

Абашин Е.Г., канд. техн. наук,
Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина

ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИБРАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

evabashin@yandex.ru

В статье показан вариант определения площади поперечного сечения рабочей арматуры в ненапряженных железобетонных балках по основной частоте колебаний балок в упругой стадии работы до образования трещин. На основе математических формул изобретен способ оценки одного из основных показателей качества ж/б балок – площади поперечного сечения арматуры по основной (или первой резонансной) частоте колебаний, определена максимально возможная погрешность предлагаемого способа по методу максимума-минимума, приведены результаты эксперимента на реальных ненапряженных железобетонных конструкциях, произведена корректировка коэффициентов в математических формулах на основании проведенных экспериментальных исследований. Результаты проведенных изысканий подтвердили возможность оценки площади сечения арматуры в железобетонных балках по измеренной основной (или первой резонансной) частоте поперечных колебаний с относительной погрешностью менее 5 %. На основании измеренной основной частоты продольных колебаний ненапряженных железобетонных балок невозможно определить площадь сечения арматуры ввиду высокой относительной погрешности предлагаемого способа.

Ключевые слова: площадь поперечного сечения рабочей арматуры, основная частота, продольные колебания, поперечные колебания, железобетонная балка.

Введение. При производстве сборных железобетонных изделий всегда остро стояла проблема контроля качества выпускаемой продукции. Разработка новых методов неразрушающего пооперационного контроля отдельных параметров качества на заводах изготовителях весьма актуальна. [1, 2, 3].

Площадь сечения рабочей арматуры определяет прочности изгибаемых ж/б элементов и трудно поддается диагностике. Из неразрушающих методов известны методы просвечивания рентгеновским и электромагнитным излучениями [4]. У этих методов существует целый ряд недостатков [5, 6, 7, 8].

Просвечивание конструкции излучением рентгеновского диапазона производится с нескольких точек, по получившимся на фотопленке отпечаткам диагностируют размер защитного слоя бетона и диаметр арматурных прутков при помощи геометрических методов [1]. Данная методика отличается высокой погрешностью, которая растет с увеличением толщины защитного слоя бетона из-за расплывчатости получаемых отпечатков. [5, 9]. Кроме того, излучение рентгеновского диапазона не безопасно для здоровья проверяющего.

Также получил широкое распространение электромагнитный метод [4] на основе которого выпущены приборы – определения расположения и диаметра арматуры, измерители защитного слоя бетона: «ИЗС – 10», «ПОИСК 2.3»,

«ИПА-МГ4». Приборы действуют по принципу фиксации изменения сопротивления датчика при взаимодействии его электромагнитного поля с рабочей арматурой. Перечисленные приборы имеют погрешность более 10 % [1, 4, 10] а при реальной диагностике с их помощью определяют лишь место расположения и направленность арматуры. Затем осуществляют откол бетона в выбранном месте и инструментально измеряют толщину защитного слоя бетона и диаметр арматурного стержня. Эту процедуру отличает высокая трудоемкость.

Исходя из описанного выше сформулируем задачу исследования: разработать и подтвердить экспериментально способ оценки площади сечения продольной рабочей арматуры в ненапряженных железобетонных балках по измеренной основной частоте колебаний с погрешностью ниже, чем у существующих методов.

Разработка способа оценки площади сечения продольной рабочей арматуры в ненапряженных железобетонных балках. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные коллективом ученых под общим руководством Заслуженного строителя России профессора В.И. Коробко, показали область применения вибрационных методов диагностики для оценки интегральных характеристик железобетонных конструкций балочного типа (прочность, жесткость и трещиностойкость) [11, 12, 13, 14]. Был получен целый ряд патентов

