

ϕ . m . d $O_{BZ}(\mathbb{A})^d$, n . d . $\phi \in qdys^2$, r . ϕ . d $O_{BZ}(\mathbb{A})^d$
 1,2,3 y $ds-v$ tcd fif $q?$ $tsfijhOdfjsj$ ddz $? zdcfaj$ $tcfflsj$ $ls(lrv)$, yj dw $qdfis$, t $tsfijf^w$
e-mail: ¹ abayburin@mail.com, ² akimov08@mail.com, ³ dbayburin@mail.com
ORCID: ¹ https://orcid.org/0000-0002-7432-5671, ³ https://orcid.org/0000-0002-5347-0001

[illegible][illegible]

§ dz **vje^r** **j fhtə⁰** xj dʒ LTBj lssdz j ʃtsdʒstzʃ uq[ɔ], hps? hps⁰ dʒ sʲ tɑ[ɔ] ʃtəsudʒhʲ Bjlss-
dz dʒ tətəz^h ʊ^h j ʄs dʒ lssh^r dʒf^r lsdz?

Где опубликовано: *Журнал «Строительная наука и техника»*, 2024, № 10, с. 100-102. // Russian Journal of Construction Science and Technology. 2024. № 10. P. 100-102. DOI 10.15826/rjst.2024.1.002.

A. H. Baiburin ¹, S. G. Akimov ², D. A. Baiburin ³
^{1,2,3} South Ural State University (SUSU), Chelyabinsk, Russia
 e-mail: ¹ abayburin@mail.com, ² akimov08@mail.com, ³ dbayburin@mail.com
 ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0002-7432-5671>, ³ <https://orcid.org/0000-0002-5347-0001>

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF NON-DESTRUCTIVE METHODS OF CONCRETE STRENGTH CONTROL

Abstract: The results of comparative tests of concrete strength by non-destructive methods of elastic rebound, impact pulse and ultrasonic sounding are presented. The testing strength methods corresponded to the standard ones described in state standards and standards for devices. The accuracy of non-destructive methods was determined by comparison with destructive tests of concrete samples on a hydraulic press. 5 series of 6 control samples cubes of heavy concrete of class B25 were produced. Based on the test results the confidence intervals of the average concrete strength were constructed. A combined method is proposed in the form of the confidence intervals intersection using two of the most accurate methods of elastic rebound and ultrasonic sounding. By superimposing the intervals intersection on the reference confidence interval of the press tests, the statistical characteristics of the test results were de-

terminated: the average offset value, the spread and the confidence probability of the combined strength interval.

Key words: reinforced concrete structures, material properties, concrete strength, non-destructive testing methods.

For citation: Baiburin A. H., Akimov S. G., Baiburin D. A. (2024) Analysis of the accuracy of non-destructive methods of concrete strength control. *Russian Journal of Construction Science and Technology*. 10(1). 1001002. (In Russ.) DOI 10.15826/rjcost.2024.1.002.

Резюме

В статье рассматривается проблема точности методов неразрушающего контроля прочности бетона. Анализ проведен на основе данных, полученных в ходе испытаний образцов бетона. В работе рассмотрены различные методы контроля прочности бетона, включая ультразвуковой метод, метод радиационного контроля и метод ударно-импульсного метода. Результаты испытаний показывают, что ультразвуковой метод является наиболее точным, однако требует сложной аппаратуры. Метод радиационного контроля является простым и быстрым, но имеет ограничения по безопасности. Метод ударно-импульсного метода является наиболее доступным, но имеет наименьшую точность. В работе также рассмотрены вопросы влияния различных факторов на точность методов контроля прочности бетона, включая влажность бетона, температуру окружающей среды и состояние поверхности бетона. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к контролю прочности бетона, включающего несколько методов контроля.

