

АНОТАЦІЯ

У статті розглянута історія експлуатації та виявлені деформації житлового 9-поверхового цегляного будинку в Одесі. Будівля складається з чотирьох секцій, висота поверху: 2,8 м, товщина стін – 510 мм, число квартир: 216. Описано: умови експлуатації та методи дослідження - візуальний метод і обстеження з випробуванням цегляної кладки. Оцінено можливість виникнення перевантажень на різних ділянках, виявлені явні проблеми з руйнівним впливом і зроблено ряд інших висновків. Наведено результати обстеження будівлі і показані дефекти, що виникли в процесі експлуатації. Виконано випробування зразків з цегли будівлі й наведено їх результати. Зокрема, одержані результати випробування з визначення пористості, наявності висолів, міцності на стиск і на вигин. Результати випробувань задовільні.

Ключові слова: стан будівлі, методи дослідження, обстеження, технічна діагностика, технічна прогностика, технічна генетика

ANNOTATION

The article deals with the history of exploitation and reveals the deformations of a residential 9-storey brick building in Odessa. The building consists of four sections, floor height: 2.8 m, wall thickness - 510 mm, number of apartments: 216. The article describes the conditions of its operation and selection of an effective research method. To determine the state of the structures, a visual method and a survey with a brick masonry test were applied. The visual method made it possible to assess the possibility of overloading at various sites, to reveal obvious problems with destructive effects, and to make a number of other conclusions. The article presents the results of a survey of the building and shows the defects that have arisen in the process of operation. Samples were cut for testing, the thickness of which was 120, 250, 380, 510 and 640 mm. The samples of the brick of the building are tested and their results are shown. In particular, the results of the test to determine the voidness, the presence of highs, compressive strength and bending. The test results are satisfactory.

Keywords: condition of building, methods of research, surveys, technical diagnostics, technical forecasting, technical genetics

УКД 69.059.4:69.059.2

Денисов Є. В., к.т.н., доц.,
ТОВ «Будівельна група “Модус”
Хохрякова Д. О., к.т.н., доц.,
Колесниченко С.В., к.т.н., доц.,
ДОННАБА, м. Краматорськ

**ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНИХ
ЕКСПРЕС-ТЕСТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО
ОБСТЕЖЕННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Розглянуто можливість підвищення достовірності результатів обстеження сталевих конструкцій будівель і споруд на основі аналізу їх динамічних параметрів. Наведено результати технічної діагностики сталевих ферм з використанням динамічних експрес-тестів. Проведена оцінка трудомісткості виконання вібродинамічних випробувань.

Ключові слова: динамічні випробування, технічне обстеження, моніторинг технічного стану, динамічний паспорт, трудомісткість робіт.

Постановка проблеми. Докладний аналіз стану фонду сталевих конструкцій, що експлуатуються, наведено в роботі [1]. Цифри 15-річної давності показують, що 7-8% існуючого фонду знаходяться в аварійному стані і 30-40% - на межі аварійного. З урахуванням екстраполяції існуючих даних сьогодні можна припустити, що ці показники становлять 10-15% та 50-60% відповідно.

Оновлення основних фондів відбувається повільно і непропорційно виходу з ладу і зносу конструкцій будівель і споруд. Цей фактор актуалізує завдання проведення технічних обстежень та моніторингу технічного стану будівельних конструкцій, а також розвитку методик, що дозволяють підвищити достовірність результатів і зменшити трудомісткість виконання даних робіт. Обсяг проведених обстежень будівель і споруд збільшується з кожним роком внаслідок ряду чинників: фізичного і морального зносу конструкцій;

переозброєння і реконструкції виробничих будівель промислових підприємств; техногенних і природних впливів; пошкоджень, пов'язаних з військовими діями. Отже, необхідна розробка і реалізація таких прискорених методик оцінки стану споруди, які б дозволяли у будь-який момент експлуатації об'єкта достатньо швидко, методом відносних оцінок, визначити стан і безпеку його подальшої експлуатації.

Повне обстеження всіх відповідальних споруд та їх елементів, по-перше, вимагає великих витрат коштів і часу, наявності висококваліфікованих кадрів, оснащених сучасною технікою для виконання неруйнівних методів контролю та випробувань. По-друге, обстеження може не гарантувати виявлення дефектів, які можуть знизити несучу здатність всього обстежуваного об'єкта. До таких пошкоджень відносяться втомні тріщини, наскрізні корозійні пошкодження, дефекти зварних швів тощо.

