ISSN 2306-1561
Automation and Control in Technical Systems (ACTS)
2015, No 1, pp. 51-59.
DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-7

Development of Automated Control Systems for Concrete Mixing Plants Based Twin-Shaft Mixer

Andrey Vladimirovich Ostroukh

Russian Federation, full member RAE, Doctor of Technical Sciences, Professor, 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

ostroukh@mail.ru

Alfiya Alpyspaevna Aysarina

Russian Federation, Postgraduate Student, Department of «Automation of technological processes and manufacture».

Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy, 453850, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Meleuz, Smolenskaya Str., 34, Tel.: +7 (34764) 3-07-72, http://www.mfmgutu.ru

mail@mfmgutu.ru

Abstract. The article shows the feasibility of using a systematic approach to the development of automated process control systems concrete mixing, provides a solution to the optimization of technology, equipment and management of unified systems engineering positions. The influence of structural and technological parameters of a two-shaft continuous mixer on the nature of the process of mixing in the longitudinal and transverse directions, and the final value of the quality of the resulting mixture.

Keywords: automated control system (ACS), concrete mix, twin-shaft mixer, mixing process, process, SCADA-system, touch scheme.

ISSN 2306-1561
Автоматизация и управление в технических системах (АУТС)
2015. – № 1. – С. 51-59.
DOI: 10.12731/2306-1561-2015-1-7

УДК 681.3

Разработка автоматизированной системы управления бетоносмесительной установкой с двухвальным смесителем

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

Айсарина Альфия Алпыспаевна

Российская Федерация, аспирант кафедры «Автоматизации технологических процессов и производств».

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского» (филиал в г. Мелеуз, Республика Башкортостан), 453850, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Мелеуз, ул. Смоленская, д. 34, Тел.: +7 (34764) 3-07-72, http://www.mfmgutu.ru

mail@mfmgutu.ru

Аннотация. В статье показана целесообразность использования системного подхода к разработке автоматизированных систем управления процессом приготовления бетонных смесей, предусматривающего решение оптимизации технологии, оборудования и управления с единых системотехнических позиций. Исследовано влияние конструктивных и технологических параметров двухвального смесителя непрерывного действия на характер протекания процесса смешивания в продольном и поперечном направлениях и конечное значение качества получаемой смеси.

Ключевые слова: автоматизированная система управления (АСУ), бетонная смесь, двухвальный смеситель, процесс смешивания, технологический процесс, SCADA-система, мнемосхема.

1. Введение

В основе современного производства железобетонных конструкций лежит высокотехнологический процесс обработки бетонных смесей [1 – 13]. Уровень производства в первую очередь зависит от согласования параметров оборудования, технологических процессов и требований к свойствам смеси. Необходимо тщательно подходить ко всему процессу производства: к приемке материала, его подготовке, разогреву в зимнее время, дозированию материала, перемешиванию, выдаче в производство/транспорт. Если нестабильно работает любой из узлов бетоносмесительной установки (БСУ), то это в конечном итоге отразится на качестве выпускаемой продукции. И самое главное – это влияние человеческого фактора. В современных системах оно максимально снижено. В этом участвуют: система автоматизации [1 – 18], системы измерения влажности, корректировка дозируемых материалов, и также система складского учета, которая не позволяет оператору выпустить бетон с заниженным расходом материалов.

На конечный продукт значительное влияние оказывает тип смесителя, выбор которого для большинства производителей оказывается непростой задачей. Процессы перемешивания в бетонной технологии являются стохастическими процессами. Это означает, что любая частица смеси может занимать определенное положение в бетоносмесителе только с известной долей вероятности. Поэтому можно говорить только о квазистационарном состоянии бетонной смеси после длительного перемешивания. Наилучшей смесью является вероятностная однородная смесь. При этом математическое ожидание концентрации соответствующих компонентов смеси в пробах из генеральной совокупности одинаково. Физические и химические процессы препятствуют установлению идеальной вероятностной смеси. Бетоносмесители играют ключевую роль в изготовлении однородного бетона. По принципу работы они делятся на две группы – периодического и непрерывного действия. Ключевой характеристикой для выбора смесителя периодического действия является объем ($м^3$), а непрерывного – производительность ($м^3$/ч).

