

Контроль качества железобетонных конструкций при обследовании зданий

Quality control of the reinforced concrete structures when inspecting buildings

студент Чернуха Никита Антонович
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
+7 (906) 225 2579, nikitass91@gmail.com
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Student Nikita Antonovich Chernukha
Saint-Petersburg State Polytechnical University
+7 (906) 225 2579, nikitass91@gmail.com
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: контроль качества, железобетонные конструкции, этапы технического обследования, инструментальное обследование, прочность бетона на сжатие, параметры армирования.

В статье рассматривается актуальная проблема оценки категории технического состояния зданий и сооружений послевоенных лет застройки и реконструкции.

Описаны задачи, возникающие на различных этапах инженерно-технического обследования. Проведен сравнительный анализ существующих методов контроля железобетонных конструкций. Изучено распределение и оценена достоверность результатов испытаний бетона железобетонных конструкций методом упругого отскока различными приборами.

В заключение, обоснована необходимость применения и совершенствования оборудования неразрушающего контроля.

Key words: quality control, aboveground reinforced concrete structures, the stages of technical inspection, instrumental technical inspection, concrete strength at compression, parameters of reinforcement.

This article presents the relevance of the evaluation of technical condition category when inspecting constructions, built in the second half of the 20th century. One of the tasks, arising at the stage of instrumental technical inspection, is determination of strength characteristics of materials for further testing calculation.

Applying to reinforced concrete structures, it is necessary to determine the concrete strength at compression and parameters of reinforcement. In the theoretical part of the study the main issue was the comparative analysis of the existing control methods of the aboveground reinforced concrete structures. In the empirical part of the study the main concern was finding out the reliability of the test results, received with the use of elastic rebound method by different tools.

The results of the study indicated that there is the necessity of application and improvement of non-destructive control equipment.

1. Введение

В послевоенные годы в целях восстановления производственных мощностей осуществлялась реконструкция заводов и фабрик [1, 2], как правило, без учета нормативной и разработки проектно-технической документации и с применением строительных материалов ненадлежащего качества. Некоторые из данных объектов до сих пор находятся в эксплуатации, хотя срок службы конструкций давно истек и капитальный ремонт не проводился. Таким образом, актуальной проблемой становится оценка категории технического состояния этих сооружений. По мере физического износа [3], истечения срока службы [4] строительных конструкций или иным причинам, требующим определения категории технического состояния [5], проводится обследование конструкций и объекта в целом.

2. Этапы инженерно-технического обследования

В инженерно-техническом обследовании принято выделять несколько этапов, на которых решаются различные по специфике и сложности задачи [6]. Этапы инженерно-технического обследования представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Этапы инженерно-технического обследования

На подготовительном этапе обследования осуществляется сбор проектно-технической и эксплуатационной документации об объекте, определяется его конструктивная схема, составляется программа обследования. Основной целью подготовительного этапа является ретроспективный анализ изменения технического состояния сооружения и выявление факторов, способствующих этому изменению [7].

При визуальном обследовании объекта уточняется конструктивная схема, производится описание конструктивных элементов сооружения, определяется соответствие конструкций проектной и нормативной документации, осуществляется визуальное освидетельствование конструкций с целью обнаружения видимых и скрытых дефектов и повреждений с составлением дефектных карт и ведомостей. На данном этапе необходимо выявить дефекты и повреждения конструкций [8], которые могут повлиять на несущую способность и дальнейшую безаварийную эксплуатацию сооружения в целом.

На этапе детального инструментального обследования проводится анализ причин возникновения дефектов и повреждений, выявленных при визуальном освидетельствовании, производится обмер основных несущих конструкций, решаются задачи по определению действительных характеристик материалов и конструктивных особенностей объекта с целью проведения дальнейшего поверочного расчета его элементов и сооружения в целом. Для решения последней задачи на этапе детального инструментального обследования, согласно [9], предусмотрено определение геометрических параметров и фактических характеристик материалов основных несущих строительных конструкций и их элементов.