Реальні умови проведення огляду ускладнюють завдання виявлення пошкоджень: сильно запилені або забруднені конструкції, наявність важкодоступних місць, відсутність перехідних містків, галерей тощо для обслуговування та огляду конструкцій. При використанні візуального методу обстеження завжди можливо припустити, що в конструкції існують невиявлені або «гіпотетичні» дефекти і пошкодження.

Крім спеціальних методів діагностики, таких як тензометрія, акустичні, радіаційні, лазерно-голографічні методи, метод магнітної пам'яті металу, вихрострумний та радіохвильовий метод, методи муарових смуг тощо в будівництві застосовуються методи контролю, запозичені з інших галузей. Так, у машинобудуванні одним з найпоширеніших видів неруйнівного контролю є вібраційна діагностика. Найбільш успішно метод використовується для діагностики обладнання, яке піддається динамічним впливам, для визначення його стану та створення прогнозних моделей. Для виявлення дефектів, що зароджуються,

використовуються природні діагностичні ознаки, які визначаються шляхом спектрального аналізу самого сигналу вібрації. При цьому, основною ознакою дефектів в підшипниках є зміна властивостей сил тертя і високочастотної вібрації.

Використання такого досвіду в будівництві досить рідке, але могло б бути застосоване для оцінки технічного стану будівлі шляхом визначення якісних показників однотипних конструкцій при їх випробуванні в реальних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування динамічних методів випробувань будівельних конструкцій або їх окремих елементів зустрічається в практиці проведення технічних обстежень та моніторингу технічного стану будівель і споруд [2, 3]. Дискусії про необхідність фіксації динамічних характеристик конструкцій та будівель в цілому з складанням відповідного документа – динамічного паспорта у науковому середовищі точаться протягом останніх 30 років [4-5]. У першу чергу, даний вид паспортизації актуальний для споруд, що піддаються постійному впливу динамічних навантажень, у тому числі сейсмічних. Так, нормативним документом України [6] закріплено ведення динамічного паспорта для ряду споруд. Окремий напрямок динамічної паспортизації пов'язаний з обстеженням та експлуатацією мостів як у вітчизняній практиці [6, 7], так і в зарубіжній [8].

У роботах М.І. Казакевича і В.В. Кулябка [4, 5] зазначалась необхідність виконання теоретичних розрахунків і проведення динамічних натурних випробувань при різних технологічних умовах з подальшим складанням динамічного паспорта об'єкта. Наявність результатів випробувань спрощує процедуру оцінки технічного стану об'єкта і дозволяє формувати прогнозні моделі і виконувати розрахунок залишкового ресурсу системи.

Метою даної роботи є дослідження можливості застосування методів

динамічних експрес-тестів при виконанні робіт з обстеження будівлі шляхом визначення якісних показників технічного стану конструкцій.

Сутність методу динамічних експрес-тестів полягає в аналізі деякого інтегрального параметра, який загалом характеризує зміни, що відбулися з конструкціями в процесі експлуатації. Наприклад, вихід з ладу певних елементів, розрив зварних швів, розбалчування з'єднань, зміна геометрії при пластичних деформаціях, наявність втомних тріщин.

Виконуючи процес моніторингу стану будівельних конструкцій, важливо мати певні інтегральні параметри, які були б досить чутливі до змін у вигляді пошкоджень. Причому дані інтегральні параметри повинні бути пов'язані з безпосереднім відгуком конструкції на які-небудь дії, оскільки в силу зазначених вище обставин візуальний огляд не дозволяє достовірно вказати на необхідність проведення більш ретельного обстеження. Маючи такі ж параметри і відстежуючи їх у часі, можна говорити про механізм «загального моніторингу», який може регулювати терміни планових обстежень або ініціювати позапланове обстеження як будівлі в цілому, так і окремих конструктивних елементів. При цьому моніторинг інтегральних параметрів для ряду об'єктів доцільно проводити постійно в автоматизованому режимі. Останнє дуже важливо при моніторингу технічного стану об'єктів, для яких вимагається науково-технічний супровід згідно з [9, 10].