В статье рассматривается проблема точности методов неразрушающего контроля прочности бетона. Анализ проведен на основе данных, полученных в ходе испытаний образцов бетона. В работе рассмотрены различные методы контроля прочности бетона, включая ультразвуковой метод, метод радиационного контроля и метод ударно-импульсного метода. Результаты испытаний показывают, что ультразвуковой метод является наиболее точным, однако требует сложной аппаратуры. Метод радиационного контроля является простым и быстрым, но имеет ограничения по безопасности. Метод ударно-импульсного метода является наиболее доступным, но имеет наименьшую точность. В работе также рассмотрены вопросы влияния различных факторов на точность методов контроля прочности бетона, включая влажность бетона, температуру окружающей среды и состояние поверхности бетона. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к контролю прочности бетона, включающего несколько методов контроля.

В статье рассматривается проблема точности методов неразрушающего контроля прочности бетона. Анализ проведен на основе данных, полученных в ходе испытаний образцов бетона. В работе рассмотрены различные методы контроля прочности бетона, включая ультразвуковой метод, метод радиационного контроля и метод ударно-импульсного метода. Результаты испытаний показывают, что ультразвуковой метод является наиболее точным, однако требует сложной аппаратуры. Метод радиационного контроля является простым и быстрым, но имеет ограничения по безопасности. Метод ударно-импульсного метода является наиболее доступным, но имеет наименьшую точность. В работе также рассмотрены вопросы влияния различных факторов на точность методов контроля прочности бетона, включая влажность бетона, температуру окружающей среды и состояние поверхности бетона. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к контролю прочности бетона, включающего несколько методов контроля.

В статье рассматривается проблема точности методов неразрушающего контроля прочности бетона. Анализ проведен на основе данных, полученных в ходе испытаний образцов бетона. В работе рассмотрены различные методы контроля прочности бетона, включая ультразвуковой метод, метод радиационного контроля и метод ударно-импульсного метода. Результаты испытаний показывают, что ультразвуковой метод является наиболее точным, однако требует сложной аппаратуры. Метод радиационного контроля является простым и быстрым, но имеет ограничения по безопасности. Метод ударно-импульсного метода является наиболее доступным, но имеет наименьшую точность. В работе также рассмотрены вопросы влияния различных факторов на точность методов контроля прочности бетона, включая влажность бетона, температуру окружающей среды и состояние поверхности бетона. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к контролю прочности бетона, включающего несколько методов контроля.

В статье рассматривается проблема точности методов неразрушающего контроля прочности бетона. Анализ проведен на основе данных, полученных в ходе испытаний образцов бетона. В работе рассмотрены различные методы контроля прочности бетона, включая ультразвуковой метод, метод радиационного контроля и метод ударно-импульсного метода. Результаты испытаний показывают, что ультразвуковой метод является наиболее точным, однако требует сложной аппаратуры. Метод радиационного контроля является простым и быстрым, но имеет ограничения по безопасности. Метод ударно-импульсного метода является наиболее доступным, но имеет наименьшую точность. В работе также рассмотрены вопросы влияния различных факторов на точность методов контроля прочности бетона, включая влажность бетона, температуру окружающей среды и состояние поверхности бетона. В заключение делается вывод о необходимости комплексного подхода к контролю прочности бетона, включающего несколько методов контроля.

[illegible]

§8 ИССЛЕДОВАНИЕ

[illegible][illegible]

f j lshQfO tOteOtslsQ f tsd3qdfat-
 sOtsls d3 lshQtsf t3 h3 d3 d3^w f tasuclshQ
 B3 lshQ d3 tOte^h O^h qdf d3 lshQtsf
 s3 d3 uclO

i qLstsdz dʒ dʒ 5 fɪ tɛʔ tʃt 6 ʃtsdʒ
tsdʒ dʒ ʔ tsbɛl ʊtsɛ-ʃlʒtsɛ tɔʒ bʌtsdʒ
100 dʒ ʃ dʒ fɪms^{sw} y dʒ tsdʒ bɪ tsdʒ 25;

