

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ВЕСОВЫМ  
ДОЗИРОВАНИЕМ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ  
AUTOMATION OF CONTROL OF DISCRETE WEIGHT DOSING  
OF BULK MATERIALS OF CONCRETE MIXTURES**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения весового дискретного дозирования сыпучих материалов для строительных смесей и созданию автоматизированной системы управления процессом дискретного весового дозирования

**Abstract:** The article is devoted to the development of algorithmic support for weight discrete dosing of bulk materials for building mixes and the creation of an automated control system for the process of discrete weight dosing

**Ключевые слова:** весовое дозирование, алгоритм, автоматизированная система, управление, бетонные смеси, структурная схема, тензодатчик

**Keywords:** weight dosing, algorithm, automated system, control, concrete mixtures, block diagram, load cell

Процесс весового дозирования сыпучих материалов по настоящее время является весьма актуальным для многих отраслей промышленности, не являются исключением и предприятия строительной индустрии.

Автоматизация взвешивания и дозирования тел с достижением требуемой точности при сохранении заданной производительности является важной народнохозяйственной задачей.

Важно правильно выбрать технические средства, рассчитать и создать измерительные каналы по передаче весоизмерительной информации. Средства автоматизации должны иметь унифицированные выходы, серийно выпускаться промышленностью и входить в ГСП.

Технические средства, входящие в ГСП, легко агрегируются, имеют пылевлагозащищенное исполнение, к ним предъявлен единый ряд требований по входным и выходным параметрам, климатическому исполнению. Наиболее ответственной задачей выбора является обеспечение средством автоматизации требуемой точности. И именно на таких средствах должны создаваться современные системы автоматического управления процессами дозирования компонентов смесей.

Необходимо отметить, что ведущие фирмы-разработчики средств управления и автоматизации предлагают сегодня потребителю широкую номенклатуру изделий. Компании Овен, Сименс, Мицубиси и другие поставляют на рынок не только отдельные изделия и средства, но и готовые схемотехнические решения в области автоматизации процессов дозирования и взвешивания. Кроме того, для этих средств разработано специальное и прикладное программное обеспечение. Проектировщикам систем управления процессами дозирования необходимо сделать обоснованный выбор средств из имеющейся номенклатуры и адаптировать к производственным условиям заводов ЖБИ и бетоносмесительных установок. Резкие перепады температур, влажности, электромагнитные поля от силового оборудования, вибрация в производственных условиях предъявляют повышенные требования к средствам автоматизации.

Весовые дозаторы, выпускаемые промышленностью за последние годы модернизируются, переходят от рычажных весоизмерительных систем к тензометрическим, меняются эргономические свойства дозаторов. Весовые дозаторы порционного действия при соблюдении точности дозирования по массе формируют дозу материала. Датчик веса передает фактическое значение по массе дозы в микропроцессорную систему управления, где оно сравнивается с заданным и вычисляется ошибка дозирования для каждого цикла.

По принципу работы тензодатчик представляет собой тензорезистор, который испытывает деформацию от веса дозируемого материала и изменяет свое полное сопротивление на выходе. То есть тензодатчик реализует тензорезистивный эффект. Контактная поверхность тензорезисторов датчика

прикреплена к весоизмерительной поверхности. На рис. 1 изображен один из вариантов технической реализации измерения веса порционным периодическим весовым дозатором. Грузоприемная платформа (чаща) подвешена на четырех тензодатчиках, измерительная информация которых передается на тензометрический преобразователь сигналов Z-SG. Для передачи вторичной аппаратуре весоизмерительной информации используется аналоговый выход или протокол Modbus. К отличительным характеристикам преобразователя сигналов можно отнести точность обработки и высокую скорость. [1, 2].

Технологическое весоизмерительное оборудование, состоящее из расходных бункеров сыпучих материалов для песка и щебня, дискретного дозатора и короткого ленточного транспортера, оснащенное функциональными измерительными тензометрическими модулями на базе тензодатчиков, показано на рис. 1.

