ISSN 2306-1561
Automation and Control in Technical Systems (ACTS)
2014, No 2, pp. 21-28.
DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-3

Optimization of process parameters mixing dry construction mixtures in the horizontal drum mixer continuous simulation method

Ostroukh Andrey Vladimirovich

Russian Federation, full member RAE, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Automated Control Systems».

Moscow Automobile & Road construction State Technical University, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. http://www.madi.ru

ostroukh@mail.ru

Wai Phyo Aung

Republic of the Union of Myanmar, Postgraduate Student, Department of «Automated Control Systems».

Moscow Automobile & Road construction State Technical University, 125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky prospekt, 64. Tel.: +7 (499) 151-64-12. http://www.madi.ru

myfamily46123@gmail.com

Abstract. In the article the process of continuous mixing of dry construction mixtures and developed an experimental mathematical model of horizontal drum mixer. It is noted that the qualitative analysis of the structure of the mixing process should take into account semantic and mathematical description of the mixing process of building materials in the horizontal continuous mixer drum. On the basis of the developed mathematical model simulation work performed horizontal drum mixer software environment AnyLogic.

Keywords: dry construction mixtures, mixing, CAM, simulation, objects, Any-Logic, modeling, process automation and production software, SCADA - system, automated management.

ISSN 2306-1561
Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)
2014. – №2. – С. 21-28.
DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-3

УДК 681.3

Оптимизация параметров процесса смешивания сухих строительных смесей в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия методом имитационного моделирования

Остроух Андрей Владимирович

Российская Федерация, академик РАЕ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления».

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

ostroukh@mail.ru

Вэй Пьо Аунг

Республика Союза Мьянма, аспирант кафедры «Автоматизированные системы управления».

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

myfamily46123@gmail.com

Аннотация. В статье исследован процесс непрерывного смешивания сухих строительных смесей и разработана экспериментальная математическая модель горизонтального барабанного смесителя. Отмечается, что при качественном анализе структуры процесса смешивания следует учитывать смысловое и математическое описание процесса смешивания строительных материалов в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия. На основе разработанной математической модели выполнено имитационное моделирование работы горизонтального барабанного смесителя в программной среде AnyLogic.

Ключевые слова: сухие строительные смеси, смешивание, АСУ ТП, имитационное моделирование, объекты, Any-Logic, моделирование, автоматизация технологических процессов и производств, программное обеспечение, SCADA – системы, автоматизированное управление.

1. Введение

В различных отраслях промышленности (пищевая, строительных материалов химическая и других) используют циркуляционные смесители. Они имеют высокую производительность и могут использоваться в непрерывном режиме. Нестабильное качество смеси, получаемой в циркуляционных смесителях непрерывного действия, значительно сужает сферу применения данного типа оборудования.

Развитие производства сухих смесей в мировой практике связано, прежде всего, с необходимостью увеличения производительности труда строителей при выполнении отделочных и специальных строительных работ и с повышением их качества, что определяется углублением специализации применяемых материалов [1 – 7, 12, 13]. Это предопределяет интерс исследователей к математическому моделированию процесса их произсодства.

2. Механизм процессов смешивания

Механизм смешивания зависит от конструкции смесителя и способа проведения процесса, что вызывает дополнительные трудности при математическом описании и моделировании этого явления.

1 - Силос цемента с винтовым конвейером для подачи цемента длиной 6 м; 2 - Расходный бункер РБ-3000 с ленточным транспортером ЛК500 5000 MU75 15/93;
3 - Винтовой конвейер серии "ВК"; 4 - Комплекс точной дозации и качественного смешивания МОЛОТ СД 2500 SIPRONIC;
5 - Приемный бункер станции фасовки клапанных мешков;
6 - Станция фасовки клапанных мешков РОТОРПАК ТУРБО; 7 - Автоматизированная система управления комплексом САУ СтройМикс LOGIC;
8 - Ленточный транспортер ЛК 500

Рисунок 1 - Технологическая схема завода сухих смесей

3. Математические моделирования оптимизации параметров смешивания сухих строительных смесей непрерывного действия

В общем случае, для горизонтального барабанного смесителя, дисперсия отклонений концентрации ключевого компонента σ^2 в готовой смеси от заданной величины можно определить в следующем виде:

$$\sigma^2 = \left(1/\ L.R\right).\int_0^{\infty}\int_0^{L}\int_0^{R}\left[\tilde{c}\left(x,r,t\right)-\bar{\bar{c}}\left(t\right)\right]^{-2} dr.dx.dt \qquad (1)$$

где L, R – длина и радиус смесительного аппарата;

$\tilde{c}$ – концентрация ключевого компонента;

$\tilde{c}$ (x, r ,t) – значение $\tilde{c}$ в точке с координатами x, r и t ;

$\bar{\bar{c}}$ – концентрация ключевого компонента, усредненная по радиусу и во времени.

