

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/54TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/54TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/54TVN515>)

УДК 69

Илюхин Андрей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Россия, г. Москва

Заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов»

Профессор

Доктор технических наук

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=331654

E-mail: aviluhin@mail.ru

Марсов Вадим Израилевич

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

Профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов»

Доктор технических наук

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=552050

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

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

E-mail: alex081979@yandex.ru

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

¹ 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

Ивачев Андрей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва
Аспирант
E-mail: madi-app@mail.ru

Мохамад Альхалуш

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва
Аспирант
E-mail: madi-app@mail.ru

Автоматическое определение однородности бетонной смеси

Аннотация. В статье описывается прибор для определения консистенции бетонной смеси и оптимальной продолжительности перемешивания с помощью измерения характеристик колебательного поля механической системы «смеситель-бетонная смесь», что служит основой при создании микропроцессорной системы управления технологией приготовления бетонных смесей, позволяющей снизить долю выпуска смесей не отвечающих условиям технологии транспортирования, укладки и уплотнения. Полученные результаты подтверждают возможности определения консистенции бетонной смеси и оптимальной продолжительности перемешивания с помощью измерения характеристик колебательного поля механической системы «смеситель-бетонная смесь» и служат основой при создании микропроцессорной системы управления технологией приготовления бетонных смесей.

Ключевые слова: консистенция; бетонная смесь; перемешивание; измерения; смеситель; виброакустическое поле; измерение; контроль.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Илюхин А.В., Марсов В.И., Колбасин А.М., Кочетков А.В., Ивачев А.В., Мохамад Альхалуш Автоматическое определение однородности бетонной смеси // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/54TVN515

Введение

Современное технологическое оборудование бетонно-смесительных установок и заводов обеспечивает необходимую погрешность дозирования составляющих бетонной смеси [1-6]. Однако, это не гарантирует стабильного получения требуемой прочности бетона и удобоукладываемости смеси, связанных с однородностью бетона в изделиях и сооружениях.

Существующая неоднородность свойств бетонной смеси во многом обусловлена погрешностью дозирования воды. Учет переменной влажности заполнителей и особенно песка необходим для непрерывной коррекции дозирования воды в смеси. Автоматический контроль влажности заполнителей и водосодержания смеси (особенно в осенний период) и, как следствие этого, качества бетонной смеси - важнейшая задача технологических процессов приготовления бетонных смесей.

Отсутствие коррекции воды по ее содержанию в заполнителях приводит к большим колебаниям прочности и удобоукладываемости бетонной смеси и вынуждает компенсировать влажность заполнителей перерасходом, сверх требуемый по расчету норме, цемента.

Избыточная вода, не учтенная при дозировании компонентов бетонной смеси, разжижает минеральный клей в массе, что снижает прочность бетона.

Для получения однородной смеси необходимо выдерживать оптимальную продолжительность перемешивания составляющих бетонной смеси. Однако, в настоящее время не существует промышленных приборов для непосредственного определения однородности бетонной смеси и, следовательно, ее готовности. Однородность определяется в лабораторных условиях методами проб с различными способами оценки отобранных образцов.

В производственных условиях в общей технологической цепи процесс перемешивания не контролируется, а его продолжительность, задаваемая нормативными документами, определяется конструктивными особенностями смесителя и большим числом факторов, которые носят случайный характер: марка и свойства бетонной смеси, очередность загрузки компонентов и содержание в них воды и примесей, техническое состояние смесителя. Поэтому устанавливаемая нормативными документами продолжительность перемешивания не является оптимальной.

На практике это приводит к неоднородности смеси и соответственно браку продукции при минимальном времени перемешивания, а при максимальном времени - повышенному износу лопастей и самого бетоносмесителя, снижению его производительности, а также частичной расслаиваемости бетонной смеси [7, 8].

Попытки создания устройств контроля однородности бетонной смеси в процессе приготовления не дали положительных результатов из-за низкой точности и надежности измерений, поскольку они основаны на контактном способе измерений и на косвенной оценке показателей.

