



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-2>

УДК 624.074.04



ШИМАНОВСЬКИЙ О.В.

Доктор техн. наук, професор, член-кор. НАН України, генеральний директор ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського», м. Київ, Україна, тел.: +38(044) 543-93-87 e-mail: niipsk@urdisc.com.ua ORCID: 0000-0002-7253-6707

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ І ПОШКОДЖЕНЬ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИСОТНИХ СПОРУД

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуто питання оцінювання впливу виявлених під час проведення обстежень дефектів і пошкоджень на працездатність висотних споруд. Представлено класифікацію існуючих в Україні висотних споруд за часом введення в експлуатацію. Зазначено, що певна кількість із них мають або повністю вичерпаний, або близький до вичерпання нормативний часовий ресурс, а інша – великий фізичний знос та різноманітні пошкодження, зокрема корозійні внаслідок впливу термінів фарбування. Виокремлено характерні обставини, що впливають на зменшення довговічності висотних споруд, головними серед яких виступають, по-перше, недостатність фінансових ресурсів для поліпшення їх технічного стану, по-друге, непоодинокі розміщення нового телекомунікаційного обладнання на частково непридатних або навіть повністю непридатних конструкціях, що згодом призводить до аварій та катастроф, по-третє, несвоєчасність обстеження висотних споруд і, по-четверте, неусунення виявлених порушень, зумовлених помилками на етапах проектування, виготовлення, транспортування, монтажу та експлуатації.

Наведено графіки функціональних залежностей відмов і руйнувань висотних споруд від різних факторів, побудовані з використанням

результатів великої кількості обстежень, проведених Українським інститутом сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. Вказано, що тільки обстеження дозволяє своєчасно не лише виявити та оцінити, а й ухвалити проектні рішення щодо усунення виявлених відмінностей фактичного стану конструкцій від передбачених проектом та нормативними документами. Представлено низку прикладів реальних висотних споруд і описано дефекти та пошкодження їх конструктивних елементів. Звернуто увагу на виникнення останнім часом нових типів пошкоджень, пов'язаних як із демонтажем елементів конструкцій сторонніми особами (вандалізмом), так і зі зниженням якості експлуатації, які набули досить значної ваги. Висвітлено рекомендації з проведення відновлювальних робіт.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: висотні споруди, конструкція, обстеження, дефекти, пошкодження.

SOME ISSUES CONCERNING EVALUATION OF EFFECTS CAUSED BY DEFECTS AND DAMAGE ON PERFORMANCE OF HIGH-RISE BUILDINGS

ABSTRACT

The paper deals with the issue of evaluation of effects caused by defects and damage detected



during inspections on the performance of high-rise buildings. Classification of high-rise buildings existing in Ukraine by their commissioning time is presented. It is noted that a certain number of them have either a completely exhausted or close to exhausted normative time resource, and the other has a significant physical wear and various damages, in particular, corrosion due to expiry of the paint coating system. The characteristic circumstances that lead to decrease in the durability of high-rise buildings are considered separately, the main ones among which are, firstly, the lack of financial resources to improve their technical condition, secondly, arrangement of new telecommunication equipment mostly on partially unusable or even completely unusable structures, which subsequently leads to accidents and disasters, thirdly, untimely inspection of high-rise buildings and, fourthly, non-remediation of detected violations caused by errors during design, manufacture, transportation, installation and operation stages.

Functional dependence diagrams for failures and damage of high-rise buildings against various factors are presented, which are based on the results of a large number of surveys conducted by V. Shimanovsky Ukrainian Institute of Steel Construction. It is indicated that only the inspection allows timely detection and evaluation, and also validation of project decisions regarding the elimination of identified inconsistencies in the actual state of the structures compared to those provided for in the design and regulatory documents. A number of examples of real high-rise buildings are presented and defects and damage to their structural elements are described. Attention is drawn to recently emerging new types of damage related to both dismantling of structural elements by outsiders (vandalism) and operation quality decrease, which have gained considerable importance. Recommendations for carrying out restoration work are highlighted.

KEYWORDS: high-rise buildings, structure, inspection, defects, damage.

