
ISSN 2306-1561

Automation and Control in Technical Systems (ACTS)

2014, No 1.2(9), pp. 158-164.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-29



Control model components connected dosing construction mixtures

Marsov Vadim Israilevich

Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Automation Industrial Process».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

Kolbasin Alexander Markovich

Russian Federation, Ph.D., Associate Professor, Department of «Automation Industrial Process».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

alex123456789.a@yandex.ru

Abdulkhanova Marina Yurievna

Russian Federation, Ph.D., Associate Professor, Department of «Automation Industrial Process».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

Dinh An Ninh

People's Republic of China, Postgraduate Student, Department of «Automated Control Systems».

State Technical University – MADI, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. <http://www.madi.ru>

Abstract. In article developed a coherent model of continuous dosing and an algorithm for compensation of dosing errors, reflecting a fundamentally new approach to reducing errors dosing construction mixtures.

Keywords: dosing, control, processes and manufacturing industries, extreme control system (ECS), construction mixtures.

ISSN 2306-1561

Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)

2014. – №1.2(9). – С. 158-164.

DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-29



УДК 681.3

Модель управления связным дозированием компонентов строительных смесей

Марсов Вадим Израилевич

Российская Федерация, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

Колбасин Александр Маркович

Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

alex123456789.a@yandex.ru

Абдулханова Марина Юрьевна

Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

Динь Ан Нинь

Китайская Народная Республика, аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов».

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Российская Федерация, г. Москва, Ленинградский проспект, д.64, Тел.: +7 (499) 151-64-12, <http://www.madi.ru>

Аннотация. В статье разработана модель связного непрерывного дозирования и предложен алгоритм компенсации ошибок дозирования, отражающие принципиально новый подход к уменьшению погрешностей дозирования компонентов строительных смесей.

Ключевые слова: дозирование, управление, технологические процессы и производства, промышленные предприятия, системы экстремального регулирования (СЭР), строительные смеси.

1. Введение

Чтобы удовлетворить более высоким технологическим требованиям, предъявляемым к дозаторам непрерывного действия и обеспечить тем самым наибольшую эффективность процессов смесеобразования, необходимо предложить способы автоматизации, придающие системам дозирования принципиально новые качественные свойства [1 – 6]. Это, в первую очередь, относится к снижению погрешностей дозирования компонентов за счет изменения принципов управления процессами дозирования с переходом от индивидуального управления отдельными дозаторами к связанному управлению взаимозависимой по ошибкам дозирования отдельных доз материала системой дозирования [7 – 11].

2. Поддержание качества смеси и изменение ошибок дозирования

Изменение дисперсий $D\{\delta_j\}$ ошибок дозирования δ_j и математических ожиданий распределения показателей качества Q_i отдельных компонентов взаимосвязано. Наличие такой взаимосвязи через глобальный критерий и корреляционные функции $K\{y_{ij}, y_{il}\}$ статистических характеристик вкладов i -ых показателей качества j -ого и l -ого компонентов y_{ij}, y_{il} в отдельные показатели качества смеси, дает эффективный механизм реализации процесса многокомпонентного дозирования - связанного дозирования. Это новейшее направление в управлении циклическими и непрерывными процессами приготовления многокомпонентных смесей является эффективным способом изменения их технико-экономических показателей, снижения стоимости и повышения качества готового продукта.

Задача управления качеством строительных смесей может быть сформулирована как задача максимизации вероятности попадания их качественных показателей Q_i в заданную технологическими нормами область, описанную верхней Q_i^B и нижней Q_i^H границами изменения Q_i :

$$\max P[Q_i^H + \sigma_i \sqrt{D\{Q_i(\Delta x_j)\}} \leq Q_i(x_j) \leq Q_i^B - \sigma_i \sqrt{D\{Q_i(\Delta x_j)\}}] \quad (1)$$

По окончании циклического дозирования k компонентов часть слагаемых в выражении $Q_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$, где a_{ij} - коэффициенты влияния i -го свойства j -го компонента массой x_j на качество смеси, принимает не предполагаемые, а реальные значения. Тогда:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}(x_j^0 + \Delta x_j) + \sum_{j=k+1}^n a_j x_j, \quad (2)$$

где $x_j^0, \Delta x_j$ - заданная масса и ошибка дозирования j -го компонента, задача оптимизации приобретает вид:

$$\min \left\{ I(x_j) / Q_i^H + \varkappa_i \sqrt{D \left\{ \sum_{j=1}^n a_j \Delta x_j \right\}} + \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \leq \sum_{j=k+1}^n a_{ij} x_j \leq Q_i^B - \varkappa_i \sqrt{D \left\{ \sum_{j=1}^n a_j \Delta x_j \right\}} - \sum_{j=1}^k a_{ij} x_j \right\};$$

$$\Delta x_j + x_j^0 = \bar{x}_j \quad (j = \bar{1}, \bar{k}); \quad \sum_{j=1}^n \gamma_j = 1; \quad \gamma_j \geq 0 \quad (3)$$

где $-\sum_{j=1}^k a_{ij} x_j$ - изменение качественных показателей смеси за счет учета отдозированных компонентов; γ_j - долевые соотношения компонентов смеси; \varkappa_i - постоянный коэффициент.

