

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/53TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/53TVN515>)

УДК 693

Марсова Екатерина Вадимовна

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов»

Доктор технических наук, доцент

E-mail: Evmarsova@rambler.ru

Колбасин Александр Маркович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва¹

Доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов»

Кандидат технических наук

E-mail: alex081979@yandex.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=702654

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Россия, г. Пермь

Профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»

Доктор технических наук

E-mail: soni.81@mail.ru

Селезнев Виктор Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов»

E-mail: alex081979@yandex.ru

Царьков Дмитрий Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов»

E-mail: madi-app@mail.ru

Буй Конг Тхань

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Аспирант

E-mail: madi-app@mail.ru

¹ 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

Дозатор - интегратор расхода с релейной системой управления

Аннотация. Рассмотрена система измерений дозатора сыпучих материалов отличающаяся от релейной системы с датчиками крайнего положения тем, что она дополнительно снабжена потенциометрическим датчиком, позволяющим измерять малые отклонения массы на ленте весового транспортера линейным датчиком без включения следящей системы. Состояние системы зависит от физико-механических характеристик дозируемых компонентов смеси, от характера подачи питателем материала на весовой транспортер. Наилучшими свойствами и большей равномерностью подачи материала, обладают питатели с меньшей его дисперсией. Систематическая погрешность является функцией отношения масс настройки к заданной дозе и поправочного коэффициента системы. Чем ближе поправочный коэффициент к единице, тем меньше величина систематической погрешности, а вблизи точки настройки она практически равна нулю.

Ключевые слова: система измерений; дозаторы сыпучих материалов; непрерывно-периодическое дозирование; погрешность; нелинейный элемент; управление; контроль; измерение.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Марсова Е.В., Колбасин А.М., Кочетков А.В., Селезнев В.С., Царьков Д.С., Буй Конг Тхань Дозатор - интегратор расхода с релейной системой управления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/53TVN515

Введение

Тематика оценки эффективности процессов дозирования строительных материалов актуальна для промышленно-гражданского и транспортного строительства [1-6].

Не зависимо от особенностей технологической применимости дозаторов различного конструктивного исполнения и принципов действия все они, рассматриваемые как системы измерения расхода, используются в двух основных технологических схемах: периодического и непрерывного дозирования. Использование в периодических схемах дозаторов непрерывного действия выделяет их в подкласс - непрерывно-периодических, позволяя организовать поступление материала в смесительную установку с предварительным его перемешиванием. Тем самым сокращается время технологического цикла приготовления порции готовой смеси, увеличивается коэффициент наполнения смесительной установки, существенно сокращаются производственные объемы дозирующего оборудования.

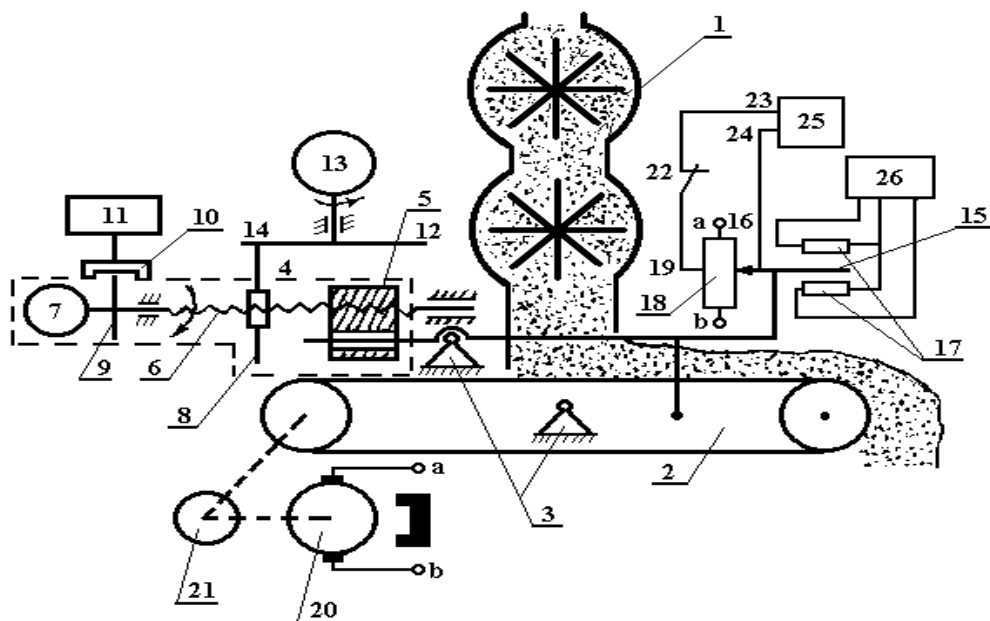
Потенциальные возможности таких структур много выше циклических. Появляется возможность нанесения дополнительных корректирующих воздействий в процесс набора заданной дозы, повышая тем самым приспособление структуры к меняющемуся характеру внешних воздействий. Однако использование в непрерывно-периодических схемах дозаторов непрерывного действия с автоматическим регулированием расхода не всегда возможно из-за их высокой технической сложности и необходимого высокого уровня подготовки обслуживающего персонала.

