

УДК 693.22

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПРОБНОГО НАГРУЖЕНИЯ

**В. Н. Деркач<sup>1</sup>, И. Е. Демчук<sup>2</sup>, В. В. Лавренчук<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Д. т. н., профессор, директор, филиал «Научно-технический центр» НППРУП «Стройтехнорм», Брест, Беларусь, e-mail: v-derkach@yandex.ru

<sup>2</sup> К. т. н., начальник отдела, филиал «Научно-технический центр» НППРУП «Стройтехнорм», Брест, Беларусь, e-mail: 7263712@mail.ru

<sup>3</sup> Инженер-конструктор 2 категории, филиал «Научно-технический центр» НППРУП «Стройтехнорм», Брест, Беларусь, e-mail: lawren4uk.ntc@mail.ru

### Реферат

В статье приведен анализ методик испытания железобетонных конструкций методом пробного нагружения. Такие испытания позволяют относительно легко и быстро оценить техническое состояние строительной конструкции или ее отдельного элемента. В Республике Беларусь отсутствуют ТНПА или методические документы, содержащие методику испытаний пробной нагрузкой строительных конструкций в составе зданий и сооружений, включая критерии оценивания полученных результатов. В статье выполнен анализ значений пробных нагрузок и критериев оценки результатов испытаний по разным литературным источникам и нормативным документам. Показано, что оценка надежности железобетонных конструкций при действии эксплуатационной нагрузки производится на основании критериев эксплуатационной пригодности, согласно которым прогиб конструкции, измеряемый после стабилизации прироста деформаций, и ширина раскрытия трещин не должны превышать предельно допустимых значений, установленных нормативными документами. Дополнительными характеристиками являются прирост прогиба за промежуток времени между моментом приложения полной испытательной нагрузки и моментом стабилизации деформаций, а также значение остаточного прогиба конструкции после стабилизации деформаций. Указано на необходимость разработки стандарта, устанавливающего единые требования к методике проведения испытаний строительных конструкций пробным нагружением, а также к критериям оценивания полученных результатов.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, пробное нагружение, критерии оценки, трещины, прогибы, приращение деформаций.

## EVALUATION OF THE SAFETY AND SERVICEABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY THE TEST LOADING METHOD

**V. N. Derkach, I. E. Demchuk, V. V. Lavrenchuk**

### Abstract

The article provides an analysis of the methods for testing reinforced concrete structures using the test loading method. Such tests allow for a relatively easy and quick assessment of the technical state of a building structure or its individual elements. In the Republic of Belarus there are no technical regulations or methodological documents containing the methodology for testing by the test load of building structures as part of buildings and structures, including criteria for evaluating the results obtained. The article analyzes the values of test loads and criteria for evaluating test results based on various literary sources and normative documents. It is shown that the assessment of the reliability of reinforced concrete structures under the action of operational load is carried out on the basis of the criteria of serviceability, according to which the deflection of the structure, measured after stabilization of the increase in deformations, and the width of the crack opening should not exceed the maximum permissible values established by normative documents. Additional characteristics are the increase in deflection over the time interval between the moment of application of the full test load and the moment of deformation stabilization, as well as the value of the residual deflection of the structure after deformation stabilization. It is pointed out that it is necessary to develop a standard that establishes uniform requirements for the methodology of testing building structures by test loading, as well as criteria for evaluating the results obtained.

**Keywords:** reinforced concrete structures, test loading, evaluation criteria, cracks, deflections, increment of deformations.

