

**Васильев Александр Анатольевич**, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры, научный руководитель НИЛ, УО «Белорусский государственный университет транспорта» (г. Гомель, Беларусь)

## **ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ПО ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ**

© РУП «Институт БелНИИС», 2018  
Institute BelNIIS RUE, 2018

### **АННОТАЦИЯ**

*Поскольку на сегодняшний день с учетом существующей теории карбонизации отсутствует возможность определения скорости коррозии стальной арматуры по сечению карбонизированного бетона, целью исследований явилось получение зависимости изменения глубины коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне во времени в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие и толщины защитного слоя.*

*По результатам многолетних исследований карбонизации бетона, как сразу после изготовления с применением тепловлажностной обработки, так и в железобетонных элементах (ЖБЭ) и конструкциях (ЖБК), эксплуатируемых различные длительные сроки в условиях открытой атмосферы, и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, на основании выявленной зависимости коррозионного состояния стальной арматуры от степени карбонизации бетона в зоне расположения стальной арматуры и полученных регрессионных зависимостей изменения во времени по сечению степени карбонизации бетонов различных классов по прочности на сжатие был выполнен анализ времени наступления граничных значений степеней карбонизации бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$  для эксплуатационных условий открытой атмосферы и на его основе построены регрессионные зависимости изменения*

во времени глубины коррозионного повреждения стальной арматуры для фиксированных толщин защитного слоя бетона.

Полученный характер зависимостей позволил предложить в общем виде регрессионную зависимость глубины коррозионного повреждения стальной арматуры для фиксированных значений толщины защитного слоя бетона и экспоненциального характера развития коррозии стальной арматуры. На основе ее анализа предложены регрессионные зависимости глубины коррозии и времени наступления критической коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона бетонов классов по прочности на сжатие С12/15–С30/37 для эксплуатационных условий открытой атмосферы. Они позволяют учитывать скорость коррозии стальной арматуры и время наступления критических значений ее коррозионных повреждений в прогнозных моделях долговечности ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в условиях открытой атмосферы.

**Ключевые слова:** карбонизация, коррозия, стальная арматура, регрессионная зависимость, долговечность.

**Для цитирования:** Васильев, А. А. Оценка развития коррозии стальной арматуры в зависимости от толщины защитного слоя бетонов различных классов по прочности на сжатие / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол.: О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2018. – Вып. 10. – С. 121–134. <https://doi.org/10.23746/2018-10-08>

**Alexander Vasilyev**, PhD in Engineering Science, Professor, Scientific Leader of research laboratory, Belarusian State University of Transport (Gomel, Belarus)

## **ASSESSMENT OF DEVELOPMENT OF CORROSION OF STEEL FITTINGS DEPENDING ON THICKNESS OF THE PROTECTIVE LAYER OF CONCRETE OF VARIOUS CLASSES ON DURABILITY ON COMPRESSION**

### **ABSTRACT**

*As today taking into account the existing theory of carbonization, there is no possibility of determination of corrosion rate of steel fittings*

on the section of carbonized concrete, the purpose of researches was obtaining dependence of change of depth of corrosion of steel fittings in carbonized concrete in time depending on a concrete class on durability on compression and thickness of a protective layer.

By results of long-term researches of carbonization of concrete as right after production with application of heat moist processing, and in reinforced concrete elements (FCE) and designs (FCC) operated various long terms in the conditions of the open atmosphere, and its influence on change of protective properties of concrete in relation to steel fittings on the basis of the revealed dependence of a corrosion condition of steel fittings on extent of carbonization of concrete in a zone of arrangement of steel fittings and the received regression dependences of change in time on the section of extent of carbonization of concrete of various classes on durability on compression the analysis of time of approach of boundary values of extents of carbonization of concrete of classes on durability on compression of C12/15–C30/37 for operational conditions of the open atmosphere was made and on its basis regression dependences of change in time of depth of corrosion damage of steel fittings for the fixed thickness of a protective layer of concrete are constructed.