В якості інтегральних параметрів роботи конструкції зручно використовувати відгук з малою або відсутньою залежністю від збурюючих параметрів. Так, наприклад, переміщення елементів конструкцій або внутрішні зусилля і напруження знаходяться в залежності від діючих навантажень. Такий параметр, як частота власних коливань глобально досить «чутлива» до будь-яких змін жорсткості конструкції, зміни геометрії та ін. Дисипативні характеристики суттєво

залежать від співвідношення сил в'язкого і сухого тертя, що може характеризувати роботу конструкцій у вузлових з'єднаннях. Ці параметри можуть бути інтегральними характеристиками, що дозволяють оцінити ймовірність появи пошкоджень конструкцій між проведенням діагностичних заходів. Для споруд, які безпосередньо зазнають дії динамічних навантажень, перелік динамічних параметрів для паспортизації може бути збільшений.

Визначення динамічних параметрів та складання динамічного паспорта на прикладі сталевих ферм промислового будинку.

В рамках проведення робіт з оцінки технічного стану колишньої промислової будівлі, яка розташована в Куйбишевському районі м. Донецька, з метою її перепрофілювання під складські приміщення у 2013 році були виконані вібродинамічні випробування кроквяних ферм прогоном 36 метрів з складанням динамічного паспорта для даних конструкцій.

Конструкції кроквяних ферм – сталеві, з паралельними поясами і трикутною решіткою серії 1.460-2 В. 1 (рис. 1). Висота ферми на опорі по обушках поясів – 3150 мм, повна висота опори – 3300 мм. Опорні стояки запроектовані з прокатних двотаврів № 45 за ГОСТ 8239-89. Матеріал конструкцій ферм: сталь 14Г2-6 – для поясів; сталь ВСтЗсп5 для вузлових фасонки; ВСтЗсп6 для розкосів і стояків; ВСтЗкп2 для інших елементів. Відмітка низу ферм становила 22 м.

Завдання огляду конструкцій ускладнювалося відсутністю оглядових майданчиків і перехідних містків та великим скупченням дрібнодисперсного виробничого пилу на горизонтальних елементах, товщина якого досягала 200мм.

У результаті огляду було виявлено типові для даних конструктивних елементів дефекти та пошкодження: щільна корозія у вузлових з'єднаннях, локальні викривлення елементів, виріз частини поперечного перерізу елементів; розрив зварних швів.

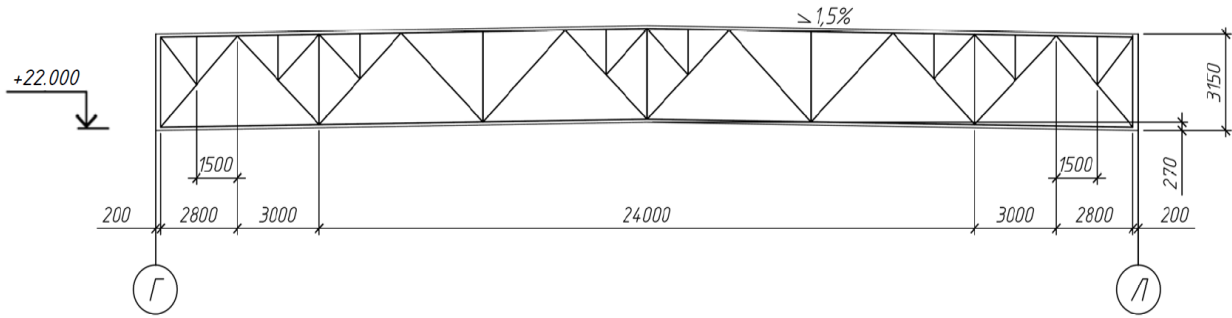


Рис. 1. Кроквяні ферми будівлі, що обстежувалась

У зв'язку з припущенням про неможливість виявлення серйозних пошкоджень для існуючих складних умов проведення візуально-інструментального огляду було прийнято рішення в програму обстеження додати натурні випробування конструкцій, результати яких використовувати для підвищення достовірності зроблених висновків.

Оптимальним автори визнали аналіз динамічних параметрів конструкцій, отриманих в натурних умовах, як інтегральної характеристики працездатності конструкції. В якості динамічних параметрів для аналізу були прийняті частоти основного тону власних коливань ферм.