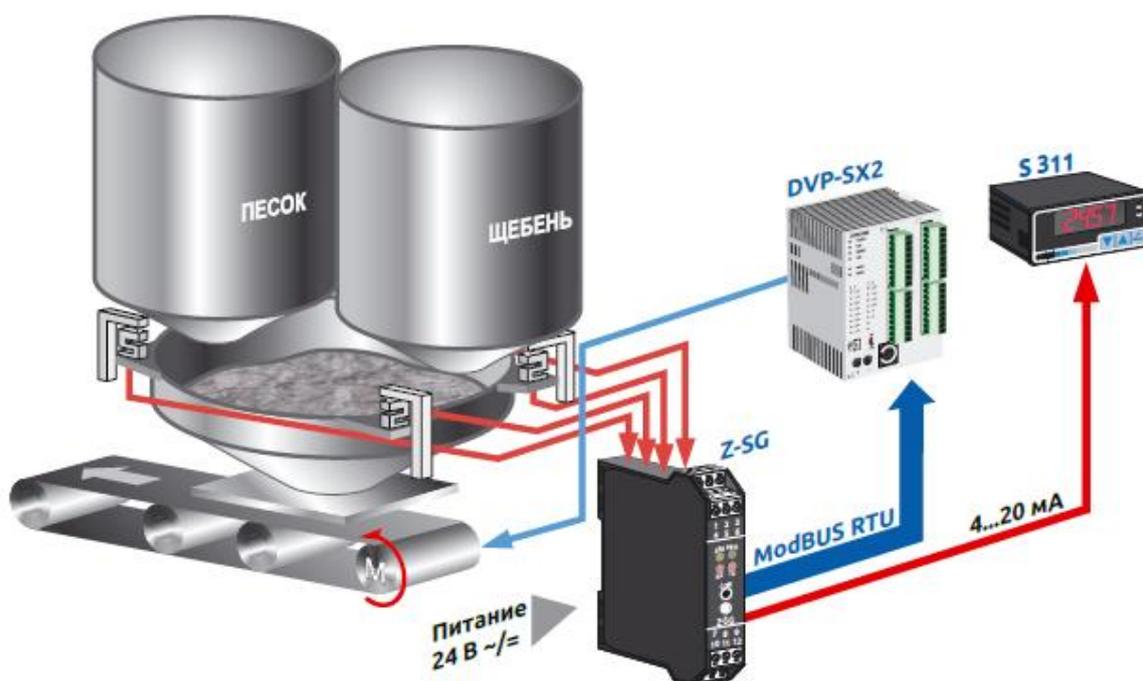


Рисунок 1 – Принцип работы тензометрического модуля Z-SG на базе S-образных тензодатчиков

Вторичная аппаратура S311 отображает на пульте управления весовыми дозаторами весоизмерительную информацию о фактическом значении веса дозы. Связь с модулем Z-SG реализуется нормированным сигналом 4...20 мА. По протоколу Modbus RTU от модуля Z-SG через вторичный исполнительный

блок DVP-SX2 выполняется управление транспортером, находящимся под грузоприемной платформой. Модуль DVP-SX2 предназначен для аналогового ввода сигналов и, кроме того, имеет встроенный ПИД-регулятор, обеспечивающий плавную работу грузоприемного транспортера. Выход DVP-SX2 необходимо завести на исполнительные секторные затворы (на схеме не показано) для регулирования подачи сыпучего материала (песка и щебня). По сути, организация процесса весоизмерения по рисунку 16 представляет собой классический контур автоматического регулирования накапливаемого веса дозы.

Важным обстоятельством работы тензометрических датчиков является их подключение к вторичной измерительной аппаратуре. Три основных составных элемента, образующих измерительный канал по передаче информации, показаны на рис. 2. К ним относятся собственно тензодатчик, соединительная коробка и сам весовой терминал.

Соединительная коробка выполняет параллельное подключение двух тензодатчиков к одному весовому терминалу. Причем соединение может быть выполнено по четырехпроводной или по шестипроводной схеме. Нумерация контактов здесь такая: 1 +питание, 2 –питание, 3 +сигнал датчика, 4 –сигнал датчика, 5 +обратная связь, 6 –обратная связь. Подобное простое и унифицированное подключение датчиков к вторичным цепям позволит оперативно и безошибочно выполнить коммутацию на объекте.

