

УДК 69: 002;69.059

**Терентьев Александр Александрович**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](https://orcid.org/0000-0001-6995-1419)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Баліна Олена Іванівна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, [orcid.org/0000-0002-2928-8459](https://orcid.org/0000-0002-2928-8459)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Шабала Євгенія Євгенівна**

Старший викладач кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0002-0428-9273](https://orcid.org/0000-0002-0428-9273)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЗНОШЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЛІ ДЛЯ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

***Анотація.** Об'єктивна оцінка технічного стану будівель є одним з основних завдань системи технічного нагляду. Її реалізація на основі періодичних і позапланових перевірок структур з виявлення та усунення недоліків і несправностей, визначення ступеня пошкодження (знос) конструкцій і подальший розрахунок, в якому узагальнюється стан конструкцій з точки зору їх важливості в складі об'єкта про технічний стан останнього. Фізичне зношення на момент його оцінки виражається співвідношенням вартості об'єктивно необхідних ремонтних робіт, що знешкоджують пошкодження конструкції, елемента, системи або будівлі в цілому, і їх відновлюваної вартості. Основою методики оцінки технічного стану будівель є візуальне розбиття будь-якої будівлі на чотири частини: головний фасад; правий фасад; лівий фасад; дворовий фасад. Всі експерти групують виявлені дефекти по кожному конструктивному елементу будівлі пофасадно, визначають їх процент фізичного зношення, а також розміри пошкодженої частини в загальному обсязі конструкції. Характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації.*

***Ключові слова:** діагностика технічного стану будівель; експертна система; моделі фізичного зношення; реконструкція будівель; формалізація; багатокритеріальний відбір рішення*

### Вступ

Під фізичним зношенням конструкцій, елементів, системи інженерного обладнання і будівлі в цілому потрібно розуміти втрату ними першочергових техніко-експлуатаційних якостей (міцності, стійкості, надійності) в результаті дії природно-кліматичних факторів і життєдіяльності людини.

Фізичне зношення на момент його оцінки виражається співвідношенням вартості об'єктивно необхідних ремонтних робіт, що знешкоджують пошкодження конструкції, елемента, системи або будівлі в цілому, і їх відновлюваної вартості.

Фізичне зношення окремих конструкцій, елементів, систем або їх ділянок потрібно оцінювати шляхом порівняння ознак фізичного зношення, що були виявлені в результаті візуального та інструментального обстеження, з їх значеннями наведеними в базі даних.

Якщо конструкція, елемент, система або ділянка має всі ознаки зношення, які відповідають певному інтервалу його значень, то фізичне зношення потрібно приймати рівним верхній границі інтервалу. Якщо в конструкції, елементі, системі або ділянці був виявлений тільки один із декількох ознак зношення, то фізичне зношення потрібно приймати рівним нижній границі. Якщо в таблиці інтервалу значень фізичного зношення відповідає тільки одна ознака, то фізичне зношення конструкції потрібно приймати по інтерполяції залежно від розмірів або характеру пошкоджень.

### Мета статті

Мета статті – оцінка технічного стану будівлі на основі періодичних і позапланових перевірок структур.

## Виклад основного матеріалу

Фізичне зношення конструкцій, елемента або системи, що мають різний ступінь зношення окремих ділянок, потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * \frac{P_i}{P_k}, \quad (1)$$

де  $\Phi_k$  – фізичне зношення конструкції, елемента або системи, %;  $\Phi_i$  – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначене за допомогою бази даних;  $P_i$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки, м<sup>2</sup> або м;  $P_k$  – розміри всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

Фізичне зношення будинку потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{ki} * I_i, \quad (2)$$

де  $\Phi_3$  – фізичне зношення будівлі, %;  $\Phi_i$  – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначене за допомогою бази даних;  $I_i$  – коефіцієнт, що відповідає частці відновлюваної вартості окремої конструкції, елемента або системи в загальній відновлюваній вартості будівлі;  $n$  – кількість окремих конструкцій, елементів або систем в будівлі.

Частини відновлюваної вартості окремих конструкцій, елементів і систем в загальній відновлюваній вартості будівлі потрібно приймати за показниками відновлюваної вартості житлових будинків, затверджених у встановленому порядку, а для конструкцій, елементів і систем, що не мають затверджених показників – за їх кошторисною вартістю.

Для пошарових конструкцій – стін і покриття потрібно приймати системи подвійної оцінки фізичного зношення, за технічним станом і терміном служби конструкції. За кінцеву оцінку фізичного зношення потрібно вибирати більше значення.