[15–18] на основании закономерности, установленной В.И. Коробко [19] подтверждающих работоспособность предложенных методов:

$$w_0 \omega^2 \approx 4/\pi \cdot q/m. \quad (1)$$

В статье [12] продемонстрирована возможность диагностики площади рабочей арматуры в протяженных ненапряженных ж/б балках по основной (первой резонансной) частоте поперечных (формула 2) или продольных (формула 3) колебаний:

$$A_s = \frac{1}{\alpha_s y_s^2} \left(\frac{\ell^4 \omega_{\text{поп}}^2 m}{83,12 E_b} - I_b \right). \quad (2)$$

$$A_s = \frac{1}{\alpha_s} \left(\frac{\omega_{\text{пр}}^2 \ell^2 m}{E_b \pi^2} - A_b \right). \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) использованы буквенные обозначения, принятые в теории проектирования и расчета ж/б конструкций [20]. На основе математических моделей (2) и (3) предложен динамический способ оценки площади сечения продольной рабочей арматуры в ненапряженных железобетонных балках по измеренной основной частоте колебаний, который заключается в возбуждении в испытываемом изделии свободных (или вынужденных колебаний) на основной (или первой резонансной) частоте ω , инструментальном определении этой частоты, и определении площади сечения продольной рабочей арматуры по формулам (2) при использовании варианта с возбуждением поперечных колебаний или (3) при использовании варианта с возбуждением продольных колебаний. Реализация данного способа требует измерения геометрических размеров конструкции, ее массы, модуля упругости бетона.

Определение погрешности способа оценки площади сечения продольной рабочей арматуры в ненапряженных железобетонных балках. С целью исследования максимальной погрешности способа используем метод максимума-минимума, который позволяет определить максимально возможную погрешность с учетом всех допусков и первичных погрешностей. Значения первичных погрешностей принимаем по существующим нормативным документам или задаем по результатам проведенных экспериментальных исследований:

$\Delta l = 0,005$ м, по СНиП 3.03.01-87; $\Delta m = 0,5$ кг/м; $\Delta b = 2$ мм, а $\Delta h = 2$ мм, по СНиП 3.03.01-87, $\Delta d_s = 0,4$ мм, по СНиП 3.03.01-87, $\Delta u_s = 3$ мм, по СНиП 3.03.01-87;

$\Delta \omega = 0,2$ %, по результатам статистической обработки результатов измерений частоты колебаний балок в ненагруженном состоянии;

$\Delta E_b = 8$ %, по нормативным документам неразрушающих методов контроля начального модуля упругости бетона.

Методика оценки погрешности с использованием метода максимума-минимума подробно описана в [21].

На рисунке 1 показаны результаты исследования погрешности при оценке площади сечения рабочей арматуры.

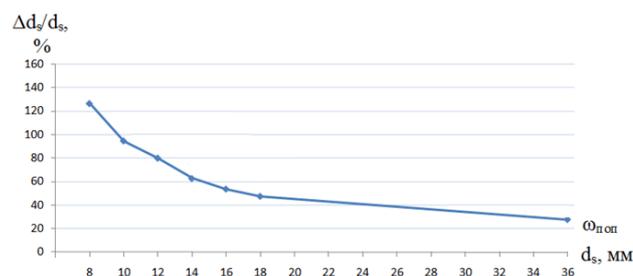


Рис. 1. График изменения относительной погрешности при оценке площади сечения рабочей арматуры при использовании варианта с возбуждением поперечных колебаний ($\omega_{\text{поп}}$)

Анализ графика:

1. Погрешность в исследуемом диапазоне диаметров арматуры значительно варьируется.

2. С ростом диаметра арматуры погрешность снижается: для $d_s = 36$ мм погрешность менее 28 %. Следовательно, имеется возможность использования способа для контроля конструкций с жестким армированием или с высоким коэффициентом армирования.

3. Значительная погрешность вызвана низкими требованиями к определению величины модуля упругости бетона, снижение погрешности его определения определенно снизит и погрешность при диагностике диаметра арматуры.