Решение этого уравнения получено при импульсном вводе вещества в поток и следующих принятых при радиальное изменение $\tilde{c}$ больше продольного; процесс установившийся, а изменение скорости потока в поперечном направлении по закону:

$$W(r) = 2.\overline{W}.[1-(\mathrm{r}^2/R^2)],$$

где $\overline{W}$ – средняя линейная скорость потока в смесителе;

С учетом сделанных допущений Тейлором было получено:

$$\tilde{c}(x,r,t) = \tilde{c}(x,a,t) + \overline{W}/(4.D_R).[d\tilde{c}(x,r,t)/dx].[r^2 - r^4/(2.R^2) - R^2/3], \qquad (2)$$

где a – конкретное значение радуса r.

Это решение используем для нахождения $\tilde{c}(x.r.t)$ в уравнении (1) и, Текущая координата r была заменена эквивалентной её координатой r. При этом исход из равенства площади круга с окружностью r площади той нижней части сегмента поперечного сечения, которая отсекается от него линией, проходящей через рассматриваемую точку параллельно свободному уровню материала в аппарате. При этих же условиях величина R заменена на $R_э$, и подставим эффективные коэффициенты продольного и радиального и радиального смещения $\overline{D_L}$ и $\overline{D_R}$ вместо значений D_L и D_R. $\tilde{c}(x,a,t)$ можно принять среднюю величину по поперечному потока концентрацию ключевого компонента $\bar{\tilde{c}}(L,t)$ в конце барабана смесите (при x=L) в момент времени t, для x=L можно представить в виде

$$\tilde{c}(r_3,t) = c(t) - 1/(4.D_R).[dc(t)/dt].[r_3^2 - r_3^4(2.\mathrm{R}_3) - R_3^2/3] \qquad (3)$$

Она приблизительно равна концентрации ключевого компонента на выходе смеситея при импульсном возмущении потока на входе смесителя – c(t). Уравнение (3) паказывает связь между изменением концентрации ключевого компонента в радиальном

направлении и плотностью распределения времени пребывания частиц в аппарате (ПРВП). Дисперсия отключений σ^2 с учетом уравнения (3) в виде:

$$\sigma^2 = (1/R_э).\int_0^{\infty}\int_0^{R_э}[\tilde{c}(r_э,t) - \overline{\overline{c}}(t)]^2\, d r_э .d t \tag{4}$$

Оптимизация процесса смещения компонентов можно сформулировать следующим образом:

найти значение $c(t)$, обеспечивающее достижение минимума функционала (4) на заданном множестве Ω функции c (t).

$$\sigma^2[c(t)] = \min_{c(t)\in\Omega} \sigma^2[c(t)] \tag{5}$$

При решении Функции c(t) должны быть интегрируемы в интервале значений t от 0 до ∞. Эти условия для функций c(t) практически всегда выполняется. Поэтому интервал значений t (t=0, t=T) , что $\sigma^2[c(t)] \approx \sigma^2_T[c(t)]$. Тогда;

$$\sigma^2_T \approx 1/(T.R_э).\int_0^{T}\int_0^{R_э}[\tilde{c}(r_э,t) - \overline{\overline{c}}(t)]^2\, d r_э .d t \tag{6}$$

Задача оптимизации (2) повставлена при наличии уравнений (3) сводится к задаче Лагранжа образуем функционал Лагранжа:

$$\sigma^2_T \approx [1/(T.R_э)].\int_0^{T}\int_0^{R_э}\{(\overline{\overline{c}}(t) - c(t) + [1/(4.\overline{D_R}].[dc(t)/dt].$$
$$(r_э^2 - r_э^4/(2.R_э) - R_э/3))^2 + \lambda.c(t)\}.dr_э.dt \tag{7}$$

