

УДК 624.046

**ФОРМАТЫ МЕТОДА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАДЕЖНОСТИ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ**

В. В. Тур¹, В. В. Надольский²

¹ Д. т. н., профессор, заведующий кафедрой технологии бетона и строительных материалов, УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail: 123@gmail.com

² К. т. н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь; доцент кафедры строительных конструкций, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: 321@gmail.com

Реферат (не менее 200 слов)

В международных нормативных документах появляются требования, относящиеся к нелинейному конечно-элементному анализу конструкций и конструктивных систем, а главное – к обеспечению требуемого уровня надежности при выполнении такого анализа. Внесение в нормативные документы требований, относящихся к нелинейному анализу конструкций, связано как с возросшим интересом к данной проблеме при переходе на новые методы проектирования, так и новыми возможностями в связи с развитием компьютерной техники и программного обеспечения различного уровня, что создает возможности для такого проектирования. Учитывая то, что это направление является новым и не сформированным, вследствие чего возникает ряд терминологических и методологических нестыковок в научной литературе, в данной статье критически проанализированы подходы к обеспечению надежности при выполнении нелинейного анализа (не акцентируя внимания на реализации собственно нелинейной модели сопротивления), включенные в проекты нормативных документов prEN1990 и prEN1992. На основании аналитического обзора исследований представлены описание и критический анализ форматов записи метода коэффициентов надежности для железобетонных конструкций, проектируемых на основе нелинейных конечно-элементных моделей.

Систематизированы форматы записи метода коэффициентов надежности в зависимости (i) от того, на каком этапе происходит учет неопределенности базисных переменных и переход к расчетным значениям, (ii) от того, как вводятся изменчивости базисных переменных и погрешности модели, (iii) от того являются ли значения частных коэффициентов фиксированными или «регулируемыми». Сформированы две основные задачи, сдерживающие применение нелинейных

конечно-элементных моделей в повседневном проектировании. Первая связана с методами оценки коэффициента вариации несущей способности конструкции. Вторая связана с отсутствием статистических параметров погрешности конечно-элементных моделей.

Ключевые слова: формат метода коэффициентов надежности, нелинейные модели несущей способности, метод конечных элементов, железобетонные конструкции, вероятностный метод, коэффициенты надежности, неопределенности, Еврокод.

FORMATS OF THE METHOD OF RELIABILITY FACTORS IN THE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BASED ON COMPUTER MODELS

V. V. Tur, V. V. Nadolski

Abstract (*точный перевод реферата*)

In international regulatory documents, there are requirements related to the nonlinear finite element analysis of structures and structural systems, and most importantly to ensuring the required safety format when performing such an analysis. The introduction of requirements related to the nonlinear analysis of structures into regulatory documents is due both to the increased interest in this problem during the transition to new design methods, and new opportunities due to the development of computer technology and software at various levels, which creates opportunities for such design. Considering that this direction is new and not formed, which causes a number of terminological and methodological inconsistencies in the scientific literature, this article critically analyzes approaches to ensuring the required safety format when performing nonlinear analysis (without focusing on the implementation of the nonlinear resistance model proper) included in the draft regulatory documents prEN1990 and prEN1992. Based on an analytical review of the research, a description and critical analysis of the safety formats of reinforced concrete structures designed on the basis of nonlinear finite element models are presented.

The safety formats are systematized depending (i) on how the uncertainty of the basic variables is taken into account, (ii) on how the variability of the basic variables and model uncertainty are introduced, (iii) on whether the values of the partial factors are fixed or adjustable. Two main tasks have been formed that restrain the use of nonlinear finite element models in everyday design. The first is related to the methods of estimating the coefficient of variation of the load-bearing capacity. The second is related to the absence or lack of knowledge of the statistical parameters of the uncertainty of finite element models.

Keywords: safety format, nonlinear load-bearing capacity models, finite element method, reinforced concrete structures, probabilistic method, reliability factors, uncertainties, Eurocode.