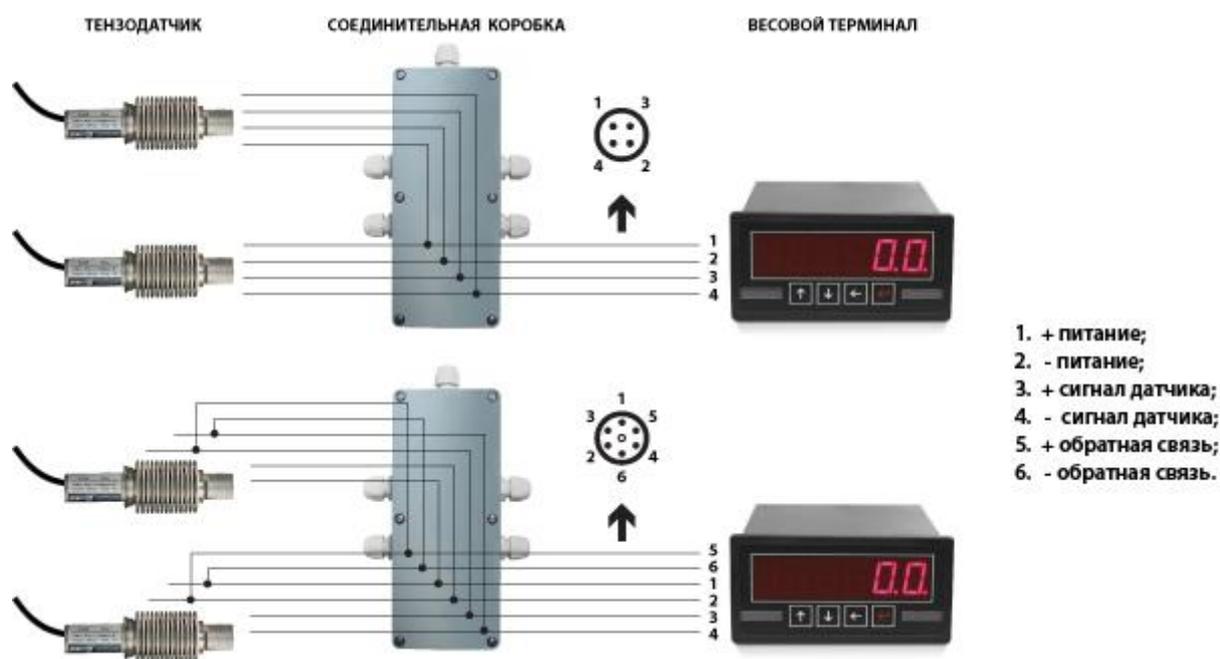


Рисунок 2 – Подключение датчиков к вторичной измерительной аппаратуре

Мостовые схемы:

– Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 1 входной канал (4-х проводная схема подключения). Измерения проводятся относительно виртуального канала генератора.

– Мостовая схема 4-х проводного подключения к тензостанции. Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 2 входных канала: измерительный и опорный. Измерения проводятся относительно опорного канала.

– Мостовая схема, 6-ти проводного подключения к тензостанции. Подключение нескольких тензомостов к тензостанции с использованием 1 опорного канала. Используется, когда измерительные точки находятся на небольших расстояниях. [3].

Особые меры предосторожности необходимо выполнять, проводя монтаж соединительных проводов и кабелей, идущих от тензоизмерительных датчиков. Необходимо соблюдать требования по прокладке таких цепей, относящихся к измерительным. Для этого используют коаксиальные кабели, экранированные провода, витые пары. Кроме того, может быть применено для передачи измерительной информации помехоустойчивое кодирование. Необходимо подойти с особой тщательностью к определению путей прокладки трасс измерительных и информационных проводов. Недопустимо расположение таких трасс проводов вблизи силового технологического оборудования, мощных электродвигателей, источников питания, а также магнитных пускателей, создающих особенный вред и помехи при их коммутации. Возможно применение, так называемого, удаленного размещения вторичной аппаратуры измерительного канала непосредственно около самого датчика.

В настоящее время промышленностью освоен широкий ряд различных тензодатчиков, отличающихся как по конструктивному исполнению, техническим характеристикам, так и по применению.

Тензометрические датчики в последнее время широко внедряются в производство, в том числе в качестве датчиков массы. Используя принцип сжатия чувствительного элемента меняющего суммарное сопротивление, такие датчики легко подключаются к вторичной преобразовательной аппаратуре со стандартным выходом и далее к компьютеру.

Отечественной промышленностью выпускается станция тензометрическая ZET 017-T8 для выполнения тензоизмерений. Может быть использована для автоматизации дозаторов дискретного действия. Станция имеет встроенную функцию записи измерительных сигналов и высокую точность проводимых измерений. Тензостанция ZET 017-T8 позволяет обеспечивать измерения сразу по нескольким каналам и реализовать автономный режим работы. Кроме того, отличается разными вариантами присоединения к промышленному компьютеру.

В комплекте к тензометрической станции ZET 017-T8 находится программное обеспечение ZETLAB TENSO. Программное обеспечение для выполнения тензоизмерений представляет собой пакет прикладных программ. Кроме того, для обработки, анализа и вывода результатов измерительных сигналов станция обеспечена дополнительными функциями.

Выполнение подключения датчиков к тензостанции ZET 017-T8, имеющей в своем составе

- усилитель измерительного сигнала для тензодатчиков;
- функцию тарировки измерительного информационного канала;
- питание тензодатчиков переменным или постоянным напряжением;
- соединение тензорезисторов по полумостовой и мостовой схеме.

Тензостанция ZET 017-T8 способна вести обработку информационных сигналов от различных первичных измерительных преобразователей, выполненных на тензорезисторах – датчиков перемещения, датчиков силы, датчиков крутящего момента и, конечно, тензометрических силовых датчиков.

К основным функциям станции относятся:

- создание сигналов различной амплитуды, частоты и формы;
- анализ входных информационно-измерительных сигналов;
- вывод измерительных сигналов в виде различных фигур;
- вывод преобразованных измерительных сигналов во времени для входных каналов;
- видоизменение измерительных сигналов от тензометрического датчика по калибровочным таблицам;

Основная комплектация тензостанции ZET 017-T8 содержит:

- USB 2 – кабель,
- блок питания модуля станции 220/12 В,
- программное обеспечение ZETLAB TENZO, поставляемое на диске,
- техническое руководство пользователя,

- техническое руководство по эксплуатации тензостанции,
- собственно тензометрическая станция.