В XX веке железобетон становится широко распространенным строительным материалом для зданий и сооружений энергетического, промышленного и гражданского назначения. В случае обследования железобетонных конструкций требуется выявить следующие параметры:

- отклонения геометрических параметров от проектных значений;
- ширину и глубину раскрытия трещин в конструкциях;
- фактическую прочность бетона конструкций;
- толщину защитного слоя и расположение арматуры, ее класс и диаметр.

Геометрические параметры железобетонных конструкций (колонн, стен, балок, плит), такие, как поперечные размеры сечений, отклонения осей элементов от вертикали и разбивочных осей, крен, уклоны поверхностей, могут быть точно и достоверно определены с применением средств геодезического контроля строительства [10].

Величины раскрытия трещин [11], прочностные характеристики бетона конструкций [12, 13] и параметры их армирования на современном этапе могут быть выявлены различными способами и методами, описанными в нормативной и справочной литературе [8].

3. Определение прочности бетона

Фактическая прочность бетона конструкций может устанавливаться различными методами [14, 15].

Классический метод определения прочности бетона по образцам [16], отобранным из обследуемых конструкций, позволяет достоверно определить прочность бетона конструкций на сжатие в лабораторных условиях. Отбор образцов требуется осуществлять специальными алмазными бурами или коронками после визуального осмотра конструкций и выявления зон, где изъятие образцов не приведет к потере несущей способности или нарушению схемы работы обследуемой конструкции. Это условие, а также требование к размерам и степени точности изготовления образцов [16], значительно увеличивает время проведения работ от стадии осмотра конструкции до этапа статистической обработки лабораторных результатов испытания образцов и установления фактических прочностных характеристик бетона конструкций, необходимых для дальнейшего поверочного расчета. Причем следует отметить, что для проведения испытаний образцов бетона требуется наличие дорогостоящего оборудования, а в случае его отсутствия необходимо привлечение специализированных организаций, что резко увеличивает стоимость проведения лабораторных испытаний, сроки и стоимость обследования [17].

При дальнейшей классификации методов определения прочности бетона конструкций принято выделять прямые методы неразрушающего контроля конструкций или методы местных разрушений, к которым относятся методы отрыва, отрыва со скалыванием и скалывания ребра. Такие методы позволяют наиболее точно и достоверно определять реальные прочностные характеристики бетона конструкций в связи с тем, что определяется не поверхностная прочность бетона, а например, в случае метода отрыва со скалыванием прочность бетона на глубине забивки анкера, определяющаяся типом и маркой используемого прибора. Приборы местных разрушений, основанные на методах скалывания ребра и отрыва со скалыванием (например, ПОС-30МГ4 «Скол», СКБ Стройприбор, Челябинск), дают результаты испытаний, близкие к полученным традиционными лабораторными методами, и значительно сокращают трудозатраты, что позволяет им быть наиболее востребованными и выступать в качестве эталонных для косвенных методов неразрушающего контроля [14, 16].

К косвенным методам неразрушающего контроля относят методы упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса [18] и ультразвуковой [19] метод. При использовании отдельных механических и ультразвуковых методов искомая величина находится посредством определения косвенной характеристики материала (величина отскока бойка, размер отпечатка, энергия удара, скорость прохождения волн). Переход от косвенной характеристики к фактической прочности бетона оказывает значительное влияние на достоверность результатов испытаний. К примеру, при использовании механических методов неразрушающего контроля на результаты испытаний оказывает сильное влияние свойства поверхности обследуемой конструкции, а при ультразвуковом обследовании необходимо учитывать плотность и влажность бетона [20, 21].

4. Установление схем армирования железобетонных конструкций

Толщину защитного слоя и расположение арматуры определяют приборами неразрушающего контроля, основанными на магнитном методе [22]. Такие приборы (например, ИПА-МГ4) позволяют установить параметры армирования с точностью 1-2 см для «простых» конструкций (стен, колонн). Однако при многорядном и «густом» армировании конструкций погрешности значительно возрастают.