Конструкції ферм цеху були розбиті на 4 групи в залежності від конструктивного виконання. Всі конструкції в групі повинні мати подібні динамічні параметри. Отримана інформація про величину цих параметрів для всієї групи конструкцій дозволила б виділити ті конструкції, які відрізняються від інших. Тоді можливо припустити, що дані конструкції містять недоліки, виявлені у ході візуального обстеження, або додаткові недоліки, які виявлені не були. Отримана інформація, що занесена в спеціальний динамічний паспорт, дозволить провести подібний аналіз за необхідності проведення наступних обстежень.

Колівання конструкцій ферм створювалися за допомогою вібростанини, що дозволяла створювати спрямовані гармонійні навантаження з регульованою частотою. У зв'язку з великою різницею мас

покриття і вібростанини коливання ферм створювалися налаштуванням частоти впливу вібростанини в резонансний режим з частотою власних коливань ферми. В якості первинних перетворювачів були використані п'єзоелектричні перетворювачі, встановлені на найбільш напружених елементах: нижньому поясі ферми в середині прогону і опорному розкосі.

Послідовність дій при проведенні динамічних випробувань може бути представлена у вигляді скороченої структурно-логічної схеми (рис. 2).

Запис процесу коливань проводився в резонансному режимі і «на вибігу» (після виключення вібростанини) з реєстрацією процесу власних коливань (рис. 3). Оцифруванню та подальшому аналізу підлягала частина віброграми, що містила процес власних коливань (рис. 4).

Локальні ефекти биття обумовлені ефектом перекачування енергії коливань ферми на сусідні парні елементи ферм, колон, зв'язків і плит покриття.

Отримані результати зводилися по групах конструкцій ферм з подальшим кореляційним аналізом результатів для кожної групи, на підставі яких формувались висновки про повноту результатів візуально-інструментального обстеження. Як приклад, в табл. 1 наведені значення досліджуваних динамічних параметрів для ферм групи 3.

Теоретичні значення власних частот для кроквяних ферм визначались з використанням програмного комплексу Lira.