The received nature of dependences allowed to offer, in a general view, regression dependence of depth of corrosion damage of steel fittings for the fixed values of thickness of a protective layer of concrete and the exponential nature of development of corrosion of steel fittings. On the basis of its analysis, regression dependences of depth of corrosion and time of approach of critical corrosion of steel fittings on thickness of a protective layer of concrete of concrete of classes on durability on compression of C12/15–C30/37 for operational conditions of the open atmosphere are offered. They allow to consider the corrosion rate of steel fittings and time of approach of critical values of its corrosion damages to expected models of durability of FCE and FCC which are operated in the conditions of the open atmosphere.

**Keywords:** carbonating, corrosion, gagers, regressive dependence, longevity.

**For citation:** Vasilyev A. Assessment of development of corrosion of steel fittings depending on thickness of the protective layer of concrete of various classes on durability on compression. *Contemporary*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Железобетон является самым распространенным материалом в мире [1], поэтому его состояние определяет техническое состояние большинства зданий и сооружений. Значительная часть железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) эксплуатируется в условиях открытой атмосферы. Агрессивность по отношению к железобетону в ней определяется следующими основными эксплуатационными условиями: концентрация  $\text{CO}_2$  – 0,03–1,20 %; относительная влажность – до 100 %; переход температуры через 0 °С; периодическое увлажнение атмосферными осадками различной степени интенсивности.

Основным видом коррозии бетона в ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в условиях открытой атмосферы, является карбонизация бетона. Нейтрализуя защитный слой, она создает условия для возникновения и развития коррозии стальной арматуры. В процессе ее развития происходит уменьшение поперечного сечения стальной арматуры с одновременным снижением механических характеристик, поэтому одним из важнейших вопросов является установление зависимости скорости коррозии стальной арматуры при карбонизации защитного слоя бетона от его толщины, класса бетона по прочности и условий эксплуатации ЖБЭ и ЖБК.

Существующие методики оценки карбонизации, основанные на фенолфталеиновом тесте (ФФТ), рассматривают только два состояния бетона – «здоровый», сохраняющий защитные свойства по отношению к стальной арматуре, и карбонизированный, способствующий возникновению и развитию коррозии, не позволяют оценивать скорость развития коррозии стальной арматуры и ее изменение по сечению карбонизированного бетона.

Так, скорость коррозии стальной арматуры в условиях открытой атмосферы в соответствии с [2]:

$$V_{corr} = V_{corr,a} \cdot \frac{N_w}{365}, \quad (1)$$

где  $V_{cor,ar}$  – средняя скорость коррозии стальной арматуры, мм/год, определяемая условиями эксплуатации; в соответствии с [2] при эксплуатации на открытом воздухе  $V_{cor,ar} = 0,005$  мм/год,  $N_w$  – количество дней в году с осадками более 2,5 мм.

Приняв, по данным Гидрометцентра для г. Гомеля,  $N_w = 300$ , скорость коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне в условиях открытой атмосферы составит  $V_{cor} = 0,0041$  мм/год.

Предлагаемая зависимость не учитывает такие важнейшие факторы, как класс бетона по прочности (состав бетона), толщина защитного слоя и др.

Таким образом, с учетом вышеописанного целью исследований явилось получение зависимости изменения скорости коррозии в карбонизированном бетоне во времени в зависимости от класса бетона по прочности и толщины защитного слоя.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для возможности определения скорости развития коррозии стальной арматуры в карбонизированном защитном слое бетона были использованы результаты многолетних исследований карбонизации бетона и ее влияния на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре и состояния стальной арматуры [3–7] для различных классов бетона по прочности.

Так, на основании выявленной зависимости коррозионного состояния стальной арматуры (оценивалось в основном состояние стальной арматуры классов АIII и АIV (S500), определяемого величиной водородного показателя щелочности поровой жидкости в зоне расположения арматуры, от степени карбонизации бетона в зоне ее расположения (табл. 1) и полученных регрессионных зависимостей изменения во времени по сечению степени карбонизации (показателя СК) бетонов различных классов по прочности (выражение 1 и табл. 2) был выполнен анализ времени наступления граничных значений степеней карбонизации для классов бетона по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}$ – $C^{30}/_{37}$  эксплуатационных условий открытой атмосферы.