Принимая,

$$\sigma^2_T \approx (1/T).\int_0^{T}\{c^2(t) - R_э^2/(20.\overline{D_R}).c(t).[dc(t)/dt] + (0,04.R_э^4/16.D_R^2).$$
$$[dc(t)/dt] + \lambda.c(t) - \overline{\overline{c^2}}(t)\} \tag{8}$$

Условием Эйлера – Лагранжа; $(dF/dc) - d(dF/dc)/dt = 0$,

uде F - подынтегральная функция в уравнении (8), поэтому получим:

$$(0,04.R_э^4/16.D_R^2).[d^2c(t)/dt^2] - c(t) - \lambda/2 = 0 \tag{9}$$

С граничными условиямия c(0)=0, c(T)=0;

Решение уравнения (7) определяется в виде:

$$c(t) = \beta_1.e^{\alpha.t} + \beta_2.e^{-\alpha.t} + \alpha/2, \tag{10}$$

где $\overline{D_R} = 0,2.R_э^2$ $\alpha = 4.$

Неизвестные коэффициенты β_1 и β_2 в уравнении (10) легко определяются из граничных условий и условия $\int_0^\infty c(t).dt = 1$.

После этого, окончательная форма оптимальной нормировочной ПРВП:

$$c(t) = \alpha / [2 + \alpha.\mathrm{T}.\mathrm{sh}(\alpha.\mathrm{T}) - 2.\mathrm{ch}(\alpha.\mathrm{T})].\{\mathrm{sh}(\alpha.\mathrm{T}) - 0,5.(\mathrm{e}^{\alpha.T} - 1).\mathrm{e}^{-\alpha.t} + 0,5.(e^{-\alpha.T} - 1).\mathrm{e}^{\alpha.t}\} \quad (11)$$

4. Экспериментальное моделирование процесса с программной среде «Any-Logic»

В работе для Имитационного моделирования технологических процессов управление смешивания используем среда AnyLogic [5, 8 – 17]. Система имитационного моделирования AnyLogic позволяет расширять созданные модели с помощью языка Java, которая позволяет достаточно глубоко и точно учитывать конкретные особенности динамики объекта автоматизации. Среда AnyLogic позволяет не только проводить имитационный прогон технологического процесса, но и проводить анимацию для наблюдения его хода в реальном времени, что немаловажно при решении задач оптимизации управления.

На рисунке 2 показана форма кривых оптимальной ПРВП в безразмерном виде, построенных в соответствии с соотношением (11).