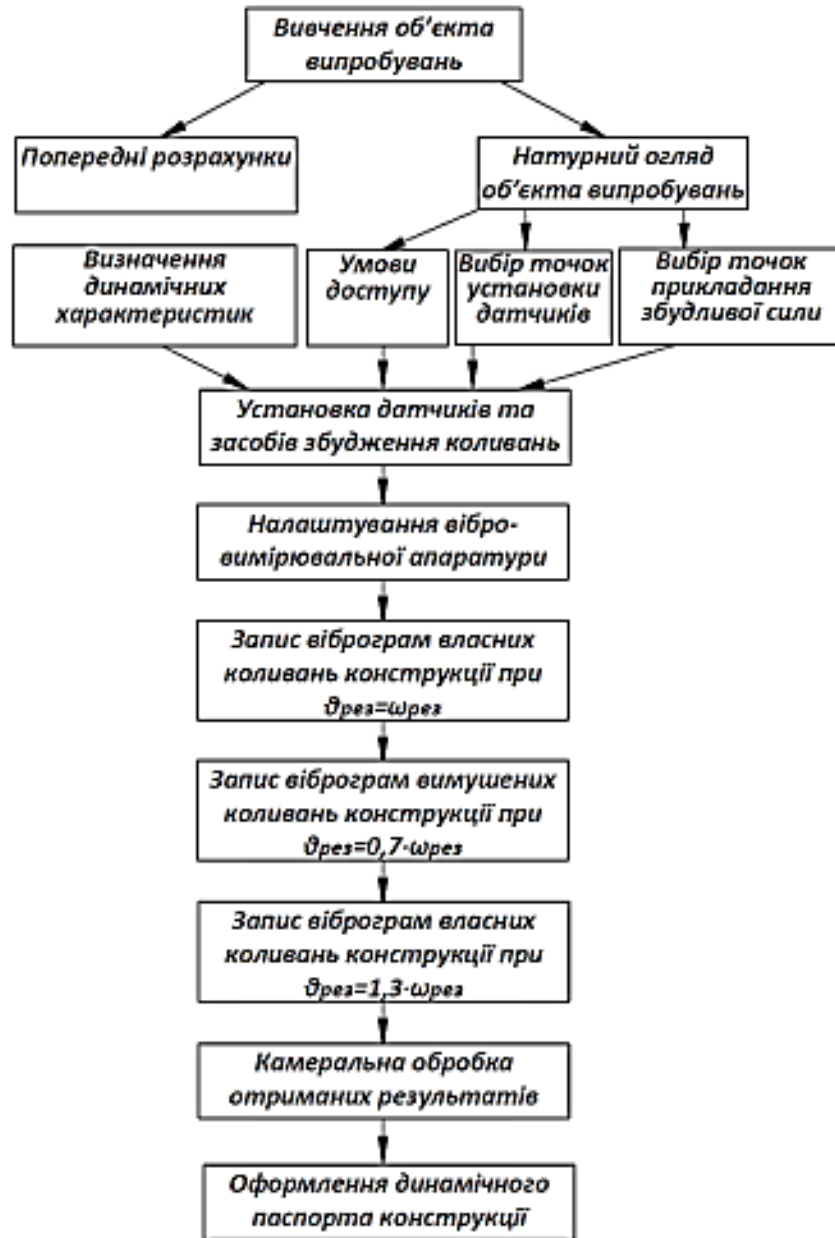


Рис.2. Структурно-логічна схема послідовності дій при динамічних випробуваннях

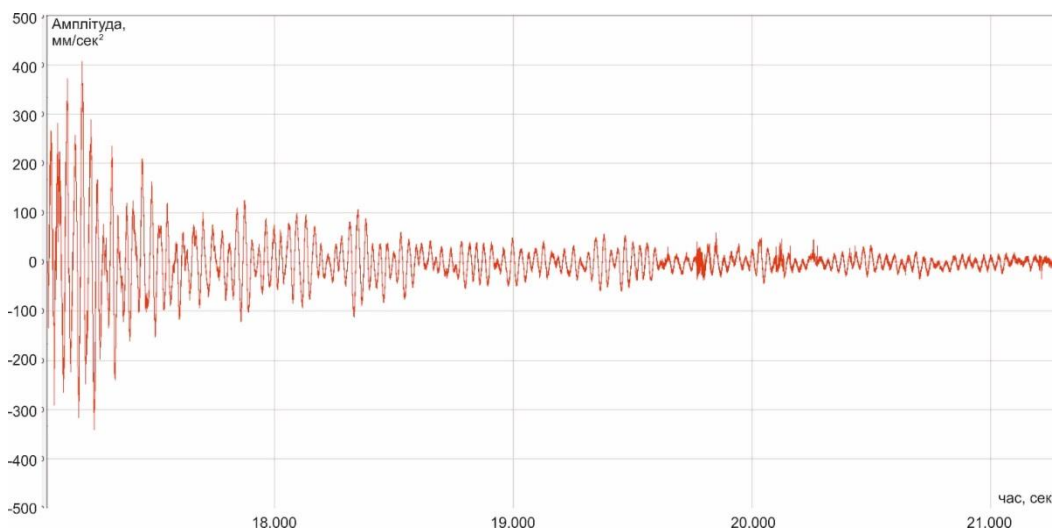


Рис. 3. Віброграма поздовжніх коливань опорного розкосу ферми після виключення вібромашини (на вибігу)

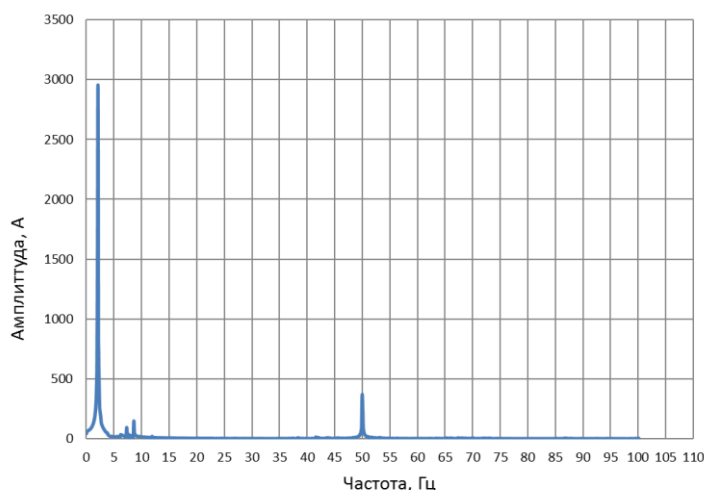


Рис. 4. Амплітудно-частотна характеристика оцифрованої віброграми

Таблиця 1

Динамічний параметр для ферм групи №3 в осях 1-11

Динамічний параметр	Ферма покриття						Теоретичне значення
	1	2	3	4	5	6	Група 3
$\omega_{собств.}, Гц$	2,47±0,05	2,46±0,05	2,44±0,05	2,47±0,05	2,45±0,05	2,46±0,05	2,51