Фізичне зношення пошарових конструкцій за терміном служби потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * K_i, \quad (3)$$

де  $\Phi_c$  – фізичне зношення пошарової конструкції, %;  $\Phi_i$  – фізичне зношення матеріалу шару;  $K_i$  – коефіцієнт, що визначається як відношення вартості матеріалу шару до вартості всієї конструкції;  $n$  – кількість шарів.

Основою методики оцінки технічного стану

будівель є візуальне розбиття будь-якої будівлі на чотири частини: головний фасад; правий фасад; лівий фасад; дворовий фасад.

Всі експерти групують виявлені дефекти по кожному конструктивному елементу будівлі по-фасадно, визначають їх процент фізичного зношення, а також розміри пошкодженої частини в загальному обсязі конструкції.

Нерідко трапляються випадки, коли будівлі характерні певні закономірні пошкодження, які поширені по більшості фасадах, це набагато спрощує процес визначення технічного стану будівлі, а також дає можливість виявити причини і наслідки їх виникнення. Також можлива наявність різних за характером пошкоджень, у такому випадку доцільно провести аналіз і визначити вагу пошкодження в загальному об'ємі конструкції.

Кожен експерт самостійно визначає величину фізичного зношення того чи іншого пошкодження будівлі. Оскільки кількість експертних оцінок буває різною, то середнє зношення конструкцій визначається за допомогою “методу безпосереднього оцінювання”. Далі це значення перевіряють на належність до певних інтервалів фізичного зношення, що відповідають одному із чотирьох категорій технічного стану будівель.

### Фундаменти

Визначаємо фізичне зношення фундаменту за формулою:

$$\Phi_f = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,f} * \frac{P_{i,f}}{P_f}, \quad (4)$$

де  $\Phi_f$  – фізичне зношення фундаменту, %;  $\Phi_{i,f}$  – фізичне зношення ділянки фундаменту, визначене експертом за допомогою бази даних;  $P_{i,f}$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки фундаменту, м<sup>2</sup> або м;  $P_f$  – розмір всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

### Стіни

Визначаємо фізичне зношення стін за формулою:

$$\Phi_s = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,s} * \frac{P_{i,s}}{P_s}, \quad (5)$$

де  $\Phi_s$  – фізичне зношення стін, %;  $\Phi_{i,s}$  – фізичне зношення ділянки стін, визначене експертом за допомогою бази даних;  $P_{i,s}$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки стін, м<sup>2</sup> або м;  $P_s$  – розмір всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

### Перекриття

Визначаємо фізичне зношення перекриття за формулою:

$$\Phi_{pr} = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,pr} * \frac{P_{i,pr}}{P_{pr}}, \quad (6)$$

де  $\Phi_{pr}$  – фізичне зношення перекриття, %;  $\Phi_{i,pr}$  – фізичне зношення ділянки перекриття, визначене експертом за допомогою бази даних;  $P_{i,pr}$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки перекриття, м<sup>2</sup> або м;  $P_{pr}$  – розмір всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

#### Дах

Визначаємо фізичне зношення даху за формулою:

$$\Phi_d = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,d} * \frac{P_{i,d}}{P_d}, \quad (7)$$

де  $\Phi_d$  – фізичне зношення даху, %;  $\Phi_{i,d}$  – фізичне зношення ділянки даху, визначене експертом за допомогою бази даних;  $\Phi_{i,d}$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки даху, м<sup>2</sup> або м;  $P_d$  – розмір всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

#### Покрівля

Визначаємо фізичне зношення покрівлі за формулою:

$$\Phi_p = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,p} * \frac{P_{i,p}}{P_p}, \quad (8)$$

де  $\Phi_p$  – фізичне зношення покрівлі, %;  $\Phi_{i,p}$  – фізичне зношення ділянки покрівлі, визначене експертом за допомогою бази даних;  $P_{i,p}$  – розміри (площа або довжина) пошкодженої покрівлі, м<sup>2</sup> або м;  $P_p$  – розмір всієї конструкції, м<sup>2</sup> або м;  $n$  – кількість пошкоджених ділянок.

## Висновки

Для визначення технічного стану будівлі в цілому потрібно детальніше проаналізувати фізичний стан кожного конструктивного елемента, а також їх вплив на цілісність та міцність самої конструкції. Як відомо, невід'ємною складовою будь-якої будівлі є *фундаменти, стіни, перекриття* – елементи, які сприймають максимальні навантаження і від роботи яких залежатиме стан та довговічність будівлі.

Визначення технічного стану будівель проводиться шляхом спільного порівняння фізичних станів складових конструктивних елементів.

