

Авторефер
Б 79

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Инженер Г.Ф. БОЛИЛЫЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ДОЗИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ

198 – Автоматизация производственных процессов

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1968 г.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

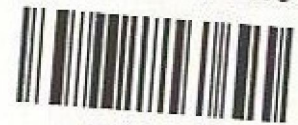
На правах рукописи

Инженер Г.Ф. БОЛИЛЫЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ДОЗИРОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ

198 - Автоматизация производственных процессов

ОНАХТ 01.06.11
Исследование систем



v001474

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

V 001474
С.В. 1474

Переучет 19.8.81

Одесса - 1968 г.

Одесский технологический
институт
им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена на кафедре механизации и автоматизации производства Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители:

доктор технических наук профессор Платонов П.Н.

доктор технических наук Карпин Е.Б.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук профессор Таточенко Л.К.

кандидат технических наук доцент Скалевой В.В.

Ведущее предприятие – Всесоюзный научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности.

Автореферат разослан " " _____ 1968 г.

Защита диссертации состоится " " _____ 1968 г.

на заседании Ученого Совета Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах присылать по адресу: г. Одесса-39, ул. Сверлова, 112, Технологический институт имени М.В. Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

(Запорожец Л.А.)

ВВЕДЕНИЕ

Основной и наиболее сложной технологической операцией при производстве комбикормов является дозирование отдельных компонентов кормовой смеси. Развитие методов и средств автоматического дозирования в значительной мере определяет размеры и степень внедрения комплексной автоматизации в комбикормовое производство, объем продукции которого намечено увеличить в ближайшее время в несколько раз.

Многочисленные исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом по оценке питательной ценности кормов, показали, что значительный экономический эффект за счет роста привеса сельскохозяйственных животных может быть получен при тщательном сбалансировании в кормах отдельных питательных веществ (привесы свиней могут быть увеличены на 25-27%, птицы на 10-12% и т.п.). Правильное балансирование кормов в количественном отношении возлагается на систему дозирования, которая должна обеспечить научно обоснованную точность дозирования (0,1 - 1,5% в зависимости от процентного содержания данного компонента) при составлении кормов по рецептам с количеством компонентов, изменяющимся от 4 до 16.

В настоящее время у нас в стране подавляющее большинство комбикормовых предприятий использует объемный метод дозирования, который не обеспечивает необходимой точности и не может служить основой для создания высокоавтоматизированного производства. Последнее время разработке систем автоматического дозирования комбикормов уделяется все большее внимание (работы института автоматики г. Киев, завода порционных автоматов им. Ф.Э.Дзержинского, ОКБСИМ г. Одесса и т.д.), однако эту задачу нельзя считать полностью решенной. Это в значительной степени определяется повышенными требованиями к точности и рядом других специфических особенностей комбикормо-

вого производства, в частности, значительным колебанием физических свойств дозируемых материалов, большим количеством компонентов в ряде рецептов, большой производительностью линии дозирования и т.п.

В связи с этим в настоящей работе сделана попытка обобщить сравнительно небольшой отечественный опыт в области автоматизации комбикормового производства (первые производственные испытания автоматической весовой системы дозирования комбикормов были проведены в 1961 г.) и проанализировать различные методы и системы автоматического дозирования сыпучих материалов с точки зрения особенностей комбикормового производства.

Учитывая высокие требования в отношении точности дозирования комбикормов, в диссертации уделено большое внимание анализу величин, влияющих на точность автоматического дозирования, и проведен выбор оптимального, с точки зрения величины погрешностей, алгоритма управления.

Исходя из анализа существующих систем управления дозаторами, в работе синтезирован цифровой автомат, реализующий оптимальный алгоритм управления, и приведены результаты его испытаний.

Основными задачами рассматриваемой работы являются:

1. Сравнительный анализ, с позиций современного комбикормового производства, различных методов и систем автоматического дозирования сыпучих материалов, применяемых в нашей стране и за рубежом, и выбор рационального пути построения системы дозирования комбикормов.

2. Анализ влияния динамики процесса дозирования компонентов комбикормов на точность приготовления кормовой смеси при различных алгоритмах работы системы автоматического управления.

3. Разработка и экспериментальное исследование системы автоматического управления, реализующей оптимальный, с точки зрения дозирования комбикормов, алгоритм управления.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и библиографического списка.

