В.В. Тур, Э. Щыгельска

КОНТРОЛЬ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

**(Комментарий к положениям EN 206:2013
«Бетон – требования, свойства,
производство и соответствие»)**

Минск
«Медиагруппа «АРТ Престиж»
2015

УДК [691.32:620.173]: 658.562.

ББК 38.33

T86

Авторы:

В.В. Тур (предисловие, введение, главы 1, 2, 3, 4, 5),

Э. Щыгельской (Elzbieta Szczugielska) (главы 3, 4)

Под редакцией проф., док-ра техн. наук В. В.Тура

Рецензенты:

заслуженный деятель науки и техники,

доктор технических наук, профессор Т. М. Пецольд;

доктор технических наук, профессор В. В. Бабицкий.

Тур В. В.

T86

Контроль соответствия прочности бетона на сжатие: (комментарий к положениям EN 206:2013 «Бетон – требования, свойства, производство и соответствие») / В. В. Тур., Э.Щыгельска – Минск : Медиа-группа «АРТ Престиж», 2015. – 120 с.

ISBN 978–985–90278–6–4.

В книге содержатся краткие комментарии к положениям EN 206:2013 «Бетон – требования, свойства, производство и соответствие», касающиеся, главным образом, оценивания соответствия прочности бетона на сжатие.

Рассмотрены вопросы, связанные с разделением ответственности между участниками строительного процесса (проектировщиком или спецификатором, изготовителем и потребителем бетона), требования и правила составления спецификации на бетон, правила и критерии оценивания соответствия прочности бетона по вновь внесенным методам А, В, С, включая правила применения контрольных карт в названной процедуре. Включены примеры, иллюстрирующие процедуру оценивания соответствия по трем методам, установленным EN 206:2013.

УДК [691.32:620.173]: 658.562.

ББК 38.33

ISBN 978–985–90278–6–4.

© Тур В.В., Щыгельска Э., 2015

© Оформление. ООО «Медиагруппа
«АРТ Престиж», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Организация процедуры статистического контроля соответствия прочности бетона на сжатие	12
1.1. Контроль соответствия прочности бетона как составная часть производственного контроля	12
1.2. Контроль качества бетона по выборочным планам	14
1.3. Взаимоотношения между участниками строительного процесса, связанными с производством бетона и его применением в конструкциях	15
1.4. Спецификация бетона	17
1.5. Что должен изготовитель бетона	19
1.6. Категории затрат, связанных с управлением качеством	22
Глава 2. Статистические критерии, применяемые для оценивания соответствия прочности бетона на сжатие	24
2.1. Характеристическая прочность бетона на сжатие	24
2.2. Критерии соответствия, основанные на интервальном оценивании квантилей	28
2.2.1. Определение квантиля распределения порядка r	28
2.2.2. Интервальная оценка квантилей	28
2.3. Байесовское оценивание	31
2.3.1. Оценивание квантилей. Процедура оценивания квантилей	31
2.4. Критерии соответствия, устанавливаемые с помощью операционных функций (функций ОС)	32
2.4.1. Определение функции ОС	32
2.4.2. Процедуры получения кривых ОС. Приемочные критерии – решение о соответствии или несоответствии	34
2.5. Аналитические основы критериев соответствия	37
2.5.1. Одинаковые критерии соответствия	37
2.5.2. Двойные или составные критерии соответствия	39
Глава 3. Контроль соответствия прочности бетона на сжатие согласно EN 206:2013	43
3.1. Область применения стандарта EN 206	43
3.2. Термины и их определения, принятые в EN 206 при оценивании соответствия прочности	43
3.3. Начальное и непрерывное производство	46
3.4. Семейства бетонов	47
3.5. Отбор проб для изготовления контрольных образцов	51
3.6. Необходимое число единичных результатов за оценочный период	55
3.7. Требования к однородным условиям производства (uniform conditions)	56
3.8. Критерий соответствия прочности бетона на сжатие	58
3.9. Порядок действий при оценивании соответствия прочности бетона на сжатие	59
3.10. Требуемое (целевое) значение средней прочности бетона на сжатие	64
3.11. Контроль соответствия прочности бетона на растяжение при раскалывании	68
3.12. Испытания и оценивание идентичности	70
3.12.1. Испытания и оценивание идентичности прочности бетона на сжатие	70