Для цього будемо використовувати логічну операцію “диз’юнкцію”:

$$F(ts) \vee S(ts) \vee P_r(ts) \vee D(ts) \vee P(ts) = \\ = \max(F(ts), S(ts), P_r(ts), D(ts), P(ts)) = B(ts), \quad (9)$$

де  $F(ts)$  – технічний стан фундаменту;  $S(ts)$  – технічний стан стін;  $P_r(ts)$  – технічний стан перекриття;  $D(ts)$  – технічний стан даху;  $P(ts)$  – технічний стан покрівлі;  $B(ts)$  – технічний стан будівлі.

Під час виконання операції розглядається технічний стан фундаментів, стін, перекриття, тому їм надається пріоритет, як основним конструктивним елементам будівлі:

$$F(3) \vee S(3) \vee P_r(2/3) \vee D(2) \vee P(2) = \\ = \max(F(3), S(3), P_r(2/3), D(2), P(2)) = B(3), \quad (10)$$

Тобто, характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі, *характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації.*

## Список літератури

1. *Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст].* – Київ, 2003. – 144 с.
2. *ГОСТ 10180-78 Бетон. Методы определения прочности на сжатие и растяжение. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст].* – Москва, 1979. – 24 с.
3. *ГОСТ 18105-86 (СТСЭВ 2046-79) Бетоны. Правила контроля прочности. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст].* – Москва, 1987. – 18 с.
4. *ГОСТ 8829-84 (ДСТУ Б.В.2.6-7-95) Изделия строительные бетонные и железобетонные сборные. Методы испытания нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Госстрой СССР, Издательство стандартов [Текст].* – Москва, 1982. – 20 с.
5. *ИИ-04-7, выпуск 1. Сборные элементы зданий каркасно-конструкционных. Лестницы. Железобетонные лестницы для зданий с высотой этажей 3,3, 4,2 метра. Центральный институт типовых проектов, [Текст].* – Москва, 1966. – 20 с.
6. *Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона. НИИСК Госстроя СССР, [Текст].* – Киев, 1986. – 24 с.

7. Михайленко В.М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей [Текст] // О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко. – Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. – Днепропетровськ, 2013. – №70. – С. 133 – 141.

8. Михайленко В.М. Обробка експериментальних результатів роботи експертної системи для задачі діагностики технічного стану будівель [Текст] // О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко. – Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов Под общей редакцией профессора В.И. Большакова выпуск. – Днепропетровськ, 2014. – №78. – С. 190 – 195.

9. Терент'єв О.О. Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель та споруд [Текст] // О.О. Терент'єв, Є.Є. Шабала, Б.С. Малина. – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць. – КНУБА, 2015. – №22. – С. 138 – 143.

10. Терент'єв О.О. Інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель на основі дослідження мікросейсмічних коливань / О.О. Терент'єв, Є.Є. Шабала, Б.С. Малина. – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 23/2015, КНУБА, 2015. – С.133 – 139.

11. Olexander Terentyev. The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition [Text] // Olexander Terentyev, Mykola Tsiutsiura. – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 7, July 2015. – P. 827 – 829.

Стаття надійшла до редколегії 11.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

**Терент'єв Александр Александрович**

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](http://orcid.org/0000-0001-6995-1419)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Балина Елена Ивановна**

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и прикладной математики, [orcid.org/0000-0002-2928-8459](http://orcid.org/0000-0002-2928-8459)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Шабала Евгения Евгеньевна**

Старший преподаватель кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0002-0428-9273](http://orcid.org/0000-0002-0428-9273)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЯ  
ДЛЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

**Аннотация.** Объективная оценка технического состояния зданий является одной из основных задач системы технического надзора. Ее реализация на основе периодических и внеплановых проверок структур по выявлению и устранению недостатков и неисправностей, определения степени повреждения (износа) конструкций и последующий расчет, в котором обобщается состояние конструкций с точки зрения их важности в составе объекта о техническом состоянии последнего. Физический износ на момент его оценки выражается соотношением стоимости объективно необходимых ремонтных работ, которые обезвреживают повреждения конструкции, элемента, системы или здания в целом, и их восстановительной стоимости. Основой методики оценки технического состояния зданий является визуальное разбиение любого здания на четыре части: главный фасад; правый фасад; левый фасад; дворовый фасад. Все эксперты группируют обнаруженные дефекты по каждому конструктивному элементу здания пофасадно, определяют их процент физического износа, а также размеры поврежденной части в общем объеме конструкции. Характер повреждений основных конструктивных элементов здания характеризует состояние здания как непригодное к нормальной эксплуатации.