2. Выбор бетоносмесителя

При выборе бетоносмесителя помимо требования согласования его характеристик с остальным технологическим оборудованием покупатели обычно выделяют несколько обязательных качеств смесителя. Таких как:

- короткий цикл перемешивания и высокая часовая производительность;
- универсальность производимых смесей – возможность смешивания бетона с максимальным размером фракций до 180 мм;
- возможность работы в сложных условиях, например, возобновление работы в заполненном состоянии в случае отключения электросети, разгрузка в аварийной ситуации без дополнительных гидравлических узлов;
- хороший эффект смешивания при неполной загрузке или перегрузке;

– надежность и долговечность.

Безусловно, высокопроизводительные смесители обладают высокой прочностью, чрезвычайно высоким сроком службы. Характерная их черта – малая степень износа брони (многие дают гарантию на 5 лет), твердость которой у мировых лидеров может достигать 800 HV.

Если вы обладаете необходимыми финансовыми ресурсами и собираетесь выпускать в основном высокотехнологичный бетон, то вам действительно необходимы такие смесители. Следует только уточнить, какая комплектация вам нужна.

Для производства высокотехнологичных бетонов и сверхжестких смесей рекомендуется использовать двухвальные [8, 9, 11] или планетарные противоточные смесители.

Наиболее качественные высокопроизводительные двухвальные смесители выпускают американские, немецкие и итальянские фирмы, такие как Besser, Simem, Sicoma, BHS Sonthofen, Stetter и некоторые другие. В России из зарубежных двухвальных смесителей наиболее распространены смесители фирм Simem и Sicoma и их китайские аналоги.

На рисунке 1 показана схема двухвального смесителя. Корпус двухвального бетоносмесителя защищен изнутри специальной износостойкой броней. Процесс перемешивания осуществляется чугунными лопатками, форма которых обеспечивает оптимальное потокообразование и сводит до минимума износ деталей смесителя.

