:

$$\Phi(s) = W_{пр} / (1 - W_{пр} \cdot W_{обр}).$$

$$W_{пр} = [100 + 1/(200 \cdot P)] \cdot [0.01/(0.8 \cdot P + 1)] \cdot 1 \cdot [2.6 \cdot \exp(-2.68 \cdot P)],$$

$$W_{обр} = 0,025.$$

Таким образом, в системе необходимо применить ПИ- регулятор со следующими настроечными параметрами: $K_D=100$; $T_I=200$ с.

В третьей главе анализируются метрологические характеристики дозатора непрерывного действия для сыпучих материалов.

Отличительной особенностью разработанного дозатора является применение ряда нестандартных конструктивных элементов, позволяющих улучшить его метрологические характеристики. К числу этих элементов относят:

- питатель, выполненный в виде транспортера с одной жёсткой опорой поворачивающийся относительно патрубка, через который поступает сыпучий материал;
- весоизмерительная платформа, выполненная в виде уравновешенного транспортера, подвешенная на тягах и прикрепленная к корпусу дозатора на плоских пружинах;
- измерение массы сыпучего материала на весоизмерительной платформе при помощи чувствительного элемента типа "сопло-заслонка".

Перемещение транспортера питателя относительно патрубка может быть определено как:

$$h \cdot \sin \alpha = S_{\text{эф}} * P_{\text{упр}},$$

где h – перемещение конца питателя с подвижной опорой;

- α - угол поворота;
- $S_{\text{эф}}$ - площадь мембраны исполнительного механизма;
- $P_{\text{упр}}$ - управляющий сигнал (0,02 – 0,1) МПа.

Погрешность, связанная с перемещением питателя:

$$\Delta \alpha = \frac{S_{\text{эф}} * \Delta P_{\text{упр}}}{h \cdot \cos \alpha}.$$

При реальных значениях параметров дозатора она не превосходит $\Delta \alpha = 0,06$, что в перерасчете на приведённую погрешность дозатора составляет $\gamma_{\text{мин}} = 0,2\%$.

Погрешности, связанные с весоизмерительной платформой состоят из двух составляющих: погрешности уравновешивания весоизмерительной платформы и погрешности плоских пружин, крепящих платформу через тяги к корпусу дозатора.

Эти погрешности можно свести к минимуму. Уравновешивание производится достаточно точно (по существу, здесь используется нулевой метод преобразования) и приведенная погрешность от неуравновешенности не превышает 0,1%; $\gamma_{\text{уп}} = 0,1\%$.

$$\Delta P_{\text{неп}} = 0,02 \text{ г.}$$

Анализ погрешностей плоских пружин обусловленных неконтролируемым изменением их жесткости при загрузке массой сыпучего материала весоизмери-

тельной платформы и вызывающих пропорциональное изменение зазора между пружиной и ПИП, показал, что эта составляющая погрешности, приведённая

к погрешности дозируемой массы не превосходит

$$\gamma_{\text{ПР}} = 0,05\% .$$

Приведённая погрешность преобразования чувствительного элемента типа "сопло-заслонка" не превосходит

$$\gamma_{\text{С}} = 0,25\% .$$

Погрешности вторичного пневматического прибора типа ПВ-10-1Э определяется паспортными данными и составляет

$$\gamma_{\text{ВТПР}} = 0,5\% .$$

Таким образом, суммарная приведённая погрешность дозатора непрерывного действия сыпучего материала (без разделения на мультипликативную и аддитивную составляющие), определяется геометрическим сложением

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{\gamma_{\text{МИМ}}^2 + \gamma_{\text{УР}}^2 + \gamma_{\text{ПР}}^2 + \gamma_{\text{ВТПР}}^2 + \gamma_{\text{С}}^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,1^2 + 0,05^2 + 0,5^2 + 0,25^2} = \sqrt{0,375} = 0,61\%$$

Необходимо отметить, что γ_{Σ} является оценкой сверху для действительного значения приведённой погрешности дозирования, поскольку прямое преобразование в цепи обратной связи практически не влияет на погрешность измерения, общая погрешность измерения дозирования должна быть значительно меньше.

В четвертой главе представлены результаты производственных испытаний дозатора непрерывного действия при дозировании добавок в производстве стирального порошка производства АК "Новомосковскбытхим" г. Новомосковск.

При анализе экспериментальных данных необходимо представить некоторые конструктивные данные опытного образца дозатора. Вся длина транспортера весоизмерительной платформы дозатора $L = 800$ мм; насыпная его часть $l = 340$ мм, частота вращения транспортера 10 об/63 с.

Таким образом, за 10 оборотов транспортер пройдет $L \times 10 = 800 \times 10 = 8000$ мм и скорость ленты транспортера $v = 8000/63$ [мм/с] = $126,9$ [мм/с].

Поскольку насыпная часть транспортера $l = 340$ мм, то время нахождения на нем сыпучего материала составит

$$\tau = \frac{l}{v} = \frac{340}{126,9} = 2,68 \text{ с}$$

Например, чтобы получить расход сыпучего материала равный $Q = 10$ кг/ч на ленте транспортера должна находиться масса сыпучего материала за 2,68 с (один оборот)

$$q = \frac{10000}{60 \cdot 60} \cdot 2,68 = 7,44 \text{ г.}$$

Расчётные данные представлены для четырех производительностей дозатора в таблице 1.

