

УДК 624.046.2/621.019.32

Лисницька К.М.⁷, *асистент*

orcid.org/0000-0001-5496-6968, Misslivets777e@ukr.net

Першаков В.М., *д.т.н., професор*

orcid.org/0000-0003-3428-9407

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

МЕТОДИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЦЕГЛЯНОЇ БУДІВЛІ

Сучасні нормативні документи визначають поняття надійності як здатність конструкцій, будівель або споруд зберігати свої експлуатаційні характеристики протягом заданого періоду часу [1]. На етапі проектування досить складно встановити, як параметр надійності конструкцій змінюватиметься в часі, але відомо, що з першого дня експлуатації він починає знижуватися і в період зношення досягає пікових значень. Зараз значна кількість існуючих в Україні будівель зношена на 50-70%. Це масова забудова 50-60х років. Саме цей сектор потребує підвищеної уваги з боку держави, розроблення різноманітних програм реконструкції та реорганізації житлового простору.

Об'єктом дослідження вибрано частково зруйнований в результаті просідання ґрунтової основи 4-х поверховий житловий будинок, побудований в 1961 році. Зовнішні стіни та простінки будівлі не одноразово пісилювалися металевими обоймами та затяжками, але в грудні 2016 року відбулося, фатальне, за наслідками руйнування, замочування ґрунтової основи будівлі, що призвело до прогресуючого руйнування.

Аналіз фактичного технічного стану об'єкта виконувався у чотири етапи [2]: перший етап – аналіз об'єкта (вивчення вихідних даних та проектної документації) та візуальне обстеження; другий етап – проведення натурних інструментальних досліджень; третій етап – аналіз напружено-деформованого стану об'єкта, перевірочні розрахунки будівельних конструкцій на предмет можливості відновлення зруйнованих конструкцій та подальшої експлуатації; четвертий етап - опрацювання проведених досліджень та визначення фактичного технічного стану об'єкта.

Проведення кожного з етапів дослідження та отримані результати наведені в статті.

⁷© Лисницька К.М., Першаков В.М.

Ключові слова: надійність, кількісні показники, фактичний технічний стан, ґрунтова основа, руйнування.

Постановка проблеми. Надійність будівельного об'єкта як складної технічної системи складається з надійності її конструктивних елементів і не може бути вищою за надійність найменш придатного до експлуатації елемента [3-5].

Необхідність дослідження технічного стану експлуатуємих будівель та забезпечення ними параметрів надійності та безпечності в останній час стає одним з найважливіших напрямів діяльності науково-дослідних, проектних та будівельних організацій в усьому світі. До виникнення такої необхідності в нашій країні призвели сукупність факторів: по-перше – це фізичний знос великої частки будівель та споруд; по-друге – відсутність об'єктивної інформації про технічний стан більшості об'єктів (подекуди відсутня навіть проектна документація); по-третє – відсутність нормативного регулювання огляду та моніторингу технічного стану будівель та споруд; по четверте – наявність величезної кількості недостатньо кваліфікованих проектних та будівельних організацій, що виконують проектування та будівництво з невідповідностями нормативно-технічним вимогам.

Мета статті є огляд теоретичних та практичних методів визначення надійності будівель, що експлуатуються уже понад 50-70 років і складають біля 70% від загальної кількості забудови України.

Огляд останніх публікацій. На даний час в Україні технічний стан будівлі може визначатися трьома методами, прописаними державними нормативними документами [1, 12].

1. *Оцінка технічного стану будівлі за фізичним зносом.* Технічний стан за класифікацією згідно цієї методики має п'ять оцінок: добрий (знос 0...20 %); задовільний (знос 21...40 %); незадовільний (знос 41...60 %); старий (знос 61...80 %); непридатний (знос 81...100 %).

2. *Оцінка технічного стану конструкцій і будівлі за класифікаційними ознаками.* Технічний стан за класифікаційними

ознаками має чотири оцінки: нормальний; задовільний; непридатний до експлуатації; аварійний.

