

УДК 625.7/8

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТОБЕТОНА И ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Васильев Ю. Э.¹, Полянский В. Г.¹, Соколова Е. Р.¹,
Гарибов Р. Б.²; Кочетков А. В.³, Янковский Л. В.³**

¹ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Саратов, Россия (410501, Саратовская область, Саратовский район, р.п. Соколовый, ул. Лесная, 7),
e-mail: soni.81@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Министерство образования и науки Российской Федерации, Пенза, Россия (440028, г. Пенза, ул. Титова, 28); e-mail: volgapsb@mail.ru

³ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермь, Россия, (614990, г. Пермь, Комсомольский просп., д. 29),
e-mail: yanekperm@yandex.ru.

Краткая аннотация: Цементобетоны высокого качества получают при постоянном контроле за их производством и на его основе автоматизированного управления технологическими процессами, при своевременной реализации необходимых управляющих воздействий. Управление качеством организуется на всех стадиях производства цементобетона и изделий из него и включает контроль свойств поступающих материалов и компонентов приготовления бетонной смеси, ее уплотнения и структурообразования цементобетона и свойств готового материала или изделия. Качественный анализ производства цементобетонной смеси показал, что существует огромное количество внешних воздействий (факторов), которые могут оказать влияние на качество цементобетонной смеси. Общее число факторов – более 300, для удобства восприятия они были разделены на подгруппы, в которых были установлены причинно-следственные связи между факторами. Предлагается метод статистического экспресс-контроля качества приготовления цементобетонных смесей, основанный на оценке взаимного изменения долей случайных составляющих, наблюдаемых, влияющих и выходных параметров технологического процесса. Это дает возможность предлагать в качестве критерия контроля качества приготовления смеси – рассматривать изменение отношения дисперсий входа и выхода, а также значимое изменение долей указанных составляющих.

Ключевые слова: цементобетон, цементобетонная смесь, качество, статистический контроль.

STATISTICAL QUALITY MONITORING OF QUALITY BY MANUFACTURE OF CONCRETE AND CONCRETE MIXES

**Vasilev J. E.¹, Polyanski V. G.¹, Sokolova E. R.¹, Garibov R. B.², Kochetkov A. V.³,
Jankovskij L. V.³**

¹Open Company «Research center of technical regulation», Russia 410501, the Saratov region, the Saratov area, the river of the item of Sokolovjy, street Wood, 7), e-mail: soni.81@mail.ru;

²Penza state university of architecture and building, Penza Russia (440028, Penza, Titov's street, 28), e-mail: volgapsb@mail.ru;

³Perm national research polytechnical university, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomol avenue, 29), e-mail: yanekperm@yandex.ru.

The short summary: Quality concrete receive at constant control over their manufacture and on its basis of automated management by technological processes at timely realization of necessary operating influences. Quality management will be organized at all stages of manufacture of concrete and products from it and includes control of properties of arriving materials and components, preparations of a concrete mix and its consolidation and structurization of concrete and properties of a ready material or a product. The qualitative analysis of manufacture of a concrete mix has shown that there is a large quantity of external influences (factors) which can influence its quality. Total number of factors – more than 300, for convenience of perception they have been divided into subgroups in which relationships of cause and effect between factors have been established. The method of statistical express quality assurance of preparation of the concrete mixes, based on an estimation of mutual change of shares of casual components of observable influencing and target parameters of technological process is offered. It gives the chance to suggest to consider change of the relation of dispersions of an input and an exit, and also significant change of shares of the specified components as criterion of quality assurance of preparation of a mix.

Keywords: concrete, a concrete mix, quality, statistical control.

Введение

Применительно для цементобетона качество будет определяться не только качеством проведённых строительных работ, но и свойствами полученной с завода цементобетонной смеси. Приготовление смеси включает подготовку материалов, их дозирование и перемешивание [1, 2].

Цементобетоны высокого качества получают при постоянном контроле за их производством и на его основе автоматизированного управления технологическими процессами при своевременной реализации необходимых подналадочных управляющих воздействий. Управление качеством организуется на всех стадиях производства цементобетона и изделий из него и включает контроль свойств поступающих материалов и компонентов приготовления бетонной смеси и ее уплотнения, структурообразования и твердения цементобетона и свойств готового материала или изделия. Качество цементобетона оценивается операционным контролем [1, 2, 4].

Цель исследования

Определение перечня основных свойств цементобетонных смесей, которые будут определять качество получаемого из неё цементобетона. Свойства цементобетонных смесей и цементобетона условно делятся на четыре группы: физические, механические, химические и технологические. Из всех перечисленных свойств наиболее используемыми для проверки качества цементобетонов общего назначения и транспортных бетонов являются: плотность; удобоукладываемость; воздухововлечение (для цементобетонных смесей); прочность и морозостойкость (для цементобетона).