### Введение

При обследовании строительных конструкций часто возникают ситуации, когда не удается установить фактическую расчетную схему конструкции, или обычными методами обследования не представляется возможным выявить фактическое техническое состояние, параметры дефектов, а проверочные расчеты не дают достаточно надежных результатов. В этом случае нормы [1] рекомендуют прибегать к испытаниям конструкций пробной нагрузкой. Такие испытания позволяют относительно легко и быстро оценить техническое состояние строительной конструкции или ее отдельного элемента. В строящихся зданиях их выполняют, когда возникают сомнения в несущей способности конструкции, например, в связи с нарушениями ТНПА при производстве строительно-монтажных работ или с качеством используемых материалов. При обследовании существующих зданий, в случае отсутствия проектной документации, испытание конструкций пробной нагрузкой позволяют принять обоснованное решение по дальнейшему использованию объекта. Испытания пробной нагрузкой часто применяют для подтверждения безопасности сложных конструктивных систем,

расчеты которых сопряжены с большим количеством неопределенностей. Поэтому они широко используются в мостостроении и геотехнике. В Республике Беларусь действуют стандарт [2], устанавливающий методы испытаний нагружением и правила оценки прочности жесткости и трещиностойкости железобетонных изделий заводского изготовления. При этом ТНПА, содержащие методику испытаний пробной нагрузкой строительных конструкций в составе зданий и сооружений, включая критерии оценивания полученных результатов, отсутствуют.

### Пробные нагрузки

Значение испытательной нагрузки зависит от цели испытаний, которая может заключаться в определении несущей способности конструкции или в оценке безопасности и эксплуатационной пригодности конструкции при действии эксплуатационной нагрузки.

В первом случае определяют нагрузку, при которой относительные деформации материала конструкции (бетона и арматурной стали) в наиболее нагруженном сечении достигают своих предельных значений.

При назначении испытательной нагрузки для второго случая существуют разные подходы. Согласно [3] испытательную нагрузку рекомендуется принимать равной нормативному значению. Эта нагрузка по величине прогиба и ширине раскрытия трещин позволяет выполнить прямую проверку предельного состояния эксплуатационной пригодности конструкции. Кроме того, по косвенным показателям, путем сопоставления измеренных деформаций с их теоретическими значениями, возможно судить о предельном состоянии несущей способности конструкции при расчетном значении нагрузки. Если пробную нагрузку требуется довести до расчетного значения, то это можно сделать только по решению специальной экспертизы и с принятием мер техники безопасности (устройство предохранительных лесов, использование дистанционных приборов для измерения деформаций и т. п.). В исключительных случаях конструкцию по условиям испытаний доводят до разрушения.

В соответствии с [1] железобетонные конструкции, испытываемые в условиях эксплуатации без извлечения из здания, подвергают действию пробной статической нагрузки, значение которой принимают равным значению эксплуатационной нагрузки. Под эксплуатационной нагрузкой понимают сумму характеристических значений постоянной и переменной нагрузок. Такие же значения пробной нагрузки приводятся в методических рекомендациях [4].

В нормах Великобритании [5] указано, что значение пробной нагрузки должно приниматься не ниже суммы характеристических значений постоянной  $G_k$  и переменной  $Q_k$  нагрузок. При этом в качестве испытательной нагрузки рекомендуется принимать большее из значений:

$$G_k + 1,25Q_k \text{ или } 1,125(G_k + Q_k). \quad (1)$$

Нормы США [6] испытание конструкций пробной нагрузкой рекомендуют производить в тех случаях, когда вызывают сомнения прочностные характеристики материалов или поверочные расчеты показывают недостаточную несущую способность конструкции. Значение пробной нагрузки принимают равным большему из следующих значений:

$$1,15G_k + 1,5Q_k + 0,4(R_f \text{ или } S_k); \quad (2)$$

$$1,15G_k + 0,9Q_k + 1,5(R_k \text{ или } S_k); \quad (3)$$

$$1,3G_k, \quad (4)$$

где  $R_k$  и  $S_k$ , соответственно, характеристические значения нагрузки от дождя или снега на покрытие здания.

При испытании конструкций статической нагрузкой можно применять любые грузы, находящиеся на месте испытаний. При этом главными условиями является точное определение веса грузов, а также то, что они не должны образовывать самостоятельную несущую конструкцию. Таким условиям соответствует нагрузка, создаваемая с помощью калиброванных штучных грузов, воды, кирпича, песка и т. п. (рисунок 1).