Основним результатом вібродіагностики виявився той факт, що отримані частоти власних коливань для кожного типу ферм перебували в досить вузькому діапазоні з відхиленням від теоретичних значень всього 2-3%. Цей факт вказував на те, що в фермах відсутні ушкодження, що впливають на якісну зміну динамічних параметрів: втомні і наскрізні корозійні тріщини, відриви елементів у вузлах.

На підставі результатів тестування конструкцій був складений динамічний паспорт, в якому були вказані:

- загальні дані про об'єкт;
- загальні дані про проведене технічне обстеження та виявлені дефекти;
- дані про проведені випробування (схеми діючих навантажень, місця установки датчиків, апаратура для реєстрації, погодні умови при випробуваннях тощо);
- динамічні параметри, отримані в результаті випробувань, і розрахункові параметри;
- рекомендації до подальшого накопичення і використання інформації.

Оцінка трудомісткості проведення вібродинамічних випробувань при складанні динамічного паспорта об'єкта.

При формуванні договірної ціни на зазначені дослідження окреслилася проблема, яка пов'язана з відсутністю норм і розцінок на виконувани роботи.

В Україні, починаючи з 1999 року, видаються і переглядаються нормативи витрат праці з оцінки технічного стану будівель і споруд [11-13]. У 2003 році в збірнику нормативів [12] з'явилася розцінка на виконання вібродинамічних випробувань при обстеженні будівель, яка обґрунтовувалася відповідним складом робіт і технологічних операцій. Пропонувалися норми часу для випробувань перекриттів, прогонів довжиною до 12 м, колон і ґрунту. Відсутність затрат праці для випробувань ферм можна було компенсувати застосуванням непрямой розцінки на «вимірювання рівнів вібрації будівельних конструкцій будівель». У СОУ 2008 року видання [13] остання розцінка була виключена. Тому на сьогоднішній день відсутні будь-які нормативи та рекомендації, що містять порядок проведення відповідних випробувань.

Застосування непрямих розцінок при визначенні вартості робіт не дозволяє організаціям, що займаються обстеженням

конструкцій будівель і споруд, в повній мірі компенсувати ті витрати, яких вони зазнали при виконанні відповідних робіт. Відсутність у чинному стандарті норм часу на проведення вібродинамічних випробувань металевих ферм спонукало авторів на створення індивідуальної розцінки на цей вид робіт.

Нормативні спостереження проводилися методом змішаного фотообліку відповідно до «Методичних рекомендацій з проектування та перегляду норм часу на будівельно-монтажні роботи» [14].

Точність записів під час спостережень становила 1 хвилину. Всі роботи виконувалися ланкою з трьох робітників, п'єзодатчики встановлювалися в кількості 2 штуки на нижньому поясі ферм і опорному розкосі.

Обробка даних нормативних спостережень мала три етапи:

- первинна обробка даних;
- розрахунок середніх значень витрат праці оперативної роботи на одиницю вимірюваної первинної продукції (одна точка установки датчика, одна ферма, група ферм);
- розрахунок середніх значень витрат

праці оперативної роботи на одиницю виміру робочого процесу в цілому (10 конструкцій).

Узагальнена норма часу на проведення вібродинамічних випробувань визначалася як середньоарифметична величина первинних норм для 20 ферм (табл. 2).

Результати розрахунку норми часу на проведення вібродинамічних випробувань сталевих ферм показали, що непряма розцінка в чинному стандарті [13] як мінімум в 2 рази недооцінює трудомісткість виконуваних робіт.

Витрати праці, отримані дослідним шляхом, були зіставлені з нормативами візуального обстеження, які складають 12,192 люд.-дні для сталевих ферм прогоном 36 м [13] (третья група складності робіт). Очевидно, що проведення вібровипробувань для оцінки технічного стану конструкцій дозволяє не тільки підвищити достовірність результатів обстеження, але на 24% знизити їх трудомісткість.