В первой главе проводится классификация и сравнительный анализ методов и систем дозирования сыпучих материалов с точки зрения целесообразности их использования в комбикормовом производстве.

Рассматриваются некоторые физические свойства сыпучих материалов, которые необходимо учитывать при создании системы автоматического дозирования.

На основании выражения, описывающего производительность объемных дозаторов, показано, что при дозировании труднсыпучих материалов и материалов со значительным колебанием физических свойств объемный метод может давать погрешности, достигающие 10%. Приводятся результаты экспериментальных исследований точности объемных дозаторов ряда отечественных комбикормовых предприятий.

Проводится сравнительный анализ непрерывных и порционных автоматических дозаторов.

Автоматические дозаторы непрерывного действия классифицируются по признакам, принятым в теории автоматического регулирования. Рассматриваются причины появления систематических, случайных и грубых погрешностей.

В связи с тем, что оптимальные условия работы замкнутых статических систем непрерывного дозирования достигаются при различных коэффициентах передачи и настройку системы регулирования необходимо изменять при изменении свойств дозируемого материала, такие системы целесообразно применять при дозировании компонентов, имеющих сравнительно небольшие пределы изменения характеристик.

В тех случаях, когда система дозирования должна готовить смеси с большим количеством компонентов, установка отдельных непрерывных дозаторов по максимальному числу компонентов оказывается с технико-экономических позиций не выгодной. При поочередной подаче нескольких компонентов одним ленточным транспортером весоизмерительное устройство оказывается удаленным на значительное расстояние от питателей. Таким образом, в астатической системе регулирования величина транспортного запаздывания может при-

нимать большое значение. Отношение этой величины к времени нахождения материала в пределах весоизмерительного устройства будет значительно большим, чем единица. За счет этого время цикла при импульсном регулировании принимает большое значение, а качество регулирования может оказаться неудовлетворительным за счет погрешностей, появляющихся в период между циклами при изменении свойств дозируемого материала.

Рассматриваются характерные системы непрерывного дозирования, применяемые в нашей стране и за рубежом. Точность поддержания производительности современных автоматических непрерывных дозаторов принимает значение 1 - 4% в зависимости от свойств подаваемого материала.

Системы автоматического порционного дозирования классифицируются в зависимости от типа применяемых чувствительных элементов, так как это в значительной мере определяет особенности построения систем автоматического управления.

Наиболее перспективными представляются системы дозирования, в которых электрический сигнал, пропорциональный весу материала, формируется тензометрическими, вибрационно-частотными и т.п. датчиками. Определяющим в этом отношении будет являться выпуск промышленностью подобных датчиков высокой точности и на различные диапазоны нагрузки.

Широкое распространение порционных весов с циферблатными указательными приборами и равномерной круговой шкалой класса точности 0,1 позволяет успешно использовать их при построении систем автоматического дозирования. Эти весы удобны для взвешивания в большом диапазоне измеряемых нагрузок; что особенно важно при построении систем многокомпонентного дозирования с большим диапазоном колебания заданного веса порций отдельных компонентов. Циферблатная весовая головка позволяет применять простые преобразователи аналог-код и обрабатывать информацию в системе управления в дискретном виде, что представляет интерес для дозаторов повышенной точности.

Значительная часть первой главы посвящена анализу существующих систем дозирования комбикормов. В связи с отсутствием достаточного отечественного опыта в области автоматизации комбикормового производства, классификация комбикормовых предприятий по уровню автоматизации линии дозирования производится на основании зарубежных данных. Большинство зарубежных комбикормовых предприятий применяют автоматическое порционное многокомпонентное дозирование (оборудование фирм "Саймон", "Ричардсон", "Окрим" и т.д.).

Непрерывные дозаторы для комбикормов нашли за рубежом ограниченное применение. Приведены результаты испытаний на Болошевском комбикормовом заводе непрерывного дозатора фирмы "Биф Омега". Отсутствие дистанционного задания производительности, регистрации производительности, а также высокая стоимость, низкая точность и ряд других недостатков позволяют заключить, что использование дозаторов подобного типа для приготовления комбикормов не целесообразно.

В работе проведен анализ батареи однокомпонентных дозаторов ДК завода порционных автоматов им. Ф.Э. Дзержинского. Эксплуатация этой батареи на Васильковском мелькомбинате за период с 1961 года позволила накопить определенный опыт, что дает возможность при создании более совершенных систем избежать ряда допущенных ошибок. Показан ряд недостатков этой батареи, что не позволяет рекомендовать ее в качестве типовой для комбикормовых предприятий. Рассмотрена система многокомпонентного порционного дозирования на двух весах 16ДК-1000 и 6ДК-100, которая разработана Киевским институтом автоматики. Проведен анализ протоколов испытаний опытного образца этой системы.