3. *Оцінка технічного стану будівлі дається за результатами виконаних розрахунків.* Визначені величини напруження і деформацій в несучих елементах будівлі співставляються з міцнісними характеристиками матеріалів конструкцій. Додатково аналізуються технічні параметри, що характеризують основу [2, 6]. І сукупність цих обстежень складає основу оцінки надійності будівельного об'єкту. До розрахункового методу оцінки надійності будівельного об'єкта звертаються набагато рідше, через громіздкість та складність розрахунків. Можна виділити таких авторів, що працювали та продовжують працювати над питаннями надійності будівель та споруд : Болотін В.В., Райзер В. Д., Ржаніцин А. Р., Ройтман А.Г., Перельмутер А. В., Малишев О. М, Еремеев П. Г., Мельчаков А.П., Пічугін С. Ф. та ін.

Опис дослідження. Об'єктом дослідження було вибрано частково зруйнована 4-х поверхова житлова будівля. В результаті аварії, що сталася 12 грудня 2016 року відбулося повне руйнування торцевої частини будівлі на довжину близько 7 метрів від осі "1" у бік осі "2". Зруйновані зовнішні та внутрішні стіни, перегородки, плити покриття та перекриття до рівня перекриття технічного підпілля. Характер руйнування дивись на рис. 1.



Рис 1. Загальний вигляд будівлі

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

Аналіз фактичного технічного стану об'єкту виконувався у чотири етапи:

– перший етап – аналіз об'єкта (вивчення вихідних даних та проектної документації) та візуальне обстеження;

– другий етап – проведення натурних інструментальних досліджень;

– третій етап – аналіз напружно-деформованого стану об'єкта, перевірочні розрахунки будівельних конструкцій на предмет можливості їх подальшої експлуатації;

– четвертий етап – опрацювання проведених досліджень та визначення фактичного технічного стану об'єкта.

Аналіз об'єкта. Конструктивна схема будівлі безкаркасна з поздовжніми несучими стінами і внутрішніми поперечними стінами сходових клітин. Просторова жорсткість забезпечується дисками перекриттів, поздовжніми і поперечними стінами. Висота поверхів 2,8 м. Дах суміщений, покрівля рулонна. Фундаменти стрічкові збірні з залізобетонних фундаментних плит і бетонних блоків стін підвалу товщиною 600, 400 мм. Глибина закладення фундаментів змінна і становить від 1,5 м до 2,6 м.

Грунтовою основою фундаментів є насипний ґрунт, супіски та суглинки лесовидні. Величина просідання супісків та суглинків лесовидних від власної ваги при їх водонасиченні становить 1,42-1,55 см.

Натурно-інструментальні дослідження. Залежно від мети обстежень, необхідного обсягу даних і стану конструкцій обстеження можуть бути вибіркковими або суцільними (повними). При виникненні аварійних ситуацій та при високому рівні дефектності конструкцій виконують повні обстеження [7-11].

Під час проведення натурних та інструментальних досліджень було встановлено фактичну міцність розчину цегляної кладки та цегли стін будівлі. Міцність цегли на стиск знаходиться в межах 3,5–7,8 МПа, що відповідає маркам М 25-М75. Міцність розчину цегляної кладки на стиск знаходиться в межах 0,5–1,3 МПа, що відповідає марці М10. Досить великий діапазон значень міцності

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

пояснюється різними умовами експлуатації конструкцій. Місця зі слідами розморожування кладки мають менше значення міцності. Для розрахунків несучої здатності основної частини будівлі було прийнято характеристику розчину марки М10 та цегли марки М75 [8-11].