4. Погрешность при применении продольных колебаний неудовлетворительна и составляет более 100 % [6] метод, основанный на формуле 3, из дальнейшего рассмотрения исключаем.

5. Погрешность определения площади сечения арматуры по формуле 2 сопоставима с погрешностью магнитного метода, а вероятность проявления всех повышающих погрешность факторов одновременно, незначительна, и действительная погрешность может быть значительно ниже. В связи с этим необходимо провести эксперимент на реальных конструкциях.

Экспериментальные исследования ж/б ненапряженных перемычек 2 ПБ 26-4. Были изготовлены 6 типов ж/б ненапряженных балок

(по две каждого типа, всего 12 конструкций) из бетона одного класса с одинаковым модулем упругости $E_b = 23 \cdot 10^3$ МПа: арматура класса А-400 (А III), следующих диаметров: ($d_s = 8; 10; 12; 14; 16$ и 18 мм); $l = 2590$ мм, $b = 120$ мм, $h = 140$ мм; $m \approx 109$ кг.

Опишем методику эксперимента. Балка 1 устанавливается и закрепляется на шарнирных опорах (подвижной 2, выполненной в виде трех стальных дисков, и неподвижной 3 в виде стального уголка). К балке в середине пролета крепят высокочувствительный вибродатчик 5 прибора «Вибран-2.0». Под установленной балкой в середине пролета размещают возбудитель колебаний ударного типа 4, работу которого обеспечивают вспомогательные устройства: генератор сигнала и усилитель мощности. Колебания балки улавливаются вибродатчиком и регистрируются в электронной памяти прибора «Вибран-2.0».

Для проведения динамических испытаний необходимо выполнить ряд технологических операций.

Подготавливают и правильно ориентируют шарнирные опоры (погрешность длины расчетного пролета не должна превышать ± 3 мм), устанавливают балку и фиксируют ее с соблюдением условий плотности опирания. На специальном металлическом каркасе, расположенном между силовыми опорами 6 стенда, устанавливается и надежно фиксируется ударное устройство 4. Вибродатчик крепится на модели при помощи пластилина. Перед его установкой поверхность изделия обрабатывается наждачной бумагой для более плотного прилегания рабочей части датчика. Далее ударом возбуждают свободные колебания в конструкции. Одновременно с ударом производят замер частоты свободных затухающих колебаний прибором 5 «Вибран-2.0».

Схема испытательного стенда, приведена на рисунке 2.

По результатам статистической обработки экспериментальных результатов составлена таблица 1.

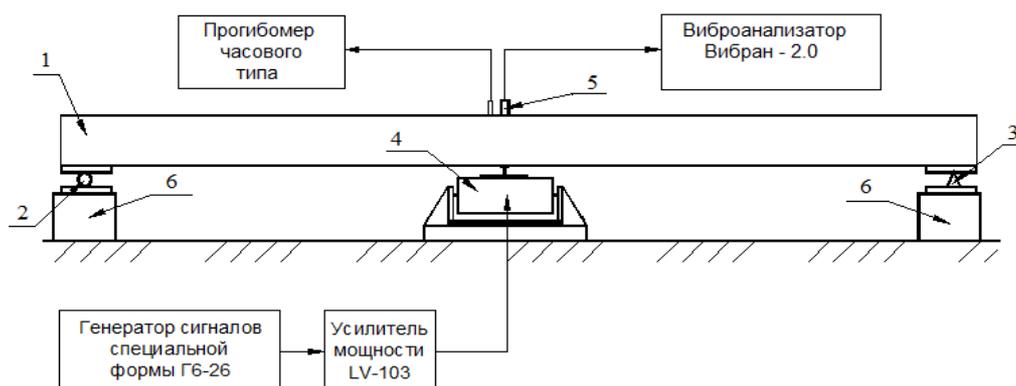


Рис. 2. Схема экспериментального стенда:

- 1 – контролируемое изделие; 2, 3 – опоры по схеме шарнирного опирания (подвижная и неподвижная);
4 – генератор ударного импульса; 5 – вибродатчик частотного спектра «Вибран-2»;
6 – опоры испытательного стенда

Таблица 1

Сопоставление результатов, полученных по формуле 2, и фактических инструментально измеренных значений частоты колебаний ж/б перемычек с различными диаметрами арматур

Диаметр арматуры, d_s , мм	8	10	12	14	16	18
$\omega_{\text{поп}} (\text{эсп}), \text{с}^{-1}$	165	167	182	176	189	190
$\omega_{\text{поп}} (\text{теор}), \text{с}^{-1}$	183,8	185,7	187,9	190,2	192,6	195,1
Отклонение, с^{-1}	18,8	18,7	5,9	14,2	3,6	5,1
Отклонение, %	10,23	10,07	3,14	7,47	1,87	2,63

По результатам анализа табличных значений делаем следующие выводы:

- эксперимент подтвердил наличие зависимости между диаметром арматуры и основной частотой поперечных колебаний перемычки;
- наибольшая погрешность (около 10 %)

наблюдаются при более низких величинах диаметра арматуры (это вызвано тем, что при низком диаметре арматуры пластические свойства бетона значительно выше упругих свойств арматуры);

Корректировка формулы (2) по итогам проведенного эксперимента. Существует возможность повышения точности предлагаемого способа путем корректировки коэффициентов в формуле (2) по итогам испытания конструкций эталонов.

Опишем суть способа корректировки. Перед началом выпуска новых изделий на заводах ЖБИ необходимо изготовить 5...8 эталонных изделий при строгом контроле качества технологических операций, а затем провести их испытание по описанному способу. По результатам следует провести корректировку коэффициентов в предложенных формулах с сохранением структуры математических моделей.

Принимаем результаты эксперимента ж/б перемычек как конструкций эталонов. Для корректировки формулы (2) воспользуемся методом наименьших квадратов [22].

После проведенной корректировки математическая модель (2) приняла вид:

$$A_s = \frac{1}{2,79 \cdot \alpha_s y_s^2} \left(\frac{\ell^4 \omega^2 m}{64,12 \cdot E_b} - I_b \right). \quad (4)$$

Отклонения полученной откорректированной математической модели (4) от значений, полученных в результате экспериментальных исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сопоставление значений, полученных по формуле (4) от экспериментальных данных при определении диаметра рабочей арматуры

Диаметр арматуры, d_s , мм	8	10	12	14	16	18
ωпоп (эсп), c^{-1}	165	167	182	176	189	190
ωпоп (теор), c^{-1}	167,06	171,49	179,71	181,81	187,26	192,62
Отклонение, c^{-1}	2,06	4,49	2,29	5,81	1,74	2,62
Отклонение, %	1,23	2,62	1,27	3,2	0,93	1,36

Из таблицы (2) отклонение значений, полученных по формуле (4) от экспериментальных данных находятся в пределах 4 %, что значительно ниже существующих методов определения диаметра рабочей арматуры.

Выводы.

1. Представлены функциональные зависимости диаметра рабочей арматуры ненапряженных ж/б перемычек, с первой резонансной (основной) частотой продольных и поперечных колебаний перемычек.

2. Из результатов проведенной оценки погрешности предлагаемого способа следует:

– с ростом диаметра арматуры погрешность снижается: для $d_s = 36$ мм погрешность менее 28 %, следовательно, имеется возможность использования способа для контроля конструкций с жестким армированием или с высоким коэффициентом армирования;

– погрешность при применении продольных колебаний неудовлетворительна и составляет более 100 % метод, основанный на формуле 3, из рассмотрения исключаем.

3. По результатам эксперимента отклонения значений основных частот колебаний конструкций от теоретических, найденных по математической модели 2 составили 10 %.