Более эффективные устройства автоматического контроля и регулирования однородности бетонных смесей используются за рубежом.

Так микропроцессорное устройство «Корматик» (Германия) осуществляет управление подачей воды в бетоносмеситель для заданной однородности бетонной смеси, что дает экономию цемента около 10 кг на 1 м³ бетонной смеси.

Фирма «Штеттер» (Германия) в микропроцессорных системах МС-14 и МС-22 также использует устройства для автоматического регулирования однородности бетонной смеси в каждом цикле перемешивания в зависимости от фактической влажности заполнителей.

Аналогичные устройства входят в комплекты микропроцессорных систем управления приготовлением бетонных смесей фирм «Доннер» (Австрия), «Эйрих» (Германия) и др.

Существует ряд терминов для обозначения свойств бетонной смеси: обрабатываемость, уплотняемость, формуемость и т.д. Все эти понятия объединяются за рубежом в одном – консистенция. Методы определения подвижности и жесткости бетонной смеси согласно ГОСТ 10181-62 «Бетон тяжелый» не позволяют определить консистенцию бетонной смеси в процессе приготовления и при необходимости ввести коррективы с целью получения заданных свойств. В результате снижается производительность технологического оборудования, используемого для формирования, уплотнения и транспортирования бетонной смеси.

Анализ материалов по созданию консистометров, основанных на измерении относительных параметров кривой мощности [9, 10], позволяет выделить ряд присущих им общих недостатков:

- не для всех составов бетонной смеси и не для всех конструкций устройств возможно построение одноэкстремальной кривой зависимости подвижности смеси от времени работы смесителя;
- при переходе на другой состав бетона меняется тарировочная характеристика прибора, что затрудняет его применение при многомарочной технологии;
- при последовательной загрузке бетоносмесителя компонентами бетонных смесей, часто предусмотренной технологическим процессом, в значительной степени затрудняется определение максимального значения на кривой потребления мощности электропривода бетоносмесителя;
- на результаты измерения мощности, потребляемой двигателем привода бетоносмесителя влияют колебания напряжения питающей сети, вызванные включением других силовых агрегатов технологической цепи;
- применение консистометра для автоматического управления дозированием воды требует ее постоянной подачи до достижения заданной подвижности смеси, что приводит к увеличению цикла дозирования и сокращению производительности приготовления бетонной смеси.

Указанные недостатки сужают возможную область применения на практике устройств, основанных на методе измерения подвижности бетонной смеси по относительному параметру кривой мощности электропривода бетоносмесителя.

В настоящее время в отечественной практике производства бетонных смесей не существует промышленных приборов для непосредственного определения консистенции смеси и, следовательно, ее готовности. Консистенция определяется в лабораторных условиях методов проб с различными способами оценки отобранных образцов. В производственных условиях в общей технологической цепи процесс перемешивания не контролируется, а его продолжительность, задаваемая нормативными документами, определяется конструктивными особенностями смесителя и большим числом факторов, которые носят случайный характер: марка и свойства бетонной смеси, очередность загрузки компонентов и содержание в них воды и примесей, техническое состояние смесителя. Поэтому устанавливаемая нормативными документами продолжительность перемешивания не является оптимальной.

На практике это приводит к неоднородности смеси и соответственно браку продукции при минимальном времени перемешивания, а при максимальном времени - повышенному износу лопастей и самого бетоносмесителя, снижению его производительности, а также

частичной расслаиваемости бетонной смеси. Попытки создания устройств контроля консистенции бетонной смеси в процессе приготовления не дали положительных результатов из-за низкой точности и надежности измерений.

Бетонная смесь представляет собой сложную многокомпонентную систему, содержащую мелкие частицы цемента, крупные зерна заполнителя, воду и вовлеченный в процесс приготовления смеси воздух. Перемешивание начинается с момента подачи компонентов в бетоносмеситель.