Візуальне обстеження виявило наступні пошкодження:

1. В результаті аварії відбулося руйнування частини будівлі на довжину приблизно 7 м (рис.1);

2. Кладка стін в зоні руйнування, яка збереглася, зазнала розтріскування і розшарування (рис. 2);

3. При обстеженні фасадів будівлі виявленні чисельні тріщини у стінах (ширина розкриття – від 0,2 до 12 мм) (рис. 3);

4. Обстеженням встановлено, що раніше виконувалося посилення ділянок зовнішніх стін у простінках між віконними прорізами, а також посилення ділянок стін в осях «1 – 2» металевими стрижнями;



Рис. 2. Пошкодження кладки у зоні руйнування



Рис. 3. Наявність старих тріщин у зовнішніх стінах

5. У зоні руйнування будівлі в плитах перекриття технічного підпілля відбулися деформації у вигляді тріщин, а також значні

пошкодження захисного шару бетону, огоління та корозійні пошкодження арматури (рис.4);



Рис.4. Пошкодження захисного шару бетону, оголення і корозія арматури

6. Відмостка навколо будівлі виконана з асфальтобетону шириною до 1,0 м. У багатьох місцях є пошкодження у вигляді тріщин, а також зруйновані ділянки, через які дощова вода потрапляє під стіни фундаменту;

7. Під час вишукувань виявлено, що в підвал будинку відбувалось затікання поверхневих вод та води з мереж водопостачання і водовідведення, що в свою чергу призвело до вимивання ґрунту з під фундаменту та могло погіршити механічні якості ґрунтової основи.

Технічний стан окремих конструкцій встановлюється в результаті загального аналізу дефектів і пошкоджень визначених за результатами попереднього обстеження. За несучою здатністю та експлуатаційними властивостями конструкції варто відносити до одного з таких станів [9]:

I – Нормальний стан – це стан, при якому зусилля в елементах і перетинах не перевищують граничних значень згідно розрахунку. Відсутні дефекти й пошкодження, що перешкоджають нормальній експлуатації, або знижують несучу здатність, або довговічність.

II – Задовільний стан – це стан, який по несучій здатності й

умовам експлуатації конструкцій відповідає I стану. Мають місце дефекти й пошкодження, які знижують довговічність конструкції.

III – Непридатний до експлуатації стан – це стан, при якому конструкції перевантажені або мають місце дефекти й пошкодження, що свідчить про зниження їхньої несучої здатності. Необхідне виконання підсилення на підставі розрахунків і аналізу пошкоджень.

IV – Аварійний стан – це стан, що по несучій здатності й умовам експлуатації конструкцій відповідає III стану, однак на підставі розрахунків і аналізу дефектів і пошкоджень неможливо гарантувати цілісність конструкцій на період підсилення, особливо якщо можливий «крихкий» характер руйнування. Необхідно передбачати заходи щодо техніки безпеки: вивести людей із зони можливого обвалення, виконати негайне розвантаження.

За ДСТУ-Н Б.В.1.2-18:2016 «Настанова що до обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» технічний стан будівлі гуртожитку характеризується як аварійний [9] (IV категорія технічного стану), виявлені пошкодження конструкцій, які не можуть гарантувати цілісність конструкцій на період підсилення.

Аналіз напружено-деформованого стану об'єкта, виконувався на основі перевірочних розрахунків в ПК Ліра [10,11] (рис. 5).

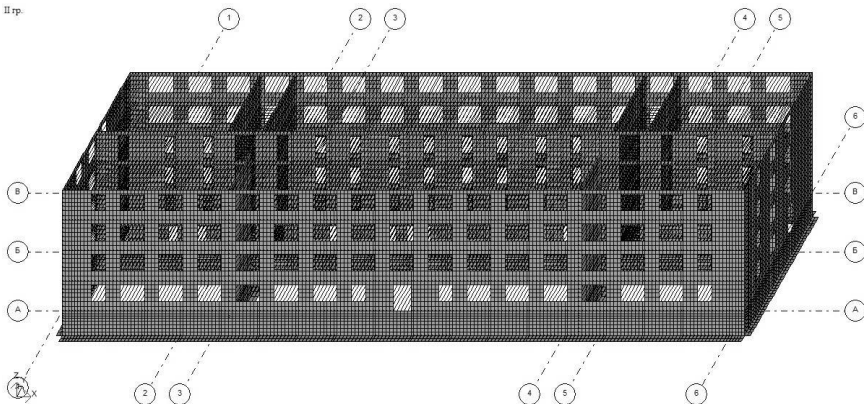


Рис.5. Розрахункова модель будівлі

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

Стіни та фундаменти моделювалися пластинами відповідної жорсткості. Розміри елементів розрахункової схеми приймалися за результатами натурних обстежень.