(Основной текст статьи считается от введения до списка цитированных источников и должен быть не менее 14 000 знаков с пробелами)

Введение

В соответствии со сложившейся многолетней практикой, классический подход к проектированию конструкций представляют как процедуру, состоящую из двух отдельных независимых этапов. На первом этапе, опираясь на правила строительной механики с применением соответствующей расчетной модели, определяют *линейно-упругую реакцию* (отклик) конструкции, вызванную приложенными внешними воздействиями. ...

Основная часть (должна иметь название)

В практике проектирования широкое распространение получил метод коэффициентов надежности, на котором и будут сосредоточены дальнейший анализ и обобщение возможных форматов. ...

Заключение

В рамках статьи систематизированы результаты исследований форматов записи метода коэффициентов надежности и выполнена их классификация в зависимости (i) от того, на каком этапе происходит учет неопределенности базисных переменных и переход к расчетным значениям, (ii) от того, как вводятся изменчивости базисных переменных и погрешности модели, (iii) от того являются ли значения частных коэффициентов фиксированными или «регулируемыми». ...

Список цитированных источников (не менее 20 источников)

1. Shear resistance evaluation of prestressed concrete bridge beams: fib Model Code 2010 guidelines for level IV approximations / B. Belletti [et al.] // Structural Concrete. – 2013. – Vol. 14(3). – P. 242–249. – <https://doi.org/10.1002/suco201200046>.
2. Schlune, H. Safety formats for nonlinear analysis tested on concrete beams subjected to shear forces and bending moments / H. Schlune, M. Plos, K. Gylltoft // Engineering Structures. – 2011. – Vol. 33. – P. 2350–2356. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.04.008>.
3. Olalusi, O. B. Model uncertainties and bias in shear strength predictions of slender stirrup reinforced concrete beams / O. B. Olalusi, C. Viljoen // Structural Concrete. – 2019. – Vol. 21. – P. 316–332. – <https://doi.org/10.1002/suco.201800273>.
4. Non-linear material modelling strategy for conventional and high-performance concrete assisted by testing / N. Pressmair [et al.] // Cement and Concrete Research. – 2022. – Vol. 161. – Paper 106933. – <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106933>.

5. Рахмонов, А. Д. Компьютерное моделирование для исследования напряженно-деформированного состояния балок с комбинированным армированием / А. Д. Рахмонов, Н. П. Соловьев, В. М. Поздеев // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 187–195.
6. Сафаров, А. Р. Реализация численной модели бетона CSCM применительно к отечественным классам бетонов / А. Р. Сафаров, В. Б. Дорожинский, В. И. Андреев // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – № 4. – С. 545–555. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.4.545-555>.
7. Тур, В. В. Концепция проектирования строительных конструкций на основе численных моделей сопротивления / В. В. Тур, В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 6(104). – С. 78–90. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90>.
8. Non-linear finite element analyses applicable for the design of large reinforced concrete structures / M. Engen [et al.] // European Journal of Environmental and Civil Engineering. – 2017. – Vol. 23. – P. 1381–1403. – <https://doi.org/10.1080/19648189.2017.1348993>.
9. Тамразян, А. Г. Анализ надежности железобетонной плиты с корродированной арматурой / А. Г. Тамразян, Т. А. Мацеевич // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 1(99). – С. 89–98. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-99-1-89-98>.
10. Cervenka, V. Reliability – based non-linear analysis according to fib Model Code 2010 / V. Cervenka // Structures Concrete, Journal of fib. – 2013. – Vol. 14. – P. 19–28. – <https://doi.org/10.1002/suco.201200022>.
11. Allaix, D. L. Global safety format for non-linear analysis of reinforced concrete structures / D. L. Allaix, V. I. Carbone, G. Mancini // Structural Concrete. – 2013. – Vol. 14(1). – P. 29–42. – <https://doi.org/10.1002/suco.201200017>.
12. Shlune, H. Safety format for non-linear analysis of concrete structures / H. Shlune, K. Gylltoft, M. Plos // Magazine of Concrete Research. – 2012. – Vol. 64(7). – P. 563–74.
13. Sykora, M. Safety format for non-linear analysis in the model code –verification of reliability level / M. Sykora, M. Holicky // Proceeding of fib symposium on concrete engineering for excellence and efficiency. – 2011. – P. 943–946.
14. Cervenka, V. Global safety formats in fib Model Code 2010 for design of concrete structures / V. Cervenka // Proceedings of the 11th Probabilistic Workshop, Brno, – 2013. – ID: 215762212.
15. Partial safety factor for resistance model uncertainties in 2D non-linear finite element analysis of reinforced concrete structures / P. Castaldo [et al.] // Engineering Structures. – 2018. – Vol. 176. – P. 746–762. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.09.041>.
16. Olsson, A. On Latin hypercube sampling for structural reliability analysis / A. Olsson, G. Sandberg, O. Dahlblom // Structural Safety. – 2003. – Vol. 25(1). – P. 47–68.