Таблица 1

**Взаимосвязь состояния стальной арматуры, параметров рН и СК**

Категория потери защитных свойств бетона	Граничные значения показателя рН	Степень карбонизации, СК	Граничные значения показателя СК, %	Глубина коррозионного повреждения стальной арматуры, мм
0	> 11,80	0	<13	–
I	11,80–10,80	I	13–26	До 0,20
II	< 10,80–10,30	II	> 26–36	“ “ 0,50
III	< 10,30–9,80	III	> 36–47	“ “ 0,90
IV	< 9,80–9,00	IV	> 47–74	“ “ 1,50
V	< 9,00	V	> 74	> 1,50

Усредненная регрессионная зависимость изменения степени карбонизации во времени по сечению бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}-C^{30}/_{37}$  для различных степеней агрессивности воздушных сред в общем виде:

$$СК(l,t) = \alpha_1 + (\alpha_2 + \alpha_3 \sqrt{t}) e^{\left(14,2 - \left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}\right)} / \alpha_4 \alpha, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – степень гидратации цемента, %;  $\alpha_1 - \alpha_4$  – коэффициенты,  $t$  – время, эксплуатации, лет.

Значения коэффициентов  $\alpha_1 - \alpha_4$  для бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}-C^{30}/_{37}$  усредненных составов, эксплуатационных условий открытой атмосферы приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Значения показателей  $\alpha_1 - \alpha_4$** 

Класс бетона по прочности на сжатие	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
C12/15	2,39	0,500	0,962	19,5
C16/20	2,77	0,565	0,906	25,8
C18/22,5	3,04	0,585	0,869	28,3
C20/25	3,22	0,625	0,843	30,8
C22/27,5	3,39	0,655	0,818	32,6
C25/30	3,62	0,710	0,782	35,4
C28/35	4,12	0,760	0,717	40,2
C30/37	4,32	0,790	0,692	42,0

По его результатам были построены (в графическом выражении) регрессионные зависимости изменения во времени коррозионного повреждения стальной арматуры для толщин защитного слоя бетона 10, 15, 20 и 25 мм для классов бетона по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}$ – $C^{30}/_{37}$  условий эксплуатации открытой атмосферы. В качестве примера на рисунке 1 приведены в графическом виде регрессионные зависимости глубины коррозионного повреждения стальной арматуры от толщины защитного слоя бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{16}/_{20}$ ,  $C^{22}/_{27,5}$  и  $C^{30}/_{37}$  для эксплуатационных условий открытой атмосферы.

Регрессионные зависимости для остальных классов бетона по прочности получены аналогично.

Результаты исследований показывают, что коррозионные повреждения стальной арматуры развиваются по сложной экспоненциальной зависимости и их скорость зависит от толщины защитного слоя бетона и класса бетона по прочности.

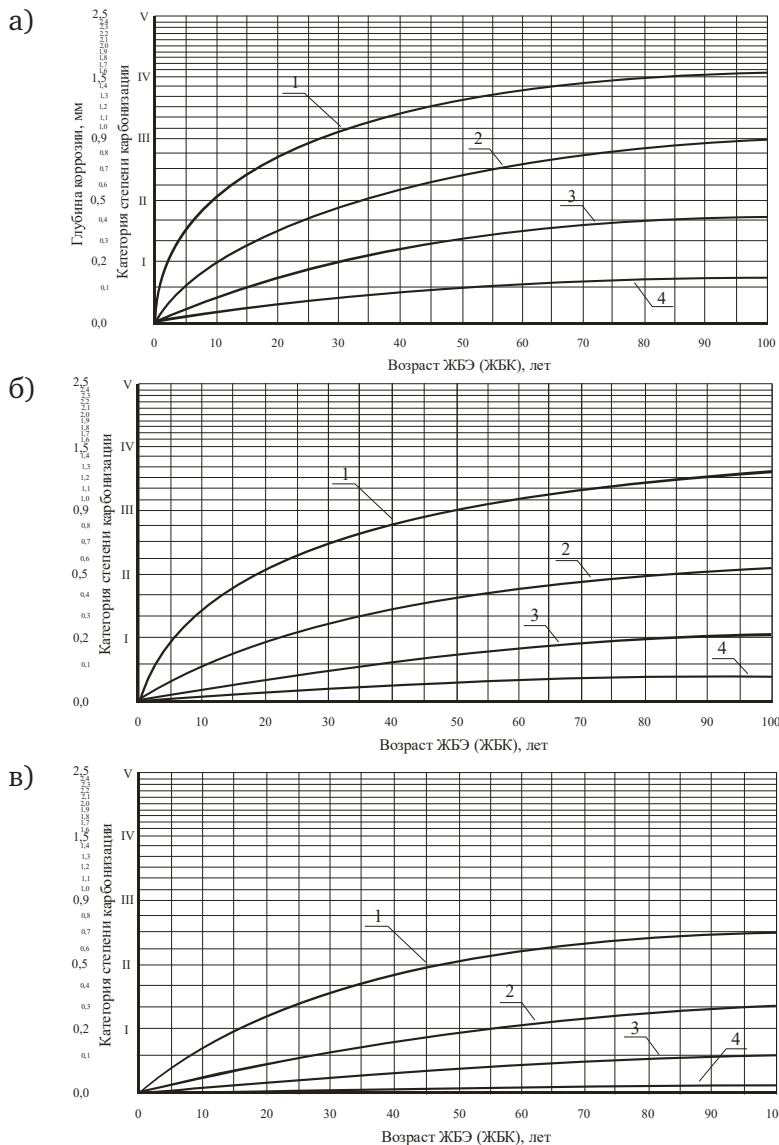
Полученный характер зависимостей и физический смысл задачи оценки глубины повреждения стальной арматуры позволили предложить в общем виде регрессионную зависимость скорости повреждения стальной арматуры для фиксированных значений толщины защитного слоя бетона и экспоненциального характера развития коррозии стальной арматуры:

$$h(t) = \alpha_0 \cdot (1 - e^{-\alpha_1 \cdot t}) \quad (2)$$

где  $h$  – глубина коррозии стальной арматуры, мм;  $t$  – время эксплуатации, годы;  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  – коэффициенты, определяющие соответственно:  $\alpha_0$  – максимальную скорость коррозии при  $t = \infty$ ;  $\alpha_1$  – скорость развития процесса коррозии.

При получении регрессионной зависимости принимали граничное значение времени эксплуатации – 100 лет.

Коэффициенты  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  определялись автоматизировано методом наименьших квадратов в разделе «Nonlinear regression» компьютерного пакета статистического анализа данных «Statgraphics Centurion».



**Рисунок 1.** Регрессионные зависимости глубины коррозионных повреждений стальной арматуры от толщины защитного слоя для условий открытой атмосферы бетонов классов по прочности на сжатие: а) С16/20; б) С22/27,5; в) С30/37: толщина защитного слоя бетона: 1 - 10; 2 - 15; 3 - 20; 4 - 25 мм



Решение соответствующей системы нелинейных уравнений выполнялось методом Марквардта.

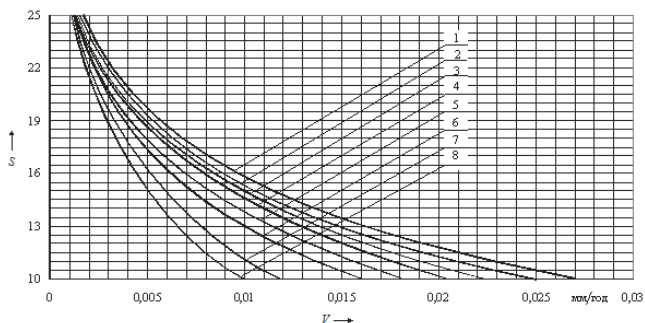
Полученные значения коэффициентов  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  для бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{16}/_{20}$ ,  $C^{22}/_{27,5}$  и  $C^{30}/_{37}$  фиксированных значений толщины защитного слоя, условий открытой атмосферы приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Значения показателей  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$**

Класс бетона по прочности на сжатие	Толщина защитного слоя, мм							
	10		15		20		25	
	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_0$	$\alpha_1$
$C^{16}/_{20}$	1,5709	0,0366	1,0263	0,0212	0,5763	0,0148	0,1858	0,0174
$C^{22}/_{27,5}$	1,3406	0,0242	0,6761	0,0167	0,3250	0,0109	0,0772	0,0281
$C^{30}/_{37}$	0,8509	0,0190	0,6048	0,0073	0,2773	0,0056	0,2119	0,0059

Приняв нормативный срок эксплуатации железобетонных элементов – 50 лет, оценив среднюю скорость коррозии стальной арматуры для граничных толщин защитного слоя бетонов различных классов по прочности, получили в графическом выражении зависимости средней скорости коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя для бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}$ – $C^{30}/_{37}$  (рис. 2).