Станция осуществляет связь с промышленным компьютером по шине USB 2.0.

Компьютер с тензостанцией связан по интерфейсу Ethernet. Питание выполняется или от блока питания модуля станции 220/12 В, или по линии Ethernet.

Для тензостанции возможен автономный режим работы. Алгоритм работы в этом режиме следующий: А). Тензостанция подключается к промышленному компьютеру и формируется программа работы в автономном режиме. В). Выполняются измерения показаний, и результат измерений записывается на SD-карту. С). На третьем этапе работы снова устанавливается связь промышленного компьютера с тензостанцией. D). С SD-карты полученные данные записываются на компьютер и в последствии ведется их обработка. [4, 5].

Программное обеспечение ZETLAB TENSO обеспечивает выполнение следующих операций и функций:

- обработка данных по их фильтрации,
- логические, математические и арифметические операции над данными,
- пропорционально–интегрально–дифференциальное регулирование измеряемого параметра.

Алгоритм управления дискретного весового дозирования представлен на рис. 3.

Данные могут обрабатываться из других программ, файлов, а также от блоков АЦП.

Система тензометрическая измерительная СТММ может применяться для измерения тензорезисторных сигналов и сигналов тензорезисторных мостов при весовом дискретном дозировании компонентов бетонных смесей.

Систему тензометрическую измерительную СТММ можно использовать на предприятиях стройиндустрии, а также в бетоносмесительных цехах, где необходимо получить достоверную информацию о статическом и динамическом весе при дозировании материалов порционными весовыми дозаторами дискретного действия.

Рассмотрим работу тензометрической системы для ее адаптации к весовым дискретным дозаторам. В начале необходимо убедить в правильности

подключения и создания информационно-измерительного канала расположенных на дозаторе тензорезисторных мостов и тензорезисторов.