Наряду с дозаторами непрерывного действия стандартной организации используются дозаторы – интеграторы без систем регулирования расхода (рис. 1). Их применение обусловлено стремлением упростить структуру непрерывных дозаторов, исключив достаточно сложную в эксплуатации систему автоматики. В питающем устройстве совмещаются непрерывный принцип подачи материала с одновременной фиксацией его количества компактными электромеханическими интеграторами расхода. Необходимо найти способы существенного улучшения метрологических характеристик таких дозаторов.

Состояние системы зависит от физико-механических характеристик дозируемых компонентов смеси, т.е. от характера подачи питателем материала на весовой транспортер [7-9].

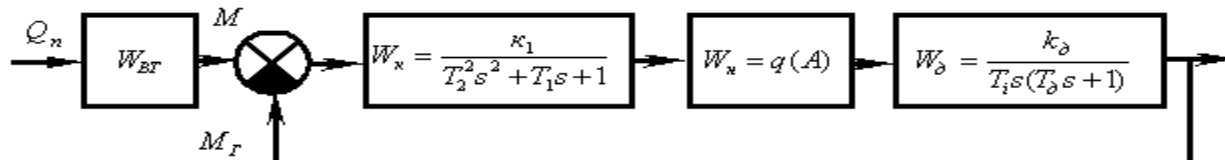
Решение задачи

Анализ процессов истечения сыпучих компонентов строительных смесей показывает, что входная производительность питателя $x(t)$ представляет собой сложную функцию в виде медленно меняющейся составляющей x^0 , на которую наложены стандартные возмущения в виде скачков или импульсов \bar{x} . В системе могут возникнуть несимметричные автоколебания с постоянной составляющей (с постоянной величиной смещения центра колебаний). Необходимо определить влияние такого смещения на динамические процессы в системе и выявить возможности исключить автоколебательный режим за счет соответствующего выбора параметров настройки элементов структуры дозатора-интегратора расхода с нелинейной следящей системой измерения. В бетоносмесительных установках невысокой производительности для выдачи сыпучих материалов в смеситель могут использоваться дозаторы-интеграторы расхода с замкнутой релейной схемой измерений (рис. 1).

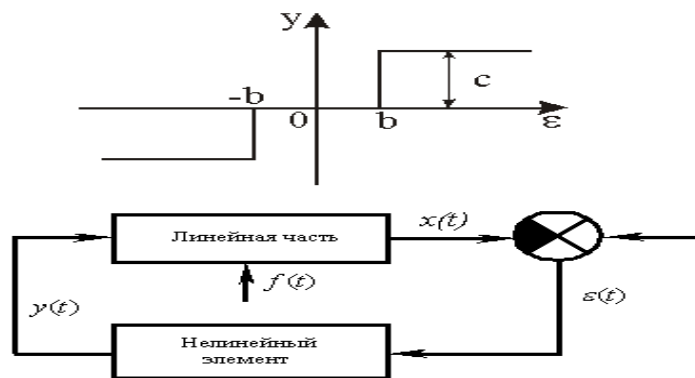


a

Весовой транспортер Рычажная система Нелинейность Двигатель



б



в

Рис. 1. Дозатор с дополнительным линейным датчиком: а - функциональная схема; б - структурная схема; в- статическая характеристика нелинейного элемента (рис. авт.)

Дозатор представляет собой следящую систему релейного типа (рис. 1б). При изменении массы материала на ленте транспортера последний отклоняется от горизонтального положения, что при превышении зоны нечувствительности датчиков крайнего положения 17, приводит к срабатыванию одного из них и включению двигателя 7, перемещающего уравнивающий груз 5 по винту 6. Малые отклонения массы на ленте весового транспортера измеряются линейным датчиком без включения следящей системы. При отклонениях массы превышающих зону нечувствительности релейного элемента

происходит включение двигателя перемещения компенсирующего груза и отключение линейного датчика измерения малых отклонений (рис. 1а).