**Рисунок 2.** Зависимости средней скорости коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона для условий открытой атмосферы.

Классы бетона по прочности на сжатие: 1 –  $C^{12}/_{15}$ ; 2 –  $C^{16}/_{20}$ ; 3 –  $C^{18}/_{22,5}$ ; 4 –  $C^{20}/_{25}$ ;

5 –  $C^{22}/_{27,5}$ ; 6 –  $C^{25}/_{30}$ ; 7 –  $C^{28}/_{35}$ ; 8 –  $C^{30}/_{37}$

Они показывают, что средняя скорость коррозии стальной арматуры уменьшается по сечению бетона с поверхности вглубь по сложной экспоненциальной зависимости, причем с уменьшением толщины защитного слоя бетона (менее 20 мм) она значительно выше расчетной [2].

Для получения зависимости развития коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона (для каждого класса бетона по прочности на сжатие) необходимо установить зависимость параметров  $a_0$  и  $a_1$  (по 4 толщинам защитного слоя) для различных толщин защитного слоя ( $s$ ).

Методами регрессионного анализа по диаграммам рассеяния  $a_0(s)$  и  $a_1(s)$  было установлено, что эффективным образом данные зависимости описываются аппроксимирующими уравнениями гипербол:

$$a_0(s) = b_0 + b_1 / s, \quad (3)$$

$$a_1(s) = c_0 + c_1 / s, \quad (4)$$

где  $b_0, b_1, c_0, c_1$  – коэффициенты;  $s$  – толщина защитного слоя бетона, мм.

Таким образом, для любого класса бетона по прочности уравнение (2) для оценки величины коррозии стальной арматуры в зависимости от толщины защитного слоя бетона приобретает следующий вид:

$$h(t) = \left( b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \cdot \left( 1 - e^{-\left( c_0 + \frac{c_1}{s} \right) \cdot t} \right), \quad (5)$$

Параметры гипербол определялись автоматически в разделе «Simple regretssion» пакета «Statgraphics Centurion» методом наименьших квадратов.

Полученные значения коэффициентов  $b_0, b_1, c_0, c_1$  для бетонов классов по прочности  $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$ , условий открытой атмосферы приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Значения показателей  $b_0, b_1, c_0$  и  $c_1$**

Класс бетона по прочности на сжатие	Коэффициент			
	$b_0$	$b_1$	$c_0$	$c_1$
C12/15	-0,754420	32,3350	0,002997	0,332003

Класс бетона по прочности на сжатие	Коэффициент			
	$b_0$	$b_1$	$c_0$	$c_1$
C16/20	-0,622000	26,4950	0,000310	0,305000
C18/22,5	-0,522100	22,6725	-0,001990	0,279000
C20/25	-0,439000	19,8800	-0,003500	0,258000
C22/27,5	-0,391000	17,0900	-0,004800	0,241000
C25/30	-0,319000	14,9950	-0,005200	0,232000
C28/35	-0,278000	13,0010	-0,005350	0,229900
C30/37	-0,251132	11,3354	-0,005288	0,229624

Важнейшим фактором оценки технического состояния и долговечности ЖБЭ и ЖБК является время наступления критического повреждения стальной арматуры.

В соответствии с [8], приняв, что потеря 25 % площади поперечного сечения стальной арматуры является ее критическим повреждением и коррозия развивается по всей поверхности стержня, получили значения критической глубины коррозии для различных диаметров стальной арматуры (табл. 5).