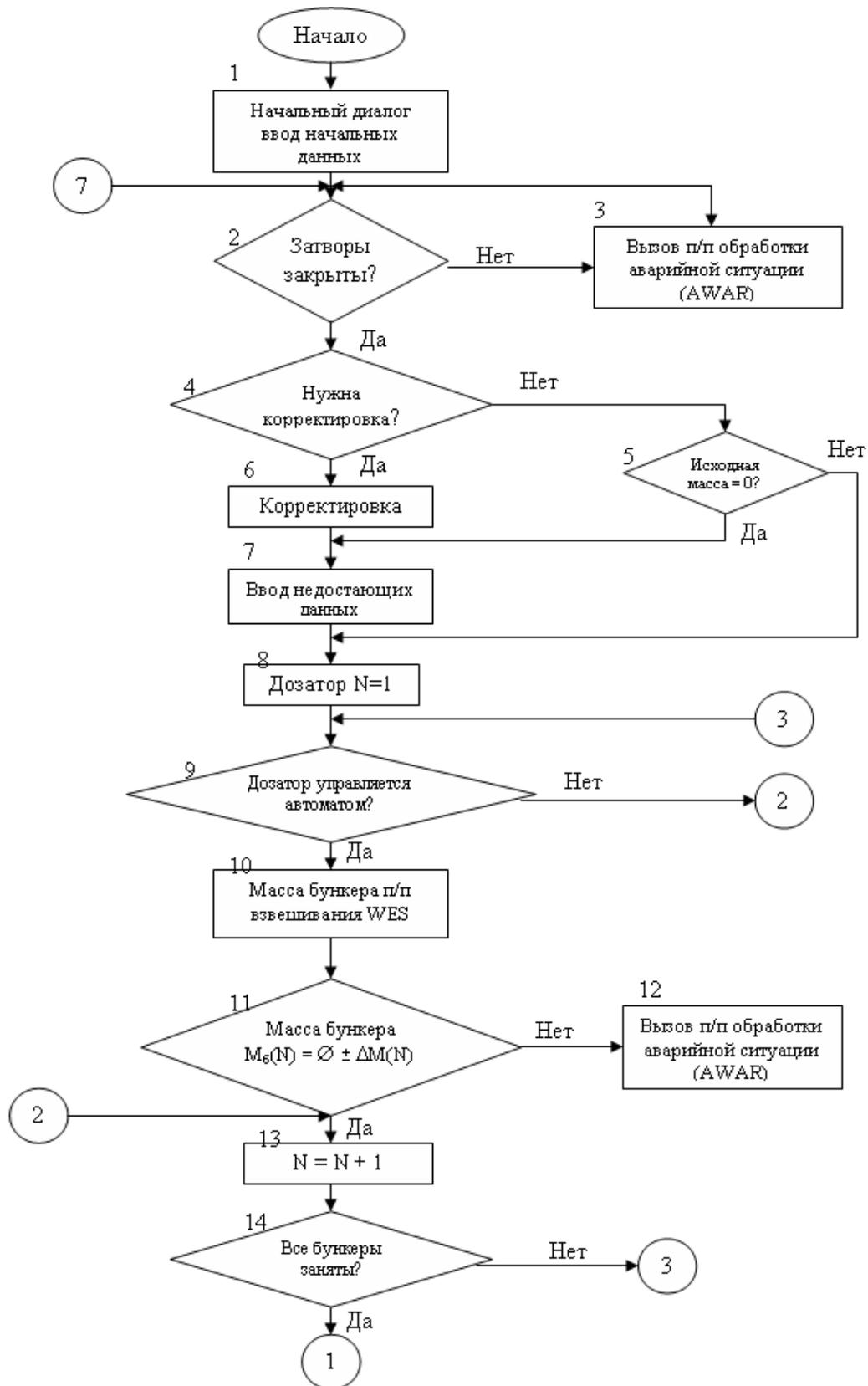


Рисунок 3

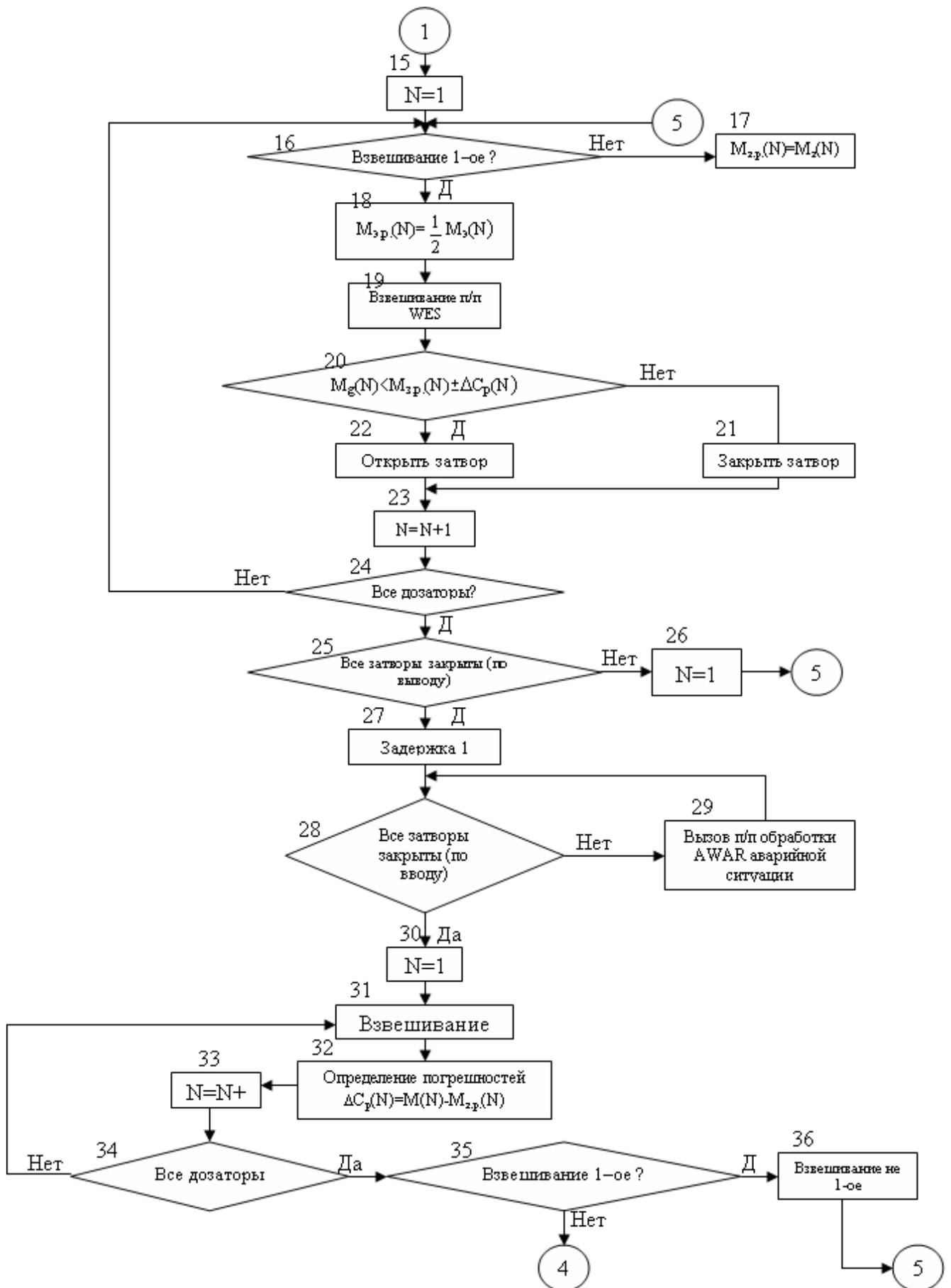


Рисунок 3 (продолжение)