Более прогрессивными в этом направлении считаются рентгеновский метод [23-25] и метод ультразвуковой томографии и георадиолокации [26, 27], однако в связи с высокой стоимостью оборудования и потребностью в высококвалифицированных специалистах в нашей стране данные методы широкого распространения не получили. Таким образом, наиболее достоверным остается метод контрольных вскрытий конструкций, позволяющий не только визуально оценить состояние арматуры, но и замерить защитный слой и диаметры арматуры.

При определении класса арматуры обследователь сталкивается с проблемой невозможности однозначной идентификации класса по внешним признакам (в случае вскрытия) и химическому составу и марки стали арматуры (методом спектрального анализа) [28]. К тому же классические методы испытаний [29] в случае отбора образцов арматуры являются весьма трудоемкими. В связи с этим класс арматуры при решении задач обследования устанавливается с применением приборов твердомеров (например, МЕТ-УД, ООО Центр «МЕТ»), основанных на методе ультразвукового контроля. Линейная зависимость между твердостью по Бринеллю и временным сопротивлением стали [28] делает данный метод достоверным при решении задачи определения класса арматурной стали, а не действительного временного сопротивления.

5. Постановка задачи

В настоящее время наиболее распространенными и доступными становятся приборы неразрушающего контроля, позволяющие определить прочность бетона и параметры армирования без лишних затрат труда и времени. К тому же остро поднят вопрос о разработке и введении новых норм, близких к европейским [30]. Относительно недавно вступил в силу ГОСТ 18105-2010, в котором Научно-исследовательский институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (НИИЖБ) предлагает в качестве основного способа контроля прочности бетона метод неразрушающего контроля. Тем самым актуальной становится проблема обеспечения достоверности результатов таких испытаний.

Целью поставлена оценка достоверности прямых и косвенных методов неразрушающего контроля бетона, выявления преимуществ и недостатков их использования при инженерно-техническом обследовании зданий и сооружений. Для достижения указанной цели в рамках инженерно-технического обследования каркасного промышленного здания были решены следующие задачи:

- анализ архивной проектно-технической и эксплуатационной документации с целью определения конструктивных схемы и особенностей объекта обследования;
- визуальное освидетельствование строительных конструкций, в том числе монолитных железобетонных;
- детальное инструментальное освидетельствование монолитных железобетонных конструкций, включающее определение фактической прочности бетона конструкций на сжатие.

6. Ход испытаний и оценка результатов

В ходе обследования проводились испытания монолитных железобетонных колонн с известными проектными классом прочности бетона и параметрами армирования различными приборами неразрушающего контроля. При испытаниях бетона использовались следующие приборы неразрушающего контроля:

- склерометр ОМШ-1;
- молоток SilverSchmidt PC тип N (Proceq SA, Швейцария);
- ПОС-30МГ4 «Скол» (СКБ Стройприбор, Челябинск).

В качестве эталонного использовался метод отрыва со скалыванием, реализуемый прибором ПОС-30МГ4 (СКБ Стройприбор, Челябинск). На основании проведенных испытаний на 5 контролируемых участках прямым методом неразрушающего контроля выявлен бетон класса В25, что подтверждается проектно-технической и эксплуатационной документацией объекта обследования.

Распределение результатов испытаний монолитных железобетонных колонн представлено на рисунке 2.