Було вирішено дві задачі для основи природного стану та для основи що просідає в наслідок замочування ґрунтів. Для природної основи прийнята модель постійного коефіцієнта жорсткості у плані споруди. Просідання ґрунтів основи враховувався за схемою перемінних коефіцієнт жорсткості основи у плані споруди (рис. 6).

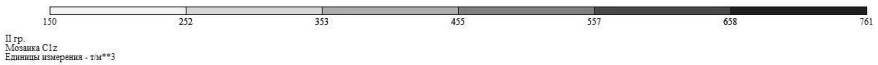


Рис.6. Мозаїка коефіцієнтів жорсткості основи при її замочуванні

Результати перевірочних розрахунків. Осідання фундаментів та тиски на основу наведені на рис.7-10

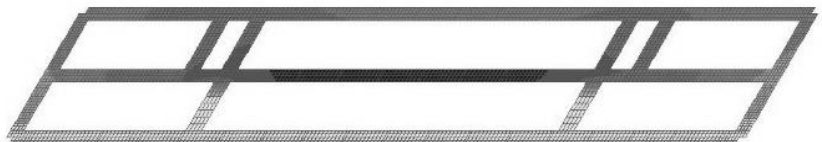


Рис.7. Осідання фундаментів на природній основі

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

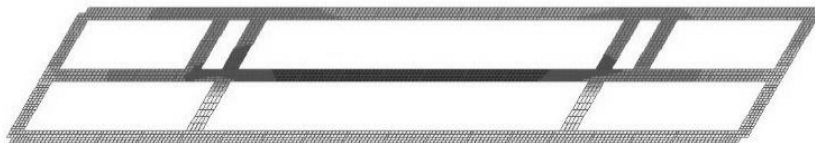
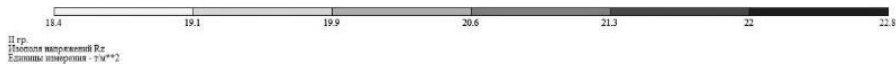


Рис.8. Тиск на природню основу від споруди

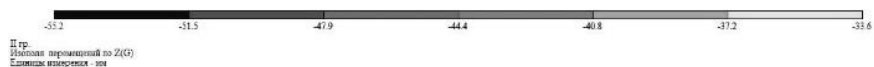


Рис.9. Осідання фундаментів на замоченій основі



Рис.10. Тиск на основу що замочла від споруди

На основі розрахунків було встановлено, що осідання фундаментів не перевищує граничних значень за нормами [12]. Тиск від споруди на природню основу не перевищує розрахункового опору ґрунту. Тиск від споруди на основу що замочла перевищує розрахунковий опір ґрунту на 9%. Останнє за нормами [12] є допустимим.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

У всіх випадках тиск на основу перевищує початковий тиск просідання. Таким чином при замочуванні просідаючих ґрунтів виникають додаткові просідання основи. Для уникнення просідань, при відновленні будівлі рекомендується обмежити тиск на основу початковим тиском просідання, який складає 90 кПа.