Поддержание качества смеси на расчетном уровне достигается коррекцией отклонений вкладов в параметры качества отдозированных компонентов, изменением вкладов последующих. Для этого корректируются уставки дозаторов не отдозированных компонентов в зависимости от ошибок дозирования предыдущих.

Введение в модель детерминированного аналога вероятностных ограничений $\varkappa \sqrt{D\{Q\}}$, сужая область допустимого существования переменных, позволяет, находить наилучшие сочетания значений x_j в более узкой области их изменения. Возможная, хотя и с малой вероятностью, некоторая потеря качества при выходе ошибок дозирования за пределы оптимизации, окупается повышением качества смеси в остальных циклах управления, где эти отклонения отсутствуют.

3. Модель связанного управления многокомпонентным дозированием

Использование дозаторов непрерывного действия при производстве строительных смесей, связано с интегрированием ошибок дозирования $\int_0^T \Delta \Theta_j dt$ (где $\Delta \Theta$ - отклонение производительности дозатора от номинала) за принятый условный цикл управления T , составляющий часть полного времени цикла набора дозы выбранного компонента, позволяет скорректировать граничные значения качества Q^H, Q^B и оптимизировать состав смеси для следующего условного цикла дозирования уже в новых границах:

$$Q_i^H + \varkappa_i \sqrt{D\{Q_i\}} + \sum_{j=1}^n a_j \int_0^T \Delta \Theta_j dt \leq Q_i \leq Q_i^B - \varkappa_i \sqrt{D\{Q_i\}} - \sum_{j=1}^n a_j \int_0^T \Delta \Theta_j dt \quad (4)$$

Для дозаторов непрерывного действия, ошибки дозирования, интегрируясь в процессе измерений за интервал условного цикла T , определяют сдвиг кривой распределения случайных значений Q_i относительно центра рассеивания на величину

его математического ожидания $M\left\{\sum_{j=1}^n a_{ij}\Delta x_j\right\}$ в границах:

$$Q_i^H + \mathfrak{K}_i \sqrt{D\{Q_i(\Delta x_j)\}} \leq Q_i(x_j) + M\{Q_i(\Delta x_j)\} \leq Q_i^B - \mathfrak{K}_i \sqrt{D\{Q_i(\Delta x_j)\}}. \quad (5)$$

Таким образом, модель связанного управления многокомпонентным дозированием для n -ого интервала измерений, в отличие от моделей (3, 5), будет иметь вид:

$$\min\left[F(\bar{x})/Q_i^H + \mathfrak{K}_i \sqrt{D\{Q_i\}} \leq Q_i + M\left\{\sum_{j=1}^n a_{ij}\Delta x_j\right\} \leq Q_i^B - \mathfrak{K}_i \sqrt{D\{Q_i\}} \right], \quad (6)$$

$$D\{Q_i(Y_i, \bar{\delta})\} = \sum_{j=1}^n \left[D\{y_{ij}\} + 2 \sum_{l=1}^n K\{y_{ij}, y_{il}\} + 10^{-4} (D\{y_{ij}\} + M^2\{y_{ij}\} D\{\delta_j\}) \right]; \quad (7)$$

$$Q = \sum_{j=1}^n a_j x_j, \quad \sum \gamma_j = 1,$$

где $M\left\{\sum_{j=1}^n a_{ij}\Delta x_j\right\}$ - математическое ожидание отклонения массы материала за интервал измерений; γ_j - относительное содержание j -го компонента в смеси,

$K\{y_{ij}, y_{il}\}$ - коэффициент корреляции.

Дисперсия параметров Q_i является функцией статистических характеристик вкладов y_{ij} и случайных ошибок дозирования. Дисперсия $D\{\delta_{ij}\}$ определяется погрешностью всей системы измерения расхода.

Вероятность $P\{\bar{Q}(Y_i, \bar{\delta})\}$ попадания качества смеси в область ограничений Ω , является монотонно убывающей функцией дисперсий параметров качества Q_i с максимумом, равным P^0 . Максимуму значения вероятности соответствует минимальное значение дисперсий Q_i , получаемое при $\delta_j = 0$:

$$D\{Q_i(Y_i)\} = \sum_{j=1}^n \left[D\{y_{ij}\} + 2 \sum_{l=1}^n K\{y_{ij}, y_{il}\} \right]. \quad (8)$$