а) – емкостями с водой; б) – штучными грузами; в) – мешками с песком  
**Рисунок 1** – Примеры нагружения перекрытий

Распределение нагрузки на испытуемом объекте должно соответствовать схеме, по которой рассчитывалась конструкция, при этом иногда приходится отступать от этого правила, так как реальная конструкция не всегда отвечает идеальной схеме, принятой в расчете [3]. Нагрузку прилагают ступенями, каждая из которых составляет примерно 10–20 % от планируемой максимальной испытательной нагрузки с выдержкой на каждом этапе не менее

10 минут, пока по приборам не будет зафиксировано прекращение нарастания деформаций. Рекомендуется использовать условие: прирост прогиба за последние 10 минут наблюдения не должен превышать прирост за последние 30 минут. Продолжительность пребывания железобетонной конструкции под нагрузкой, по данным разных норм, должна составлять от 6 до 12 часов. После истечения необходимого срока действия пробной нагрузки на испы-

туемую конструкцию производится ее разгрузка и определяется остаточная деформация. При разгрузке конструкции следует соблюдать те же правила, что и при ее загрузке.

**Критерии оценки результатов испытаний**

Оценку безопасности и пригодности к нормальной эксплуатации строительных конструкций по результатам их испытаний пробной нагрузкой производят, как правило, на основании критериев эксплуатационной пригодности: деформациям и ширине раскрытия трещин. При испытаниях следует дифференцировать остаточные и упругие деформации, а также учитывать, подвергалась ли конструкция нагружению до испытания или первой является пробная нагрузка. При этом очень ценной характеристикой конструкции является ее остаточная деформация. Если конструкция до испытаний не подвергалась действию эксплуатационной нагрузки, то остаточная деформация может быть зафиксирована полностью; если конструкция была ранее нагружена, то остаточная деформация проявляется не в полной мере, так как часть этой деформации, образовавшейся при первоначальной загрузке, установится не представляется возможным [3]. Согласно [3] в железобетонных балочных конструкциях остаточный прогиб после первого нагружения может быть допущен не более чем до одной трети величины полного прогиба под нагрузкой, т. е.

$$f_{ост} \leq 0,33f_{полн} \tag{5}$$

В соответствии с нормами Великобритании [5] результат испытания можно считать положительным, если измеренный прогиб под нагрузкой и ширина раскрытия трещин меньше допустимых значений. Если прогиб конструкции при действии пробной нагрузки превысил  $l_t / 1000$  (где  $l_t$  – пролет конструкции), фиксируют значение остаточного прогиба. При этом испытания пробной нагрузкой проводят в два этапа. Значения остаточного прогиба после второго нагружения не должно быть выше остаточного прогиба после первого нагружения и не превышать 0,25 общего прогиба – для железобетонных элементов без преднапряжения и 0,15 общего прогиба – в случае предварительно напряженных элементов.

Нормы [1] считают конструкции выдержавшими испытания пробной нагрузкой, если при эксплуатационной нагрузке после выдержки прогиб конструкции  $a_0$  и ширина раскрытия трещин не превышают предельно допустимых значений и выполняется условие  $a_t \leq 0,25a_0$ , где  $a_t$  – остаточный прогиб конструкции.

В методических рекомендациях [4] критериями приемки конструкции при ее испытании пробной нагрузкой являются:

- отсутствие видимых последствий нагружения, прежде всего – трещин чрезмерной ширины раскрытия;
- выполнение условия

$$a_0 \leq a_{lim} \tag{6}$$

где  $a_0$  – прогиб при действии пробной нагрузки, измеряемый после стабилизации прироста деформаций;

$a_{lim}$  – допустимый прогиб, установленный по требованиям норм с учетом продолжительности действия испытательной нагрузки (кратковременное нагружение).

В случае повторного нагружения проверяют условие

$$a_0 < 1,1a_{cal} \tag{7}$$

где  $a_{cal}$  – расчетное значение прогиба.