Вертикальні напруження у стіні наведені на рис.11-12

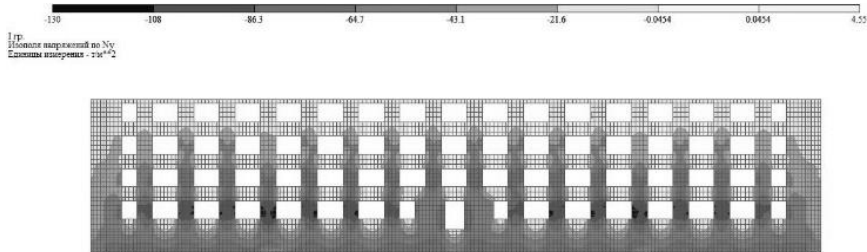


Рис.11. Вертикальні напруження в стіні (природна основа)

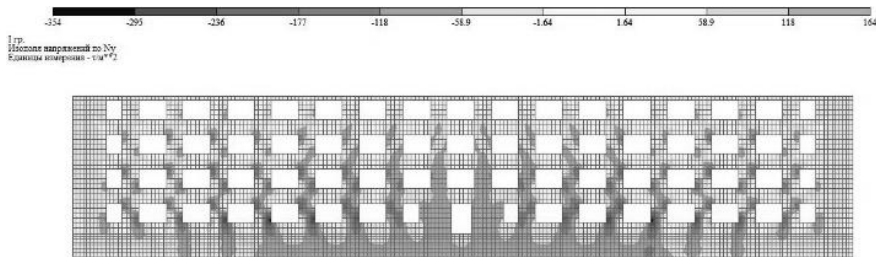


Рис.12. Вертикальні напруження в стіні (основа, що замочена)

Максимальні вертикальні напруження у простінках першого поверху перевищують розрахунковий опір кладки стиску: для природної основи на 44%; для замоченої основи у 2,9 рази.

Отже, на основі проведених візуально-інструментальних та розрахункових досліджень можна зробити деякі **висновки**:

1. Основними причинами руйнування будівлі у формі втрати стійкості торцевої стіни стали: нерівномірні осідання основи по торцях будівлі в наслідок замочування просідаючих ґрунтів, недостатня несуча здатність цегляної кладки в наслідок

температурного - вологістних впливів та перерозподілу напружень в стінах обумовлених нерівномірним осіданням основ.

2. Основи та фундаменти будівлі відповідають вимогам нормам будівельного проектування [13] як за осіданнями, так і за тисками на основу від споруди, цей висновок стосується як споруди на природній основі, так і споруди на основі що замочується. Підсилення основ та фундаментів існуючої будівлі не потрібне. При відновленні зруйнованої частини будівлі рекомендується обмежити тиск на основу величиною початкового тиску просідання. Для цього треба підсилити фундаменти шляхом збільшення ширини їх підосви до 2,2 – 2,5 м.

4. Несуча здатність вертикальних перерізів цегляної кладки повздовжніх стін є недостатньою для сприймання горизонтальних розтягувальних напружень, цей висновок стосується як споруди на природній основі, так і споруди на основі що замочується. Для забезпечення несучої здатності вертикальних перетинів на дію горизонтальних розтягувальних напружень рекомендується виконати підсилення стін.

Список використаних джерел:

1. ДБН В.1.2-14-2009 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Київ «УкрНДНЦ» – 2009.

2. Червинський Я.Й. Дослідження технічного стану будівель та споруд при небезпечних геологічних процесах / Я. Й. Червинський, О. О. Петраков, М. Л. Зоценко, Ю. Л. Винников // Журнал «Наука та будівництво», 2014 – №2. – С. 17-24.

3. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. – Киев: Изд-во УкрНИИпроектстальконструкция,2000. —216с.

4. Перельмутер А.В. Эксплуатационная надежность конструкций зданий, сооружений и нормы проектирования при реконструкции / А. В. Перельмутер. – К.: «Знание», 1991. –19 с.

5. Еремеев П.Г. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных сооружений при аварийных воздействиях / П. Г. Еремеев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2006. - №2. – С. 65-72.

6. Барашиков А.Я. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд/ А. Я. Барашиков, О. М. Малишев: Навч. пос. для студ. вищих навч. закл. – К.: Основа, 2008. – 320 с.