17. Vořechovsk, M. Correlation control in small-sample Monte Carlo type simulations I: a simulated annealing approach / M. Vořechovsk, D. Novak // Probabilistic Engineering Mechanics. – 2009. – Vol. 24(3). – P. 452–462.
18. Харченко, А. О. Использование вероятностных методов оценки надежности технических объектов на примере технологических и автомобильных систем / А. О. Харченко, А. А. Харченко, Е. А. Владецкая // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 4(67). – С. 3–10.
19. Лизогуб, А. А. Вероятностный подход к оценке живучести конструктивных систем из сборного и монолитного железобетона / А. А. Лизогуб, А. В. Тур, В. В. Тур // Строительство и реконструкция. – 2023. – № 4(108). – С. 93–105. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108>.
20. Sattler, F. Probabilistic and semi-probabilistic analyses of bridge structures – multi-level modelling based assessment of existing structures / F. Sattler, A. Strauss // Proceedings of the 1st conference of the European association on quality control of bridges and structures. – 2021. – Vol. 110. – P. 962–970. – <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91877-4>.
21. Stochastic modelling and assessment of long-span precast prestressed concrete elements failing in shear / O. Slowik [et al.] // Engineering Structures. – 2021. – Vol. 228. – Paper 111500. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111500>.
22. Перельмутер, А. В. Готовы ли мы перейти к нелинейному анализу при проектировании? / А. В. Перельмутер, В. В. Тур // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2017. – Vol. 13. – P. 86–102.
23. Надольский, В. В. Коэффициенты надежности для нелинейных моделей несущей способности балок с гибкой стенкой / В. В. Надольский // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – № 6. – С. 852–863. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.6.852-863>.
24. Novak, L. Estimation of coefficient of variation for structural analysis: the correlation interval approach / L. Novak, D. Novak // Structural Safety. – 2021. – Vol. 92. – Paper 102101. – <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2021.102101>.
25. Соловьев, С. А. Метод вероятностного анализа надежности элементов конструкций на основе граничных функций распределения / С. А. Соловьев, А. А. Соловьева // Вестник МГСУ. – 2023. – № 18(10). – С. 1545–1555. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.10.1545-1555>.
26. Castaldo, P. Safety formats for non-linear finite element analysis of reinforced concrete structures: discussion, comparison and proposals / P. Castaldo, D. Gino, G. Mancini // Engineering Structures. – 2019. – Vol. 193. – P. 136–153. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.136-153>.
27. Aleatory uncertainties with global resistance safety factors for non-linear analyses of slender reinforced concrete columns / P. Castaldo [et al.] // Engineering Structures. – 2022. – Vol. 255. – Paper 113920. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113920>.