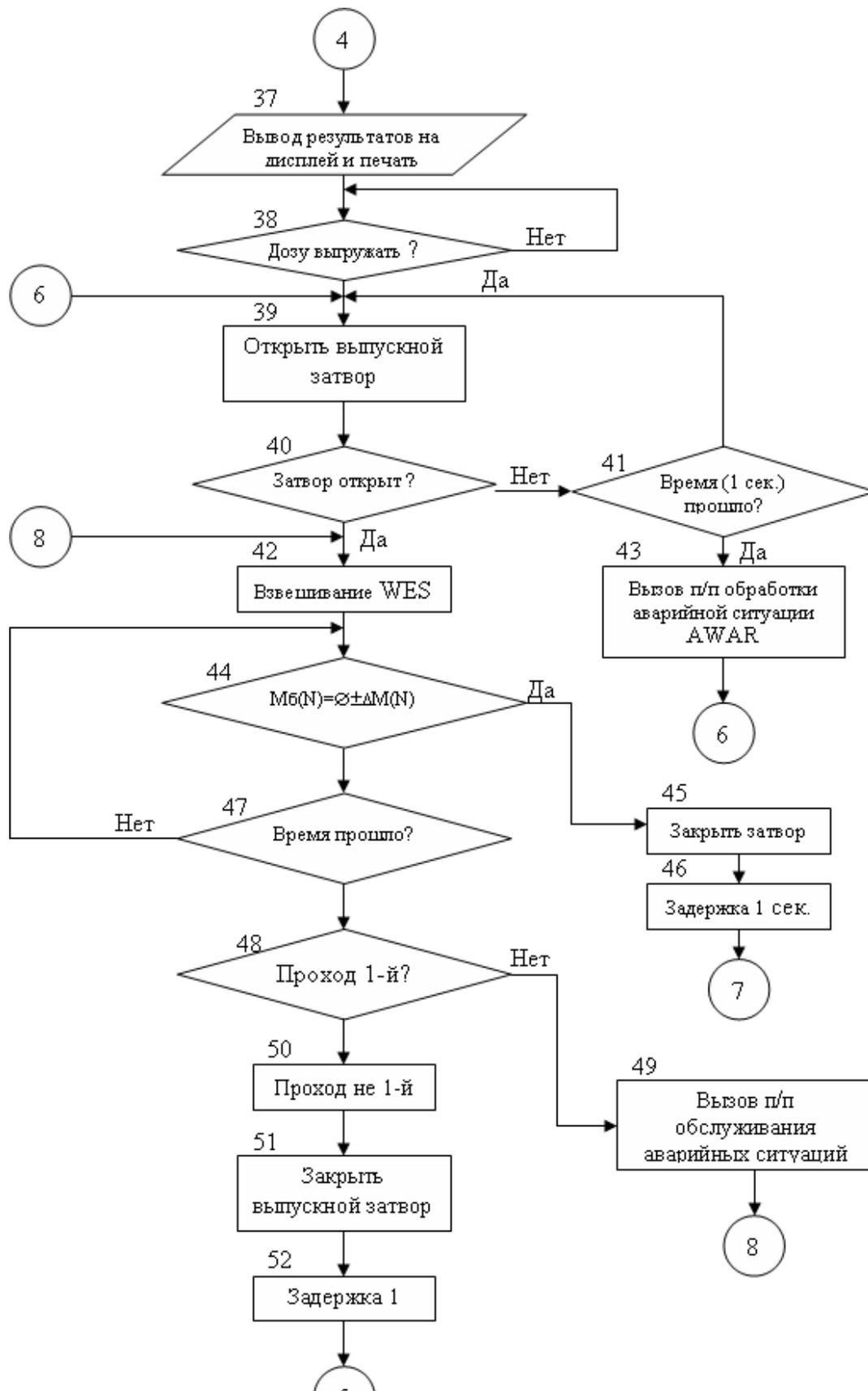


Рисунок 3 (окончание) – Структурная схема алгоритма управления процессом дискретного весового дозирования материалов

На этой стадии работы указывают место расположения датчиков и их номера, данные заносятся в электронные таблицы. Для различных групп тензорезисторных мостов и тензорезисторов в исходных данных заносят режимы измерений. Нагружают дозатор и на определенных ступенях нагрузки производят контрольные замеры с записью данных и указанием времени цикла.

Адреса опрашиваемых тензорезисторных мостов и тензорезисторов и сам измерительный модуль выбираются в соответствии с командой оператора. На персональный компьютер по системе RS-485 передаются полученные результаты измерений. В компьютере результаты обрабатываются и выдаются затем пользователю в графическом и табличном виде.