Двигатель 7 кинематически связан с ведомым фрикционным диском 8, на вращающейся оси которого жестко закреплен зубчатый диск 9, зубцы которого входят в прорезь бесконтактного датчика 10. Датчик, пропорционально числу прошедших зубцов, передает сигнал на счетчик импульсов 11. Число импульсов пропорционально отдозированной массе материала. Ведущий фрикционный диск 12 вращается с постоянной скоростью двигателем 13 и касается ведомого фрикционного диска 8. На табло интегратора 11 фиксируется масса материала за время измерений потенциметрическим датчиком. Полная масса отдозированного материала определяется как сумма показаний счетчика 11 и электронного интегратора 25.

Релейная система измерений дозатора с датчиками крайнего положения дополнительно снабжена потенциметрическим датчиком 18, тахогенератором 20, вырабатывающим напряжение пропорциональное скорости ленты весового транспортера, реле 22 и электронным интегратором 11. Подвижная часть потенциметрического датчика 15 и бесконтактных датчиков крайнего положения жестко связана с весовым транспортером. Неподвижная часть потенциметрического датчика подключена к выходу тахогенератора, вращаемого приводом весового транспортера 21, а подвижная - к первому входу электронного интегратора, второй вход которого через нормально замкнутый контакт реле 22, срабатывающего от входного сигнала дискретных датчиков, электрически связан со средней точкой неподвижной части потенциметрического датчика. Это обеспечивает подключение потенциметрического датчика контактами 23, 24 реле к электронному интегратору 25 при отклонениях весового транспортера, не превышающих зону нечувствительности датчиков крайнего положения и отключение потенциметрического датчика этими контактами при отклонениях весового транспортера, превышающих зону нечувствительности датчиков крайнего положения и приводящих к их срабатыванию. Одновременно реле 26 при срабатывании включает двигатель 7 перемещения груза 5.

Для расчета системы дозирования используем метод гармонического баланса. Структурная схема содержит звенья с передаточными функциями:

$$W_{\text{ВТ}}(s) = \frac{k_1}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1} \quad \text{- весовой транспортер, } T_2, T_1 \text{- постоянные времени и } k_1 \text{-}$$

коэффициент усиления колебательного звена;

$$W_{\text{Н}} = q(A) \quad \text{- коэффициент гармонической линеаризации релейного звена;}$$

$$W(s) = \frac{k_{\text{Д}}}{T_{\text{Д}} s (T_{\text{Д}} s + 1)} \quad \text{- двигатель и редуктор с постоянными времени } T_{\text{Д}}, T_{\text{И}} \text{ и } k_1 \text{-}$$

коэффициентом усиления.

В системе возникают незатухающие периодические колебания $x^* = A \sin \varphi, \varphi = \omega t$.

Учитывая, что $s x^* = A \Omega \cos \Omega t$, получим уравнение для определения периодического решения в виде:

$$\begin{aligned} Q(0)x^0 + R(0)F^0 &= N, \\ \left[Q(s) + R(s) \left(q + \frac{q'}{\Omega} s \right) \right] x^* &= 0, \end{aligned} \quad (1), (2)$$

где

$$q = \frac{1}{\pi A} \int_0^{2\pi} F(x^0 + A \sin \varphi, A \Omega \cos \varphi) \sin \varphi d\varphi$$
$$q' = \frac{1}{\pi A} \int_0^{2\pi} F(x^0 + A \sin \varphi, A \Omega \cos \varphi) \cos \varphi d\varphi, \varphi = \Omega t$$
$$F^0 = F^0(x^0, A, \Omega); q = q(A, \Omega, x^0); q' = q'(A, \Omega, x^0), \quad (3)$$

s – оператор Лапласа, $Q(s), R(s)$ – полиномы знаменателя и числителя передаточной функции линейной части разомкнутой системы.

Постоянная и переменная составляющие X (x^0 и x^*) не могут быть определены по отдельности каждая из своего уравнения. Необходимо совместное решение уравнений (1) и (2). Метод гармонической линеаризации позволяет находить взаимосвязанные решения, характерные для нелинейных систем, при отсутствии суперпозиции решений.