ВСТУП

Добре відомо, що серед усього фонду висотних споруд зв'язку, що експлуатується в Україні, налічується близько 41 % таких, які були уведені в експлуатацію в період між 1980 і 2010 роками, 41 % – протягом 1970-1980 років і 18 % – більш ніж 45 років тому [2]. Через це дуже важливо відзначити кілька характерних моментів. Перший з них стосується того, що висотні споруди останньої згаданої групи належать до таких, нормативний ресурс часу експлуатації яких повністю вичерпані. Другий же момент полягає в тому, що інша – і до того ж вельми суттєва – частина цього фонду, має велику фізичну зношеність і множинні пошкодження, а в деяких спорудах навіть порушене геометричне положення кон-

структивних елементів. Ба більше, на сьогоднішній день закінчилися всі нормативні терміни фарбування, внаслідок чого корозійні пошкодження металевих конструкцій та відтяжок іноді сягають навіть 50 %. Якщо ж скористатися більшою конкретикою, то, за даними вибіркового обстеження, у незадовільному технічному стані знаходиться, на жаль, досить велика кількість відомих висотних споруд зв'язку, а саме: радіотелевізійні вежі у містах Запоріжжя та Вінниця (обидві заввишки 350 м), радіощогли у містах Дніпрі (заввишки 167 м), Рівному (заввишки 239 м), Тячеві (заввишки 102 м) та ін.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Далі звернемо увагу на те, що погіршення технічного стану, зменшення показників довговічності чи навіть вихід із ладу висотних споруд зв'язку відбуваються через настання низки факторів, зокрема: фізичного зносу та накопичення втоми від змінних навантаж; корозійного зношення; морального старіння, що призводить не лише до погіршення функціонального призначення споруди, а навіть до її неправильної експлуатації, зокрема, несвоєчасного ремонту, реконструкції та відновлення [5].

Серед чинників, які особливо впливають на зниження фізичної довговічності металевих конструкцій, виділимо дві основні, проте різнопланові їх складові. Перша складова, хоч це і може здатися на перший погляд дивним, пов'язана з дуже активним розвитком зв'язку, інтернету та комерційного телебачення. Проте, в даному випадку пояснення є доволі простим і цілком очевидним, оскільки завдяки цьому розвитку оператори, хоч це і виглядає невтішним із конструктивної точки зору, спрямовують наявні фінансові ресурси не на поліпшення технічного стану існуючих висотних споруд і не на їхнє нове будівництво, а пріоритетно на розвиток високотехнологічної апаратної бази. До того ж за цих умов нове обладнання нерідко розміщується на частково непридатних чи навіть повністю непридатних конструкціях – бурових вежах, опорах мереж електропередач або димарях тощо [3]. Що згодом призводить до аварій та катастроф, матеріальні збитки від яких у десятки разів перевищують вартість відновлення несних конструкцій.

А друга складова зводиться до старіння металу в результаті утворення вільного цементиту та видманштеттової структури, тобто такої структури сталі, в якій її компоненти (ферит, перліт) розташовуються за правильними геометричними площинами, які відповідають граням кристалічної решітки, утворюючи квадрати, ромби та трикутники на мікросхемі [1, 4]. Зауважимо, до речі, що у вуглецевих сплавах прямолінійне орієнтування приймає ферит. І характерним тут є те, що при



такій структурі сталь перетворюється на дуже крихку субстанцію, погано витримує динамічні навантаги і стає непридатною для конструкцій більш-менш відповідального призначення внаслідок схильності до крихкого руйнування і корозійних пошкоджень.