Глава 4. Применение контрольных карт для оценивания соответствия прочности бетона на сжатие в рамках новых требований EN 206:2013	74
4.1. Общие требования EN 206:2013, касающиеся применения контрольных карт для оценки соответствия прочности на сжатие (метод С)	75
4.2. Контрольные карты. Общие положения	75
4.3. Простые карты данных (<i>simple data charts</i>)	77
4.4. Контрольные карты Шухарта (<i>Shewhart chart</i>)	79
4.4.1. Основы контрольных карт Шухарта	79
4.4.2. Контрольные карты Шухарта применительно к контролю прочности бетона на сжатие	81
4.4.2.1. Конструирование контрольной карты Шухарта	81
4.4.2.2. Критерии, определяющие необходимость выполнения корректирующих действий	82
4.4.2.3. Контроль стандартного отклонения	84
4.4.3. Модифицирование контрольных карт Шухарта для проверки соответствия прочности бетона на сжатие согласно EN 206:2013	84
4.5. Контрольные карты кумулятивных сумм – CUSUM (<i>CUSUM control chart</i>)	88
4.5.1. Общие положения	88
4.5.2. Требования к контрольным картам CUSUM в соответствии с EN 206:2013	89
4.5.3. Правила построения и применения контрольных карт CUSUM	92
4.5.3.1. Мониторинг средней прочности (карты CUSUM-M)	92
4.5.3.2. Мониторинг стандартного отклонения (карты CUSUM-R)	93
4.5.3.3. Мониторинг корреляции между проектной (прогнозируемой) и фактической прочностями меры бетона (CUSUM-C)	95
4.5.3.4. Подготовительные работы, необходимые для выполнения контроля соответствия методом кумулятивных сумм	97
4.5.3.5. Вычерчивание графиков CUSUM	98
4.5.4. Оценивание трендов	98
4.5.5. Проектирование шаблонов-масок CUSUM (<i>CUSUM-masks</i>)	99
4.5.6. Порядок применения шаблонов-масок CUSUM	100
Глава 5. Некоторые критические замечания к процедуре и критериям оценивания соответствия для этапа начального производства	106
5.1. Анализ критериев соответствия EN 206, применяемых для оценивания начального производства (метод А)	106
5.2. Правила и критерии оценивания прочности бетона на сжатие согласно ГОСТ 18105-2010 (EN 206-1:2000; NEQ)	111
5.2.1. Общая характеристика правил контроля по стандарту	111
5.2.2. Критерии оценивания прочности бетона на сжатие	112
5.2.3. Анализ критериев оценивания прочности бетона на сжатие согласно ГОСТ 18105-2010 с помощью операционных кривых	114
Литература	121

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технический регламент ТР 2009/013ВУ [1], гармонизированный с положениями Директивы 89/106/ЕС, устанавливает обязательное декларирование соответствия произведенной строительной продукции, в частности строительных материалов и изделий, существенным требованиям безопасности, содержащимся в этом документе.

Применительно к оцениванию свойств бетона и декларирования их соответствия имеет место парадоксальная ситуация: поставляя бетонную смесь, изготовитель обязан декларировать, а, собственно, далее и гарантировать достижение соответствия свойств затвердевшего бетона, для которого существенным свойством по требованиям безопасности является его прочность на сжатие.

В такой ситуации оценивание соответствия прочности бетона на сжатие с целью его подтверждения или отклонения выполняют в режиме *off-line* только для некоторого завершенного периода производства, который согласно [2, 3] определен как **оценочный период**.

По результатам такого оценивания делают заключение о соответствии или несоответствии декларированных свойств существенным требованиям спецификации, а собственно, и технического регламента.

В настоящее время документом, устанавливающим требования к бетону, является EN 206:2013 «Бетон – требования, свойства, производство и соответствие» (EN 206:2013 Concrete – specification, performance, production and conformity), введенный взамен EN 206-1:2002 (СТБ EN 206-1).

В общем случае стандарт EN 206 [2] устанавливает требования, касающиеся:

- заполнителей бетона;
- составов бетонной смеси;
- свойств бетонной смеси (свежего бетона), затвердевшего бетона и их сертификации;
- спецификации бетона;
- доставки бетонной смеси;
- процедур производственного контроля;
- критериев соответствия и методов оценивания соответствия.

В соответствии с требованиями раздела 9.1 EN 206 [2] *«все производимые бетоны должны быть подвергнуты процедуре производственного контроля (англ. production control), ответственность за который несет изготовитель»*.

Производственный контроль включает все мероприятия, необходимые для поддержания свойств бетона в соответствии с требованиями, установленными спецификацией. Согласно п. 9.3 EN 206 [2] производственный контроль охватывает:

- выбор составляющих материалов;
- проектирование состава бетонной смеси;
- производство бетона;
- проверки и испытания;
- использование результатов испытаний, касающихся составляющих, собственно бетонной смеси, затвердевшего бетона;
- проверки (поверку) оборудования;
- в уместных случаях – проверки оборудования для транспортировки бетонной смеси;
- контроль соответствия согласно п. 8 EN 206.