При использовании в качестве критерия отношение  $a_t / a_0$  следует проверять условия:

– для железобетонных изделий без предварительного напряжения

$$a_t \leq 0,15a_0 \tag{8a}$$

– для предварительно напряженных изделий

$$a_t \leq 0,1a_0 \tag{8б}$$

где  $a_t$  – прирост прогиба за промежутки времени между измерением (через 10 минут после приложения испытательной нагрузки) и измерением после стабилизации прироста.

В случае, когда при пробном нагружении условия (8a) или (8б) не выполняются, назначается повторное нагружение. При повторном нагружении проверяют условия:

– для железобетонных изделий без предварительного напряжения

$$a_t \leq 0,05a_0 \tag{9a}$$

– для предварительно напряженных изделий

$$a_t \leq 0,03a_0 \tag{9б}$$

В работе [7] при невыполнении условий (8a) или (8б) рекомендуется дополнительно проверить условие,  $a_t - a_{ost} < 0,15a_0$ , ( $a_{ost}$  – остаточный прогиб конструкции после ее разгрузки и стабилизации деформаций). При выполнении данного условия конструкция признается пригодной к эксплуатации и повторного ее нагружения не требуется.

**Результаты и обсуждение**

Анализ существующих методик испытаний строительных конструкций в составе зданий пробным нагружением показывает, что оценка безопасности и пригодности к нормальной эксплуатации конструкций при действии эксплуатационной нагрузки производится на основании критериев эксплуатационной пригодности, согласно которым прогиб конструкции, измеряемый после стабилизации прироста деформаций  $a_0$ , и ширина раскрытия трещин не должны превышать предельно допустимых значений установленных ТНПА. Важными характеристиками при оценке безопасности и эксплуатационной пригодности конструкций являются прирост прогиба за промежутки времени между моментом приложения полной испытательной нагрузки и моментом стабилизации деформаций  $a_t$ , а также значение остаточного прогиба конструкции  $a_{ost}$  после стабилизации деформаций (рисунок 2).

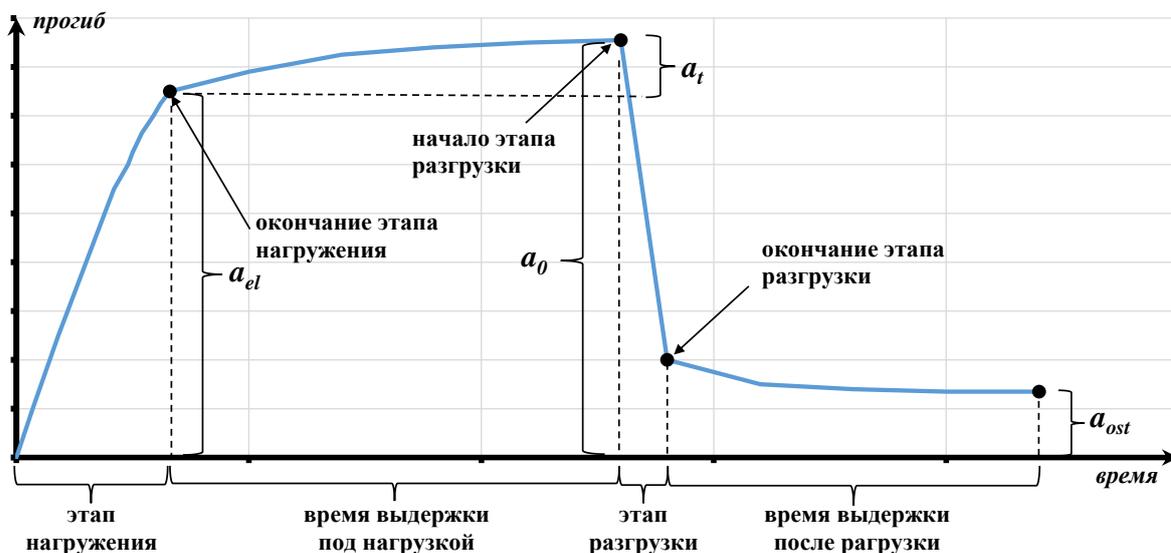


Рисунок 2 – График изменения прогиба конструкции во времени

Если испытания конструкции показывают, что приращение деформаций при выдержке конструкции под нагрузкой прекратилось и не превышает установленного уровня, а полная деформация не превосходит допустимого ТНПА значения, то конструкцию следует признать пригодной для эксплуатации.