4. Корректировка формул по разработанной методике снижает отклонение значений, полученных по формуле (4) от экспериментальных данных до 4 %, что значительно ниже суще-

ствующих методов определения диаметра рабочей арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Землянский А.А. Обследование и испытание зданий и сооружений. М. : АСВ, 2004. 240 с.
2. Kisa M. The effects of closure of cracks on the dynamics of a cracked cantilever beam // Journal of sound and vibration. 2000. № 1. Pp. 1–18.
3. Limaye V. Need for non-destructive testing (NDT) of reinforced concrete & various ND tests // National seminar of ISNT Chennai. 2002. Pp. 472–483.
4. Козачек В. Г., Нечаев Н. В., Нотенко С. Н., Римшин В. И. Обследование и испытание зданий и сооружений. М. : Высшая школа, 2004. 447 с.
5. Абашин Е.Г. Определение площади поперечного сечения рабочей арматуры в железобетонных балках вибрационным методом // Строительство и реконструкция. 2011. № 5. С. 3–7.
6. Абашин Е.Г. Определение площади поперечного сечения арматуры в железобетонных балках статическим и динамическим способами // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2011. № 6. С. 160–164.
7. Kim U.A nondestructive testing method for crack in carbon fiber reinforced concrete with infrared thermography // Journal key engineering materials. 2005. № 32. P. 2128–2133.

8. Neild S.A. Using non-linear vibration techniques to detect damage in concrete bridges // Department of engineering science, University of Oxford. 2002. 249 p.

9. Добромыслов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. МГСУ: АСВ, 2006, 256 с.

10. Gongtian S. Acoustic emission test progress in China // Celebration for the 25th anniversary of chinese society for NDT, nondestructive testing. Beijing. 2003. Vol. 6. Pp. 125–131.

11. Калашников М.О. Диагностика и контроль качества строительных конструкций вибрационными методами: 05.23.01 «Строит. конструкции, здания и сооружения»: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Калашников Михаил Олегович; [Орловский гос. техн. ун-т]. Орел. 2011. 23 с.

12. Коробко В.И., Абашин Е.Г. Способы определения площади поперечного сечения продольной арматуры и модуля упругости бетона в железобетонных балках по результатам статических и динамических испытаний // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». 2010. № 2(28). С. 23–25.

13. Слюсарев Г.В. Развитие и применение неразрушающих методов и средств вибрационного контроля качества железобетонных конструкций: дис. на соиск. учен. степ. д-ра. техн. наук: 05.23.01. : защищена 4.11.03 : / Слюсарев Геннадий Васильевич. Ставрополь; Орел, 2003 г. 370 с.

14. Юров А.П. Нетрадиционные вибрационные методы диагностики и контроля качества протяженных железобетонных конструкций: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.23.01, 05.23.17. : защищена 25.02.05 : утв. 15.06.05 : / Юров Александр Петрович. Орел, 2005 г. 135 с.

15. Пат. 2217748 Российская Федерация, КЛ G 01 N 33/38. Способ определения величины

предварительного напряжения арматуры в нагруженной конструкции балочного типа с передачей усилия преднапряжения на её торцы / Коробко В. И. и др.; заявитель и патентообладатель ОГТУ. № 2002108462/03; заявл. 03.04.02; опубл. 27.11.03, Бюл. № 33. 11 с.

16. Пат. № 2259546 Российская Федерация, МПК7 G 01 M 7/02. Способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций балочного типа / Коробко В.И., Слюсарев Г.В., Калашников М.О.; заявитель и патентообладатель ОГТУ. 2004111574/28; заявл. 15.04.04; опубл. 27.08.05, Бюл. № 24. 8 с.

17. Пат. № 2354949 Российская Федерация, МПК7 G 01 M 7/02. Способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций балочного типа / Коробко В.И., Слюсарев Г.В., Калашников М.О.; заявитель и патентообладатель ОГТУ. 2007105315/28; заявл. 12.02.07; опубл. 10.05.09, Бюл. № 13. 9 с.