Как видно, в концепции стандарта EN 206 [2] контроль соответствия является составной (интегральной) частью производственного контроля.

Из всего комплекса мероприятий производственного контроля процедура оценивания соответствия имеет главной целью защиту рынка от поставки бетона несоответствующего качества, а не определение корректирующих действий, влияющих на технологический процесс производства бетона.

Как было указано выше, в 2013 г. взамен EN 206-1 [3] (СТБ EN 206-1) был введен EN 206:2013, ряд положений которого существенно отличаются от тех, которые содержались в ранее действовавшей версии стандарта.

Положения названного стандарта, содержащиеся как в актуальной, так и в прежних версиях, являются во многом новыми для пользователя, главным образом изготовителя бетона, и требуют более детальных комментариев. Это относится как к положениям, касающимся разделения ответственности между участниками строительного процесса, так и собственно к процедуре оценивания соответствия основного свойства затвердевшего бетона – прочности на сжатие.

В комментариях подробно рассмотрены как традиционные, так и относительно новые методы оценивания соответствия прочности бетона на сжатие (метод С) с применением контрольных карт Шухарта и CUSUM.

При этом применение контрольных карт дает возможность не только выполнить оценивание соответствия, но и осуществлять текущий контроль производственного процесса в процедуре *on-line*, отслеживая потенциальную возможность выхода системы из состояния статической управляемости.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность: Технологический регламент Республики Беларусь, ТР 2009/013/ВУ. – Минск, Госстандарт, 2012. – 21 с.

[2] EN 206:2013 Concrete – Specification, performance, production and conformity (EN 206:2013 Бетон – требования, свойства, производство и соответствие) – CEN, December, 2013. – 93 p.

[3] EN 206-1:2000. Concrete – performance, production and conformity. – CEN, 2000 (СТБ EN 206-1:2000. Бетон. Часть 1: Требования, свойства, производства и соответствие; IDT).

[4] ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности (EN 206-1:2000; NEQ). – Госстандарт РБ, 2010. – 11 с.

[5] CEB/CIB/FIP/RILEM: Recommended principles for the control of quality and the judgment of acceptability of concrete. Materials and structures, vol. 8, N 47, 1975. – p. 387–403.

[6] Бетонные и железобетонные конструкции / Министерство архитектуры и строительства РБ: СНБ 5.03.01-02. – Введ. 1.07.03. – Минск, РУП «Минсктиппроект», 2003. – 140 с.

[7] Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1:2009 Еврокод 2. – Введ. 01.01.10. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 207 с.

[8] Основы проектирования конструкций: ТКП EN 1990:2004, Еврокод. – Введ. 01.01.2012. – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 140 с.

[9] ACI 214R-02: Evaluation of strength test results of concrete. – Reported by ACI Committee 214 ACI 214R-1.

[10] СТБ 1544 Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2005. – 17 с.

[11] ISO 2394:1998: General principles on reliability for structures (СТБ ISO 2394:1998 Общие принципы обеспечения надежности конструкций: IDT).

[12] ISO 12491 Statistical methods for quality control of building materials and components (СТБ ISO 1249:1997 Статистические методы контроля качества строительных материалов и изделий).