Ошибки дозирования каждого j -го компонента при независимом способе дозирования, когда коэффициент корреляции $K\{y_{ij}, y_{il}\} = 0$, уменьшает вероятность P^0 на величину:

$$\Delta P_j = P^0 - P\{\bar{Q}(Y_i, \delta_j) \in \Omega, \} \quad (9)$$

где $P\{\bar{Q}(Y_i, \delta_j) \in \Omega, \}$ - вероятность попадания качественных показателей смеси в область Ω , описываемую через интеграл Лапласа; $D\{Q_i(Y_i, \delta_j)\}$ - дисперсия, рассчитываемая по формуле по формуле:

$$D\{Q_i(Y_i, \delta_j)\} = D\{Q_i(Y_i)\} + 10^{-4} (D\{y_{ij}\} + M^2\{y_{ij}\}) D\{\delta_j\}. \quad (10)$$

Общее снижение вероятности ΔP^n ошибки независимого дозирования n компонентов равно: $\Delta P^n = \sum_{j=1}^n \Delta P_j$.

При связанном дозировании потенциальные возможности системы снижения технологических ошибок дозирования расширяются за счет варьирования величин взаимокорреляционных моментов в ограничениях модели (6).

Значение ΔP_j может быть уменьшено до ΔP_{jl} , изменением дисперсий параметров Q_i .

Возможный диапазон изменения дисперсий Q_i определяется неравенством:

$$D\{Q_i(Y_i)\} \leq D\{Q_i(Y_i, \delta_j)\} \leq D\{Q_i(Y_i, \bar{\delta}_j)\}, \quad (11)$$

где $D\{Q_i(Y_i, \delta_j)\}$ - дисперсия параметров качества смеси минимальная при отсутствии ошибок дозирования и максимальная при независимом способе дозировании компонентов.

Представление непрерывного процесса дозирования последовательностью из n интервалов протяженностью T , позволяет решить задачу повышения точности измерений расхода, учитывая свойства измерительной системы при входных стандартных (скачок, импульс) и случайных воздействиях.

Серия импульсных или скачкообразных воздействий за время условного периода T дает для дозаторов величину, близкую к математическому ожиданию отклонения измеренного значения массы материала на ленте от задания. Если параметры Q_i^0 независимы и распределены по нормальному закону, а кривые их плотности распределения симметричны относительно математического ожидания, то появление ошибок дозирования смещает кривые плотности распределения и уменьшает вероятность попадания качества массы в область Ω . Поэтому в конце каждого условно-постоянного интервала непрерывного процесса дозирования необходимо откорректировать измеренные значения массы материала на величины их мгновенного отклонения $M\{\delta\}$ от среднего по времени нахождения на ленте транспортера в момент измерений.

При связанном дозировании появляется возможность использовать информацию о текущих значениях измеренных масс отдельных компонентов для достижения максимального значения глобального критерия всей системы многокомпонентного дозирования в соответствии с моделью (4), варьируя величины $D\{Q_i(Y_i, \delta_j)\}$ в области

ограничений неравенства (5) в конце каждого условно-постоянного интервала измерений T .

4. Заключение

Разработанная модель связного непрерывного дозирования отражает принципиально новый подход к уменьшению погрешностей дозирования в процессе набора заданных доз материала за счет связного способа дозирования.

Список информационных источников

- [1] Марсов В.И., Тихонов А.Ф., Бокарев Е.И. Дозирующие системы непрерывного действия нового поколения // Механизация строительства. – 2012. – №3. – С. 27-30.
- [2] Васильев Ю.Э., Марсов В.И., Гиляровский Т.В. Оптимизация динамических процессов комбинированной системы дозирования // Механизация строительства. – 2012. – №8. – С. 40-43.
- [3] Марсов В.И., Суэтина Т.А., Колбасин А.М., Тан Цзюя. Алгоритм управления оптимальной системы пневмодозирования сыпучих материалов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 39-44.
- [4] Колбасин А.М., Тан Цзюя, Марсова Е.В., Шухин В.В. Система экстремального регулирования потока материала в пневмосистеме // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 44-48.
- [5] Марсов В.И., Колбасин А.М., Тан Цзюя, Шухин В.В. Система оптимального регулирования процессом пневмотранспортирования // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 48-52.
- [6] Марсов В.И., Колбасин А.М., Сарычев И.Ю., Курилин А.В. Методы улучшения качественных характеристик системы экстремального регулирования // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 3(5). – С. 3-6.
- [7] Остроух А.В. Автоматизация и моделирование работы предприятий по строительству промышленных объектов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06: защищена 07.04.09: утв. 19.06.09. - М., 2009. - 357 с.
- [8] Остроух А.В. Автоматизация и моделирование работы предприятий по строительству промышленных объектов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. - М., 2009. - 43 с.
- [9] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ. – 2010. - Вып. 2(21). - С. 61-65.
- [10] Остроух А.В., Тянь Юань. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3). – С. 29-31.
- [11] Остроух А.В. Интеграция компонентов системы мониторинга / А.В. Остроух, Юань Тянь // Молодой ученый. – Чита: ООО «Издательство Молодой ученый», 2013. - №10. - С. 182-185.