i tsf t_{ij} h_j d_j d_j t_{as} u_{as} f_{ij} b_j l s_{as} d_{as} d_{as} f_{ij} d_{as} l s_{as} d_{as} t_{as} d_{as} d_{as} l s_{as} d_{as} h_{as} d_{as} t_{as} f_{ij} t_{as} b_{as} t_{as} d_{as} h_{as} d_{as} t_{as} d_{as} f_{ij} d_{as} l s_{as} d_{as} t_{as} f_{ij} t_{as} d_{as} t_{as} t_{as} f_{ij} t_{as} d_{as} t_{as} f_{ij} t_{as} l s_{as} t_{as} t_{as} b_{as} t_{as} t_{as} h_{as} t_{as} t_{as} t_{as} h_{as} j d_{as} d_{as} c f_{ij} l s_{as} d_{as} d_{as} d_{as} d_{as} WAW-600 kN;

i tsf tɔ̃ hɨ dʒ dɔ̃ l dɔ̃ l dɔ̃ l? fɪŋ hɔ̃ dʒ?
tʃ tɛ s y d s f i ŋ dʒ ɛ ɔ t e ɔ s q y d s g t s t s l s d s
dʒ dɔ̃ w, ɛ t s w w d y d j d s ɔ ɔ ɔ d y d q d d ɛ d f i ŋ
B j l s s d ɔ (ə f i j t e d q d t f t s w l s f i j t e d w d);

i tsf tɔ h j d j dz 95-ɩf t f t s u j d z d z n H S -
ə j t a l s j d z d z n q d s j t e O l s e t f t s y d s h p d z
£ O H S G S d j l s h O

i tsbtsfms 04j ftsbqdfstas 04as d -
lsh0 d4t0tzh 0 h jts ftslsts d ftsu
dshf, ftslste ? tsbj fufj uf00 ls tq lkd ls
k' , d0fmd04 das ftsfbdyfj d4 i f tsf t -

h₁ d₁ d₂ d₃ t₀ t₁ z^h 0^h f₁ d₃ f₁ f₁^r l s₀ z₁^w d₃
f₁ l z₁ u₁ l s₀ d₃ h t s₀ j t₀ f₁ s₁ d₃ z₁ s₀ j t₀ s^w l s₀ d₃ f₁ l s₀ f₁.

Результаты сравнительных исследований

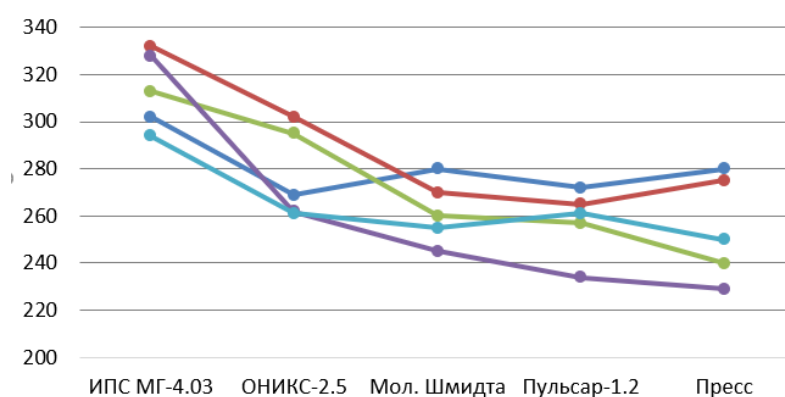
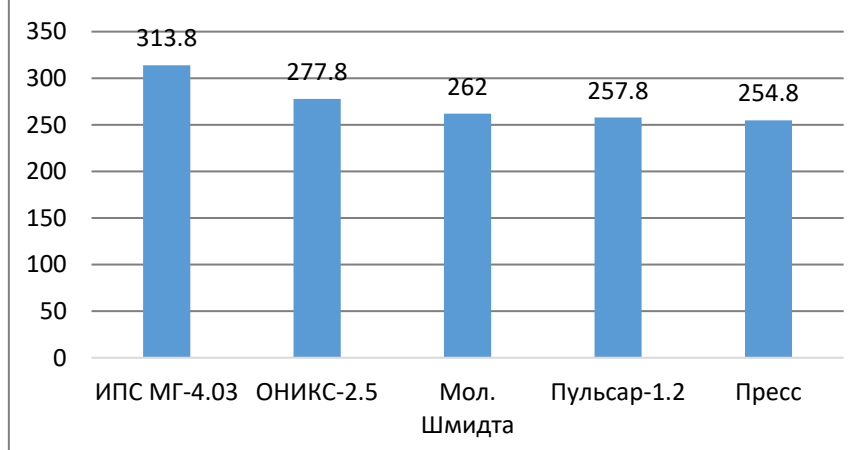
l 0 taqfij 1 fteq hfij 0 d; dz lzfij h; dz dz j teq l; dz l 0 s' tsf teq h; dz d; dz fteq u; dz hfij B; l; dz 0 fts 5 fteq d; dz teq d; dz dz dz l; dz hfij, tsf hfij dz dz 0 l 0 dz 1.