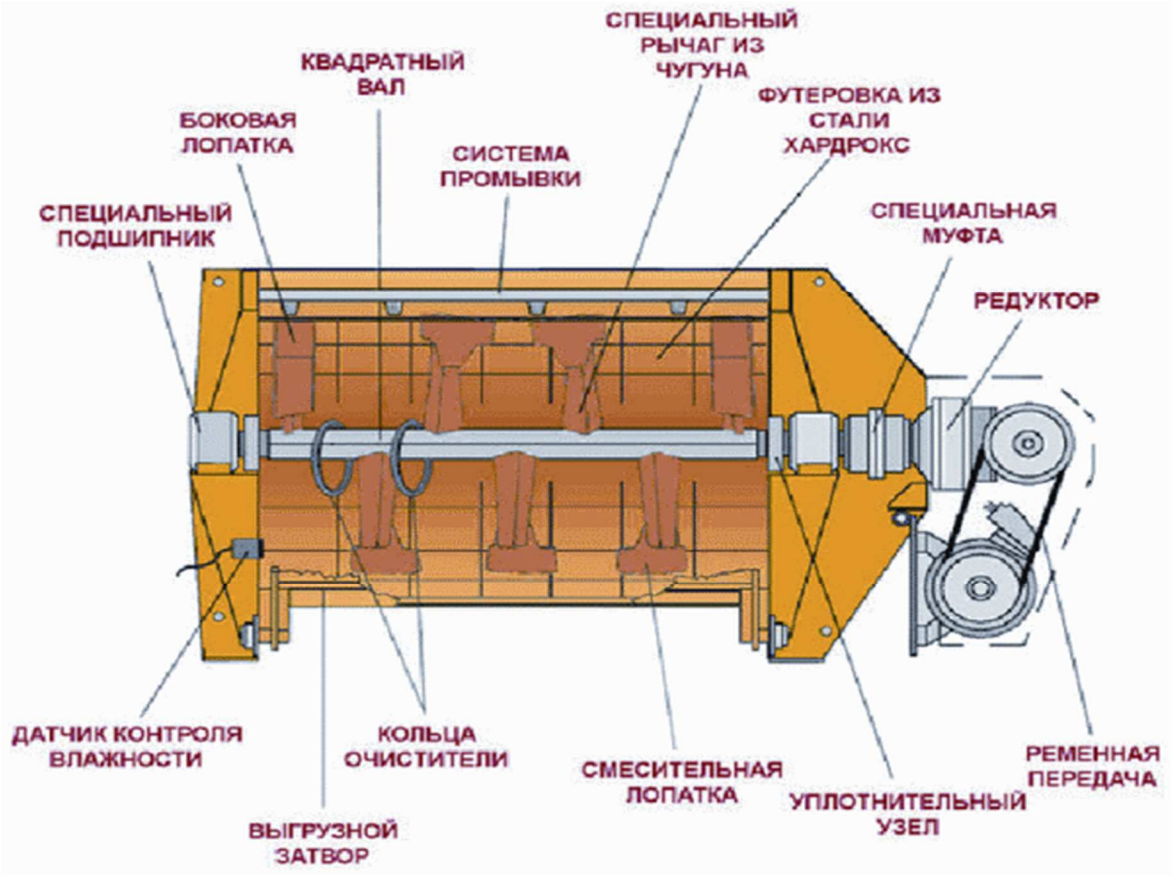

Рисунок 1 – Схема двухвального смесителя

В концепцию двухвальных смесителей ведущих производителей заложена не только высокая производительность, но и обеспечение высокого уровня надежности в течение длительного срока эксплуатации. Так, например, у смесителя Simem приводимые в действие электрическими моторами двухступенчатые планетарные редукторы (КПД 94%) соединены с главными валами посредством шарнирных соединений, что фактически исключает передачу усилия со смесительных валов на выходные валы редуктора. Подшипники валов смесителя установлены в специальных, изолированных от бетона фланцевых корпусах и защищены от попадания бетона.

Система Mixer Mind спроектирована специально для автоматической диагностики смесителя и контроля за периодичностью его технического обслуживания.

Mixer Mind позволяет контролировать температурный режим моторов и редукторов, а также температуру и давление масла в автоматической системе смазки. Параллельно система следит за периодичностью техобслуживания этих частей смесителя. Уплотнительные узлы валов смесителя имеют специальные металлические и резиновые прокладки и подключены к системе централизованной автоматической смазки. Специальная конструкция рычагов смесителя позволяет менять их конфигурацию в зависимости от фракции заполнителей. Эта особенность позволяет повысить качество перемешивания. При применении мелкофракционных заполнителей рычаги выставляются под углом 45°, при приготовлении бетона из стандартных заполнителей рычаги выставляются под углом 90°, а при использовании заполнителей крупных фракций рычаги выставляются под углом 180°.

Разгрузочный затвор оснащается 2 или 3 (по необходимости) индуктивными конечными выключателями, положение которых может быть отрегулировано на специальной направляющей. Они обеспечивают возможность плавного управления потоком бетона при разгрузке. Разгрузочный затвор защищен сменными броневыми пластинами, которые имеют унифицированные крепления и размеры, что позволяет менять их местами, увеличивая тем самым срок службы комплекта.

Аналогичные принципы смешения и обеспечения надежности работы смесителей и у других ведущих производителей.

Основным недостатком двухвальных бетоносмесителей является трудность очистки рабочих поверхностей и лопаток и более высокий износ брони и лопастей бетоносмесителей.

3. Типовой цикл приготовления товарного бетона

Хотя общее время цикла двухвальных смесителей зависит от скорости загрузки, а также от типа изготовляемого бетона, обычно они производят замес подвижного конструкционного бетона или товарную бетонную смесь меньше чем за 90 сек, изготовление жестких смесей занимает немного больше времени, хотя большинство фирм не рекомендует двухвальные смесители для этих смесей из-за налипания на валах. Заметим, что некоторые добавки требуют дополнительного времени смешивания. Диаграмма, приведенная ниже, предполагает, что заполнители находятся в дозаторах или бункере и готовы для выгрузки. Заметим, что краситель добавляется

перед водой; это важно для быстрого и надлежащего смешивания. Короткое общее время цикла позволяет модернизировать многие заводы для выпуска двойной продукции только заменой смесителя, в сравнении с добавлением второго миксера, который требует дополнительных конвейеров, загрузочных бункеров, саморазгружающихся кюбелей и часто подъема силосов.