7. Римшин В.И. Обследование и испытание зданий и сооружений / [Козачек В. Г., Нечаев Н. В., Нотенко С. Н. и др.] ; под ред. В. И. Римшина. - М.: Высш. шк., 2004.-447с.

8. Кліменко В.З. Випробування та обстеження будівельних конструкцій і споруд: підр. /В. З. Кліменко, І. Д. Белов. - К.: Основа, 2005. — 204 с.

9. Тетиор А.Н. Обследование и испытание сооружений / А. Н. Тетиор, В. Н. Помаранец. — К. : Выш. шк., 1988. — 207с.

10. Малишев О.М. Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд / [Малишев О. М., Віроцький В.Д. , Нілов О. О. та ін.] ; за ред. О. М. Малишева і Державного підприємства «Головний навч.-метод. центр» України. — К.: Відлуння, 2007. — 708 с.

11. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова що до обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ «УкрНДНЦ» – 2017.

12. Шапиро Г.И. Защита от прогрессирующего обрушения жилых домов первого периода индустриального домостроения / Г.И. Шапиро, Л.В. Обухова, Ю.А. Эйман, Е.В. Сиротина // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. - №4. – С. 32-39.

Аннотация

Лисицкая К.Н., Першаков В.Н

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ КИРПИЧНОГО ЗДАНИЯ

Современные нормативные документы определяют понятие надежности как способность конструкций, зданий или сооружений сохранять свои эксплуатационные характеристики в течение заданного периода времени [1]. На этапе проектирования достаточно сложно

установить, как параметр надежности конструкций меняться во времени, но известно, что с первого дня эксплуатации он начинает снижаться и в период износа достигает пиковых значений. Сейчас значительное количество существующих в Украине зданий изношена на 50-70%. Это массовая застройка 50-60х годов. Именно этот сектор требует повышенного внимания со стороны государства, разработка различных программ реконструкции и реорганизации жилого пространства.

Объектом исследования выбрано частично разрушенный, в результате проседания грунтового основания, 4-х этажный жилой дом, построенный в 1961 году. Внешние стены и простенки здания неоднократно усиливались металлическими обоямами и затяжками, но в декабре 2016 года произошло, роковое по последствиям, замачивание грунтового основания здания, что привело к прогрессирующему разрушению.

Анализ фактического технического состояния объекта выполнялся в четыре этапа. Проведение каждого из этапов исследования и полученные результаты описаны в статье.

Ключевые слова: надежность, количественные показатели, фактическое техническое состояние, грунтовое основание, разрушение.

Annotation

Lysnytska K.N, Pershakov V.N

Reliability assessment methods of brick building

Modern regulatory documents define the concept of reliability as the ability of structures or buildings maintain their operational characteristics during a given period of operation [1].

At the design stage, it is quite difficult to establish how the reliability parameter of structures will change during operation, but it is known that from the first day of operation it begins to decline and in the decrepit period reaches minimum values. Now a significant number of existing buildings in Ukraine are worn out by 50-70%. This is a massive building of the 50-60-s. It is this sector that requires increased attention from the state, the development of various programs for the reconstruction and reorganization of residential space.

The object of the study was a partially destroyed 4-storey residential building, that was built in 1961, as a result of subsidence of the soil base. The external walls of the building were repeatedly reinforced with metal clips and puffs, but in December 2016, the soil of the building was soaked, fatal in its consequences, which led to progressive destruction.

The analysis of the actual technical condition of the object was carried out in four stages [2]: the first stage - analysis of the object (study of the source

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2(25) 2020р.

data and design documentation) and visual inspection; the second stage - conducting field instrumental research; the third stage - analysis of the stress-strain state of the object, verification calculations of building structures for the possibility of restoring destroyed structures and further operation; the fourth stage - is the processing of the research and determining the actual technical condition of the object.

The implementation of each of the studies stages and the obtained results are described in the article.

Key words: *reliability, quantitative indicators, actual technical state, soil foundation, destruction.*

Стаття надійшла до редакції у лютому 2020 р.