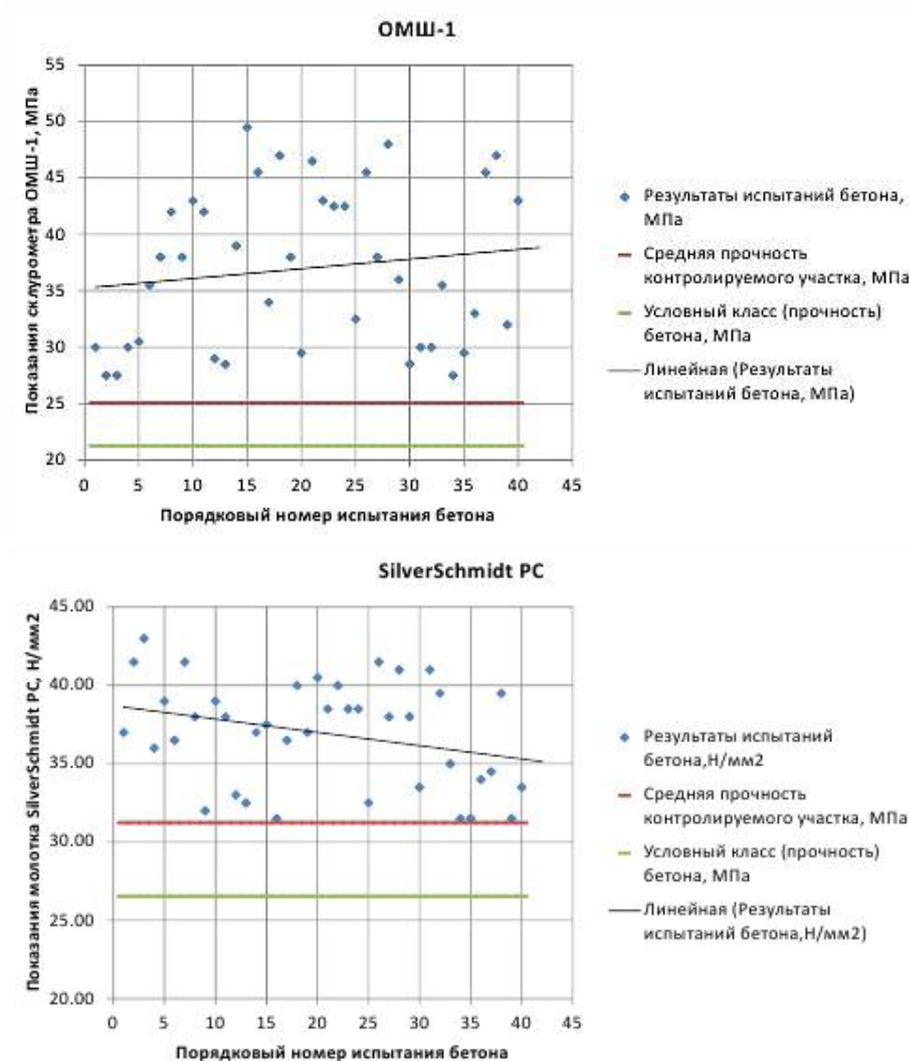


Рисунок 2. Распределение результатов испытаний бетона приборами OMШ-1 и SilverSchmidt PC

При камеральной обработке результатов детального инструментального освидетельствования конструкций проведен анализ результатов испытаний бетона монолитных железобетонных колонн, по результатам анализа сделаны выводы.

Коэффициент вариации при испытании бетона склерометрическим методом с применением прибора OMШ-1 достигает 20%, а для испытаний молотком SilverSchmidt PC тип N (Proceq SA, Швейцария) составил 9%.

Значительный разброс результатов испытаний бетона колонн в случае применения склерометра OMШ-1 на стадии статистической обработки приводит к искусственному занижению условной прочности (класса) бетона на сжатие обследуемой конструкции. Данное обстоятельство становится причиной недостоверной оценки фактической прочности бетона конструкции, невозможности установления равномерности или неравномерности распределения прочностных свойств и определения действительного класса бетона при использовании прибора OMШ-1.

Применение молотка SilverSchmidt PC позволяет с достаточной степенью точности оценить равномерность или неравномерность распределения прочностных свойств бетона в железобетонных конструкциях, однако фактическая прочность и класс бетона обследуемых конструкций следует определять, применяя приборы местных разрушений.

7. Выводы

1. Для безопасной эксплуатации зданий и сооружений послевоенного периода застройки и реконструкции требуется проведение инженерно-технического обследования и установления категории технического состояния.