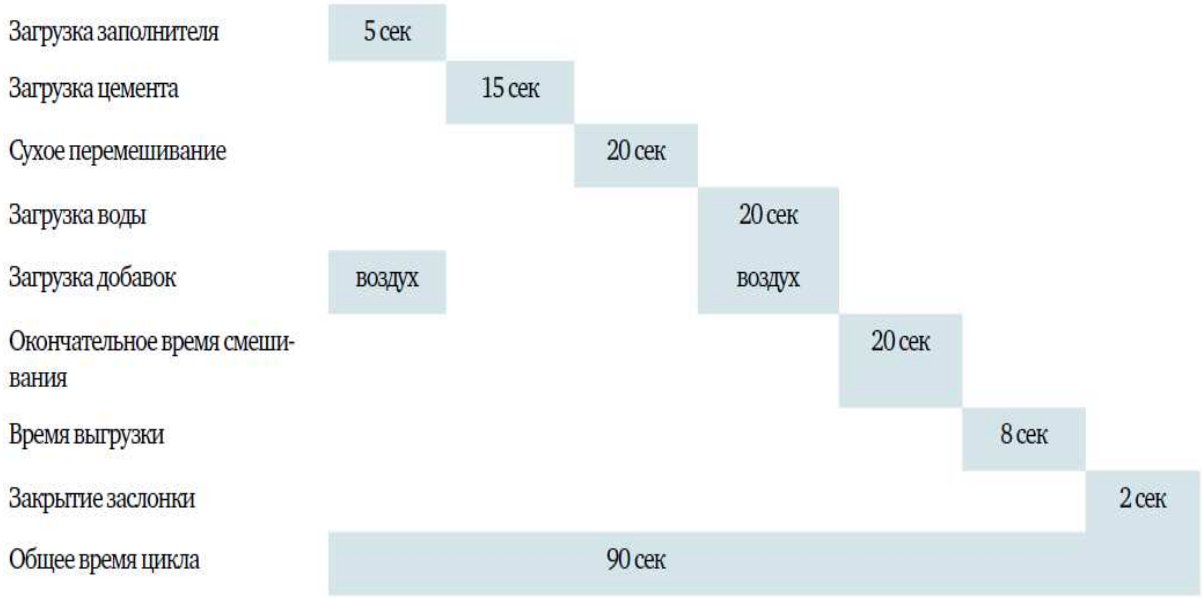

Рисунок 2 – Типовой цикл приготовления товарного бетона в двухвальном смесителе

4. Пример АСУ бетоносмесительной установки перебазируемого бетонного завода с двухвальным смесителем

В условиях современного рынка, стоимость транспортировки бетонной смеси от БСУ до строительной площадки зачастую может играть решающую роль в выборе поставщика бетона. Быстро перебазируемые бетонные заводы позволяют развернуть производство в сжатые сроки в непосредственной близости от потребителей, оптимизируя затраты по доставке.

Автоматизированный перебазируемый бетонный завод предназначен для производства пластичных и жестких бетонных смесей из исходных ингредиентов, загружаемых в расходные емкости завода, и отгрузки смесей в автобетоновозы и, в тележку или на ленту конвейера системы адресной доставки смесей к линиям формовки железобетонных изделий и конструкций.

АСУ БСУ, мнемосхема [6, 8, 10] которой приведена на рисунке 3 обеспечивает следующие режимы управления:

- автоматизированный (директивный) при формировании рецептов, заказов, просмотре и распечатке отчетов, а также при вмешательстве оператора завода в работу системы в автоматическом режиме;

– автоматический при выполнении заказов на производство и отгрузку бетонных смесей (за исключением случаев вмешательства оператора в работу системы управления в этом режиме);
– местного управления с постов, установленных по месту размещения оборудования для его оперирования и наладки.

В состав автоматизированного рабочего места оператора завода в АСУ БСУ входят: пульт включения системы управления, системный блок компьютера в промышленном исполнении (с предустановленным ПО), монитор, клавиатура, ручной манипулятор типа «мышь», принтер, устройство бесперебойного питания.

Программное обеспечение включает базу данных для редактирования и хранения образцов рецептов бетонных смесей (банка рецептов) и ведения архива с отчетными данными о выполнении заказов на производство бетонных смесей. Количество образцов в банке рецептов до 500.