ВПЛИВ ДЕФЕКТІВ І ПОШКОДЖЕНЬ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИСОТНИХ СПОРУД

Спираючись на попередні міркування, а також із огляду на проведений в Українському інституті сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського аналіз дефектів, пошкоджень й аварійності висотних споруд зв'язку, можна стверджувати наступне. Усі раніше перелічені фактори прямо чи опосередковано асоціюються з несвоєчасним обстеженням технічного стану споруд і неусуненням виявлених порушень, зумовлених помилками, які трапляються на етапах проєктування, виготовлення, транспортування, монтажу та експлуатації [6]. Ілюструє сказане рис. 1, на якому зображені побудовані з урахуванням результатів низки обстежень графіки функціональних залежностей відмов N_f і руйнувань N_d висотних споруд зв'язку від різних факторів (F_f , F_d). Причому, з метою надання цьому рисунку більшої наочності та інформативності, на ньому по осі абсцис розташовано номери факторів, кожен із яких відповідає тому чи іншому виду відмов і руйнувань висотних споруд зв'язку, а саме: (I – ураганний вітер; II – коливання; III – ожеледиця; IV – просідання фундаментів; V – дефекти матеріалів; VI – дефекти виготовлення; VII – дефекти монтажу; VIII – дефекти експлуатації; IX – дефекти конструктивних рішень; X – дефекти розрахунку та проєктування; XI – непередбачувані обставини).

А далі потрібно зробити декілька актуальних зауваг як щодо виникнення нових факторів відмов і руйнувань висотних споруд об'єктів зв'язку, так і щодо застосування заборонених методів їх захисту.

Заувага перша. Вказані результати досліджень загалом досить реально відображають залежність ушкоджень від різноманітних чинників. Однак, останнім часом ці дані зазнали деяких змін через виникнення нових факторів, таких як «Демонтаж конструкцій сторонніми особами (вандалізм)» і «Зниження якості експлуатації», які набули досить значної ваги. Наприклад, для опор ліній електропередач зазначені фактори становлять відповідно 16,9 % і 16,0 %. А втім, для висотних споруд зв'язку ці значення все ж таки дещо нижчі, але вже сам факт їхньої наявності потребує особливої уваги.

Заувага друга. Нерідко застосовувані (хоча і заборонені чинними нормами) методи захисту споруд від вандалізму шляхом забивання різьблення на болтах вузлових з'єднань або заварювання гайок, хоча й попереджають певною мірою випадки вандалізму, але одночасно призводять до появи нових дефектів.

Зупинимось тепер детальніше на найбільш характерних прикладах дефектів висотних споруд зв'язку. І з цією метою розглянемо перший приклад – щоглу заввишки 239 м у м. Волочиськ Хмельницької області. Варто сказати, що під час проведення обстеження на цій щоглі було виявлено два суттєві дефекти на нерухомій траверсі стяжних муфт, перший з яких стосувався серйозних відхилень від проєктних рішень при проведенні її монтажу, а другий – повної відсутності антикорозійного захисту (рис. 2). Останнє, до речі, також призвело до 30 % корозійних пошкоджень гвинтових тяг, що не тільки зменшило несну здатність відтяжок, але й, що само собою зрозуміло, виключило можливість їх натягу до проєктних значень. І тому дана щогла була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд, а для відновлення її працездатності було розроблено проєкт реконструкції, у якому посилення траверси передбачено виконати із застосуванням тросових бандажів.

Другим прикладом дефектних висотних споруд зв'язку може слугувати щогла заввишки

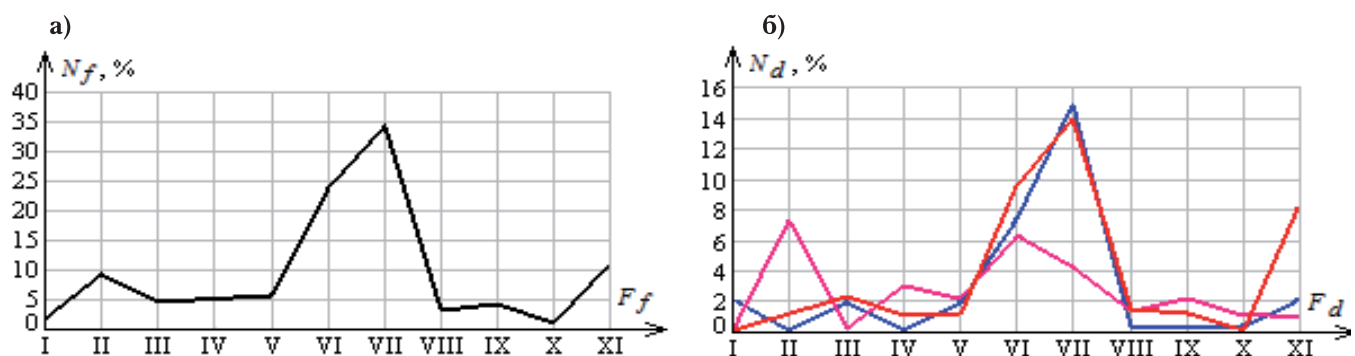


Рисунок 1 – Графіки функціональної залежності відмов $N_f = f(F_f)$ (а) і руйнувань $N_d = f(F_d)$ (б) висотних споруд зв'язку від різних факторів:

— повне руйнування; — часткове руйнування; — пошкодження



Рисунок 2 – Дефектні нерухомі траверси стяжних муфт

100 м у смт. Вовковинці Деражнянського району Хмельницької області, на якій під час проведення обстеження взагалі було встановлено цілий «букет» дефектів (зокрема, вельми грубих) проектування, виготовлення, монтажу та експлуатації конструктивних елементів щогли, що полягають у:

- відсутності гасників вібрації на відтяжках;
- дуже суттєвих відхиленнях від проектних рішень під час монтажу рухомої траверси та опорного вузла стовбура щогли, що пов'язано, приміром, із незакріпленням в опорному вузлі стовбура опорної плити від повороту (рис. 3, а);
- відсутності антикорозійного захисту рухомої траверси, гвинтових тяг, канатів і стовбура щогли;
- організації водовідведення з відхиленням від проектних рішень.

З урахуванням усього викладеного щогла була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд, а для відновлення її працездатності було розроблено проект реконструкції з повною заміною відтяжок і фундаментів.

Третій приклад дефектних висотних споруд зв'язку представлений вежею заввишки 53 м

у с. Яблуниця Надвірнянського району Івано-Франківської області. Тут варто звернути особливу увагу на те, що ця вежа, як з'ясувалося під час проведення обстеження, може виступати не лише показовим прикладом дефектної споруди, а й, за своєю сутністю, яскравим прикладом того, як «взагалі не треба робити» у будівництві. Зміст питання, що розглядається, полягає в тому, що ця вежа була змонтована неспеціалізованою організацією з використанням існуючих конструкцій бурової вежі. Тому в ній були виявлені численні дефекти монтажу та експлуатації багатьох конструктивних елементів, а саме: відсутність діафрагми жорсткості; виконання опорних плит усупереч вимогам нормативних документів із кількох зварених між собою листів (рис. 3, б); неякісне виконання зварних швів, що містять бугристість, непровари, тріщини, шлакові включення, раковини тощо, а також демонтаж деяких конструктивних елементів решітки (рис. 4). І в результаті вежа була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд. А для відновлення її працездатності внаслідок великої кількості виявлених дефектів і пошкоджень було розроблено об'ємний проект реконструкції.

а)



б)



Рисунок 3 – Дефекти опорних вузлів: а – щогли; б – вежі



Рисунок 4 – Дефекти конструктивних елементів решітки вежі

Черговим, четвертим за ліком прикладом дефектних висотних споруд зв'язку можна прийняти вежу заввишки 70 м поблизу с. Теревовля Терновлянського району Тернопільської області. Відразу ж наголосимо, що цього разу, на відміну від попереднього прикладу, вже сам проєкт вежі був розроблений неспеціалізованою організацією з використанням існуючих конструкцій бурової вежі ВМ-41. У зв'язку з чим, під час проведення обстеження на цій вежі знову ж таки були виявлені численні дефекти проєктування, монтажу та експлуатації багатьох конструктивних елементів. Причому, з усіх цих дефектів, із метою економії часу та місця, назвемо лише три найголовніші: відсутність діафрагми жорсткості, виконання вузлів вежі та її опорних підкосів із відхиленнями від вимог нормативних документів, а також розриви та тріщини завдовжки до 2000 мм у поясах трубчастого перерізу, утворенню яких сприяло безперешкодне потрапляння атмосферних опадів усередину поясів внаслідок неякісного виконання монтажних робіт. Тому цілком зрозуміло, що ця вежа була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд, а для відновлення її працездатності було розроблено відповідний проєкт реконструкції.