Сравнение методов дозирования сыпучих материалов и рассмотрение ряда практических реализаций системы автоматического дозирования позволяет сделать заключение о целесообразности использования в комбикормовом производстве многокомпонентных порционных дозаторов. В связи с тем, что в последнее время силами работников ряда комбикормовых предприятий произведена замена объемных дозаторов на батареи однокомпонентных весовых, вопрос создания совершенной

системы автоматического управления однокомпонентными дозаторами не потерял своей актуальности.

Показан вариант структуры линии дозирования, в которой предусматривается выпуск обогатительной смеси.

Основная задача в области дозирования комбикормов заключается в настоящее время в повышении точности и производительности линии дозирования.

В главе второй анализируются погрешности, возникающие за счет динамических особенностей порционного дозатора компонентов комбикормов, и обосновывается оптимальный, с точки зрения погрешности и производительности, алгоритм управления.

При оценке погрешности в этой главе принято допущение, согласно которому в весоизмерительном механизме статические погрешности отсутствуют, датчик, сопряженный с весоизмерительной системой, формирует сигнал без погрешности, и все элементы системы автоматического управления обрабатывают информацию без потерь и являются неинерционными.

Характер движения и загрузки сыпучего материала, поступающего из выпускного отверстия в бункер весов, рассмотрен в работах Е.Б. Карпина и основывается на уравнении И.В. Мешерского для динамики тел переменной массы. Эти работы и анализ осциллограмм загрузки порционных весов позволяют получить выражение для значения динамической погрешности ΔG_d , которая имела бы место при формировании в системе управления сигнала на остановку питателя в момент равенства заданного веса порции $G_{зад}$ и веса, воспринимаемого весоизмерительным механизмом:

$$\Delta G_d = G_{ф} - G_{зад} = G_{ст} + G_{им} - P_{дс}, \quad (1)$$

где $G_{ф}$ — фактический вес порции после успокоения весовой системы;

$G_{ст}$ — вес столба материала, находящегося между входным отверстием питателя и поверхностью продукта в ковше;

$G_{им}$ - вес дополнительного количества материала, попадающего в бункер за счет инерционности питателя;

$\Delta G_{дс}$ - динамическое давление сыпучего материала о сыпучую преграду.

При определении веса материала, попадающего в ковш за счет инерционности исполнительного механизма, в работе рассматривался аperiodический элемент (шнековый питатель). Анализ величин, входящих в правую часть равенства (1) позволяет получить развернутое выражение для динамической погрешности. В общем виде это выражение может быть представлено функциональной зависимостью

$$\Delta G_d = f(Q_n, z_c, V_n, \lambda, T), \quad (2)$$

где Q_n - производительность питателя;

z_c - высота столба материала между стверстием питателя и поверхностью материала;

V_n - скорость материала на выходе из питателя;

λ - коэффициент динамики сыпучего материала;

T - постоянная времени исполнительного механизма.

В настоящее время системы автоматического дозирования комбикормов используют коррекцию заданного веса порции по среднему значению динамической погрешности $\Delta G_{дс}$, которая определяется оператором экспериментально. При этом система автоматического управления реализует алгоритм, при котором фактический вес G_i в i -ом цикле взвешивания равен

$$G_i = G_{зад} - \Delta G_{дс} + \Delta G_{дi}, \quad (3)$$

где $\Delta G_{дi}$ - фактическое значение динамической погрешности i -го цикла.

Следовательно, фактическая погрешность $\Delta G_{\phi i}$ в каждом цикле будет определяться разницей между фактическим и средним значениями динамической погрешности. Для получения развернутого выражения фактической погрешности в работе вводится понятие поправочного коэффициента K , который показывает во сколько раз изменяется фактическое значение какого-либо параметра, входящего в правую часть равенства (2), в i -ом цикле взвешивания A_i по сравнению с его средним значением:

$$K_i = \frac{A_i}{A_{\text{ср}}} \quad (4)$$

Введение этих коэффициентов позволяет получить развернутое выражение для значения фактической погрешности i -го цикла дозирования. Это выражение, представленное в форме функциональной зависимости, имеет вид:

$$\Delta G_{\phi i} = f(Q'_n, z'_c, V'_n, \lambda', T', K_{1i}, K_{2i}, K_{3i}, K_{4i}, K_{5i}) \quad (5)$$

Штрихом обозначены средние значения величин, а поправочные коэффициенты характеризуют отклонение от средних значений соответственно: K_{1i} — производительности питателя, K_{3i} — скорости материала, K_{4i} — динамического коэффициента, K_{5i} — постоянной времени и K_{2i} — высоты столба.