Для практического применения рекомендуется приемку железобетонных конструкций по результатам пробного нагружения осуществлять по следующим критериям:

- в качестве испытательной пробной нагрузки принимается суммарное значение характеристической постоянной и переменной эксплуатационных нагрузок;

- при максимальном значении нагрузки ширина раскрытия трещин не должна превышать допустимого ТНПА значения и выполняется условие  $a_0 \leq a_{lim}$  ( $a_{lim}$  – предельно допустимый прогиб согласно ТНПА);

- при выдержке конструкции под нагрузкой соблюдаются условия:

- для железобетонных конструкций без предварительного напряжения:

$$a_t = a_0 - a_{el} \leq 0,15a_0,$$

- для предварительно напряженных конструкций:

$$a_t = a_0 - a_{el} \leq 0,1a_0.$$

Если при испытании конструкций установлено, что  $a_0 > a_{lim}$  или ширина раскрытия трещин превысила допустимое значение, конструкцию признают непригодной к эксплуатации.

В случае превышения  $a_t$  значений  $0,15a_0$  для конструкций без преднапряжения и  $0,1a_0$  для предварительно напряженных конструкций проверяется дополнительное условие  $a_t - a_{ost} < 0,15a_0$ . При соблюдении данного условия конструкция считается пригодной к эксплуатации. В противном случае конструкция проводится повторное нагружение и проверяется соблюдение условий 9а или 9б.

Приведенные критерии можно использовать при оценке безопасности и эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций, предельное состояние несущей способности которых определяется сопротивлением изгибу. При других условиях испытания пробной нагрузкой следует выполнять по методике, разработанной для конкретного случая испытаний при контроле относительных деформаций бетона и арматуры в наиболее нагруженном сечении элемента.

Проведению испытаний пробным нагружением должен предшествовать тщательный анализ проектной документации и обследование железобетонной конструкции, в результате которого определяют прочностные характеристики бетона и арматуры, геометрические характеристики сечений, условия опирания конструкции и выполняют ее поверочный расчет. Общие указания по обследованию строительных конструкций приведены в нормативных документах и методических рекомендациях [1, 8–11], а также в работах [12–20].

### Заключение

Испытания строительных конструкций и их элементов пробным нагружением являются одним из самых наукоемких и сложных видов инженерных изысканий. Пробное нагружение в ряде случаев позволяет получить более достоверные данные о безопасности и эксплуатационной пригодности строительных конструкций при действии эксплуатационных нагрузок по сравнению с анализом, основанным на результатах обследования конструкций и их поверочных расчетах. Такие испытания целесообразно применять при оценке работоспособности конструкций как исторических зданий, объектов культурного наследия, на которые обычно отсутствует техническая документация и информация о свойствах материалов, так и конструкций существующих и строящихся зданий в случаях изменения условий их эксплуатации или в ситуациях, вызывающих сомнения в соблюдении требований ТНПА при проектировании и возведении конструкций. С целью регулирования процедуры проведения испытаний строительных конструкций пробной нагрузкой следует разработать стандарт, устанавливающий единые требования к организации и технологии проведения данных испытаний, а также к критериям оценивания полученных результатов.