28. Тур, В. В. Калибровка значений частных коэффициентов для проверок предельных состояний несущей способности стальных конструкций для условий Республики Беларусь. Часть 2 / В. В. Тур, В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 5 (67). – С. 69–75.
29. Bakeer, T. General partial safety factor theory for the assessment of the reliability of nonlinear structural systems / T. Bakeer // Reliability Engineering & System Safety. – 2023. – Vol. 234. – Paper 109150. – <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109150>.
30. Comparison of advanced semi-probabilistic methods for design and assessment of concrete structures / L. Novak [et al.] // Structural Concrete. – 2022. – Vol. 24. – P. 771–787. – <https://doi.org/10.1002/suco.202200179>.
31. Уткин, В. С. Расчет несущих элементов конструкций по заданному значению надежности при неполной статистической информации / В. С. Уткин, С. А. Соловьев, О. В. Ярыгина // Строительство и реконструкция. – 2020. – № 1(87). – С. 81–91. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-87-1-81-91>.
32. Надольский, В. В. Оценка расчетного значения несущей способности стальных элементов, проектируемых на основе численных моделей / В. В. Надольский // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 367–378. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.3.367-378>.
33. Caspeele, R. Validation of the harmonized partial factor method for design and assessment of concrete structures as proposed for fib model code 2020 / R. Caspeele, Den Hende K. Van // Structural Concrete. – 2023. – Vol. 24. – P. 4368–4376. – <https://doi.org/10.1002/suco.202201109>.
34. Partial factor methods for existing structures according to fib Bulletin 80: Assessment of an existing prestressed concrete bridge / D. Gino [et al.] // Structural Concrete. – 2020. – Vol. 21. – P. 15–31. – <https://doi.org/10.1002/suco.201900231>.
35. Slobbe, A. Reliability-based calibration of design code formulas: Application to shear resistance formulas for reinforced concrete members without shear reinforcement / A. Slobbe, A. Rózsás, Y. Yang // Structural Concrete. – 2023. – Vol. 24. – P. 2979–3001. – <https://doi.org/10.1002/suco.202200583>.

References (*транслитерация с помощью сервиса <http://translit-online.ru/>*)

1. Shear resistance evaluation of prestressed concrete bridge beams: fib Model Code 2010 guidelines for level IV approximations / B. Belletti [et al.] // Structural Concrete. – 2013. – Vol. 14(3). – P. 242–249. – <https://doi.org/10.1002/suco201200046>.
2. Schlune, H. Safety formats for nonlinear analysis tested on concrete beams subjected to shear forces and bending moments / H. Schlune, M. Plos, K. Gylltoft // Engineering Structures. – 2011. – Vol. 33. – P. 2350–2356. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.04.008>.