Частицам смеси обеспечивается при их движении наибольшее взаимное пересечение траекторий, придается турбулентное движение за счет формы смесителя и расположения лопастей. При таком движении частиц заполнителя силы трения и соударения между частицами, корпусом и лопастями смесителя, создают упругие колебания, приводящие к вибрациям корпуса и возникновению акустических шумов бетоносмесителя.

Экспериментальные исследования показали, что с поступлением в смеситель воды цементное тесто постепенно превращает упругую среду в вязкоупругую.

Изменения свойств вязкоупругой среды с течением времени меняют характеристики колебательного поля, а следовательно и - характеристики вибрационных и акустических сигналов. Это обстоятельство легло в основу разработки прибора для определения консистенции бетонной смеси на основе измерения уровня вибрации шумов на промышленных бетоносмесительных установках.

Структурная схема прибора изображена на рис. 1. Прибор содержит два идентичных измерительных канала, поэтому на рис. 1 изображен лишь канал измерения вибраций.

Канал измерения акустического шума отличается лишь построением предварительного усилителя, что объясняется использованием датчиков, работающих на различных физических принципах.

Сигнал с датчика поступает на предварительный усилитель (ПУ), обеспечивающий усиление малых сигналов с датчика и электрическое согласование с измерительной схемой. Далее сигнал подается на нормирующий усилитель (НУ), который осуществляет основное усиление сигнала до уровня необходимого для нормальной работы квадратора. Фильтр низких частот (ФНЧ) выделяет низкочастотную составляющую спектра случайного сигнала.

С выхода и входа ФНЧ сигнал подается на переключатель 1, который при необходимости обеспечивает поступление неотфильтрованного сигнала на вход квадратора. Квадратор преобразует случайный сигнал в напряжение, пропорциональное среднеквадратическому значению. К входу квадратора подключается блок индикации перегрузки (БИП), служащий для контроля уровня входного сигнала квадратора и предотвращающего его перегрузки с выхода квадратора сигнал подается на фильтр, выделяющий его постоянную составляющую, которая поступает на усилитель мощности 1 (УМ1).

С выхода УМ1 сигнал, пропорциональный среднеквадратическому значению входного сигнала подается на индикаторный прибор (ИП). Индикаторный прибор канала измерения вибраций проградуирован в единицах уровня вибраций, а ИП канала измерения акустического шума в децибелах. К выходу НУ подключен усилитель, аналогичный УМ1. С выходов обоих усилителей сигнал поступает на разъемы для подключения индицирующей аппаратуры.