[illegible][illegible][illegible][illegible]

ԾԵՃԴՈՒ

Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի հիմն ՕՆԻԿ ընդ լիճալի

Ֆուլս ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի		
	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի
Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի 22690-2015	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի 4.03	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի
Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի 22690-2015	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի 2.5	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի
Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի 22690-2015	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի SilverSchmidt PC N	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի
Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի 17624-2021	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի 1.2	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի
Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի 28570-2019	Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի 600 kN	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի	Ֆուլս ընդ լիճալի, ընդ լիճալի

Прочность бетона серий образцов, кгс/см²Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի
(Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի)Средняя прочность бетона, кгс/см²Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի ընդ լիճալի
(Ֆուլս ընդ լիճալի ընդ լիճալի)

$n = v + 1$, $t_{\alpha v}$ q ftsdzuji fipis dldj tjd?

u8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

[illegible][illegible]

u tʃɸfɪsɸ ɸfɪɪtsɸɸ lɸɸɸɸ ɸ ɸfɪɪtsɸɸɸɸ tɸ

1. *v dē b q dē φ. J. J. f. o' b t s t d j k s h t s d z f t s d s t s d z f b j k s d o f t s h t s t s j d z z f i s t s d z j d q z // R d z j d j t e d s f i s t s d z j d z d z ? x k z t a d z 2011. - 4. u. 10 i 15.*
2. *z k j d z d z φ. J. J. f. b h d j f t s b d j d z k j z d q u j f i s t s t s b f i l j h t s o d z w d j d j k o d z u j f i d z f i s t s d z j d z d z f i s t s d z u d z f i f i d z o d z d z j z k h o d z d f i s t s d z j d q z // R d z j d j t e d s f i s t s d z j d z d z ? x k z t a d z 2010. - 7(17). u. 4 i 9.*
3. *J k z d z d z φ. J. J. d q w d z j o d o d s f i l j b j k s d o d o k s u d s f i l j t s f t j h j d j d q w f t s u d s f i l j // J j f i s d z f o d f u o. 2007. - 4. u. 135 i 138.*
4. *u o d d u t s o φ. J. J., l q f s d j d z t s J. J., m o d z d z f. R. J., f o d z o φ. u. J d q w d z j o w l f i s f i l j d z w k j f t s h z f i s s o d o h j w t a d z o d z j f i s t s f i l j o b j k s d o // R d z j d j t e d s f i s t s d z j d z d z ? x k z t a d z 2014. - 7. u. 16 i 22.*
5. *u d j x f i s o, r. J. J., f j t s d z o d u u. l. J. t s o h j d z j h t s f i l j t e d s f i l j f i s t s d z f t s u d s f i l j b j k s d o d j t o d z h o d z d z j k s h o d z o f i s f i l j d z f i s t s d z o d z w // J t a s d z h d j d z j d f t o h o d z f i s f i s t s d z j d z f i s t s. 2018. - 1. u. 25 i 32.*
6. *f o s r h φ. J. J., f j t s d z o d u u. l. J., s t d z h o r. φ. s t s d z s d z f o u j f i l j o b j k s d o d z s d z f i l j z k j d j t s b j k s d z z f i s t s d z u d z // o j z d s d z o w f i s t s d z j d z f i l j o d t j f i s t s d z u d z f i l j: TCR-2015: f i s t a d z h t s d o h t s o f j x h z d o t a s h d z d o d z s j z d q u j f i s t s f i s t z f i s t z j t j d q d f. f d d z f. J l s o, 2017. u. 263 i 274.*
7. *Breyse D., Balayzac J., Biondi S., Corbett D., Goncalves A., Grantham M., Luprano V.A.M., Masi A., Monteiro A.V., Sbartaï Z.M. Recommendation of RILEM TC249-ISC on non-destructive in situ strength assessment of concrete // Materials and Structures. 2019. Vol. 52. No. 4. P. 1 i 21. DOI: 10.1617/s11527-019-1369-2.*