Предельные значения параметров дозатора (производительности питателя и т.п.) могут быть получены на основании выражения (5) путем подстановки в него допустимого значения погрешности и предельных значений поправочных коэффициентов, которые подсчитываются на основании дисперсии величин, определяющих динамику процесса дозирования. В работе проведен анализ возможных в комбикормовом производстве значений поправочных коэффициентов. Показано, что в результате значительных колебаний величин, характеризующих физические свойства компонентов комбикормов (гранулометрического состава, влажности и т.п.), поправочные коэффициенты меняются в больших пределах и могут достигать значений

1,4 + 1,5. За счет этого фактическая погрешность дозирования оказывается значительно превосходящей допустимые значения. Снижение погрешностей при использовании алгоритма (3) в настоящее время обеспечивается путем снижения производительности питателя при подходе к заданному весу порции.

Таким образом, использование алгоритма (3) связано с ограничением суточной производительности линии дозирования за счет перехода в режим досыпки, что особенно существенно при многокомпонентном дозировании, усложнением питающего устройства за счет установки двухскоростного привода и невозможностью стабильно гарантировать заданную высокую точность дозирования без периодической проверки и настройки момента предварения прекращения сыпи оператором вручную. Последний недостаток приобретает особое значение с точки зрения необходимости создания в настоящее время предпосылок для перехода к комплексной автоматизации процесса производства комбикормов, когда вмешательство обслуживающего персонала в управление операциями приготовления комбикормов должно быть сведено к минимуму.

В работе проанализированы пути повышения точности дозирования и устранение недостатков, связанных с использованием алгоритма (3). Рассмотрен вариант построения системы дозирования с управлением по возмущению, когда комплекс измерительных приборов непрерывно контролирует отдельные физические свойства материала, а вычислительный блок на основании этой информации определяет значение динамической погрешности (по выражению 2) и корректирует заданный вес порции, т.е. в системе реализуется алгоритм:

$$G_i = G_{зад} - \Delta G_{др_i} + \Delta G_{д_i}, \quad (6)$$

где $\Delta G_{др_i}$ — рассчитанное автоматическим устройством значение динамической погрешности для i -го цикла.

Такой инвариантный метод управления процессом дозирования связан со значительными техническими трудностями, которые определяются необходимостью создания ряда измерительных устройств малоразработанного класса для определения физических свойств дозируемого материала.

Показано, что более простым является путь введения в систему автоматического управления обратной связи по фактическому значению отвешенной порции, что отсутствует в алгоритме (3). Эту задачу коррекции системы дозирования в функции изменения свойств дозируемого материала можно решить двумя путями. Первый путь заключается в том, что после успокоения весовой системы в зависимости от величины и знака погрешности автоматически производится досыпка или отсыпка части материала из весового ковша. В техническом отношении этот способ довольно сложен и требует увеличения времени отвеса.

Второй путь введения обратной связи основывается на гипотезе, что ряд реализаций значений физических свойств дозируемого материала при рассмотрении с вероятностных позиций образует цепь Маркова, т.е. вероятность того, что в $(i + 1)$ -м цикле дозирования динамическая погрешность будет иметь значение $\Delta G_g(i + 1)$ определяется значением этой погрешности в предыдущем i -ом цикле. Таким образом, если прогнозировать поведение системы дозирования путем экстраполяции значения динамической погрешности предыдущего цикла на последующий, то вероятность достоверной коррекции заданного веса повысится по сравнению с той же операцией, производимой на основании среднего значения динамической погрешности. Следовательно, орган коррекции системы управления должен автоматически определять и запоминать значение динамической погрешности в каждом цикле и учитывать его при коррекции заданного веса порции в следующем цикле, т.е. система управления должна реализовать алгоритм:

$$\begin{aligned} G_1 &= G_{зад} + \Delta G_{g1} ; \\ G_2 &= G_{зад} - \Delta G_{g1} + \Delta G_{g2} ; \end{aligned} \quad (7)$$

$$G_3 = G_{зад} - \Delta G_{g2} + \Delta G_{g3} ; \quad (7)$$

$$G_n = G_{зад} - \Delta G_{g(n-1)} + \Delta G_{gn} ,$$

где G_1, G_2, \dots, G_n — фактическое значение веса порции в соответствующем цикле.