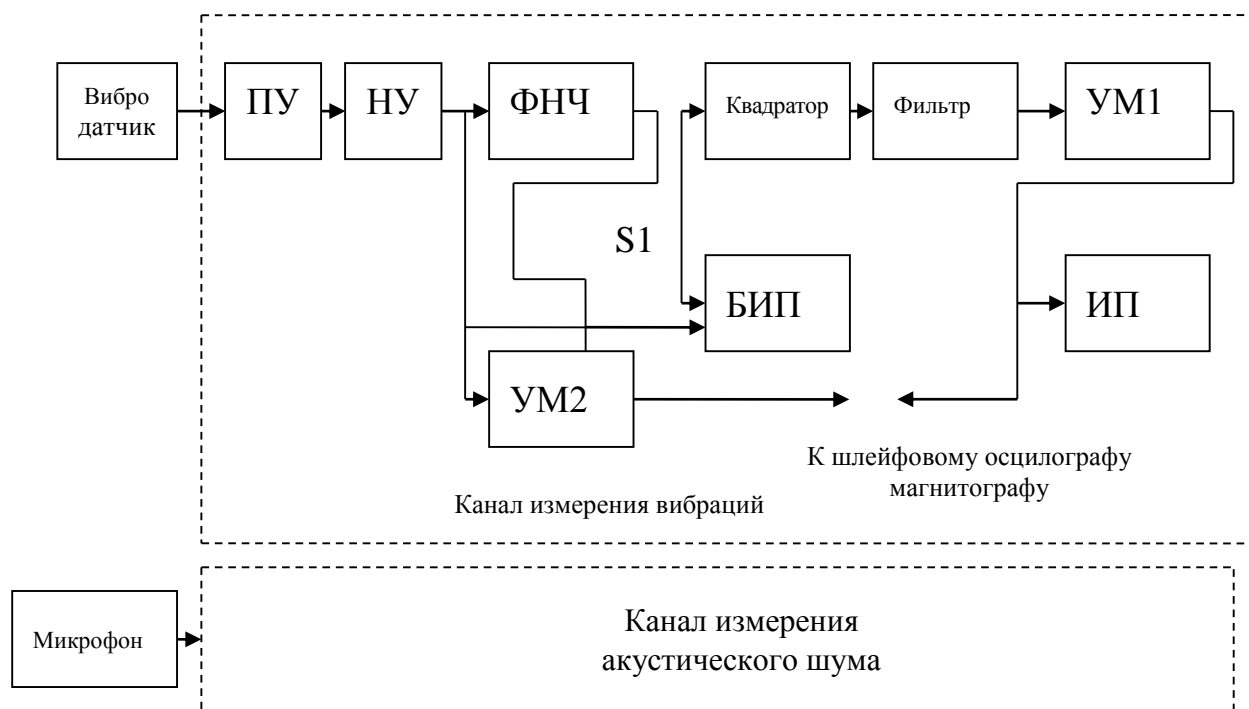


Рис. 1. Структурная схема прибора (рис. авт.)

Разработанный прибор для контроля и регулирования консистенции бетонной смеси использует спектр акустического сигнала, создаваемого бетонной смесью и позволяет снизить долю выпуска смесей не отвечающих условиям технологии транспортирования, укладки и уплотнения.

Экспериментально исследовались виброакустические поля бетоносмесительной установки на заводе ЖБИ. Схема измерений приведена на рис. 2, в которой вибродатчики установлены на корпусе бетоносмесителя.

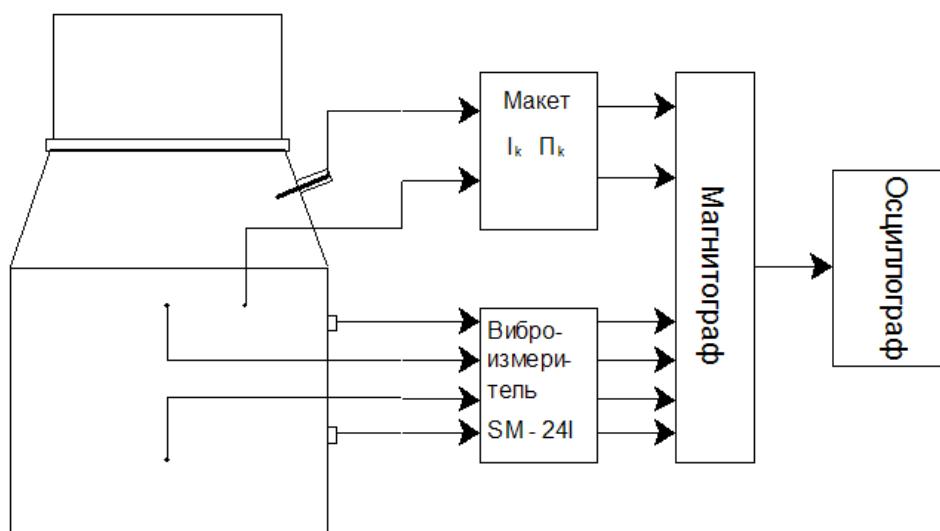


Рис. 2. Схема измерения виброакустического поля бетоносмесителя (рис. авт.)

С помощью виброакустических датчиков по параметрам однородности сравнивается фактическая влажность компонентов в бетоносмесителе с заданной при дозировании всех составляющих бетонной смеси.

Известно, что заданная влажность меньше фактической на 15-20% и по мере выхода смеси по консистенции на оптимальную величину, контролируемую виброакустическими датчиками, происходит добавление воды непосредственно в смеситель в процессе перемешивания до готовности дозы.