Предельные соотношения параметров системы и зоны нечувствительности b , при которых в системе будут отсутствовать автоколебания, определяются неравенством:

$$b \succ \frac{2ckT_2^2}{\pi T_1},$$

где $k = k_1 k_d$.

Наличие постоянной составляющей смещения центра колебаний приводит к изменению коэффициента гармонической линеаризации $q(A)$. Его максимальное значение при $x^0 = \frac{b}{2}$ изменяется незначительно, однако амплитудные значения возмущений, при которых возникают автоколебания, становятся вдвое меньше и условие отсутствия автоколебаний меняются в худшую сторону.

Анализ структурной схемы дозатора методом гармонической линеаризации показывает невозможность расширения области ее устойчивости и неспособность к существенному улучшению качественных характеристик из-за малой величины коэффициента усиления линейной части k (рис. 2). Исследования линейной схемы измерений компенсационного типа, показало, что и в этом варианте отсутствует возможность принципиального улучшения измерительных свойств системы дозирования.

Теоретический предел совершенствования свойств систем дозаторов-интеграторов расхода с замкнутыми схемами измерений требует других подходов к решению задачи.

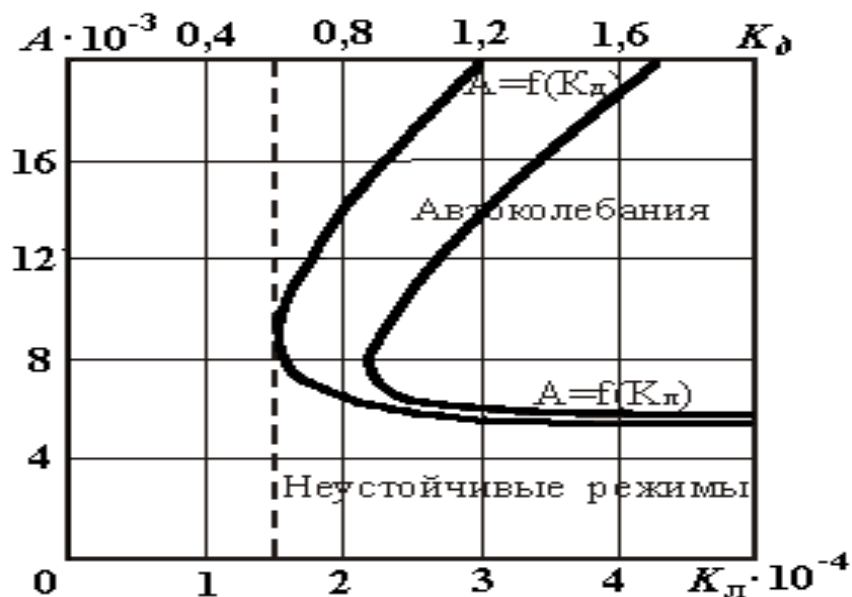


Рис. 2. Выделение области устойчивого движения нелинейной системы (рис. авт.)

Зона нечувствительности $2b$ нелинейного элемента системы измерения расхода выполняет роль своеобразного фильтра, беспрепятственно пропускающего случайные отклонения массы материала с амплитудными значениями меньше b .

Необходимо охарактеризовать долю прошедших через систему величин отклонений массы дозируемого материала в интервале $2b$ к вероятности их появления во всем интервале.

Функционал

$$\Phi = \frac{2\Phi^*\left(\frac{b}{\sigma}\right) - 1}{\int_{G_1^0 - 3\sigma}^{G_1^0 + 3\sigma} f(\delta) d\delta}, \quad (4)$$

позволяющий объективно оценить величину зоны нечувствительности b для интеграторов того или иного вида сыпучих материалов, представляет собой отношение числителя - вероятности появления отклонений массы материала $\delta = G_1^0 - G_1$ в интервале $2b$, к знаменателю - вероятности их появления во всем интервале $G_1^0 - 3\sigma, G_1^0 + 3\sigma$, где G_1^0 - заданное значение массы на ленте весового транспортера.

Уменьшение амплитудных значений отклонений массы материала на ленте весового транспортера от заданного значения существенно зависит от режимных параметров питателя.

Свойства питателей сыпучих материалов оцениваются по величине среднеквадратического отклонения σ производительности питателя Q_n от его заданного значения. Дисперсия D характеризует особенности истечения материала из накопительного бункера. Наилучшими свойствами, т.е. большей равномерностью подачи материала, обладают питатели с меньшей дисперсией D .