Далі розглянемо п'ятий приклад дефектних висотних споруд зв'язку, а саме вежу заввишки 180 м у районі м. Миколаєва. Тут під час проведення обстеження було встановлено факт перенапруженості вежі загалом, що стало наслідком її неправильної експлуатації через несанкціоноване розміщення додаткового устаткування. Якщо ж тепер безпосередньо охарактеризувати дефекти та пошкодження конструктивних

елементів вежі, набуті ними внаслідок цієї перенапруги, то деякі розкоси та розпірки її решітки перебували у деформованому стані. Втім, зважаючи на незначність виявлених дефектів, а також результати аналізу даних обстеження вежі, вона не була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд. Проте, відповідно до вимог нормативних документів, для неї було розроблено проєкт реконструкції, який передбачає встановлення додаткових і збільшення площі поперечних перерізів існуючих конструктивних елементів.

Зупинимося тепер на шостому прикладі дефектних висотних споруд зв'язку, що має у своєму складі відразу два багато в чому схожих об'єкта – щоглу заввишки 61 м у с. Лісова Слобідка Бердичівського району Житомирської області та щоглу заввишки 71 м поблизу с. Ценжів Івано-Франківського району Івано-Франківської області. Слід зазначити, що у цьому випадку, на відміну від усіх раніше розглянутих прикладів, під час проведення обстеження було виявлено дефекти проєктування і монтажу не металевих конструктивних елементів, проте анкерних фундаментів щогл. У цьому плані відзначимо, що зазначені фундаменти, виконані у вигляді плоских плит, через допущені помилки були розташовані не лише під гострим кутом до відтяжок, але і на незначній глибині залягання. У зв'язку з цим, надалі при натягуванні відтяжок в обох щоглах відбулося зрушення фундаментів по підшві. І саме з урахуванням цієї причини щогли, що розглядаються, були віднесені до категорії аварійно небезпечних споруд, а для відновлення їх працездатності були розроблені проєкти реконструкції, які передбачають поряд із збільшенням несної здатності фундаментів також їх довантаження додатковими залізобетонними блоками.

Наступним, уже сьомим, прикладом дефектних висотних споруд зв'язку може слугувати щогла заввишки 240 м, розташована у м. Резина Резинського району Республіки Молдова. Під час проведення обстеження на цій щоглі було встановлено, що вона експлуатувалася з дуже суттєвими відхиленнями від вимог відповідних технічних регламентів. Якщо ж говорити більш конкретно, то виявилось, що внаслідок відсутності постійного нагляду при ожеледиці на щоглі на позначці 200 м утворилася так звана «крижана бомба», ефект від падіння якої сильно нагадував наслідки від вибуху звичайної бомби. Отже, було зруйновано не лише майданчик обслуговування на позначці 100 м (рис. 5, а), але й також хвилевід та залізобетонне покриття технічної будівлі (рис. 5, б). І тому, що цілком зрозуміло, щогла була визнана аварійно небезпечною спорудою, а для відновлення її працездатності було розроблено проєкт реконструкції, який містить пропозиції щодо відновлення пошкоджених та зруйнованих конструктивних елементів.



а)



б)



Рисунок 5 – Руйнування конструктивних елементів щогли після падіння крижаної бомби:
а – майданчик обслуговування; б – хвилевід і залізобетонне покриття технічної споруди

Завершимо ж цю статтю розглядом досить характерного восьмого прикладу дефектних висотних споруд зв'язку – щогли заввишки 61,3 м у м. Кременець Кременецького району Тернопільської області. І відразу вкажемо на те, що тут під час проведення обстеження було виявлено дефекти проектування та монтажу стовбура та відтяжок щогли: викривлення стовбура перевищували встановлені нормативними документами значення, а також були відсутні гасники вібрації. Також було встановлено, що зазначені дефекти були ініціюючим фактором для виникнення при ожеледиці у відтяжках галопаючих коливань і, як наслідок, їх перенапруження. Тому, з метою виправлення ситуації, що склалася, і попередження розвинення подібних ефектів при подальшій експлуатації щогли та забезпечення її працездатності було розроблено проєкт її реконструкції, який передбачає зменшення розрахункової довжини існуючих відтяжок внаслідок використання страхуючих антивібраційних відтяжок. Однак у подальшому, внаслідок розміщення операторами зв'язку на щоглі додаткового антенного обладнання, початковий проєкт був замінений кардинально іншим проєктом, у якому замість одного існуючого було передбачено встановлення двох ярусів відтяжок. Через це, запропонований підхід дозволив не тільки усунути розвинення галопаючих коливань і перенапруження відтяжок, проте й одночасно вирішити проблему викривлення стовбура щогли.