Цементобетонная смесь состоит из цемента (вяжущего), воды, щебня (крупного заполнителя), песка (мелкого заполнителя) и различных добавок. Из-за этого качество цементобетонной смеси и получаемого из неё цементобетона напрямую зависит от свойств составляющих её материалов. На каждое свойство цементобетонной смеси и цементобетона есть по несколько различных методов его определения. Все методы делятся на две большие группы: стандартные – это те, которые зафиксированы в соответствующих нормативных документах, и оригинальные. Зачастую нестандартизованные методики позволяют быстрее получить искомые свойства цементобетона, чем тестированные методы.

На практике не все свойства составляющих цементобетонных смесей определяют, обычно выбирают наиболее значимые и их контролируют [3]. Для щебня и песка: влажность, зерновой состав и прочность, содержание пылеватых и глинистых частиц; цемента: сроки схватывания и прочность (изгиб, сжатие).

Материал и методы исследования

Качественный анализ производства цементобетонной смеси показал, что существует огромное количество внешних воздействий (факторов), которые могут оказать влияние на качество цементобетонной смеси. Общее число факторов – более 300, для удобства восприятия они были разделены на подгруппы, в которых были установлены причинно-следственные связи между факторами:

- 1) время – с течением времени будут протекать процессы гидролиза и гидратации в смеси, что и будет приводить к постепенному уменьшению осадки конуса – подвижности смеси;
- 2) материалы – учтено качество добавляемых материалов в смесь;
- 3) добавки – классифицированы качественные и количественные признаки, а также способ введения добавок в смесь;
- 4) производство – учтены качество перемешивания и технология приготовления, а также наличие ложного схватывания;
- 5) транспортировка смеси – рассмотрены все возможные факторы, которые могут повлиять на пластичность смеси при транспортировке её к месту бетонирования;
- 6) укладка смеси – перебраны различные способы укладки цементобетонной смеси;
- 7) перемешивание – учтены все возможные влияния составляющих смеси на подвижность смеси после перемешивания её в установке;
- 8) контроль осадки конуса – учтены все возможные действия после замера подвижности и выявления необходимости корректировки её после перемешивания (рис.1).



Рис. 1 Факторы (первичные и вторичные), влияющие на подвижность цементобетонной смеси (подгруппа «укладка смеси»)

С определением свойств готового цементобетона дело обстоит сложнее. Основные свойства, такие как: прочность (сжатие, изгиб), и для некоторых видов цементобетона, морозостойкость и водонепроницаемость, можно определить только после 28 суток твердения цементобетонной смеси. Поэтому оценить реальное качество материала к моменту передачи бетонной смеси потребителю не представляется возможным. Если определение морозостойкости и водонепроницаемости изначально относят к периодическим испытаниям, то испытания на прочность принято относить к приемочным.

Однако фактически определение прочности цементобетона в силу существенного запаздывания получения этого показателя по отношению к моменту отгрузки бетонных смесей потребителю также следует рассматривать как периодическое испытание, так как в соответствии с нормативными документами это испытание осуществляется в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией, «с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска», а никак не для оперативного подтверждения качества продукции на стадии ее отгрузки.

В то же время в соответствии с рядом нормативных документов [4] под приемосдаточными испытаниями фактически подразумеваются испытания, по которым возможно осуществить отгрузку потребителю произведенной продукции только после получения положительного результата. Положения, связанные с необходимостью оценки прочностных характеристик цементобетона, фактически противоречат требованиям п. 8.2.4. [4], где указано, что до завершения всех запланированных мероприятий по подтверждению качества выпуск продукции не должен осуществляться. Также имеются отклонения и сбои, приводящие к выпуску несоответствующей продукции. В этой ситуации становится важным своевременно оценить происходящее. Это позволит оперативно вмешаться в производственный процесс и, по возможности, предотвратить выпуск несоответствующей продукции. В соответствии с п. 8.3 [4] организация должна поступать с несоответствующей продукцией одним или несколькими из перечисленных способов: предпринимая действия по устранению обнаруженного несоответствия; санкционируя ее использование, переход к следующей стадии или приему, при наличии разрешения на отклонение от уполномоченных лиц или органов и потребителя; предпринимая действия с целью недопущения ее первоначально предполагавшегося использования или применения.