Была получена зависимость среднеквадратического значения виброускорений на корпусе бетоносмесителя от времени перемешивания компонентов бетонной смеси $\sigma = f(\tau)$ при минимальной влажности песка (рис. 3). С увеличением влажности песка время перемешивания τ будет значительно снижаться до 18-36 с.

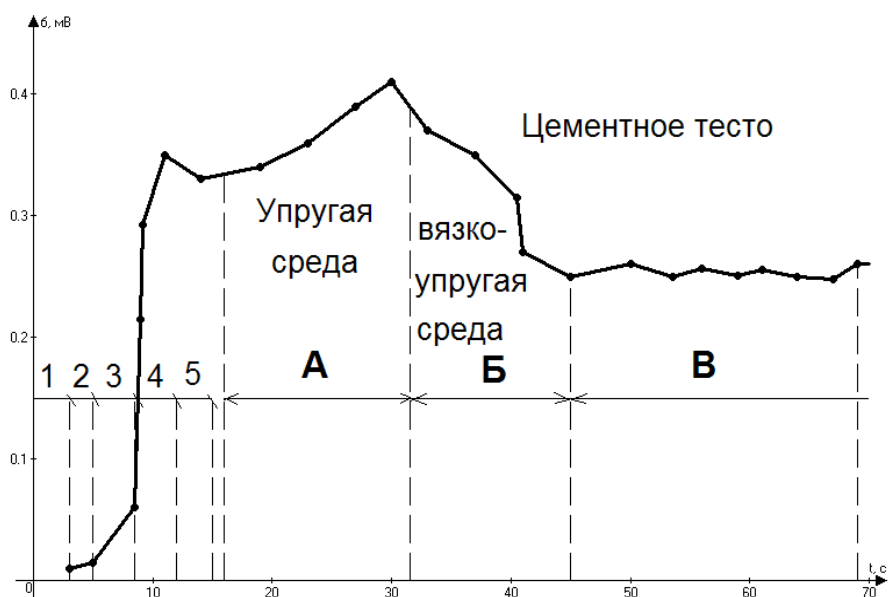


Рис. 3. Зависимость среднеквадратического значения виброускорений на корпусе смесителя от времени перемешивания компонентов бетонной смеси

- 1, 2 – режимы холостого хода работы двигателя смесителя,
- 3, 4, 5 – режимы загрузки и одновременного перемешивания компонентов смеси,
- А – регулирование однородности смеси подачей воды в смеситель,
- Б – перемешивание компонентов с контролем консистенции смеси,
- В – готовность смеси и команда на открытие затвора смесителя на загрузку в транспортные средства (рис. авт.).

Обсуждение результатов

Из графика (рис. 3) видно, что значения σ , соответствующие режимам холостого хода смесителя и перемешивания песка отличаются не более, чем в 3 раза, а при перемешивании песка и щебня интенсивность вибраций резко возрастает (участок 3, 4) и σ увеличивается примерно на порядок.

При загрузке цемента и перемешивании его с песком и щебнем σ уменьшается (участок 4-5), что можно объяснить демпфирование цемента упругих колебаний. При подаче

воды σ сначала снова возрастает (участок А), а затем начинает резко уменьшаться (участок Б), что характеризует процесс образования цементного теста и постепенного перехода среды из упругой в вязко-упругую. Через некоторое время (около 45 с. после загрузки всех компонентов, включая воду) уменьшение σ прекращается (участок В) и устанавливается стационарный режим вибрации, что соответствует получению заданной консистенции смеси и окончанию процесса перемешивания.

Одновременно в процессе эксперимента отбирались пробы бетонной смеси, для которых определялись ее подвижность, выраженная высотой усадки конуса. Наблюдается хорошее совпадение зависимости $\sigma = f(\tau)$ с реальными значениями подвижности бетонной смеси. Расхождения составляют 2-3%.