[illegible]

Φ_8^0

[illegible][illegible]

8. Hannachi S., Guetteche M. Application of the Combined Method for Evaluating the Compressive Strength of Concrete on Site // Open Journal of Civil Engineering. 2012. Vol. 2 No.1. DOI: 10.4236/ojce.2012.21003.
9. Taubaldy I., Akhmetov D., Rakisheva A. A comprehensive approach to concrete strength testing: combining destructive, non-destructive and wireless sensor methods // Bulletin of the L.N. Gumilev Eurasian National University. Series: Technical Sciences and Technologies. 2023. No. 1 (142). P. 98i 106. DOI: 10.32523/2616-7263-2023-142-1-98-106.
10. Kosar K., Khazanovich L., Salles L. Evaluation of Early Age Concrete Pavement Strength by Combined Nondestructive Tests // Applied Sciences (Switzerland). 2023. Vol. 13. No. 4. P. 2240. DOI: 10.3390/app13042240.
11. Balayssac J. P., Laurens S., Breyssse D. and Garnier V. Evaluation of Concrete Properties by Combining NDT Methods // Nondestructive Testing of Materials and Structures. Proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey. 2011. P. 187i 192.
12. Bensaber A., Boudaoud Z., Seghir N.T., Czarnecki S., Sadowski Ą. The assessment of concrete subjected to compressive and flexural preloading using nondestructive testing methods, correlation between Concrete Strength and Combined method (SonReb) // Measurement. 2023. Vol. 222. P. 113659. DOI: 10.1016/j.measurement.2023.113659.
13. Reinhardt H. W. Characterization of Fresh and Early Age Concrete Using NDT // Nondestructive Testing of Materials and Structures. Proceedings of NDTMS-2011, Istanbul, Turkey. 2011. P. 407i 422.
14. Advanced concrete technology. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2011, 506 p.
15. Schabowicz K. Non-destructive testing of materials in civil engineering // Materials, 2019. vol. 12. No. 19. p. 3237.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՐԱԴԱՐԱՆԻ ՀԱՄԱՐ 1