Ни один из указанных способов не может быть применен для бетонных смесей, так как факт обнаружения несоответствия может быть зафиксирован, когда материал уже уложен в конструкцию. В стандарте указано, что если несоответствующая продукция выявляется после поставки или начала ее использования, организация должна предпринять действия, соответствующие последствиям или потенциальным последствиям несоответствия. В процессе производства бетонных смесей имеется множество факторов, способных оказать влияние на их качество. Имеет место неизбежное изменение свойств исходных материалов, связанное с неоднородностью заполнителей по зерновому составу, влажности и иным показателям. Возможны отклонения в дозировке материалов, вариации температуры и другое. Нельзя исключать из рассмотрения субъективный фактор со стороны исполнителей.

Существенное отставание в сроках получения информации по результатам испытания бетонных смесей создает объективные предпосылки для «корректировки» в ряде случаев в сторону улучшения данных, заносимых в рабочий журнал. Связано это с тем, что лаборант осознает, что все равно исправить что-либо в большинстве случаев на основании полученной информации уже не представляется возможным, а создавать лишние трудности себе и своему предприятию не целесообразно. По этой причине создаются соблазны для корректировки данных. Следует отметить, что в российском законодательстве ответственность предусмотрена только за предоставление недостоверных результатов испытаний продукции, подлежащей обязательной сертификации, что никоим образом не распространяется на производство бетонных смесей, подлежащих исключительно добровольному подтверждению соответствия. Ответственность за проведение контроля качества продукции вообще не предусмотрена. Вскрыть факт отклонения показателей свойств от нормативных значений возможно лишь в процессе испытания готовых конструкций. Но норма отбора образцов при проведении контроля качества ничтожно мала. На эти результаты окажут влияние технология транспортировки, укладки и уплотнения бетонной смеси, условия твердения. Не всегда можно с уверенностью сказать, из какой партии уложена бетонная смесь в данном конкретном месте отбора. В связи с вышесказанным, для обеспечения долговечности цементобетона, а также оптимального расходования средств необходима иная система контроля качества материалов и работ.

Для оперативного предупреждения появления несоответствующей продукции необходимы ускоренные методы определения физико-механических характеристик цементобетона или косвенных характеристик, позволяющих оценить качество материала в сжатые сроки или практически мгновенно [5, 6].

Предлагается метод статистического экспресс-контроля качества приготовления цементобетонных смесей, основанный на оценке взаимного изменения долей случайных составляющих, наблюдаемых, влияющих и выходных параметров технологического процесса. В соответствии с рядом нормативных документов, в том числе стандартами серии ГОСТ Р ИСО 9000, под приемо-сдаточными испытаниями фактически подразумеваются испытания, только после получения положительного результата по которым, возможно осуществить отгрузку потребителю произведенной продукции. Согласно требованиям п. 8.2.4. ГОСТ Р ИСО 9001 до завершения всех запланированных мероприятий выпуск продукции не должен осуществляться.

Еще в середине прошлого века французский ученый Роберт Лермит указывал, что в связи с тем, что контроль за качеством цементобетона осуществляется уже на отвердевшем

материале в лучшем случае через 7 суток после приготовления цементобетона, чаще же всего – спустя 28 суток, «практическое значение результатов таких испытаний обесценивается уже тем, что они получаются с запаздыванием и поэтому теряют свое оперативное значение» [3]. Существенное отставание в сроках получения информации по результатам испытания цементобетонных смесей создает объективные предпосылки для «корректировки» в ряде случаев в сторону улучшения данных, заносимых в рабочий журнал. Связано это с тем, что лаборант осознает, что все равно исправить что-либо в большинстве случаев на основании полученной информации уже не представляется возможным, а создавать лишние трудности себе и своему предприятию не целесообразно. По этой причине, как указано в ГОСТ Р ИСО 5725-2, «создаются соблазны для корректировки данных». На многих цементобетонных заводах, где работают опытные лаборанты, истинные результаты сохраняются в «черном» журнале и соответствующим образом анализируются. Во многих случаях истинные значения исчезают.

Во многих лабораториях цементобетонных заводов пользуются ускоренными методами оценки физико-механических показателей. Однако в силу того, что официального статуса эти методики не имеют, результаты, по ним полученные, носят чисто ориентировочный характер. В ряде лабораторий данные, получаемые в ходе ускоренных испытаний, заносятся в рабочий журнал как приемо-сдаточные. В некоторых лабораториях дополнительно, помимо ускоренных, проводят испытания по стандартной методике. Следует отметить, что в российском законодательстве (п.2 статьи 18.19 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях) ответственность предусмотрена только за предоставление недостоверных результатов испытаний продукции, подлежащей обязательной сертификации, что не распространяется на производство цементобетонных смесей, подлежащих исключительно добровольному подтверждению соответствия. Ответственность за проведение контроля качества продукции вообще не предусмотрена.

В качестве иного подхода к этому можно отметить опыт Германии, где за утаивание результатов испытаний, их фальсификацию следует уголовная ответственность с наказанием от трех до пяти лет тюремного заключения.