Фактическое значение абсолютной погрешности в этом случае оказывается равным разности динамических погрешностей соседних циклов взвешивания.

В работе получено развернутое выражение для этой погрешности, которое зависит, как и в выражении (5), от значений поправочных коэффициентов. При использовании алгоритма (7) значение поправочных коэффициентов K^i должно подсчитываться как отношение значения какого-либо параметра в i -ом цикле дозирования к значению того же параметра в $(i-1)$ цикле. Вероятность того, что эти коэффициенты K^i близки к единице, гораздо выше, чем та же вероятность для коэффициентов, учитывающих отклонения от средних значений какого-либо параметра.

Важным свойством алгоритма (7) является то, что в нем не может происходить накопление ошибок. Так, за 10 циклов взвешивания среднее значение относительной приведенной погрешности $\delta G_{ср}$ (которой рекомендуется оценивать точность дозирования) оказывается почти на порядок меньшим, чем погрешность одного цикла

$$\delta G_{ср} = \frac{\Delta G_i - \Delta G_{i-10}}{10 G_{max}} \cdot 100 , \quad (8)$$

где G_{max} — предел взвешивания порционных весов.

Таким образом, автоматическая коррекция заданного веса порции должна позволить обеспечить высокую точность дозирования комбикормов при больших значениях производительности питающего устройства и не снижать производи-

тельность питателя при подходе к заданному весу порции, что особенно важно для многокомпонентного дозирования. Анализ погрешностей опытного образца системы автоматического порционного дозирования комбикормов на весах 16ДК-1000 позволяет подтвердить правильность гипотезы о вероятностных свойствах динамической погрешности дозирования и о значительном повышении точности, которой следует ожидать при использовании алгоритма с прогнозированием.

В третьей главе приводится синтез системы автоматического управления порционным дозатором для комбикормов.

Показана целесообразность выполнения устройства, реализующего алгоритм (7), в виде цифрового автомата. Анализ методических и инструментальных погрешностей аналого-дискретного преобразователя (весоизмерительное устройство-код) для одно- и многокомпонентных дозаторов позволяет определить необходимую точность преобразования. Рассмотрены необходимые значения шага квантования по уровню и частоты квантования по времени.

Проведена классификация и сравнительный анализ методов и устройств аналого-дискретного преобразования с точки зрения целесообразности их использования в порционном многокомпонентном дозаторе для компонентов комбикормов. Показано, что для системы дозирования комбикормов наиболее приемлемы преобразователи накапливающего типа. Число-импульсный код, который может быть получен в таких преобразователях, позволяет при последовательной подаче в ковш представить вес каждого отдельного компонента без учета веса остальных, уже находящихся в ковше компонентов. Это исключает влияние погрешности дозирования предыдущих компонентов на точность взвешивания последующих и создает условия для регистрации и индикации веса каждого компонента в отдельности.

Широкое распространение весоизмерительных устройств с циферблатной весовой головкой и равномерной круговой шкалой позволяет использовать сравнительно простые в

конструктивном отношении преобразователи угол поворота — число импульсный код. В связи с тем, что весовая система в процессе загрузки может совершать колебательные движения, количество импульсов число-импульсного кода следует подсчитывать в реверсивном счетчике. Для управления этим счетчиком применяется логический блок (ЛБ), который должен анализировать последовательность формирования импульсов тремя датчиками, поочередно реагирующими на единичные приращения движения вала стрелки весовой головки. В работе выполнен синтез оптимальной структуры ЛБ, который рассматривался как многотактный дискретный автомат. Входной алфавит ЛБ a, b, c представлен сигналами трех датчиков, а выходной алфавит x, y — сигналами на суммирование и вычитание, которые управляют реверсивным счетчиком. В минимизированном виде структура ЛБ записывается выражением:

$$F = (t+v)(z+v)(t+z)X + \bar{x}Y + a(T+V') + b(V+Z') + c(Z+T') \quad (9)$$

В этом выражении T, V, Z — входы трех триггеров, обеспечивающие их перевод в единицу, а T', V', Z' — входы, переводящие триггеры в ноль. Малыми буквами t, v, z — обозначены выходы соответствующих триггеров. Показано, что функциональная схема ЛБ, построенная на основании выражения (9), обладает рядом преимуществ по сравнению с используемыми в подобных преобразователях структурами.