Через последовательный порт RS-232 персональный компьютер управляет процессом измерений по заданной программе. В системе со всеми измерительными тензометрическими модулями происходит по стандарту RS-485 обмен информацией.

Полученный измерительный сигнал усиливается и поступает в АЦП. В контроллере тензометрической системы выполняется цифровая фильтрация измерительного сигнала поступающего с АЦП. Далее сигнал поступает в буферную память, затем в персональный компьютер в соответствии с командой оператора.

Также по команде оператора для контроллера измерительного модуля от тензорезисторных мостов и тензорезисторов выполняется измерение сигналов тензометрическим модулем. Дешифрация команды происходит в контроллере. В результате происходит соединение запрашиваемого тензорезисторного моста или тензорезистора.

Автоматизированная система управления дозированием компонентов бетонных смесей на базе тензодатчиков приведена на рис. 4. [6, 7].

В работе были решены актуальные научно-технические задачи автоматического управления процессами дискретного весового дозирования компонентов бетонных смесей.

Основные результаты научно-технических исследований заключаются в следующем:

1. Изучены технологические особенности работы дозаторов дискретного действия, связанные с характером загрузки материала в грузоприемный орган, свойствами самих дозируемых материалов, вызывающих дополнительные возмущающие воздействия на процесс дозирования;