ВИСНОВКИ

В статті розглянуто питання оцінювання впливу виявлених під час проведення обстежень дефектів і пошкоджень на працездатність висотних споруд, узагальнені висновки за результатами якого полягають у наступному:

1. Вплив дефектів і пошкоджень на технічний стан конструктивних елементів висотних споруд відображається залежністю, сутність якої полягає в тому, що гірші умови утримання призводять до більш напруженого стану.
2. Невиконання планових обстежень у встановлені нормативними документами строки й необхідних ремонтних заходів і поточних ремонтів призводить не тільки до пришвидшення розвинення деградаційних процесів і, як наслідок, до погіршення стану конструктивних елементів висотних споруд, а й до збільшення витрат на їх подальше відновлення.
3. Неусунення виявлених дефектів і пошкоджень конструктивних елементів висотних споруд суттєво впливає на надійність і довговічність як їх окремих елементів, так і споруди в цілому.
4. Зниження довговічності конструктивних елементів через недотримання правил утримання висотних споруд призводить до зменшення їх працездатності через введення неминучих експлуатаційних обмежень із метою унеможливлення виникнення непередбачуваних (аварійних) ситуацій.



БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. Москва: Издательство «Машиностроение», 1972. 511 с.
2. Перельмутер А.В., Гордеев В.М., Горохов Є.В., Єгоров Є.А., Корольов В.П., Лантух-Лященко А.І., Оглобля О.І. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні. Київ: Видавництво «Сталь», 2002. 166 с.
3. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций. Ленинград: Издательство «Стройиздат», 1988. 288 с.
4. Трощенко В.Т., Красовский А.Я., Покровский В.В., Сосновский Л.А., Стрижало В.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие. Часть 1. Киев: Издательство «Наукова думка», 1993. 243 с.
5. Шимановский А. В., Гордеев В.Н., Королев В.П., Оглобля А.И., Рухович И.Р., Филатов Ю.В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. Київ: Видавництво «Сталь», 2008. 463 с.
6. Шимановский А. В., Кондра М.П., Кондра С.М. Высотные сооружения. Теория и практика. Издание второе, переработанное и дополненное. Киев: Издательство «Сталь», 2015. 486 с.

REFERENCES

1. Lakhtin, Y. M., & Leontyeva, V. P. (1972). Materials Science. Moscow: Machine Building.
2. Perelmuter, A. V., Gordeev, V. M., Gorokhov, Ye. V., Yegorov, Ye. A., Koroliov, V. P., Lantukh-Lyashchenko, A. I., & Ogloblya, O. I. (2002). Condition and residual resource of the fund of building metal structures in Ukraine. Kyiv: Vydavnytstvo "Stal".
3. Rebrov, I. S. (1988). Strengthening of rod metallic structures. Leningrad: Izdatelstvo "Stroyizdat."
4. Troshchenko, V. T., Krasovskiy, A. Y., Pokrovskiy, V. V., Sosnovskiy, L. A., & Strizhalo, V. A. (1993). Resistance of materials to deformation and destruction. Reference manual. Part 1. Kyiv: Naukova dumka.
5. Shimanovsky, A. V., Gordeev, V. N., Korolev, V. P., Ogloblya, A. I., Rukhovich, I. R., & Filatov, Y. V. (2008). Technical diagnostics and prevention of emergency situations of building and structure constructions. Kyiv: Vydavnytstvo "Stal".
6. Shimanovsky, A. V., Kondra, M. P., & Kondra, S. M. (2015). High-rise structures. Theory and practice. Kyiv: Vydavnytstvo "Stal".

Стаття надійшла до редакції 03.10.2023 року