Работы ряда организаций позволяют заключить, что в настоящее время возможна разработка тензочувствительных весов с точностью 0,1%. Это создает предпосылки для использования в системе дозирования комбикормов тензометрических весов. Рассмотрена структура преобразователя, формирующего на выходе число-импульсный код, что позволяет строить цифровой автомат универсальным с точки зрения возможностей использования как преобразователей угол-код, так и тензометр-код. Повышение точности преобразователя тензометр-код обеспечивается за счет автоматической компенсации ряда инструментальных погрешностей.

Произведено разбиение цифрового управляющего автомата на отдельные блоки и определены задачи, которые должны решаться этими блоками.

Одним из основных является блок сравнения кода, соответствующего заданному весу порции, и кода, пропорционального весу материала. Если обозначить a_i и b_i значения i -тых разрядов двух кодов, каждый из которых имеет n разрядов, то блок сравнения должен выполнять операцию

$$F = \prod_{i=1}^{i=n} (a_i b_i + \bar{a}_i \bar{b}_i). \quad (10)$$

Вместо отдельного блока сравнения в цифровом автомате для управления процессом дозирования комбикормов эта операция возлагается на реверсивный счетчик, который производит подсчет импульсов число-импульсного кода. Для этого объем счетчика достаточно сделать равным двоичному коду заданного веса порции. Рассмотрение различных способов изменения объема двоичного счетчика позволяет рекомендовать запись в нем перед каждым циклом взвешивания заданного веса порции в дополнительном двоичном коде. В этом случае переполнение счетчика и выработка сигнала на остановку питателя происходит в момент равенства заданного и воспринимаемого весоизмерительной системой веса.

Орган коррекции цифрового автомата должен выполнять функции определения динамической погрешности, запоминания этой величины и коррекции заданного веса порции. При построении цифрового автомата, вместо использования отдельных блоков памяти и сумматоров для производства арифметических действий, эти функции также возлагаются на реверсивный накопительный счетчик, который в момент переполнения формирует сигнал ввода в пустой счетчик заданного веса в дополнительном коде. После этого на весы некоторое время поступает продукт и, в соответствии с динамическими особенностями элементов дозатора, в счетчик подаются импульсы, автоматически корректирующие заданный вес порции для следующего цикла взвешивания в соответствии с алгоритмом (7).

Таким образом, реверсивный двоичный счетчик, который является неотъемлемой частью принятого в системе аналого-дискретного преобразователя, выполняет следующие операции по отработке алгоритма (7):

- запоминает дополнительный двоичный код заданного веса порции;
- определяет и запоминает величину динамической погрешности каждого цикла взвешивания;
- корректирует программу в соответствии с этой величиной;
- формирует код, соответствующий массе взвешиваемого продукта;
- сравнивает код, пропорциональный количеству поступившего продукта, с откорректированным заданием и выдает команду на остановку питателя.

В работе приведен синтез схем цифровых автоматов для управления одно- и многокомпонентными порционными дозаторами для комбикормов, работающих по алгоритму с прогнозированием динамических свойств дозатора. Разработан вариант цифрового автомата, который может сопрягаться с универсальным цифровым указателем с отслеживающим диском (конструкции ВНИИСтройдормаш).

Для цифровой индикации веса материала и печатания результатов отвесов используется отдельный двоично-десятичный счетчик, который в многокомпонентном дозаторе сбрасывается в нуль перед подачей каждого следующего компонента. Это позволяет выполнить индикацию и печать веса каждого компонента отдельно, без учета веса уже поступившего в ковш материала.

В Одесском технологическом институте им. М.В. Ломоносова в течение ряда лет ведутся исследования в области оптимизации кормовых смесей на ЭЦВМ, что позволяет на основании имеющихся на предприятии остатков сырья осуществить выбор оптимального по питательной ценности и себестоимости рецепта комбикорма. Дальнейшее совершенствование системы автоматического управления линии

с.в. 1474 V 00 1474

дозирования может идти по пути слияния функций расчета оптимального рецепта и управления дозатором по оптимальному, с точки зрения точности, алгоритму. Кроме этих функций на ЭЦВМ может быть также возложен ряд задач по непрерывному расчету остатков сырья на складе, подсчету количества и стоимости выпущенных кормов и т.п. С этих позиций представляет интерес проведение в дальнейшем исследований по технико-экономическому обоснованию целесообразности использования универсальных или специализированных счетно-решающих устройств для комплексного управления рядом процессов на комбикормовом предприятии.