Результати цих досліджень були використані організацією при визначенні вартості виконання робіт з оцінки технічного стану об'єкта.

Таблиця 2

Склад робіт і витрат праці основного етапу вібродинамічних випробувань сталевих ферм прольотом 36 м (одиниця виміру - 10 конструкцій)

Найменування робіт	Трудомісткість, люд.-день		
	Узагальнена норма часу	Збірник нормативів [12]	СОУ* [13]
Попередні розрахунки конструкцій з визначенням динамічних характеристик	0,63		
Складання програми випробувань	0,63	+	+
Підготовка апаратури і доставка її на об'єкт		+	+
Установка і контроль режиму джерел вібрації		+	+
Установка 2 вібродатчиків і вібромашини	2,50		
Налаштування апаратури	1,13		
Реєстрація умов проведення вимірювань (метеоумови, стан важкого устаткування в момент випробувань)	0,63		
Вимірювання рівнів вібрації, запис мікросейсмічних коливань	1,25	+	+
Обробка результатів випробувань, побудова дисперсійної залежності і оформлення висновків.	2,50	+	+
Всього	9,27	3,92	4,62 *

* Прийнята розцінка, що застосовується для підкранових балок довжиною 12 м з розрахунку один датчик на конструкцію, з коефіцієнтом 1.4, що враховує висоту її розташування.

Висновки. 1. У процесі візуального обстеження сталевих конструкцій не завжди можливо визначити небезпечні дефекти і пошкодження в повному обсязі. Тому роботи зі створення та розвитку методик, які дозволяють швидко визначити якісний стан і безпеку подальшої експлуатації будівлі, є актуальними.

2. Запропоновано методику експрес-оцінки технічного стану сталевих конструкцій на основі аналізу її динамічних параметрів. В натурних умовах дана методика реалізується шляхом накопичення інформації про зміну діагностованих параметрів у часі на різних етапах експлуатації будівлі.

3. Дослідним шляхом встановлено, що запропонована методика проведення вібродинамічних випробувань дозволяє не тільки підвищити достовірність результатів оцінки технічного стану конструкцій, але й знизити їх трудомісткість у порівнянні з візуальним обстеженням.

4. Існуючий стандарт СОУ [13] потребує перегляду діючих і розробці нових, технічно обґрунтованих норм праці з оцінки технічного стану конструкцій будівель і споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Перельмутер А.В. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні./А.В. Перельмутер, В.М. Гордєєв, Є.В. Горохов та ін. //– К.: УІНСіЗР, 2002. – 92 с.

2. Бугаевский Г. Н. Параметры динамической паспортизации / Г. Н. Бугаевский // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2008. – Вип.69. – С. 201-207.

3. Савин С. Н. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778-2010 / С. Н. Савин, С. В. Демишин, И. В. Ситников // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7. – С. 33-39.

4. Кулябко В. В. Развитие динамических моделей, расчетов и испытаний составных строительных конструкций и сооружений: дисс. докт. техн. наук 05.23.01/ Кулябко

Владимир Васильевич. – Днепропетровск: ПДАБА, 1998 г. – 346 с.

5. Казакевич М.И. Динамическая диагностика и мониторинг состояния строительных конструкций ответственных сооружений. / М.И. Казакевич, В.В. Кулябко // Труды IV-й украинской научно-технической конференции «Металлические конструкции».- Киев-Николаев.-1996.-С.84-85.

6. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12-2006. – [Чинний від 2014-10-01] – Київ.: Мінрегіон України. 2014. – 110 с.

7. Рекомендації з визначення натурних динамічних характеристик автодорожніх мостів: РВ.3.1- 218-03450778-777. – К.: Укравтодор, 2010. – 38 с. – (Відомчі норми Укравтодору).

8. Challenges in experimental vibration analysis for structural identification and corresponding engineering strategies / Zhang J., Prader J., Moon K. A. F. [and oth.] // International conference on experimental vibration analysis for civil engineering structures: Procs. (Wroclaw, Poland. Oct 14-16, 2009). – 2009. – P. 13-34.

9. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния: ГОСТ 31937-2011. [Дата введения 2014-01-01]– М.: Стандартинформ, 2014. – 54 с. – (Межгосударственный стандарт)..

10. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007 – [Чинний від 2008-01-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України. 2007. – 16 с. – (Національний стандарт України).

11. Методичні рекомендації визначення вартості робіт з обстеження, оцінки технічного стану і паспортизації будівель і споруд - Офіц. Вид. – К.: Науково-дослідний інститут будівельного виробництва, 1999.- 24 с.

12. Збірник нормативів для визначення вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд - Офіц. Вид. – К.: Державний науково-дослідний інститут будівельних

конструкцій, 2003.- 37 с.

13. Нормативи витрат труда для визначення вартості робіт з оцінки технічного стану та експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд: СОУ Д.1.2 - 02495431 - 001: 2008. – [Чинний від 2008-07-01] – К.: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2008. – 46 с. – (Стандарт організації України).

14. Методичні рекомендації з проектування та перегляду норм часу на будівельно-монтажні роботи [Текст]/ Держбуд України – Офіц. Вид. – К.: Укрархбудінформ, 2004.- 40с.

REFERENCES:

1. Perel'muter A.V., Gordeev V.M., Є.V. Gorokhov & et. al. (2002). The condition and residual life of the Fund construction of metal structures in Ukraine. Kyiv, Ukraine: UINSiZR, 92.
2. Bugayevskiy, G. N. (2008). Parameters dynamic certification. Building construction, Kyiv, Ukraine: 69, 201-207.
3. Savin, S. N. (2011). Monitoring of unique objects with using of dynamic parameters according to GOST R 53778-2010 / S. Savin, S. Demishin, I. Sitnikov// Magazine of civil Engineering, 7, 33-39.
4. Kulyabko, (1998) V. V. Razvitie dinamicheskikh modelej, raschetov i ispytaniy sostavnykh stroitel'nykh konstruksij i sooruzhenij [Development of dynamic models, calculations and testing components of building structures and constructions]. Doctor thesis. Dnepropetrovsk: PDBA [in Ukraine].
5. Kazakevitch, M. I. (1996). Dynamic diagnostics and monitoring of condition of building structures of important buildings. / M. Kazakevitch, V. Kulyabko // Proceedings of IV-th Ukrainian scientific-technical conference "Metal structures". 84-85.
6. Budivnitstvo u sejsmichnikh rajonakh Ukraïni. [Construction in seismic regions of Ukraine]. (2014). DBN V. 1.1-12-2006 from 1d October 2014 Kyiv: Minrehion Ukraine [in Ukraine].
7. Rekomendatsii z viznachennya naturu. [Guidelines for determining in-situ dynamic characteristics of highway bridges]. (2010). Kyiv: Departmental norms of Ukravtodor. [in Ukraine].
8. Zhang J., (2009). Challenges in experimental vibration analysis for structural identification and corresponding engineering strategies / J. Zhang, J. Prader, K. A. F. Moon & et. al. // International conference on experimental vibration analysis for civil engineering structures, 13-34.
9. Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya [Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition]. (2014). GOST 31937-2011 from 1d January 2014, Moscow: Standartinform [in Russia].
10. Naukovo-tekhnichnij suprovid budivel'nikh ob'ektiv [Scientific and technical support of construction projects]. (2007). DBN.1.2-5:2007 from 1d January 2014, Kyiv: Ministry Of Regional Development Of Ukraine [in Ukraine].
11. Metodichni rekomendatsii viznachennya vartosti robit z obstezhennya, otsinki tekhnichnogo stanu i pasportizatsii budivel' i sporud [Guidelines the determination of the value of work survey, assessment of technical state and passportization of buildings and structures] (1999). Kyiv: Scientific-research Institute of building production [in Ukraine].
12. Zbirnik normativiv dlya viznachennya vartosti robit z otsinki tekhnichnogo stanu ta ekspluatatsijnoi pridatnosti konstruksij budivel' i sporud [The collection of standards to determine the cost of works on evaluation of technical condition and serviceability of the structures of buildings and constructions. (2003). Kyiv: State scientific-research Institute of building structures [in Ukraine].
13. Normativi vitrat труда dlya viznachennya vartosti robit z otsinki tekhnichnogo stanu ta ekspluatatsijnoi pridatnosti konstruksij budivel' i sporud [The standards of labor costs to determine the cost of works on evaluation of technical condition and serviceability of the structures of