### Список цитированных источников

1. Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений : СП 1.04.02-2022. – Введ. 2.03.2022. – Минск : МАиС, 2022. – 73 с.
2. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости : ГОСТ 8829-94. – Введ. 11.01.1998. – Минск : МАиС, 1997. – 26 с.
3. Аистов, Н. Н. Испытания сооружений / Н. Н. Аистов. – Л. : Госстройиздат, 1960. – 315 с.
4. Рекомендации по оценке прочности, жесткости и трещиностойкости сборных бетонных и железобетонных изделий, периодичности их испытаний нагружением и применению методов неразрушающего контроля : Р 1.03.042.07. – Брест : БрГТУ, 2010. – 48 с.
5. Structural use of concrete : BS 8110-2:1985. – Part 2: Code of practice for special circumstances, 1985. – 61 p.
6. Building Code Requirements for Structural Concrete : ACI 318-11. – 2011. – 503 p.
7. Lewicki, В. Obciążenia próbne konstrukcji istniejących budynków / В. Lewicki. – Warszawa : ITB, 1997. – 260 s.
8. Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений : СН 1.04.01-2020. – Введ. 27.10.2020. – Минск : МАиС, 2020. – 101 с.
9. Основы проектирования конструкций. Оценка существующих конструкций : СТБ ISO 13822-2017. – Введ. 11.04.2017. – Минск : Госстандарт, 2017. – 40 с.
10. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. – М. : НИИСК Госстроя СССР, 1989. – 104 с.
11. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М. : АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 2004. – 275 с.
12. Лазовский, Д. Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений: учеб.-метод. комплекс: в 3 ч. / Д. Н. Лазовский. – Новополоцк : ПГУ, 2010. – Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций. – 340 с.
13. Добромислов, А. Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам : справочное пособие / А. Н. Добромислов. – М. : АСВ, 2008. – 72 с.
14. Многоуровневая система оценки надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений / В. В. Тур, Т. М. Пецольд, В. В. Малева, Д. М. Марковский // Строительная наука и техника. – № 4. – 2007. – С. 4–19.
15. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – СПб. : Общерос. общ. фонд «Центр качества стр-ва», 1998. – 142 с.
16. Гроздов, В. Т. О некоторых ошибках проектирования железобетонных и каменных конструкций и технического обследования зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – СПб. : Общерос. общ. фонд «Центр качества стр-ва», 2006. – 48 с.
17. Критерии для оценки категории технического состояния железобетонных колонн, ригелей, балок и ферм / В. С. Федоров, Н. Н. Трекин, Э. Н. Кодыш, И. А. Терехов // Безопасность зданий и сооружений. – № 3. – 2023. – С. 58–68.
18. Методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций / Н. Н. Трекин, Э. Н. Кодыш, И. А. Терехов [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – № 4. – С. 152–159.
19. Прядко, Н. В. Обследование и реконструкция жилых зданий / Н. В. Прядко // Макеевка : ДонНАСА, 2006. – 156 с.
20. Diagnostyka konstrukcji żelbetowych / W. Starosolski, L. Drobic, R. Jasitiski [itd.] // XI Konferencja Naukowo-Techniczna. Problemy rzeczoznawstwa budowlanego, Warszawa Miedzeszyn, 14–16 kwietnia 2010. – Warszawa, 2010. – 16 s.

### References

1. Obschchie polozheniya po obsledovaniyu stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij : SP 1.04.02-2022. – Vved. 2.03.2022. – Minsk : MAIS, 2022. – 73 s.