2. Для определения фактической прочности бетона без больших трудозатрат и наиболее достоверно следует использовать приборы, основанные на прямых методах неразрушающего контроля (отрыв со скалыванием или скалывание ребра).

3. Использование молотка SilverSchmidt PC (Proceq, Швейцария) обеспечивает достаточную точность для оценки равномерности или неравномерности распределения прочностных свойств бетона в обследуемых конструкциях.

4. С целью уменьшения затрат времени и труда при определении фактических прочностных характеристик бетона следует совместно применять приборы, основанные на прямых и косвенных методах неразрушающего контроля, при необходимости вводя дополнительные поправочные коэффициенты для достоверной оценки результатов испытаний.

5. При определении параметров армирования при обследовании нетиповых конструкций следует применять метод контрольных вскрытий совместно с твердомерами.

6. На настоящий момент остается открытой проблема обеспечения достоверности результатов испытаний и повышения точности приборов, основанных на косвенных методах неразрушающего контроля.

Литература

1. Хохлов А. В., Быковская Г. А. Проблемы восстановления народного хозяйства в историографии Великой Отечественной войны // Известия Алтайского государственного университета. 2008. № 4-3. С. 253-259.
2. Чайка Е. А. Восстановление социальной сферы в Краснодарском, Ставропольском краях и Ростовской области // Историческая и социально-образовательная мысль. 2010. № 2. С. 13-19.
3. Белый Г. И. Причины снижения надежности и приближенная оценка ресурса строительных конструкций эксплуатируемых здания и сооружений // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 264-264.
4. Коновалов А. А. Оценка срока службы зданий и сооружений в период эксплуатации // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. № 2. С. 9-15.
5. Оценка технического состояния эксплуатируемых строительных конструкций зданий и сооружений / Сморгачев А. А., Кереб С. А., Орлов Д. А., Барановская К. О. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7. С. 70-75.
6. Сова Н. С., Алирзаев И. Ш. Методика применения систематизированных табличных форм в техническом обследовании зданий и сооружений // Строительная механика и конструкции. 2011. № 2. С. 107-116.
7. РД 31.3.3-97. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта.
8. Бадьин Г. М. Справочник по измерительному контролю качества строительных работ. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 464 с.
9. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
10. Жуков Б. Н. Роль, теория и практика геодезического контроля технического состояния зданий и сооружений // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2006. № 11. С. 111-116.
11. Popovic J., Song W., Ghandehari M., Subramaniam K., Achenbach J., Shah S. Application of surface wave transmission measurements for crack depth determination in concrete// ACI Material Journal. 2000. №2. Pp. 127-135.
12. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов. М.: Стройиздат, 1974. 296 с.
13. Лужин О. В., Волохов В. А., Шмаков Г. Б. [и др.]. Неразрушающие методы испытания бетона. М.: Стройиздат, 1985. 236 с.
14. Улыбин А. В. О выборе методов контроля прочности бетонов построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4. С. 10-15.
15. Букин А. В., Патраков А. Н. Определение прочности бетона методами разрушающего и неразрушающего контроля // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2010. № 1. С. 89-94.
16. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций.