Выводы

Полученные результаты подтверждают возможности определения консистенции бетонной смеси и оптимальной продолжительности перемешивания с помощью измерения характеристик колебательного поля механической системы «смеситель-бетонная смесь» и служат основой при создании микропроцессорной системы управления технологией приготовления бетонных смесей.

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. Ларкин И.Ю., Марсов В.И., Мдивани В.Д. Автоматическое регулирования однородности дозируемых компонентов бетонной смеси. Сб. науч. тр. Секции «Строительство» РИА. 2005. Вып. 1. С. 151-156.
8. Ларкин И.Ю., Мдивани В.Д. Системы измерений параметров технологических процессов в строительстве // «Интерстроймех-2005»: Сборник докладов международной научно-технической конференции. - Тюмень, 2005. С. 24-27.
9. Ларкин И.Ю., Тихонов А.Ф., Марсов В.И. Математическая модель смешивания сыпучих составляющих строительных смесей // Механизация и автоматизация строительства и строительной индустрии. Сб. науч. тр. – М.: МГСУ. 2004. С. 96-99.
10. Ларкин И.Ю., Либенко А.В., Тихонов А.Ф. Автоматизация процесса управления однородностью компонентов бетонной смеси при перемешивании «Интерстроймех-2005»: Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Тюмень. 2005. С. 114-118.
11. Колбасин А.М., Либенко А.В. Оптимизация состава многокомпонентной смеси при детерминированных ограничениях // Новые технологии в автоматизации управления. Сб. науч. тр. - М.: МАДИ. 2006. С. 69-72.

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

Iluhin Andrey Vladimirovich

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

Marsov Vadim Izrailevich

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, Saratov
E-mail: soni.81@mail.ru

Ivachev Andrey Vladimirovich

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

Mohamad Alkhalush

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

Automatic detection of uniformity of concrete mix

Abstract. In article the device for definition of a consistence of concrete mix and optimum duration of hashing by means of measurement of characteristics of an oscillatory field of mechanical system "mixer - concrete mix" is described that forms a basis at creation of a microprocessor control system of the technology of preparation of concrete mixes allowing to lower a share of production of the mixes which aren't answering to conditions of technology of transportation, laying and consolidations. The received results confirm possibilities of definition of a consistence of concrete mix and optimum duration of hashing by means of measurement of characteristics of an oscillatory field of mechanical system "mixer - concrete mix" and form a basis at creation of a microprocessor control system of technology of preparation of concrete mixes.

Keywords: consistence; concrete mix; hashing; measurements; mixer; vibroacoustic field; measurement; control.

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. Larkin I.Yu., Marsov V.I., Mdivani V.D. Avtomaticheskoe regulirovaniya odnorodnosti doziruemykh komponentov betonnoy smesi. Sb. nauch. tr. Sektsii «Stroitel'stvo» RIA. 2005. Vyp. 1. S. 151-156.
8. Larkin I.Yu., Mdivani V.D. Sistemy izmereniy parametrov tekhnologicheskikh protsessov v stroitel'stve // «Interstroyemekh-2005»: Sbornik dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Tyumen', 2005. S. 24-27.
9. Larkin I.Yu., Tikhonov A.F., Marsov V.I. Matematicheskaya model' smeshivaniya sypuchikh sostavlyayushchikh stroitel'nykh smesey // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya stroitel'stva i stroitel'noy industrii. Sb. nauch. tr. – M.: MGSU. 2004. S. 96-99.
10. Larkin I.Yu., Libenko A.V., Tikhonov A.F. Avtomatizatsiya protsessa upravleniya odnorodnost'yu komponentov betonnoy smesi pri peremeshivanii «Interstroyemekh-2005»: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – Tyumen'. 2005. S. 114-118.
11. Kolbasin A.M., Libenko A.V. Optimizatsiya sostava mnogokomponentnoy smesi pri determinirovannykh ogranicheniyakh // Novye tekhnologii v avtomatizatsii upravleniya. Sb. nauch. tr. - M.: MADI. 2006. S. 69-72.