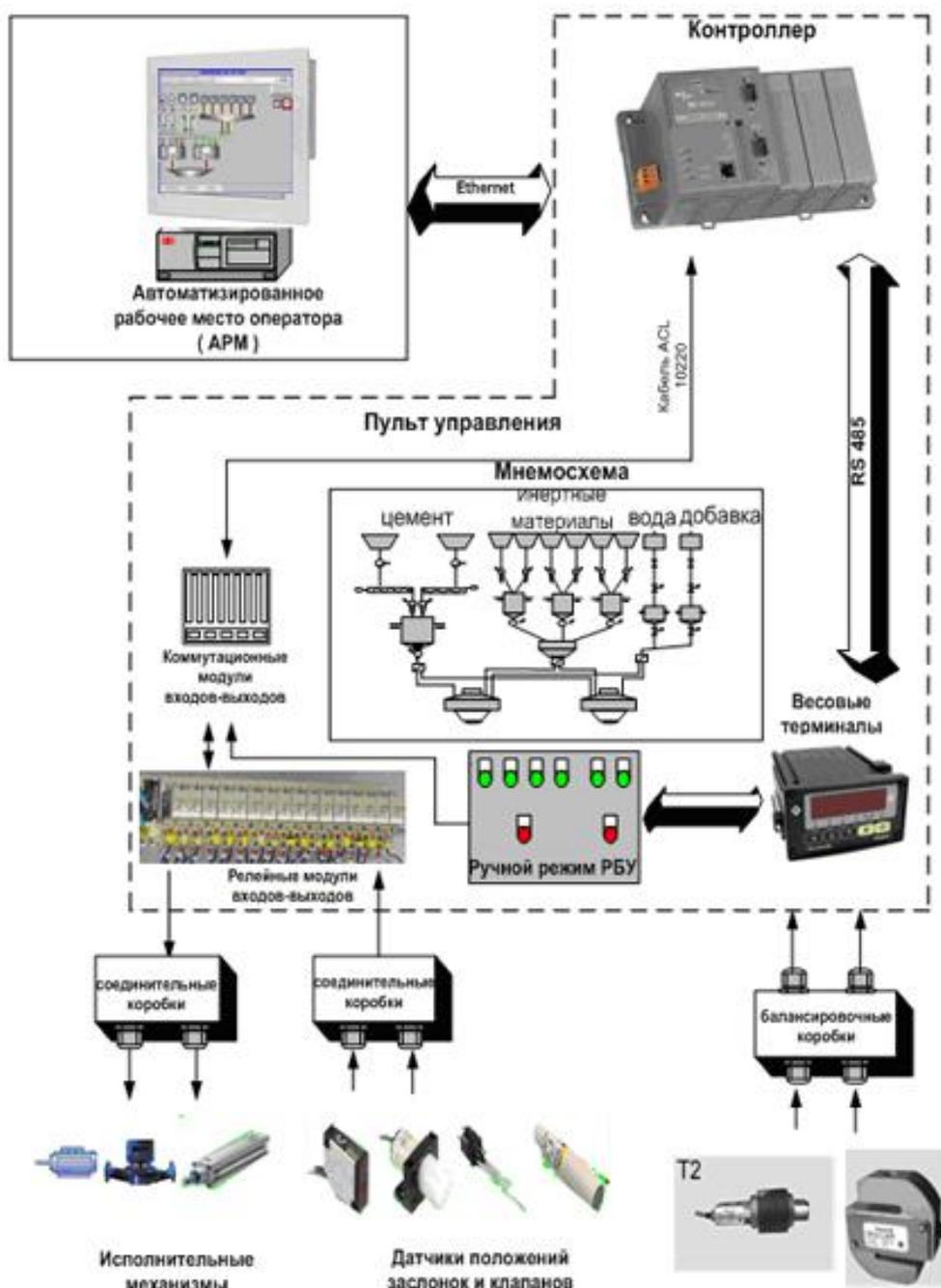


Рисунок 4 – Структурная схема АСУ ТП дозирования материалов

2. Предложена структура АСУ дозированием, позволяющая реализовывать прямое цифровое управление весоизмерительной системой дозатора дискретного действия, сохранять и архивировать необходимые технологические параметры работы самого дозатора, так и параметры его настройки, анализировать циклы дозирования, прошедшие в недавнем прошлом и вырабатывать такое оптимальное управляющее воздействием на дозатор, которое минимизировало бы динамическую погрешность дозирования.

### Список литературы

1. Рачков, М. Ю. Технические измерения и приборы / М. Ю. Рачков. – Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2007. – 200 с. – ISBN 978-5-276-01184-4.
2. Поляков, С. И. Метрологические характеристики процесса дозирования сыпучих тел / С. И. Поляков // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: материалы Всероссийской научно – практической конференции. – Красноярск, 2002. – Т. 2. – С. 130-135.
3. Поляков, С. И. Исследование автоматического управления переместительными операциями на базе контроллера OMRON // С. И. Поляков, Р. Н. Короборчев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : Сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.–техн. конф. 2018г. №4 (40) – Воронеж : ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2018. – 403 с.
4. Поляков, С. И. Техническое обеспечение дозирования компонентов бетонных смесей с тензометрической весоизмерительной системой / С. И. Поляков, А. С. Ухин, С. Г. Челышев // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2020. – № 31. – С. 108-112.
5. Поляков, С. И. Автоматизация дозирования и учета расхода компонентов бетонных смесей: специальность 05.13.07 : дис. ... канд. техн. наук / Поляков Сергей Иванович. – Воронеж, 1994. – 250 с.
6. Поляков, С. И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство / С. И. Поляков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса : межвузовский сборник научных трудов / Под редакцией В. С. Петровского; Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации, Воронежская государственная лесотехническая академия. Том Выпуск 5. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2000. – С. 287-288.
7. Поляков, С. И. Проблема точности дозирования материалов / С. И. Поляков // Проблемы и перспективы лесного комплекса : Материалы Межвузовской научно-практической конференция, Воронеж, 26–27 мая 2005 года / Под редакцией авторов; Федеральное агентство по науке и инновациям, Администрация Воронежской области, Воронежская государственная лесотехническая академия. Том 2. – Воронеж: Типография ООО "Сатурн", 2005. – С. 45-49.

## References

1. Rachkov, M. Yu. Technical measurements and instruments / M. Yu. Rachkov. – Ed. 2nd, revised and additional – M.: MGIU, 2007. – 200 p. – ISBN 978-5-276-01184-4.
2. Polyakov, S. I. Metrological characteristics of the process of dosing bulk solids / S. I. Polyakov // Chemical forestry complex - problems and solutions: materials of the All-Russian scientific and practical conference. – Krasnoyarsk, 2002. – T. 2. – P.130-135.
3. Polyakov, S. I. Study of automatic control of moving operations based on the OMRON controller // Polyakov S. I., Koroborchev R. N. Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: Collection. scientific tr. by mother All-Russian Scientific and Technical. conf. 2018 No. 4 (40) - Voronezh: FSBEI HE "VSLTU", 2018. - 403 p.
4. Polyakov, S. I. Technical support for dosing components of concrete mixtures with a strain gauge weighing system / S. I. Polyakov, A. S. Ukhin, S. G. Chelyshev // New materials and technologies in mechanical engineering. – 2020. – No. 31. – P. 108-112.
5. Polyakov, S.I. Automation of dosing and accounting for the consumption of components of concrete mixtures: specialty 05.13.07: dis. ...cand. tech. Sciences / Polyakov Sergey Ivanovich - Voronezh, 1994. - 250 p.
6. Polyakov, S. I. Introduction of a modular dosing control system into production / S. I. Polyakov // Mathematical modeling, computer optimization of technologies, equipment parameters and control systems of the forestry complex: interuniversity collection of scientific papers / Edited by V. S. Petrovsky ; Ministry of General and Professional Education of the Russian Federation, Voronezh State Forestry Academy. Volume Issue 5. – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after. G.F. Morozova, 2000. – P. 287-288.
7. Polyakov, S. I. The problem of accuracy of dosing materials / S. I. Polyakov // Problems and prospects of the forestry complex: Materials of the Interuniversity Scientific and Practical Conference, Voronezh, May 26–27, 2005 / Edited by the authors; Federal Agency for Science and Innovation, Administration of the Voronezh Region, Voronezh State Forestry Academy. Volume 2. - Voronezh: Printing house "Saturn" LLC, 2005. - P. 45-49.