17. Улыбин А. В. Зубков С. В. Проблемы ценообразования на рынке обследования зданий и сооружений // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7. С. 53-56.
18. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Технические требования.
19. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
20. Бурмин А. В. Влияние влажности бетона на точность определения его прочности // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 4. С. 135-139.
21. Pease B, Scheffler G, Janssen H Monitoring moisture movements in building materials using x-ray attenuation: Influence of beam-hardening of polychromatic x-ray photon beams// Construction and Building Materials. 2012. Vol. 36. Pp. 419-429.
22. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры.
23. Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. [et. al.] Investigations with reinforced concrete tomography [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf (дата обращения: 17.01.2013).
24. Ansaldo A., Contin J., Fierro V., Tichno M.A., Distefano A., Mariscotti M.A.J. The application of gammametry to the study of reinforced concrete// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms.1993. Vol. 73(4). Pp. 531–542
25. Mohamed, A.B., Al-Sheikhly, M., Livingston, R., Saleh, H., Monte Carlo simulations of a portable prompt gamma system for nondestructive determination of chloride in reinforced concrete// Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms. 2008. Vol. 266(15). Pp. 3397-3405.
26. Yong Hao, Zheng Ee, Kee Ee. Evaluation of Concrete Structures by Advanced Nondestructive Test Methods – Impact Echo Test, Impulse Response Test and Radar Survey [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v100/v100.htm> (Дата обращения: 17.01.2013).
27. Michel, A., Pease, B., Geiker, M.R., Stang, H., Olesen, J.F. Monitoring reinforcement corrosion and corrosion-induced cracking using non-destructive x-ray attenuation measurements// Cement and Concrete Research. 2011. Vol. 41(11), Pp. 1085-1094.
28. Улыбин А. В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций. Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 27. №1. С. 4-13.
29. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение.
30. Бетон: Сложный путь к Европе [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://stopress.ru/archive/html/STO_0212_mai_2012/Kruglyi_stol_Beton.html. (дата обращения: 19.03.2013).

References

1. Hohlov A. V., Bikovskaya G. A. To a Question on a Historiography Great Patriotic War: Problems Restoration of a National Economy // *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2008. No. 4-3. Pp. 253-259. (rus)
2. Chaika E. A. Restoration of social sphere in the krasnodar, stavropol edges and the Rostov // *Istoricheskaya i sotsialno-obrazovatel'naya mysl*. 2010. No. 2. Pp. 13-19. (rus)
3. Belyy G. I. Causes of reliability degradation and approximate estimate of steelwork service life of operated and maintained buildings and structures // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. No. 2. Pp. 264-264. (rus)
4. Konovalov A. A. An estimation of service life of buildings and facilities under operation // *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*. 2011. No. 2. Pp. 9-15. (rus)
5. Testing the technical condition of maintained building structures / Smorchkov A.A., Kereb S.A., Orlov D.A., Baranovskay K.O. // *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No. 7. Pp. 70-75. (rus)
6. Sova N.S., Alirzayev I. Sh. Method of systematized tabular formats forms during technical inspection of constructions and buildings // *Stroitel'naya mekhanika i konstrukzii*. 2011. No. 2. Pp. 107-116. (rus)
7. RD 31.3.3-97. *Rukovodstvo po tekhnicheskomu kontrolyu gidrotekhnicheskikh sooruzheniy morskogo transporta*. [Guide to technical control of hydraulic engineering constructions of sea transport]. (rus)