Таблица 5

#### Критическая глубина коррозии для различных диаметров

Диаметр стержня, мм	Критическая глубина коррозии, h <sub>cr</sub> , мм	Диаметр стержня, мм	Критическая глубина коррозии, h <sub>cr</sub> , мм
6	0,40	16	1,07
8	0,54	18	1,21
10	0,67	20	1,34
12	0,80	22	1,47
14	0,94	25	1,88

Использование зависимости (5) и данных таблицы 5 позволило предложить зависимость времени наступления критической коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя для бетонов классов по прочности C<sup>12</sup>/<sub>15</sub>–C<sup>30</sup>/<sub>37</sub> для эксплуатационных условий открытой атмосферы

$$t = \frac{-\ln\left(1 - \frac{h_{cr}}{b_0 + \frac{b_1}{s_1}}\right)}{c_0 + \frac{c_1}{s}}, \quad (6)$$

где – h<sub>cr</sub> – критическая глубина коррозии стальной арматуры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования позволили получить регрессионные зависимости глубины коррозии и времени наступления критической коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона бетонов классов по прочности на сжатие  $C^{12}/_{15}-C^{30}/_{37}$  для эксплуатационных условий открытой атмосферы.

Предложенные зависимости позволяют учитывать скорость коррозии стальной арматуры и время наступления критических значений ее коррозионных повреждений в прогнозных моделях долговечности ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в условиях открытой атмосферы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М.: Готика, 2001. – 684 с.
2. DuraCrete 7: General guidelines for durability design and redesign. The European Union – Brite EuRam III, Project No. BE95-1347, Probabilistic Performance-based Durability Design of Concrete Structures, Report No. T7-01-1, 1999.
3. Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
4. Васильев, А. А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.
5. Васильев, А. А. Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2016. – 263 с.
6. Васильев, А. А. Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев //

- Проблемы современного бетона и железобетона. Сборник научных трудов. Вып. 9. – Минск, 2017. – С. 148–167.
7. Васильев, А. А. Оценка и прогнозирование степени карбонизации бетона / А. А. Васильев // Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования: монография / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – С. 148–158.
  8. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Порядок проведения : ТКП 45-1.04-37-2008 (02250). – Введ. 29.12.08. – Минск, 2009. – 39 с.

Статья поступила: 23.11.2018

## REFERENCES

1. *Zhelezobeton v XXI veke: Sostoyanie i perspektivy razvitiya betona i zhele-zobetona v Rossii* [Reinforced concrete in the XXI century: state and prospects of concrete and reinforced concrete development in Russia]. Gosstroj Rossii, NII ZHB. Moscow: Gotika, 2001. 684 p. (rus)
2. *DuraCrete 7: General guidelines for durability design and redesign*. The European Union – Brite EuRam III, Project No. BE95-1347, Probabilistic Performance-based Durability Design of Concrete Structures, Report No. T7-01-1. 1999.
3. Vasilyev A. A. *Karbonizatsiya i otsenka povrezhdennosti zhelezobetonnih konstrukcij* [Carbonation and damage assessment of reinforced concrete structures]. M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, Belarus. gos. un-t transp. Gomel: BelGUT, 2012. 263 p. (rus)
4. Vasilyev A. A. *Karbonizatsiya betona (ocenka i prognozirovaniye): monografiya* [Carbonation of concrete (evaluation and prediction)]. M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, Belarus. gos. un-t transp. Gomel: BelGUT, 2013. 304 p. (rus)
5. Vasilyev A. A. *Raschetno-ehksperimentalnaya model karbonizatsii betona: monografiya* [Calculation and experimental model of concrete carbonization]. M-vo transp. i kommunikatsiy Resp. Belarus, Belarus. gos. un-t transp. Gomel: BelGUT, 2016. 263 p. (rus)

6. Vasilyev A. A. *Problemy sovremennogo betona i zhelezobetona*. Sbornik nauchnyh trudov. 2017. Vyp. 9. Pp. 148–167. (rus)
7. Vasilyev A. A. Otsenka i prognozirovaniye stepeni karbonizatsii betona [Assessment and prediction of concrete carbonization degree]. *Innovatsionnoye razvitiye: potentsial nauki i sovremennogo obrazovaniya: monografiya* [Innovative development: the potential of science and modern education]. In Gulyayeva G.YU. (eds.). Penza: MTSNS Nauka i prosveshcheniye, 2018. Pp. 148–158. (rus)
8. *Obsledovaniye stroitelnyh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy. Poryadok provedeniya: TKP 45-1.04-37-2008 (02250)* [Inspection of building structures of buildings and structures. Procedure: TCP 45-1.04-37-2008 (02250)]. Minsk, 2009. Vved. 2008-21-29. P. 39. (rus)

*Received: 23.11.2018*