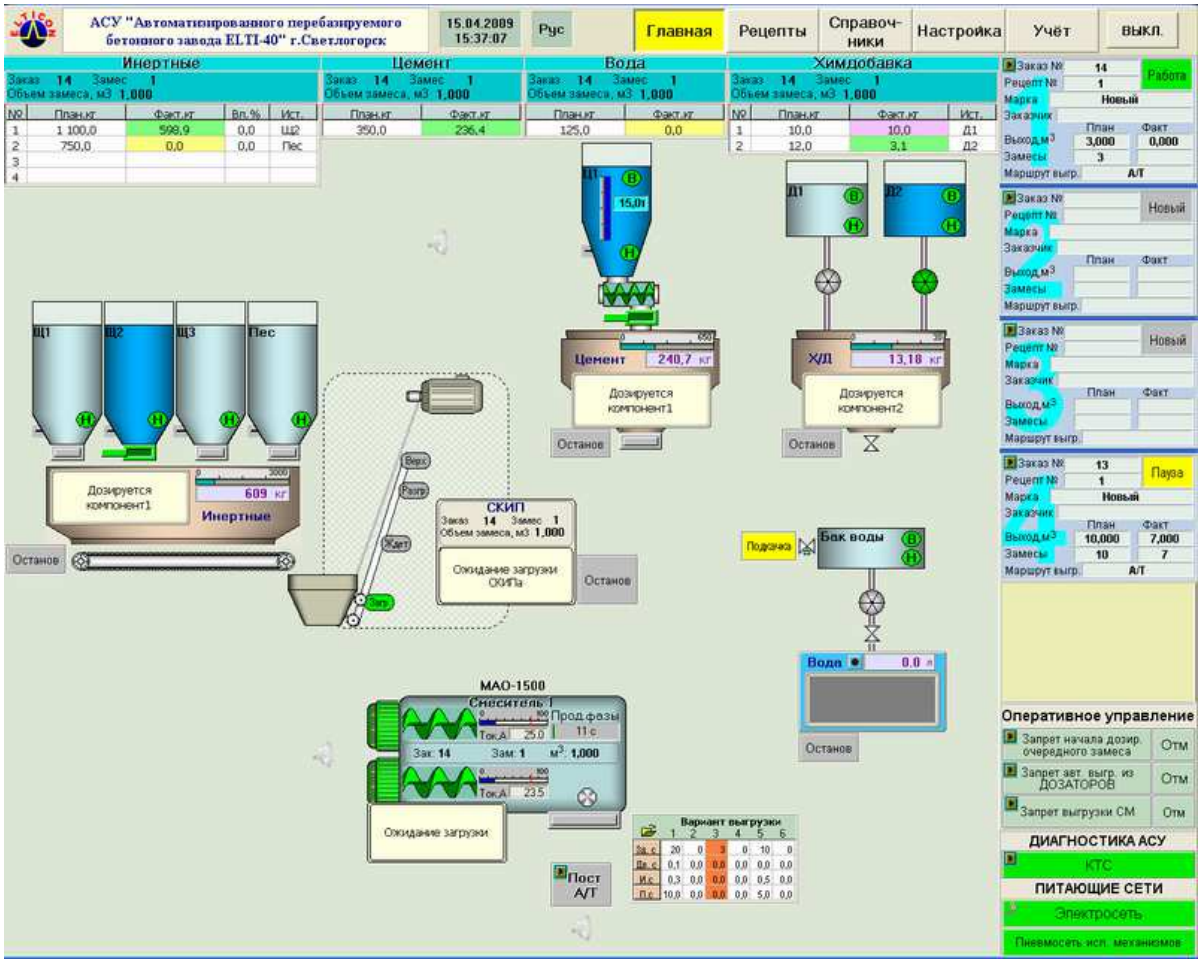

Рисунок 3 – Мнемосхема АСУ БСУ

Отчетные данные о выполнении заказов доступны в режимах просмотра и печати в следующих вариантах группирования:

- сводный хронологический отчет о выполнении заказов за указанный период (смену, сутки, неделю и т. д.) с данными о плановом и фактическом расходе сырьевых компонентов;
- сводный хронологический отчет о выполнении заказов за указанный период (смену, сутки, неделю и т. д.) для одного выбранного заказчика и/или одной выбранной марки смеси с данными о плановом и фактическом расходе сырьевых компонентов;
- подробный отчет о выполнении одного заказа с данными о плановых и фактических дозах каждого компонента в каждом замесе.