3. Olalusi, O. B. Model uncertainties and bias in shear strength predictions of slender stirrup reinforced concrete beams / O. B. Olalusi, C. Viljoen // *Structural Concrete*. – 2019. – Vol. 21. – P. 316–332. – <https://doi.org/10.1002/suco.201800273>.
4. Non-linear material modelling strategy for conventional and high-performance concrete assisted by testing / N. Pressmair [et al.] // *Cement and Concrete Research*. – 2022. – Vol. 161. – Paper 106933. – <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106933>.
5. Rahmonov, A. D. Komp'yuternoe modelirovanie dlya issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya balok s kombinirovannym armirovaniem / A. D. Rahmonov, N. P. Solov'ev, V. M. Pozdeev // *Vestnik MGSU*. – 2014. – № 1. – S. 187–195.
6. Safarov, A. R. Realizatsiya chislennoj modeli betona CSCM primenitel'no k otechestvennym klassam betonov / A. R. Safarov, V. B. Dorozhinskij, V. I. Andreev // *Vestnik MGSU*. – 2023. – T. 18. – № 4. – S. 545–555. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.4.545-555>.
7. Tur, V. V. Konceptsiya proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij na osnove chislennyh modelej soprotivleniya / V. V. Tur, V. V. Nadol'skij // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2022. – № 6(104). – S. 78–90. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90>.
8. Non-linear finite element analyses applicable for the design of large reinforced concrete structures / M. Engen [et al.] // *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. – 2017. – Vol. 23. – P. 1381–1403. – <https://doi.org/10.1080/19648189.2017.1348993>.
9. Tamrazyan, A. G. Analiz nadezhnosti zhelezobetonnoj plity s korrodirovannoj armaturoj / A. G. Tamrazyan, T. A. Maceevich // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2022. – № 1(99). – S. 89–98. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-99-1-89-98>.
10. Cervenka, V. Reliability – based non-linear analysis according to fib Model Code 2010 / V. Cervenka // *Structures Concrete, Journal of fib*. – 2013. – Vol. 14. – R. 19–28. – <https://doi.org/10.1002/suco.201200022>.
11. Allaix, D. L. Global safety format for non-linear analysis of reinforced concrete structures / D. L. Allaix, V. I. Carbone, G. Mancini // *Structural Concrete*. – 2013. – Vol. 14(1). – P. 29–42. – <https://doi.org/10.1002/suco.201200017>.
12. Shlune, H. Safety format for non-linear analysis of concrete structures / H. Shlune, K. Gylltoft, M. Plos // *Magazine of Concrete Research*. – 2012. – Vol. 64(7). – P. 563–74.
13. Sykora, M. Safety format for non-linear analysis in the model code –verification of reliability level / M. Sykora, M. Holicky // *Proceeding of fib symposium on concrete engineering for excellence and efficiency*. – 2011. – P. 943–946.
14. Cervenka, V. Global safety formats in fib Model Code 2010 for design of concrete structures / V. Cervenka // *Proceedings of the 11th Probabilistic Workshop, Brno*, – 2013. – ID: 215762212.

15. Partial safety factor for resistance model uncertainties in 2D non-linear finite element analysis of reinforced concrete structures / P. Castaldo [et al.] // *Engineering Structures*. – 2018. – Vol. 176. – P. 746–762. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.09.041>.
16. Olsson, A. On Latin hypercube sampling for structural reliability analysis / A. Olsson, G. Sandberg, O. Dahlblom // *Structural Safety*. – 2003. – Vol. 25(1). – P. 47–68.
17. Vořechovsk, M. Correlation control in small-sample Monte Carlo type simulations I: a simulated annealing approach / M. Vořechovsk, D. Novak // *Probabilistic Engineering Mechanics*. – 2009. – Vol. 24(3). – P. 452–462.
18. Harchenko, A. O. Ispol'zovanie veroyatnostnyh metodov ocenki nadezhnosti tekhnicheskikh ob'ektov na primere tekhnologicheskikh i avtomobil'nyh sistem / A. O. Harchenko, A. A. Harchenko, E. A. Vladeckaya // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2019. – № 4(67). – S. 3–10.
19. Lizogub, A. A. Veroyatnostnyj podhod k ocenke zhivuchesti konstruktivnyh sistem iz sbornogo i monolitnogo zhelezobetona / A. A. Lizogub, A. V. Tur, V. V. Tur // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2023. – № 4(108). – S. 93–105. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2023-108>.
20. Sattler, F. Probabilistic and semi-probabilistic analyses of bridge structures – multi-level modelling based assessment of existing structures / F. Sattler, A. Strauss // *Proceedings of the 1st conference of the European association on quality control of bridges and structures*. – 2021. – Vol. 110. – P. 962–970. – <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91877-4>.
21. Stochastic modelling and assessment of long-span precast prestressed concrete elements failing in shear / O. Slowik [et al.] // *Engineering Structures*. – 2021. – Vol. 228. – Paper 111500. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111500>.
22. Perel'muter, A. V. Gotovy li my perejti k nelinejnomu analizu pri proektirovanii? / A. V. Perel'muter, V. V. Tur // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2017. – Vol. 13. – P. 86–102.
23. Nadol'skij, V. V. Koefficienty nadezhnosti dlya nelinejnyh modelej nesushchej sposobnosti balok s gibkoj stenkoj / V. V. Nadol'skij // *Vestnik MGSU*. – 2023. – T. 18. – № 6. – S. 852–863. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.6.852-863>.
24. Novak, L. Estimation of coefficient of variation for structural analysis: the correlation interval approach / L. Novak, D. Novak // *Structural Safety*. – 2021. – Vol. 92. – Paper 102101. – <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2021.102101>.
25. Solov'ev, S. A. Metod veroyatnostnogo analiza nadezhnosti elementov konstrukcij na osnove granichnyh funkcij raspredeleniya / S. A. Solov'ev, A. A. Solov'eva // *Vestnik MGSU*. – 2023. – № 18(10). – S. 1545–1555. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.10.1545-1555>.