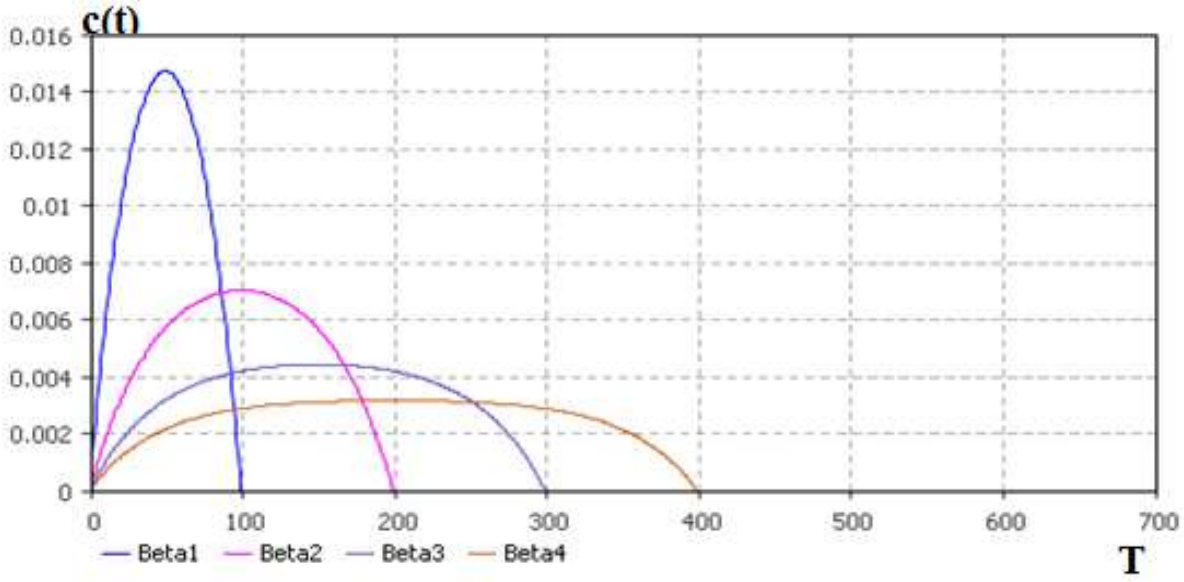

Рисунок 2 – Форма оптимальной нормированой ПРВП в безразмерном виде в зависимости от времени (T), рассчитанный в «Any-Logic»

5. Заключение

В данной работе изучен матаматических и конструтивных особенностей непрерывного смешивания сухих строихтельных материалов и разработана

экспериментальная математическая модель процесса, позволяюшая находить геометрические параметры горизонтального барабанного смесителья.

Выполнено математическое моделирование смешивания сухих строительных смесей в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия. Исследован процесс оптимальной нормированой ПРВП в безразмерном виде, программно реализованный в среде в «Any-Logic».

Практические результаты исследований процессов непрерывного смешивания материалов на промышленных предприятиях по производству сухих смесей заключаются в том, что они являются базой для научно обоснованного выбора и настройки структур систем оптимального управления компонентов непрерывного действия, позволяющих решать задачи повышения точности смешивания.

Список информационных источников

[1] Вэй Пьо Аунг, Остроух А.В. АСУТП производства сухих строительных смесей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1. – С. 26-29.

[2] Вэй Пьо Аунг, Остроух А.В. Автоматизированная система управления технологическим процессом производства сухих строительных смесей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 76-82.

[3] Вэй Пьо Аунг. Краткий обзор современного состояния развития производства сухих строительных смесей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2012. – № 1. – С. 11-16.

[4] Вэй Пьо Аунг. Оборудование для производства сухих строительных смесей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 4.1. – С. 4-7. DOI: 10.12731/2306-1561-2013-4-2.

[5] Вэй Пьо Аунг. Имитационное моделирование параметров процесса смешивания сухих строительных смесей в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 1.1 (8). – С. 122-128. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-1-13.

[6] Остроух А.В. Обзор современного состояния развития автоматизации производства сухих строительных смесей / А.В. Остроух, Вэй Пьо Аунг, Мьо Лин Аунг, М.И. Исмоилов // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». – 2012. – №12. – С. 12-19.

[7] Остроух А.В. Мониторинг процесса производства сухих строительных смесей / А.В. Остроух, Вэй Пьо Аунг, Юань Тянь // Наука и образование в XXI веке: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч. – практ. конф. 30 сентября 2013 г.: Часть 1. – Тамбов: ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – С. 138-140.

[8] Остроух А.В. Основы построения систем искусственного интеллекта для промышленных и строительных предприятий: монография / А.В. Остроух. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. - 280 с. - ISBN 978-5-94385-033-2.

[9] Остроух А.В. Ввод и обработка цифровой информации: учебник для нач. проф. образования / А.В. Остроух. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с. - ISBN 978-5-7695-9457-1.

[10] 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.

[11] Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта в промышленности, робототехнике и транспортном комплексе: монография / А.В. Остроух - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – 326 с. - ISBN 978-5-906314-10-9.

[12] 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.

[13] 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.

[14] Остроух А.В. Автоматизация управления строительным предприятием / А.В. Остроух // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - М.: «Научтехлитиздат», 2004. - №8. - С. 58-61.

[15] Остроух А.В. Автоматизированная система мониторинга производственно-технологической и организационно-экономической деятельности промышленного предприятия / А.В. Остроух, Юань Тянь // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: «Научтехлитиздат», 2014. – № 3. – С. 14-21.

[16] Tian Yuan, Ostroukh A.V. Monitoring environment condition of Chinese industrial enterprises // EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY. – 2013. – № 5 – С. 34-35.

[17] Ostroukh A.V., Glebov A.O., Karpov S.V., Karpushkin S.V., Krasnyanskiy M.N. Optimization of design and performance characteristics of heating system of press equipment // American Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 11. No 6. pp. 939-946. DOI:10.3844/ajassp.2014.939.946.