8. Badin G. M. *Spravochnik po izmeritelnomu kontrolyu kachestva stroitelnykh rabot*. [Directory on measuring quality control of construction works]. Saint-Petersburg.: BKhV-Peterburg, 2010. 464 p. (rus)
9. GOST R 53778-2010. *Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya*. [Buildings and constructions. Inspection and monitoring of a technical condition]. (rus)
10. Zhukov B. N. Rol, teoriya i praktika geodezicheskogo kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy. [Role, theory and practice of geodetic control of a technical condition of buildings and constructions] // *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy geodezicheskoy akademii*. 2006. No. 11. Pp. 111-116. (rus)
11. Popovic J., Song W., Ghandehari M., Subramaniam K., Achenbach J., Shah S. Application of surface wave transmission measurements for crack depth determination in concrete// *ACI Material Journal*. 2000. No. 2. Pp. 127-135.
12. Dzhons R., Fekeoar I. *Nerazrushayushchiye metody ispytaniy betonov*. [Nondestructive test methods of concrete]. Moscow. Stroyizdat, 1974. 296 p. (rus)
13. Luzhin O. V., Volokhov V. A., Shmakov G. B. [et. al.]. *Nerazrushayushchiye metody ispytaniya betona*. [Nondestructive test methods of concrete]. Moscow. Stroyizdat, 1985. 236 p. (rus)
14. Ulybin A. V. On the Choice of Concrete Strength Inspection Methods of Ready-built Structures // *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 4. Pp. 10-15. (rus)
15. Bukin A. V., Patrakov A. N. Opredeleniye prochnosti betona metodami razrushayushchego i nerazrushayushchego kontrolya. // *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta*. 2010. No. 1. Pp. 89-94. (rus)
16. GOST 28570-90. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po obraztsam, otobrannym iz konstruksiy*. [Concretes. Methods of determination strength by samples of structure]. Moscow, 1990. (rus)
17. Ulybin A.V. Zubkov S.V. Problemy tsenoobrazovaniya na rynke obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy. // *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 7. Pp. 53-56. (rus)
18. GOST 22690-88. *Betony. Opredeleniye prochnosti mekhanicheskimi metodami nerazrushayushchego kontrolya. Tekhnicheskkiye trebovaniya*. [Concrete. Determination of durability by mechanical methods of nondestructive control. Technical requirements]. (rus)
19. GOST 17624-87. *Betony. Ultrazvukovoy metod opredeleniya prochnosti*. [Concrete. Ultrasonic method of determination of durability]. (rus)
20. Burmin A. V. Influence of humidity on accuracy of definition of durability of concrete // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2007. No. 4. Pp. 135-139. (rus)
21. Pease B, Scheffler G, Janssen H Monitoring moisture movements in building materials using x-ray attenuation: Influence of beam-hardening of polychromatic x-ray photon beams// *Construction and Building Materials*. 2012. No. 36. Pp. 419-429.
22. GOST 22904-93. *Konstruksii zhelezobetonnyye. Magnitnyy metod opredeleniya tolshchiny zashchitnogo sloya betona i raspolozheniya armatury*. [Reinforced concrete structures. Magnetic method of determination of thickness of a protective layer of concrete and fittings arrangement.]. (rus)
23. Mariscotti M. A. J., Thieberger P., Frigerio T. [et. al.]. *Investigations with reinforced concrete tomography* [web source]. URL: http://www.thasa.com/ANTECEDENTES/Investigations_RCT_2.pdf (date of reference: 17.01.2013).
24. Ansaldi A., Contin J., Fierro V., Tichno M.A., Distefano A., Mariscotti M.A.J. The application of gammametry to the study of reinforced concrete// *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*.1993. No. 73(4). Pp. 531–542.
25. Mohamed, A.B., Al-Sheikhly, M., Livingston, R., Saleh, H., Monte Carlo simulations of a portable prompt gamma system for nondestructive determination of chloride in reinforced concrete// *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms*. 2008. No. 266(15). Pp. 3397-3405.
26. Yong Hao, Zheng Ee, Kee Ee. *Evaluation of Concrete Structures by Advanced Nondestructive Test Methods – Impact Echo Test, Impulse Response Test and Radar Survey* [web source]. URL: <http://www.ndt.net/article/ndtce03/papers/v100/v100.htm> (date of reference: 17.01.2013).
27. Michel, A., Pease, B., Geiker, M.R., Stang, H., Olesen, J.F. Monitoring reinforcement corrosion and corrosion-induced cracking using non-destructive x-ray attenuation measurements// *Cement and Concrete Research*. 2011. No. 41(11), Pp. 1085-1094.
28. Ulybin A. V. Inspection methods of reinforcement parametres of concrete structures // *Magazine of Civil Engineering*. 2012. Vol. 27. No. 1. S. 4-13. (rus)

29. GOST 12004-81. *Stal' armaturnaya. Metody ispytaniya na rastyazheniye*. [Reinforcing-bar steel. Tensile test methods]. Moscow. 1983. (rus)
30. *Beton: Slozhnyy put k Yevrope* [web source]. URL: http://stopress.ru/archive/html/STO_0212_mai_2012/Kruglyi_stol_Beton.html. (date of reference: 19.03.2013). (rus)