Таблица 1. Расчётные данные для четырех производительностей

№ пп	Расход кг/ч	Масса порошка на весоизмерительной платформе за 2,68 с.	Расход материала за 6 мин.
1.	$Q = 10$	7,4 г	999,9 г
2.	$Q = 20$	14,8 г	1999 г
3.	$Q = 30$	22,3 г	3000 г
4.	$Q = 40$	29,7 г	3999 г

Определение метрологических характеристик (МХ) дозатора производится методом отбора не менее пяти контрольных проб при различных значениях производительности. Определение погрешности непрерывного дозирования согласно ГОСТ 8.469-82 производится за время $\tau = 6$ мин.

Математическое ожидание погрешности $m(\Delta)$ определим по формуле:

$$m(\Delta) = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}.$$

Случайную погрешность Δ' определим по формуле:

$$\Delta' = \Delta - m(\Delta).$$

СКО математического ожидания σ_2 определим по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_2}{\sqrt{n}},$$

где

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}{n-1}}.$$

При обработке данных для расхода $Q_1 = 10$ кг/час получены следующие значения:

$$m(\Delta) = 1 \text{ г.}; \sigma_1 = 2 \text{ г.}$$

Математическое ожидание погрешности мало и им можно пренебречь

Примем доверительную вероятность $\alpha = 0,95$ и найдем поправочный коэффициент по таблице Стьюдента $t = 2,26$ получим доверительный интервал погрешности:

$$\delta_1 = \pm \sigma_1 t = \pm 4,6 \text{ г.}$$

Относительная погрешность дозирования составит:

$$\gamma_1 = \frac{\sigma_1 \cdot t}{Q_1} = \frac{4,6}{999,9} \cdot 100\% = 0,5\%.$$

Для дозирования порошка при различных производительностях дозатора результаты полученных погрешностей представлены в таблице 2.

Таблица 2. Обработка результатов измерений

Кг/час	δ_1 г	γ_1 %
Q = 10	2	0,5
Q = 20	1,9	0,2
Q = 30	5,7	0,4
Q = 40	13,6	0,4

В качестве поверочных приборов использовались секундомер по ГОСТ 5072-79 с ценой деления 0,1 с., весы технические Т1-50 с классом точности 1.

Анализ полученных результатов по расчету погрешностей показывает, что основная часть погрешности случайная и поэтому систематической погрешностью можно пренебречь. В зависимости от пределов измерения погрешность изменяется в значительных пределах. Уровень этих погрешностей меньше, чем погрешности традиционных непрерывных дозаторов сыпучих материалов.

ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Предложен новый способ автоматического непрерывного дозирования сыпучих материалов повышенной точности, основанный на измерении всей массы дозируемого материала на весоизмерительной платформе (патент на изобретение №2128825).
2. Разработана математическая модель системы непрерывного дозирования сыпучих материалов и определена её номинальная функция преобразования.
3. Проведённые исследования предопределили возможность разработки системы дозирования сыпучих материалов малых расходов.
4. Разработана конструкция системы непрерывного весового дозирования сыпучих материалов повышенной точности и обоснована возможность её применения в различных отраслях промышленности (медицинской, строительной и т.д.) при малых производительностях.
5. Повышение точности системы достигается за счет:
 - исключения жёсткой связи весоизмерительной платформы с корпусом дозатора;
 - предварительного уравнивания весоизмерительной платформы;
 - измерения всей массы дозируемого сыпучего материала, находящегося на весоизмерительной платформе;
 - применения обратной связи во всей системе непрерывного дозирования сыпучих материалов.
6. Применение в системе обратной связи ПИ - регулятора позволило стабилизировать процесс, свести к минимуму ошибку регулирования и сделать её устойчивой.
7. Проведены экспериментальные исследования опытного образца дозатора в различных условиях изменения неинформативных параметров, выявлены зависимости погрешностей от их изменения, что позволило исключить их влияние рядом конструктивных изменений узлов системы непрерывного дозирования.
8. Создан опытный образец автоматического дозатора непрерывного действия с легко перестраиваемыми пределами, во взрывобезопасном исполнении и проведены его производственные испытания, в ходе которых дозатор принят в промышленную эксплуатацию.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Стекольников А.Ю., Чепчуров Я.И., Стальнов П.И., Кораблев И.В., и др. Дозатор непрерывного действия сыпучих материалов. // Патент РФ №2128825 от 10.04.99
2. Стекольников А.Ю., Кораблев И.В., Стальнов П.И., Чепчуров Я.И., Усков Л.Е. Дозатор непрерывного действия сыпучих материалов // Труды МГУИЭ / Сборник статей аспирантов и студентов – М. 1998. –Т. 2, С 28-35.
3. Стекольников А.Ю., Кораблев И.В., Стальнов П.И., Чепчуров Я.И., Усков Л.Е. Дозатор непрерывного действия сыпучих материалов // Вестник РАДСИ – М., 1998.- Т. 2, С. 54-59.
4. Стекольников А.Ю., Кораблев И.В., Стальнов П.И., Чепчуров Я.И. Дозатор непрерывного действия // «Техника и технологии экологически чистых производств» / МГУИЭ: Тез. докл. II международный симпозиум: – М., 1998. -С. 86.
5. Стекольников А.Ю., Стальнов П.И. Разработка конструктивной схемы дозатора непрерывного действия сыпучих материалов // «Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века» / Международная научно-практическая конференция-школа-семинар. Сб. докл. - Белгород, 1998.-Ч. 3, С. 1039-1043.
6. Стекольников А.Ю., Стальнов П.И., Чепчуров Я.И., Кораблев И.В., Усков Л.Е. Дозатор непрерывного действия сыпучих материалов // Хим. фарм. журнал - подготовлено к набору.

Из фондов Российской национальной библиотеки

Заказ № 135 Объем 105 п.л. Тираж 100 экз.

Издательский центр Новомосковского института РХТУ им Д.И Менделеева

- 4818

A2000
4818

Из фондов Российской национальной библиотеки