18. Пат. 75035 Российская Федерация, МПК51 G 01 H 9/00. Устройство для измерения параметров вибрационных колебаний / Плотников С. Н., Богданов Н.Г., Щекотихин С.Н. ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. № 2008108442/22 ; заявл. 04.03.08 ; опубл. 20.07.08, Бюл. № 20. 7 с.

19. Коробко В. И., Коробко А. В. Контроль качества строительных конструкций: Виброакустические технологии. М.: Изд-во АСВ, 2003. 288 с.

20. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 2013. 767 с.

21. Подмастерьев К.В. Точность измерительных устройств: Учебное пособие. Изд. 2-е, доп. и перераб. Орел: ОрелГТУ, 2004. 139 с.

22. Коробко В.И., Коробко А.В. УНИРС для строителей: учебно-научно-исследовательская работа студентов. АСВ, 1998. 302 с.

Информация об авторах

Абашин Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры агропромышленного и гражданского строительства Инженерно-строительного института.

E-mail: evabashin@yandex.ru

Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина.
Россия, 302016, Орёл, ул. Комсомольская, 142.

Поступила в январе 2018 г.

© Абашин Е.Г., 2018

E.G. Abashin

EVALUATION OF THE CROSS-SECTION AREA OF WORKING REINFORCEMENT IN CONCRETE BEAMS BY THE VIBRATION TESTING RESULTS

The article considers the possibility of determining the cross-sectional area of main reinforcement in nonprestressed reinforced concrete beams according to the results of their dynamic tests at the fundamental frequency of oscillations in the elastic stage of the work. A method was developed to determine the cross-

sectional area of rebar at the main oscillation frequency of reinforced concrete beams based on mathematical formulas, which shows the possible maximum error of the proposed method by means of maximum-minimum method; the experiment was conducted on full-scale reinforced concrete structures beams without prestressing. The coefficients of the mathematical formulas were adjusted according to the results of experimental studies. The results of these studies confirmed the possibility of estimating the cross-sectional area of main reinforcement in reinforced concrete beams at the fundamental frequency of the transverse oscillations with a relative error less than 5%. Determination of the cross-sectional area of main reinforcement at the fundamental frequency of longitudinal vibration is impossible due to the high relative error of the proposed method.

Keywords: *cross-sectional area of the working reinforcement, main frequency, longitudinal vibrations, transverse vibrations, reinforced concrete beam.*