1. Ulybin A. V. (2011). O vybore metodov kontrolya prochnosti betona postroennyh sooruzhenij [On the choice of methods for controlling the strength of concrete of constructed structures]. Civil Engineering Magazine, 4, 10i 15. (In Russian).
2. Shtengel' V. G. (2010). Obshchie problemy tekhnicheskogo obsledovaniya nemetallicheskih stroi-tel'nyh konstrukcij ekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij [General problems of technical inspection of non-metallic building structures of operated buildings and structures]. Civil Engineering Magazine, 7(17), 4i 9. (In Russian).
3. Burmin A. V. (2007). Vliyanie vlazhnosti betona na tochnost' opredeleniya prochnosti [The effect of concrete moisture on the accuracy of strength determination]. Bulletin of the TSACU, 4, 135i 138. (In Russian).
4. Svincov A. P., Nikolenko Yu. V., Harun M. I., Kazakov A. S. (2014). Vliyanie vyazkosti neftepro-dukto-va na deformativnye svoystva betona [The effect of viscosity of petroleum products on the deformative properties of concrete]. Civil Engineering Magazine, 7, 16i 22. (In Russian).
5. Snezhkov, D. Yu., Leonovich S. N. (2018). Povyshenie dostovernosti kontrolya prochnosti betona ne-razrushayushchimi metodami na osnove ih kombinirovaniya [Increasing the reliability of concrete strength control by non-destructive methods based on their combination]. Industrial and civil engineering, 1, 25i 32. (In Russian).
6. Latysh A. V., Leonovich S. N., Koleda E. A. (2017). Kontrol' kachestva betona monolitnyh zhele-zobetonnyh konstrukcij [Quality control of concrete of monolithic reinforced concrete structures]. Tekhnologiya stroitel'stva i rekonstrukcii: TCR-2015: sbor-nik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. [Technology of construction and reconstruction: TCR-2015: collection of reports of the International Scientific and Technical Conference] (pp. 263i 274). Minsk: Publ. BNTU. (In Russian).
7. Breyssse D., Balayssac J., Biondi S., Corbett D., Goncalves A., Grantham M., Luprano V.A.M., Masi A., Monteiro A.V., Sbartai Z.M. (2019). Recommendation of RILEM TC249-ISC on non-destructive in situ strength assessment of concrete. Materials and Structures, 52(4), 1i 21. DOI: 10.1617/s11527-019-1369-2.
8. Hannachi S., Guetteche M. (2012). Application of the Combined Method for Evaluating the Compres-sive Strength of Concrete on Site. Open Journal of Civil Engineering, 2(1), DOI: 10.4236/ojce.2012.21003.
9. Taubaldy I., Akhmetov D., Rakisheva A. (2023). A comprehensive approach to concrete strength testing: combining destructive, non-destructive and wireless sensor methods. Bulletin of the L.N. Gumilev Eurasian National University. Series: Technical Sciences and Technologies, 142(1), 98i 106. DOI: 10.32523/2616-7263-2023-142-1-98-106.

10. Kosar K., Khazanovich L., Salles L. (2023). Evaluation of Early Age Concrete Pavement Strength by Combined Nondestructive Tests. Applied Sciences (Switzerland), 13(4), 2240. DOI: 10.3390/app13042240.
11. Balayssac J. P., Laurens S., Breyse D. and Garnier V. (2011). Evaluation of Concrete Properties by Combining NDT Methods. Nondestructive Testing of Materials and Structures. Proceedings of NDTMS-2011 (pp. 187i 192), Istanbul, Turkey.
12. Bensaber A., Boudaoud Z., Seghir N.T., Czarnecki S., Sadowski Ğ. (2023). The assessment of concrete subjected to compressive and flexural preloading using nondestructive testing methods, correlation between Concrete Strength and Combined method (SonReb). Measurement, 222, 113659. DOI: 10.1016/j.measurement.2023.113659.
13. Reinhardt H. W. (2011). Characterization of Fresh and Early Age Concrete Using NDT. Nondestructive Testing of Materials and Structures. Proceedings of NDTMS-2011 (pp. 407i 422), Istanbul, Turkey.
14. Advanced concrete technology (2011). Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 506 p.
15. Schabowicz K. (2012). Non-destructive testing of materials in civil engineering. Materials, 12(19), 3237.

1 tsbzuj dts 23.05.24

1 tsbz dtsbzuj dtsbz dtsbz dtsbz: 24.05.24

1 tsbz dtsbz dtsbz dtsbz dtsbz: 27.05.24

1 tsbz dtsbz dtsbz dtsbz dtsbz: 15.07.24

Received: 23.05.24

Revised: 24.05.24

Accepted: 27.05.24

Available on-line: 15.07.24