**Ключевые слова:** диагностика технического состояния зданий; экспертная система; модели физического износа; реконструкция зданий; формализация; многокритериальный отбор решения

**Terentyev Olexandr**

PhD (Eng.), Associate Professor, [orcid.org/0000-0001-6995-1419](http://orcid.org/0000-0001-6995-1419)  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

**Balina, Helena**

PhD (Eng.), Associate Professor, Department of information technology and applied mathematics, [orcid.org/0000-0002-2928-8459](http://orcid.org/0000-0002-2928-8459)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

**Shabala Yevgeniya**

Senior Lecturer, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0002-0428-9273](http://orcid.org/0000-0002-0428-9273)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

## MODEL DEFINITION OF PHYSICAL DETERIORATION OF STRUCTURAL ELEMENTS OF THE BUILDING FOR THE TASKS OF DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION

**Abstract.** An objective assessment of technical condition of buildings is one of the main tasks of technical supervision. Its implementation is based on periodic and unscheduled inspections of structures for the detection and removal of defects and malfunctions, determine the degree of damage (wear) designs and further calculation, which summarizes the state structures in terms of the importance of the object on the technical condition of the latter. The physical wear and tear at the time of evaluation cost ratio is expressed objectively necessary repairs which neutralize damage to structures, elements, systems or building in general, and their replacement cost. The basis of the methodology for assessing the technical condition of the buildings is a visual breakdown of any building into 4 parts: the main facade; right facade; left facade; yard facade. All the experts group defects for each structural elements of the building by each facade to determine the percentage of physical wear and tear, as well as the size of the damaged part of total construction. The nature of damage to the main structural elements of the building is characterizing the condition of the building as unfit for normal operation.

**Keywords:** diagnostics of the technical condition of buildings; expert system; models of physical deterioration; renovation of buildings; formalization; multi-criteria selection decisions

### References

1. Regulations on surveys, certification, safe and reliable operation of industrial buildings [Text] // – Kyiv, 2003. – 144 p.
2. GOST 10180-78. (1979). Concrete. Methods for determination of the compressive strength and the tensile strength. Gosstroy of the USSR, Publishing house of standards. Moscow, 24.
3. GOST 18105-86 (STSM 2046-79). (1987). Concretes. The rules control the strength. Gosstroy of the USSR, Publishing house of standards [Text]. Moscow, 18.
4. GOST 8829-84 (DSTU B. V. 2.6-7-95) Product construction of concrete and reinforced concrete prefabricated. Test methods loading. Rules for the evaluation of strength, stiffness and fracture toughness. Gosstroy of the USSR, Publishing house of standards [Text]. Moscow, 20.
5. AI-04-7, release 1. (1966). Prefabricated buildings of frame construction. Stairs. Concrete stairs for buildings with the floor height of 3.3, 4.2 metres. Central Institute of model projects [Text]. Moscow, 20.
6. Catalog of instruments for non-destructive testing of concrete. Scientific-investigational center of Gosstroy of the USSR [Text]. (1986). Kiev, 24.
7. Mikhaïlenko, V.M. (2013). Information technology assessment of technical condition of building structures using fuzzy models [Text] // V.M. Mikhaïlenko, O.O. Terentyev, B.M. Eremenko // - D: Construction, materials, engineering, scientific collection. works Under the General editorship of Professor V. I. Bolshakov edition. Dnipropetrovsk, 70, 133-141.
8. Mikhaïlenko, V.M. (2014). Treatment of experimental results of the expert system for diagnostics of technical condition of buildings [Text] // V.M. Mikhaïlenko, O.O. Terentyev, B.M. Eremenko // – D: Construction, materials, engineering, scientific collection. works Under the General editorship of Professor V. I. Bolshakov edition. Dnipropetrovsk, 78, 190-195.
9. Terentyev, O.O. (2015). Fundamentals of the organization of fuzzy inference for the task of diagnosing the technical condition of buildings and structures [Text] // O.O. Terentyev, Y.Y. Sabala, B.S. Malyna // Management of development of complex systems. Kyiv: 22, 138-143.
10. Terentyev, O.O. (2015). Informational technology systems technical dagnostika going on budwell of dozen mkasama Kolivan / O.O. Terentyev. Y.Y. Sabala, B.S. Malyna // Management of development of complex systems. Kyiv, 23, 133-139.
11. Terentyev ,O.O. (2015). The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition [Text] // Olexander Terentyev, Mykola Tsiutsiura // International Journal of Science and Research (IJSR), 4(7), 827-829.

### Посилання на публікацію

- APA Terentyev, Alexandr, Shabala, Yevgeniya, & Helena, Balina, (2015). Model definition of physical deterioration of structural elements the building for the tasks of diagnostics of technical condition. Management of Development of Complex Systems, 26, 153 – 157 [in Ukrainian].
- ГОСТ Терентьев О.О. Модели визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану [Текст] / О.О. Терентьев, О.І. Баліна, Є.С. Шабала // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 26. – С. 153 – 157.