В представленной АСУ БСУ реализованы функции, обеспечивающие безопасное для людей управление оборудованием, а также необходимые блокировки и защиты оборудования во всех режимах управления.

5. Заключение

Таким образом, управляемость технологии приготовления бетонных смесей существенно влияет на эффективность и сложность управляющей системы, поэтому целесообразно для разработки автоматизированной системы управления провести модернизацию технологической схемы, принимая во внимание, что число управляющих воздействий должно соответствовать числу требований, предъявляемых к составу готовой продукции.

В дальнейшем оценка качества управления в автоматизированной системе приготовления бетонных смесей может быть сделана с помощью разработанного и экономически обоснованного интегрального квадратичного или минимаксного критерия качества управления.

Список информационных источников

[1] Остроух А.В. Интеллектуальные системы в науке и производстве / А.В. Остроух, А.Б. Николаев. – Saarbrucken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 312 p. – ISBN 978-3-659-98006-0.

[2] Вэй П.А., Мьо Л.А., Остроух А.В., Исмоилов М.И. Обзор современного состояния развития автоматизации производства сухих строительных смесей // В мире научных открытий. – 2012. – №12 (36). – С.12-19.

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

[4] Остроух А.В., Тянь Ю. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1. – С. 29-31.

[5] 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.

[6] Сальный А.Г., Кухаренко В.Н., Николаев А.Б., Остроух А.В. Общие принципы построения SCADA-систем // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 8-12.
[7] Остроух А.В., Тянь Ю. Разработка системы мониторинга производственно-технологической деятельности промышленных предприятий Китая // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 73-76.
[8] Вэй П.А., Остроух А.В. Автоматизированная система управления технологическим процессом производства сухих строительных смесей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 2. – С. 76-82.
[9] Остроух А.В., Вэй П.А. Оптимизация параметров процесса смешивания сухих строительных смесей в горизонтальном барабанном смесителе непрерывного действия методом имитационного моделирования // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – №2 (10). – С. 21-28. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-3.
[10] Остроух А.В., Вэй П.А., Суркова Н.Е. Анализ современного состояния автоматизации процесса производства сухих строительных смесей // Механизация строительства. – 2014. – №7. – С. 59-63.
[11] Остроух А.В., Вэй П., Мьо Л.А., Суркова Н.Е. Имитационное моделирование неоднородности строительной смеси в горизонтальном барабанном смесителе // В мире научных открытий. – 2014. – №12.2 (60). – С. 766-778.
[12] Кабир М.Р., Исмоилов М.И., Остроух А.В. Автоматизированная система управления бетонным заводом // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 3 (11). – С. 178-190. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-3-17.
[13] Кабир М.Р., Исмоилов М.И., Остроух А.В. Системный подход к проектированию АСУ ТП процессом приготовления бетонной смеси // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 3 (11). – С. 191-200. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-3-18.
[14] Ostroukh A.V., Wai Ph.A. Optimization of parameters dry construction mixtures in the horizontal drum mixer // International Journal of Advanced Studies (iJAS). 2014. Vol. 4. No 2. pp. 38-44. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-2-2.
[15] Wai Ph.A., Ostroukh A.V. Development of simulation model mixed system in the AnyLogic software // International Journal of Advanced Studies (iJAS). 2014. Vol. 4. No 4. pp. 48-53. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-4-2.
[16] 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.
[17] Ostroukh A.V., Tian Yu. Development of the information and analytical monitoring system of technological processes of the automobile industry enterprise // In the World of Scientific Discoveries, Series B. 2014. Vol. 2. No 1. pp. 92-102.
[18] E.N. Malygin, S.V. Karpushkin, M.N. Krasnyanskiy, Ostroukh A.V. Technical Equipment Configuration and Functioning Mode Optimizing for Chemical-engineering Systems of Multi-product Plants // American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 2015. Vol. 15. No. 3. pp. 447-453, DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.3.12559.