В главе четвертой приводится описание экспериментальной установки и результатов экспериментов. Проведение этих работ позволило экспериментально определить точность дозирования, реализуемую при использовании алгоритма работы с прогнозированием, и проверить работоспособность цифрового управляющего автомата, структура которого получена в третьей главе.

Основное требование, предъявляемое к экспериментальной установке, заключается в возможности экстраполяции полученных на ней результатов на промышленные системы дозирования. Исходя из этого, производительность питателя в лабораторной установке выбиралась таким образом, чтобы скорость и характер изменения сигнала на входе цифрового управляющего автомата соответствовали производственным условиям.

В лабораторной линии дозирования использованы порционные весы с циферблатной головкой типа ВЦЛ-10А. Рассмотрено уравнение движения автоматических весов периодического действия с квадратной весовой головкой и показано, что если выбрать производительность лабораторного питателя в 0,1 кг/сек., то скорость изменения сигнала на выходе преобразователя угол-код оказывается равной скорости, которую следует ожидать в промышленной системе дозирования комбикормов производительностью 600 т/сутки при предельном весе порции в одну тонну.

В связи с тем, что при число-импульсном коде взвешивание каждого последующего компонента начинается с искусственного нуля, погрешность отвесов предыдущих компонентов не может оказать влияния на точность дозирования последующих. Это позволяет провести экспериментальную проверку линии дозирования только для режима однокомпонентного дозирования. Полученные при этом результаты полностью характеризуют точность приготовления порций, которая может быть достигнута при многокомпонентном дозировании.

Для представительности результатов экспериментальных работ необходимо имитировать в лабораторной установке наиболее неблагоприятный, с точки зрения точности, режим работы, при котором параметры, определяющие динамику процесса дозирования, изменяются в больших пределах. В лабораторных условиях технически сложно организовать возмущения по всем каналам. Рассмотрена возможность введения возмущений только по одному каналу путем изменения производительности питателя.

Учитывая, что комбикормовые предприятия и цехи дозирования характеризуются тяжелыми условиями работы (значительные колебания температуры, влажность, запыленность), к устройствам автоматики предъявляются повышенные требования в отношении надежности и простоты ремонта. Показано, что этим требованиям наиболее полно отвечает цифровой автомат, построенный на транзисторных логических и функциональных элементах серии ЭТ, выполненных в виде залитых эпоксидной смолой модулей.

Приводится описание экспериментальной установки, выполненной с учетом рассмотренных требований.

При проведении экспериментальных работ в отдельном счетчике определялось дополнительное количество материала, попадающего в ковш после подачи сигнала на остановку питателя (значение динамической погрешности), что позволило определить погрешности дозирования при алгоритмах с про-

гнозированием (7) и без прогнозирования (3). Рассмотрение ряда погрешностей, реализуемых при алгоритме без прогнозирования, позволило выделить в них две составляющие. Первая составляющая носит систематический характер, т.е. вероятность появления определенного значения этой составляющей в каком-либо цикле определяется значением погрешности в предыдущем цикле дозирования. Вторая составляющая носит характер белого шума и заранее не может быть предсказана. Алгоритм с прогнозированием позволяет уменьшить погрешность дозирования за счет снижения веса первой составляющей, что может быть обнаружено путем сравнения автокорреляционных функций для рядов погрешностей, получаемых в одинаковых условиях при алгоритмах с прогнозированием и без него. Выполненный в работе расчет на ЭЦВМ этих функций и сравнение автокорреляционных зависимостей рядов погрешностей для алгоритмов (3) и (7) позволяет заключить, что прогнозирование практически полностью исключило систематическую составляющую и ряд погрешностей при алгоритме с прогнозированием носит характер белого шума. За счет устранения систематической составляющей общая погрешность дозирования значительно уменьшилась и уменьшился разброс погрешностей (дисперсия погрешностей при алгоритме (7) оказалась в семь раз меньшей, чем при алгоритме (3)). Среднее значение относительной погрешности за 10 циклов взвешивания, по которой рекомендуется оценивать точность дозирования, не превышало значения 0,1%.