2. Izdeliya stroitel'nye zhelezobetonnye i betonnye zavodskogo izgotovleniya. Metody ispytaniy nagruzeniem. Pravila ocenki prochnosti, zhestkosti i treshchinostojkosti : GOST 8829-94. – Vved. 11.01.1998. – Minsk : MAiS, 1997. – 26 s.
3. Aistov, N. N. Ispytaniya sooruzhenij / N. N. Aistov. – L. : Gosstrojizdat, 1960. – 315 s.
4. Rekomendacii po ocenke prochnosti, zhestkosti i treshchinostojkosti sbornyh betonnyh i zhelezobetonnyh izdelij, periodichnosti ih ispytaniy nagruzeniem i primeneniyu metodov nerazrushayushchego kontrolya : R 1.03.042.07. – Brest : BrGTU, 2010. – 48 s.
5. Structural use of concrete : BS 8110-2:1985. – Part 2: Code of practice for special circumstances, 1985. – 61 p.
6. Building Code Requirements for Structural Concrete : ACI 318-11. – 2011. – 503 p.
7. Lewicki, B. Obciążenia próbne konstrukcji istniejących budynków / B. Lewicki. – Warszawa : ITB, 1997. – 260 s.
8. Tekhnicheskoe sostoyanie i tekhnicheskoe obsluzhivanie zdaniy i sooruzhenij : SN 1.04.01-2020. – Vved. 27.10.2020. – Minsk : MAiS, 2020. – 101 s.
9. Osnovy proektirovaniya konstrukcij. Ocenka sushchestvuyushchih konstrukcij : STB ISO 13822- 2017. – Vved. 11.04.2017. – Minsk : Gosstandart, 2017. – 40 s.
10. Rekomendacii po ocenke sostoyaniya i usileniyu stroitel'nyh konstrukcij promyshlennyh zdaniy i sooruzhenij. – M. : NIISK Gosstroya SSSR, 1989. – 104 s.
11. Posobie po obsledovaniyu stroitel'nyh konstrukcij zdaniy. – M. : AO «CNIIPROMZDANIJ», 2004.– 275 s.
12. Lazovskij, D. N. Proektirovanie rekonstrukcii zdaniy i sooruzhenij: ucheb.- metod. kompleks: v 3 ch. / D. N. Lazovskij. – Novopolock : PGU, 2010. – CH. 2. Ocenka sostoyaniya i usilenie stroitel'nyh konstrukcij. – 340 s.
13. Dobromyslov, A. N. Ocenka nadezhnosti zdaniy i sooruzhenij po vneshnim priznakam : spravochnoe posobie / A. N. Dobromyslov. – M. : ASV, 2008. – 72 s.
14. Mnogourovnevaya sistema ocenki nadezhnosti zhelezobetonnyh konstrukcij ekspluatiruemyh i rekonstruirovannyh zdaniy i sooruzhenij / V. V. Tur, T. M. Peco'l'd, V. V. Malyha, D. M. Markovskij // Stroitel'naya nauka i tekhnika. – № 4. – 2007.– S. 4–19.
15. Grozdov, V. T. Tekhnicheskoe obsledovanie stroitel'nyh konstrukcij, zdaniy i sooruzhenij / V. T. Grozdov. – SPb. : Obshcheros. obshch. fond «Centr kachestva str-va», 1998. – 142 s.
16. Grozdov, V. T. O nekotoryh oshibkah proektirovaniya zhelezobetonnyh i kamennyh konstrukcij i tekhnicheskogo obsledovaniya zdaniy i sooruzhenij / V. T. Grozdov. – SPb. : Obshcheros. obshch. fond «Centr kachestva str-va», 2006. – 48 s.
17. Kriterii dlya ocenki kategorii tekhnicheskogo sostoyaniya zhelezobetonnyh kolonn, rigelej, balok i ferm / V. S. Fedorov, N. N. Trekin, E. N. Kodysh, I. A. Terekhov // Bezopasnost' zdaniy i sooruzhenij. – № 3. – 2023. – S. 58–68.
18. Metodika opredeleniya ekspluatacionnoj bezopasnosti zdaniy i ih konstrukcij / N. N. Trekin, E. N. Kodysh, I. A. Terekhov [i dr.] // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. – 2022. – № 4. – S. 152–159.
19. Pryadko, N. V. Obsledovanie i rekonstrukciya zhilyh zdaniy / N. V. Pryadko // Makeevka : DonNASA, 2006. – 156 s.
20. Diagnostyka konstrukcii zelbetowych / W. Starosolski, L. Drobiec, R. Jasitiski [itd.] // XI Konferencja Naukowo-Techniczna. Problemy rzeczoznawstwa budowlanego, Warszawa Miedzeszyn, 14–16 kwietnia 2010. – Warszawa, 2010. – 16 s.

*Материал поступил 25.02.2025, одобрен 12.03.2025, принят к публикации 14.03.2025*