Так зависимости среднеквадратической погрешности σ от изменения значений настроечных параметров V и толщины слоя материала h ленточного питателя при испытаниях его на песке (рис. 3) показывают, что высота слоя материала на ленте питателя оказывает более сильное влияние на изменение σ , чем изменение скорости V и в качестве наиболее эффективного управления воздействием необходимо выбирать положение шиберной заслонки.

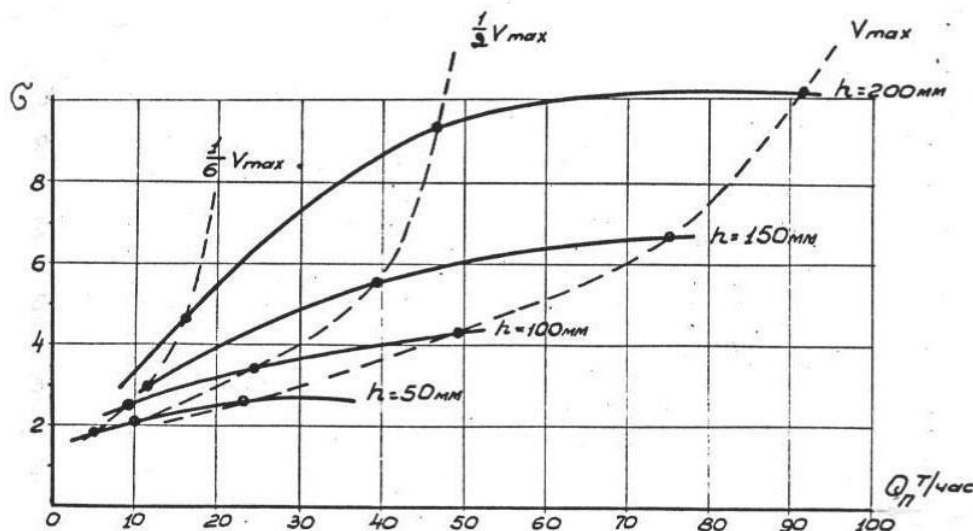


Рис. 3. Зависимость среднеквадратической погрешности от производительности питателя при подаче песка (рис. авт.)

Время выбега весового транспортера лежит в пределах 0,2-0,6 с. и существенно влияет на величину погрешности дозирования, которая может быть скорректировано соответствующей настройкой задатчика массы дозы с учетом момента выключения дозатора.

Условием управления дозированием с учетом динамики поступления материала в виде изменяющегося расхода питателя $Q_n(t)$, является:

$$G_3 = G_\phi + K_1 Q_n(t), \quad (5)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий время выбега весового транспортера, G_ϕ – фактически заданная доза материала.

В момент остановки дозатора величина погонной нагрузки скачкообразно уменьшается, что указывает на наличие систематической погрешности дозирования в зависимости от величины заданной дозы $G_{зад}$ и точки настройки $G_{настр}$ дозатора:

$$\delta_{систм} = \left(\frac{G_{настр}}{G_{зад}} - 1 \right) (1 - \kappa) \cdot 100\% . \quad (6)$$

Систематическая погрешность является функцией отношения масс настройки к заданной дозе и поправочного коэффициента системы K . Чем ближе K к единице, тем меньше величина систематической погрешности, вблизи точки настройки она практически равна нулю.

Синтезированная структура системы непрерывно-периодического дозирования позволяет эффективно влиять на снижение погрешностей дозирования, учитывая негативное влияние случайных внешних факторов.