Дальнейшее повышение точности многокомпонентного дозирования комбикормов может быть достигнуто за счет использования порционных весов с изменяющимся после отвеса каждого компонента пределом взвешивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в реферируемой работе, можно сделать следующие основные выводы и рекомендации:

1. Полученные аналитические зависимости позволяют оценить точность порционного дозирования комбикормов при различных алгоритмах управления по величинам, характеризующим возможные изменения физических свойств дозируемого материала, или определить по заданной точности дозирования предельно допустимое значение производительности питающего устройства.

2. Применяемый в настоящее время при дозировании комбикормов алгоритм управления с коррекцией заданного веса порции на основании средних значений физических свойств компонентов имеет ряд недостатков, связанных с ограничением суточной производительности линии дозирования за счет перехода в режим досыпки, усложнением питающего устройства и невозможностью стабильно гарантировать заданную высокую точность дозирования без периодической проверки и настройки системы управления вручную оператором.

3. Повышение точности дозирования комбикормов может быть достигнуто за счет использования алгоритма с прогнозированием, при котором система управления автоматически определяет значение динамической погрешности предыдущего цикла и корректирует на эту величину вес порции в последующем цикле.

4. Наиболее рациональным видом кода на выходе аналого-дискретного преобразователя в многокомпонентном дозаторе является число-импульсный код.

5. Аналитический синтез логического блока преобразователя угол поворота-код позволил упростить его структуру и повысить надежность работы.

6. Многофункциональное использование реверсивного двоичного счетчика в цифровом автомате позволило возложить на него основные операции по реализации алгоритма с прогнозированием.

7. Разработанный цифровой управляющий автомат может получить информацию о весе материала от преобразователей угол-код, тензومتر-код, а также легко сопрягается с универсальным циферблатным указателем с поворотным (отслеживающим) диском.

8. Экспериментальная проверка линии дозирования совместно с разработанным цифровым управляющим автоматом подтвердила ожидаемое значительное повышение точности дозирования при высокой производительности питателя за счет исключения систематической составляющей погрешности.

9. Направление дальнейших работ в области автоматизации процесса дозирования может заключаться в использовании тензометрических весов и разработке цифровых автоматов, на которые, кроме управления процессом дозирования, возлагается задача оптимизации рецептуры кормовых смесей.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Платонов П.Н., Болилый Г.Ф., Явтушенко В.С. Пути автоматизации процесса дозирования в комбикормовом производстве. Серия "Мукомольная, крупяная и комбикормовая промышленность". Сб. Комбикормовая промышленность. ЦИНТИ, Госкомзаг, М., 1966.

2. Платонов П.Н., Болилый Г.Ф., Явтушенко В.С. Исследование характерных систем автоматического дозирования. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в ВУЗ'ах УССР. Пищевая промышленность, Киев, 1966.

3. Болилый Г.Ф., Платонов П.Н. Автоматизация процесса дозирования в комбикормовом производстве. Тезисы докладов на XXУШ НТК ОТИ им. Ломоносова М.В., секция автоматизации и приборостроения, изд-во ОТИЛ, Одесса, 1966.

4. Болилый Г.Ф., Платонов П.Н. Пути автоматизации процесса дозирования в комбикормовом производстве. Сб. Автоматизация процесса взвешивания и дозирования. Онти-прибор. М., 1967.

5. Платонов П.Н., Болилый Г.Ф. Исследование вопросов автоматизации процесса дозирования комбикормов. Тезисы докладов научной Юбилейной конференции Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности. Воронеж, 1967.

6. Платонов П.Н., Болилый Г.Ф., Морозов В.В., Явтушенко В.С. Цифровые управляющие устройства на базе двоичного реверсивного счетчика. Тезисы докладов на Республиканской межвузовской НТК по вопросам радиоэлектроники и автоматики, секция автоматики и технической кибернетики. Львов, 1967.

Результаты работы докладывались:

На XXУП и XXУШ НТК ОТИ им. Ломоносова М.В. (Одесса, 1965, 1966 г.).

На Всесоюзном совещании по автоматизации процессов взвешивания и дозирования (Одесса, 1966 г.).

На республиканской межвузовской научно-технической конференции по вопросам радиоэлектроники и автоматики (Львов, 1967 г.).

На юбилейной конференции Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности (Воронеж, 1967 г.).