26. Castaldo, P. Safety formats for non-linear finite element analysis of reinforced concrete structures: discussion, comparison and proposals / P. Castaldo, D. Gino, G. Mancini // *Engineering Structures*. – 2019. – Vol. 193. – P. 136–153. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.113920>.
27. Aleatory uncertainties with global resistance safety factors for non-linear analyses of slender reinforced concrete columns / P. Castaldo [et al.] // *Engineering Structures*. – 2022. – Vol. 255. – Paper 113920. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113920>.
28. Tur, V. V. Kalibrovka znachenij chastnyh koefficientov dlya proverok predel'nyh sostoyanij nesushchej sposobnosti stal'nyh konstrukcij dlya uslovij Respubliki Belarus'. *CHast' 2* / V. V. Tur, V. V. Nadol'skij // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2016. – № 5 (67). – S. 69–75.
29. Bakeer, T. General partial safety factor theory for the assessment of the reliability of nonlinear structural systems / T. Bakeer // *Reliability Engineering & System Safety*. – 2023. – Vol. 234. – Paper 109150. – <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109150>.
30. Comparison of advanced semi-probabilistic methods for design and assessment of concrete structures / L. Novak [et al.] // *Structural Concrete*. – 2022. – Vol. 24. – P. 771–787. – <https://doi.org/10.1002/suco.202200179>.
31. Utkin, V. S. Raschet nesushchih elementov konstrukcij po zadannomu znacheniyu nadezhnosti pri nepolnoj statisticheskoj informacii / V. S. Utkin, S. A. Solov'ev, O. V. YAr'ygina // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2020. – № 1(87). – S. 81–91. – <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2020-87-1-81-91>.
32. Nadol'skij, V. V. Ocenka raschetnogo znacheniya nesushchej sposobnosti stal'nyh elementov, proektiruemyh na osnove chislennyh modelej / V. V. Nadol'skij // *Vestnik MGSU*. – 2023. – T. 18. – Vyp. 3. – S. 367–378. – <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2023.3.367-378>.
33. Caspeele, R. Validation of the harmonized partial factor method for design and assessment of concrete structures as proposed for fib model code 2020 / R. Caspeele, Den Hende K. Van // *Structural Concrete*. – 2023. – Vol. 24. – P. 4368–4376. – <https://doi.org/10.1002/suco.202201109>.
34. Partial factor methods for existing structures according to fib Bulletin 80: Assessment of an existing prestressed concrete bridge / D. Gino [et al.] // *Structural Concrete*. – 2020. – Vol. 21. – P. 15–31. – <https://doi.org/10.1002/suco.201900231>.
35. Slobbe, A. Reliability-based calibration of design code formulas: Application to shear resistance formulas for reinforced concrete members without shear reinforcement / A. Slobbe, A. Rózsás, Y. Yang // *Structural Concrete*. – 2023. – Vol. 24. – P. 2979–3001. – <https://doi.org/10.1002/suco.202200583>.