Разработана система измерений дозатора сыпучих материалов отличающаяся от релейной системы с датчиками крайнего положения тем, что она дополнительно снабжена потенциометрическим датчиком, позволяющим измерять малые отклонения массы на ленте весового транспортера линейным датчиком без включения следящей системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы долговечности цементных бетонов / Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В. // Строительные материалы. 2011. №5. С. 38-41.
2. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Васильев Ю.Э., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. №4. С. 101.
3. Диагностика и паспортизация элементов улично-дорожной сети системой идеокомпьютерного сканирования / Васильев Ю.Э., Беляков А.Б., Кочетков А.В., Беляев Д.С. // Интернет-журнал Науковедение. 2013. №3 (16). С. 55.
4. Состояние нормативного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В., Карпеев С.В. // Качество. Инновации. Образование. 2010. №9. С. 40.
5. Нормативное и технологическое развитие инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Кочетков А.В., Козин А.С., Стрижевский Д.А. // Интернет-журнал Науковедение. 2012. №4 (13). С. 69.
6. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В., Шляфер В.Л. // Качество. Инновации. Образование. 2011. №5 (72). С. 46-51.
7. Васильев Ю.Э., Марсов В.И., Бокарев Е.И. Дозаторы непрерывного действия с компенсацией возмущений входного потока материала // Строительные материалы. - М.: 2012. №9. С. 47-50.
8. Романов К.С., Бокарев Е.И. Оптимизация непрерывных систем дозирования сыпучих материалов. // Сб. науч. тр. – М.: МГАКХиС, 2010. С. 122-127.
9. Илюхин А.В., Марсов В.И., Бокарев Е.И. Автоматизированные технологии в приготовлении бетонной смеси / Сборник научных трудов кафедры АСУ. – М.: МАДИ. 2012. 120 с.

Рецензент: Кокодеева Наталия Евсегнеевна, доктор технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Marsova Ekaterina Vadimovna

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: Evmarsova@rambler.ru

Kolbasin Aleksandr Markovich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: alex081979@yandex.ru

Kochetkov Andrej Viktorovich

Perm national research polytechnical university
Russia, Perm
E-mail: soni.81@mail.ru

Seleznyov Victor Sergeevich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

Carkov Dmitrij Sergeevich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

Buoy Kong Tkhan

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

The batcher - the expense integrator with a relay control system

Abstract. Measuring system of the batcher of bulks different from relay system with sensors of extreme situation by that it is in addition supplied with the electrometric sensor allowing to measure small deviations of weight on a tape of the weight conveyor by the linear sensor without inclusion of the watching system is considered. The condition of system depends on physicomachanical characteristics of the dosed mix components, on nature of giving by a material feeder on the weight conveyor. The best properties and bigger uniformity of supply of material, feeders with its smaller dispersion possess. The systematic error is function of the relation of mass of control to the set dose and correction coefficient of system. The correction coefficient is closer to unit, the less size of a systematic error, and near a control point it is almost equal to zero.

Keywords: measuring system; batchers of bulks; continuous and periodic dispensing; error; nonlinear element; management; control; measurement.

REFERENCES

1. Problemy dolgovechnosti tsementnykh betonov / Rapoport P.B., Rapoport N.V., Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V. // Stroitel'nye materialy. 2011. №5. S. 38-41.
2. Statisticheskie metody kontrolya kachestva pri proizvodstve tsementobetona i tsementobetonnykh smesey / Vasil'ev Yu.E., Polyanskiy V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №4. S. 101.
3. Diagnostika i pasportizatsiya elementov ulichno-dorozhnoy seti sistemoy ideokomp'yuternogo skanirovaniya / Vasil'ev Yu.E., Belyakov A.B., Kochetkov A.V., Belyaev D.S. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2013. №3 (16). S. 55.
4. Sostoyanie normativnogo obespecheniya innovatsionnoy deyatel'nosti dorozhnogo khozyaystva / Arzhanukhina S.P., Sukhov A.A., Kochetkov A.V., Karpeev S.V. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2010. №9. S. 40.
5. Normativnoe i tekhnologicheskoe razvitie innovatsionnoy deyatel'nosti dorozhnogo khozyaystva / Arzhanukhina S.P., Kochetkov A.V., Kozin A.S., Strizhevskiy D.A. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2012. №4 (13). S. 69.
6. Statisticheskie metody organizatsii kontrolya kachestva pri proizvodstve dorozhno-stroitel'nykh materialov / Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V., Shlyafar V.L. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2011. №5 (72). S. 46-51.
7. Vasil'ev Yu.E., Marsov V.I., Bokarev E.I. Dozatory nepreryvnogo deystviya s kompensatsiey vozmushcheniy vkhodnogo potoka materiala // Stroitel'nye materialy. - M.: 2012. №9. S. 47-50.
8. Romanov K.S., Bokarev E.I. Optimizatsiya nepreryvnykh sistem dozirovaniya sypuchikh materialov. // Sb. nauch. tr. – M.: MGAKKHiS, 2010. S. 122-127.
9. Ilyukhin A.V., Marsov V.I., Bokarev E.I. Avtomatizirovannye tekhnologii v prigotovlenii betonnoy smesi / Sbornik nauchnykh trudov kafedry ASU. – M.: MADI. 2012. 120 s.