Для оперативного предупреждения брака необходимы оперативные ускоренные методы определения и управления качеством физико-механических характеристик цементобетонных смесей. Такие методы были предложены еще в середине прошлого века, однако не были реализованы при разработке ныне действующих нормативно-технических документов. Официальная причина этого – отсутствие корреляции между стандартными и ускоренными методами испытания [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Экспресс-метод определения механических свойств должен отвечать следующим требованиям: получение результата в кратчайшие сроки (в течение 1 мин) после производства цементобетонной смеси в конкретном замесе; обеспечение необходимой точности и стабильности результатов испытаний (воспроизводимость и сходимость по отношению к стандартному методу); возможность реализации предлагаемых методов на базе имеющегося в лаборатории оборудования.

Повысить объективность получаемой информации, фиксируемой в документах лаборатории, возможно путем массового внедрения в практику работы заводских лабораторий различного вида контрольных карт. Это обеспечивает возможность не только визуальной оценки хода процесса, но и оценку стабильности процесса на основе многочисленных статистических критериев, сигнализирующих о возможном разладе процесса. Кроме того, на основе построения контрольных карт возникает реальная возможность прогнозирования параметров продукции, не дожидаясь получения фактических результатов лабораторных исследований. Это является крайне актуальным в частности для бетонных смесей, большинство результатов испытаний которых могут быть получены с существенной задержкой.

Существенно повысить качество в строительстве, в том числе, в дорожном, реально возможно, обеспечивая надежность и объективность результатов, получаемых в лабораториях и фиксируемых в рабочих журналах, за счет организации регулярных межлабораторных испытаний. Предлагается метод статистического экспресс-контроля качества приготовления цементобетонных смесей, основанный на оценке взаимного изменения долей случайных составляющих, наблюдаемых, влияющих и выходных параметров технологического процесса. Предполагается для анализа числовых рядов входных, технологических и возмущающих факторов и параметров различной природы, а также для анализа различных показателей выходных параметров качества использовать методический подход Невельсона-Катковника [7], основанный на выделении из числового ряда детерминированной, коррелированной и собственно случайной составляющих. В соответствии с этим подходом принимается, что доли детерминированной, коррелированной и собственно случайной составляющих входных факторов будут определять свои доли детерминированной, коррелированной и собственно случайной составляющих выходных параметров качества цементобетонной смеси.

Предлагается регистрировать факт изменения доли и абсолютного значения случайных составляющих входного и выходного параметров процесса приготовления

цементобетонных смесей и на основе этого регистрировать отклонение процесса от стабильного и устойчивого состояния. Измерения наблюдаемых параметров были проведены типовыми средствами измерения, основанными на различных физических принципах [2, 5].

Заключение

Это дает возможность в качестве критерия контроля качества приготовления цементобетонной смеси рассматривать изменение отношения дисперсий входа и выхода, а также значимое изменение долей указанных составляющих.

Список литературы

1. Васильев Ю. Э. Регулярные межлабораторные испытания / Ю. Э. Васильев, В. Д. Шляфер // Наука и техника в дорожной отрасли. – № 2. – 2006. – С. 6-7.
2. Кочетков А. В. Обоснование необходимости введения и идентификации комплексной марки или класса бетона / Н. В. Раппопорт, П. Б. Раппопорт, Ю. Э. Васильев, А. В. Кочетков // Строительные материалы. – 2010. – № 6. – С. 22-31.
3. Лермит Р. Проблемы технологии бетона: Пер. с фр. / Под ред. и с предисл. А. Е. Десова. Изд. 3-е. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 296 с.
4. Рекомендации по ускоренному определению средней плотности, водонасыщения и набухания асфальтобетона. – Мн., 1990. – 16 с.
5. Сопротивление железобетонных конструкций воздействию хлоридной коррозии и карбонизации // А. Н. Маринин, Р. Б. Гарибов, И. Г. Овчинников. – Саратов: Изд-во РАТА, 2008. – 260 с.
6. Ускоренные методы испытаний дорожно-строительных материалов. Союздорнии. Информационное письмо № 91. – М.: Автотрансиздат, 1957. – 56 с.
7. Чванов А. В. Нормирование макрошероховатых дорожных покрытий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград: ВолГАСУ, 2010. – 20 с.

Рецензенты:

Овчинников Игорь Георгиевич, д.т.н., профессор, академик транспорта Российской академии транспорта, профессор кафедры «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета, г. Саратов.

Кадыров Жаннат Нургалиевич, д.т.н., профессор, академик Метрологической академии (Россия), профессор Казахского автомобильно-дорожного института, г. Алматы.