- [13] ISO 3893:1997 Concrete – Classification by compressive strength.
- [14] ISO 3534-2:2002. Statistics. Terminology and symbols. Part 1: General terms in assessment of the probability and statistics.
- [15] Бруссер М. И., Дорф В. А., Малиновский А. Г. и др. Новая система стандартов на правила контроля прочности бетонов // Бетон и железобетон, № 4, 1984. – с. 32–33.
- [16] Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- [17] Тур В. В., Дереченник С. С., Дереченник А. С. О применении критериев соответствия прочности бетона согласно СТБ EN 206-1:2000 // Проблемы современного бетона и железобетона. Сб. научн. трудов БелНИИС, 2012. – с. 152–177.
- [18] Тур В. В., Дереченник С. С., Щигельска Е. Статистический контроль прочности бетона на сжатие в соответствии с требованиями EN 206-1:2000 и ГОСТ 17105-2010 (EN 206-1:2000; NEQ). – Вестник БрГТУ, Строительство и архитектура, № 1 (76), 2014. – с. 113–136.
- [19] Skrzypczak I. Analiza kryteriów oceny jakości betonu oraz ich wpływu na ryzyko producenta i odbiorcy. – Oficyna Wydawnicza Politechniki Przeszowskiej. – Przeszow, 2013. – 165 p.
- [20] Brunarski L. Podstawy matematyczne kszytałowania kryteriów zgodności wytrzymałości materiałów. – ITB, Warszawa, 2009.
- [21] Brown B. V., Gibb I. Appraisal of the EN 206-strength conformity proposals for initial and acceptance testing. – CEN TC/104/SC1/TG3. – 1994.
- [22] Gibb I., Hariison T. Use of control charts in the production of concrete. – ERMCO, October, 2010.
- [23] Taerwe L. Evaluation of compound compliance criteria for concrete strength. – RILEM, Materials and Structures, vol. 20, 1978. – pp. 13–20.
- [24] Beal A. N. Concrete strength testing – are the code writers getting it right? – The Structural Engineer, № 87 (10), 2009. – p. 73.
- [25] Caspeeel R., Sykora M., Taerwe L. Influence of equality control of concrete on structural reliability: assessment using a Bayesian approach. Materials and Structures: RILEM 2013. – p. 1–12.
- [26] Brunarski L. Kriteria zgodności wytrzymałości charakterystycznej materiałów budowlanych w narmach PN–WN–ISO // Prace instytutu techniki budowlanej – kwartalnik, № 4)124=, 2002. – p. 15–41.
- [27] Holický M., Vorliček M. Fractile estimation and sampling inspection in building. – Acta Politechnika, CVUT, Praha, vol. 32, nr. 1, 1992. – 87–96.
- [28] Rackwitz R. Predictive distribution of strength under control. Materials and Structures, № 16 (94), 1983. – p. 259–287.
- [29] JCSS. Probablistic Model Code. Part 3. Resistance models, 10, October, 2000.

- [30] Gulvanessian H., Calgaro J.-A., Holicki M. Designer's Guide to EN 1990 / Tomas Telford Publishing, London E145D, 2002. – 182 p.
- [31] Crompton S., Conformity to EN 206–1. Annual Convention Symposium: papers presented 2001, The Institute of Concrete Technology, Yearbook 2001–2002. – p. 35–53.
- [32] Szczygielska E., Tur V. Kriterium zgodności wytrzymałości betonu na ściskanie / Budownictwo i Architectura, vol. 12 (3), 2013. – s. 223–230.
- [33] Harrison T. A., Cropton S., Eastwood, ect. Guidance on the application of the EN 206–1 conformity rules. Quarry Products Association, April, 2001. – 89 p.
- [34] British Standard Institution. Concrete – complementary British Standard to BS EN 206–1:2000. Part 2. BS 8500–2, March 2001. – p. 35.
- [35] Błaty H. (1973) Sampling inspection plan and operating characteristics for concrete (1977). Deutscher ausschuss für stahlbeton (233). – 1973.
- [36] Caspeele R. (2010) Probabilistic Evaluation of Conformity Control and the Use of Bayesian Updating Techniques in the Framework of Safety Analysis of Concrete Structures. PhD thesis, Ghent University, Ghent, Belgium. – 129 p.
- [37] Caspeele R., Taerwe L. (2011) Variance reducing capacity of concrete conformity control in structural reliability analysis under parameter uncertainties. W: Application of Statistics and Probability in civil Engineering. – Faber, Kohler. – s. 2509–2516.
- [38] Bajorek G., Golda A. in.: Podręcznik SPBT do znowelizowanej normy PN+EN 206:2014+04 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. SPBT, Kraków, 2014.
- [39] Czarnecki L., Brunarski L. i in.: Beton według normy PN+EN 206+1 – komentarz. Polski Cement i PKN, Kraków, 2004.
- [40] Gareth D.: Guide to Changes in BS EN 206:2013, AMICT, August 2014.
- [41] Caspelle R., Taerwe L.: Combined production and conformity control of concrete with acceptance CUSUM controls charts. ACI Materials Journal, 2010, pp. 20–26.
- [42] Caspelle R., Van Coile R., Taerwe L.: Influence of new CUSUM based conformity inspection scheme for EN 206–1 on the safety level of concrete structures. 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 ESREL 2012). Curran Associates, 2012, pp. 1640–1650.

Производственно-практическое издание

ТУР Виктор Владимирович
ЩЫГЕЛЬСКА Эльжбета

КОНТРОЛЬ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

Комментарий к положениям EN 206:2013 «Бетон – требования,
свойства, производство и соответствие»)

Редактор Н.В. Емельянова
Компьютерная верстка Н.М. Перелечко
Корректор И.А. Воронцова

Подписано в печать 01.07.2015. Формат 60x84/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 7,5. Уч.-изд. л. 6,2.
Тираж 50 экз. Заказ №121834

ООО «Медиагруппа «АРТ Престиж».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/462 от 18.03.2015.
Ул. Чернышевского, 10а-806, 220012, г. Минск.

ЧПТУП «Колорград».
220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5-904
www.segment.by