REFERENCES

1. Zemlyansky A.A. Inspection and testing of buildings and structures. M.: ASV, 2004, 240 p.
2. Kisa M. The effects of closure of cracks on the dynamics of a cracked cantilever beam // Journal of sound and vibration, 2000, no. 1, pp. 1–18.
3. Limaye B. Need for non-destructive testing (NDT) of reinforced concrete & various ND tests // National seminar of ISNT Chennai, 2002, pp. 472–483.
4. Kozachek V.G., Nechaev N.V., Notenko S.N., Rimshin V.I. Inspection and testing of buildings and structures. M.: Higher School, 2004, 447 p.
5. Abashin, E.G., Determination of the cross-sectional area of working reinforcement in reinforced concrete beams by a vibration method, in: Building and Reconstruction, 2011, no. 5, pp. 3–7.
6. Abashin E.G. Determination of the cross-sectional area of reinforcement in reinforced concrete beams by static and dynamic methods // Fundamental and applied problems of engineering and technology, 2011, 6, pp. 160–164.
7. Kim U. A nondestructive testing method for crack in carbon fiber reinforced concrete with infrared thermography // Journal key engineering materials, 2005, no. 32, pp. 2128–2133.
8. Neild S. A. Using non-linear vibration techniques to detect damage in concrete bridges // Department of engineering science, University of Oxford, 2002, 249 p.
9. Dobromyslov A.N. Diagnostics of damages of buildings and engineering structures. MSSU.: ASV, 2006, 256 p.
10. Gongtian S. Acoustic emission test progress in China // Celebration for the 25th anniversary of chinese society for NDT, nondestructive testing. Beijing, 2003, vol. 6, pp. 125–131.
11. Kalashnikov M. O. Diagnostics and quality control of building structures by vibration methods: 05.23.01 "Builds. constructions, buildings and constructions ": the author's abstract. dis. to the scientist. step. Cand. tech. Sciences // Kalashnikov Mikhail Olegovich; [Orel state. tech. un-t]. Orel. 2011, 23 p.
12. Korobko V.I., Abashin E.G. Methods for determining the cross-sectional area of longitudinal reinforcement and the modulus of elasticity of concrete in reinforced concrete beams according to the results of static and dynamic tests // Izvestiya OrelGTU. Series "Construction. Transport". Orel, 2010, no. 2 (28), pp. 23–25.
13. Slyusarev G.V. Development and application of non-destructive methods and means of vibration control of the quality of reinforced concrete structures: dis. to the scientist. step. Dr. tech. Sciences: 05.23.01. : protected by 4.11.03: / Slyusarev Gennady Vasilyevich. - Stavropol; Orel, 2003, 370 p.
14. Yurov A.P. Non-traditional vibration methods of diagnostics and quality control of extended reinforced concrete structures: dis. to the scientist. step. Cand. tech. Sciences: 05.23.01, 05.23.17. : protected on February 25, 2005: approved. 15.06.05: / Yurov Alexander Petrovich. - Orel, 2005, 135 p.
15. Pat. 2217748 Russian Federation, KL G 01 N 33/38. Method for determining the value of prestressing of reinforcement in a loaded beam-type structure with transfer of prestressing force to its ends / Korobko V.I. et al; applicant and patent owner of the OSTU. no. 2002108462/03; claimed. 03.04.02; publ. 27.11.03, Bul. no. 33. 11 p.
16. Pat. No. 2259546 Russian Federation, IPC7 G 01 M 7/02. Method of non-destructive quality control of reinforced concrete constructions of beam type / Korobko V.I., Slyusarev G.V., Kalashnikov M.O.; applicant and patent owner of the OSTU. 2004111574/28; claimed. 15.04.04; publ. August 27, 05, Bul, no. 24. 8 p.
17. Pat. No. 2354949 Russian Federation, IPC7 G 01 M 7/02. A method of nondestructive quality control of reinforced concrete constructions of beam type / Korobko, V.I., Slyusarev G.V., Kalashnikov M.O.; applicant and patent owner of the OSTU. 2007105315/28; claimed. 12.02.07; publ. 10.05.09, Bul. no. 13, 9 p.
18. Pat. 75035 Russian Federation, IPC51 G 01 H 9/00. A device for measuring vibration vibration parameters / Plotnikov S.N., Bogdanov N.G., Schekotikhin S.N.; applicant and patent holder Academy

of the FSO of Russia. no. 2008108442/22; claimed. 04.03.08; publ. 20.07.08, Bul, no. 20, 7 p.

19. Korobko V.I., Korobko A.V. Quality control of building structures: Vibro-acoustic technologies. M.: Publishing House of the DIA, 2003, 288 p.

20. Baykov V.N., Sigalov E. Y. Reinforced Concrete Structures. M.: Stroizdat, 2013, 767 p.

21. Podmaster'yev K.V. Accuracy of Measuring Devices: Textbook. Ed. 2 nd, ext. and pererab. Orel: Orel State Technical University, 2004, 139 p.

22. Korobko V.I., Korobko A. V. UNIRS for builders: Educational and research work of students. ASV, 1998, 302 p.

Information about the authors

Evgenij G. Abashin, PhD, Assistant professor.

E-mail: evabashin@yandex.ru

Orel state agrarian University named after N.V. Parahin.

Russia, 302016, Orel, st. Komsomolskaya, 142.

Received in January 2018