

УДК 697.8

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ  
ЦЕГЛЯНИХ ДИМОВИХ ТРУБ**

*Яворська О.І.*

*Національний авіаційний університет, Київ*

Задачі пов'язані із визначенням залишкового ресурсу складних інженерних споруд на сьогоднішній день набувають все більшої актуальності. Розв'язання цих задач передбачає встановлення певних кількісних та якісних параметрів та закономірностей, що визначають ресурс конструкції або споруди в цілому, а також розробку методик оцінки впливу визначних факторів на залишковий ресурс об'єкту. Вирішення проблеми визначення залишкового ресурсу дає можливість вибору конструктивних та технологічних рішень, що забезпечать призначені показники довговічності окремої будівельної конструкції або споруди в цілому, як для об'єкту, що знаходиться в експлуатації так і для об'єкту на стадії проектування.

Проблема оцінки залишкового ресурсу та надійності цегляних димових труб інтенсивно зростає у зв'язку з фізичним та моральним зносом цих інженерних споруд, більшість з яких на території України знаходиться в експлуатації понад 50-60 років, експлуатуються з різноманітними дефектами та пошкодженнями, з порушеннями правил експлуатації, зміною технологічного режиму експлуатації, збільшенням навантажень у зв'язку з встановленням додаткового обладнання, наприклад, обладнання мобільного зв'язку тощо. Окрім цього за час експлуатації даних інженерних споруд відбулися зміни кліматичної ситуації на території України, що знайшло відображення в нових значеннях тимчасових навантажень на конструкції цегляних димових труб. Цегляні димові труби переважають в загальному об'ємі промислових димових труб, при цьому вони експлуатуються в діапазоні найбільших температур відвідних газів, що також має суттєвий вплив на накопичення пошкоджень в конструкціях димових цегляних труб [3, 4].

Залишковий ресурс цегляних димових труб необхідно визначати на основі аналізу їх фактичного технічного стану з моделюванням розвитку пошкоджень як під час експлуатації, так і до настання граничного технічного стану.

Переважна більшість існуючих методів аналізу надійності та визначення залишкового ресурсу будівельних конструкцій заснована на використанні класичної теорії імовірності та математичної статистики. Це пов'язано з тим, що залишковий ресурс є випадковою величиною і розв'язання задач із визначення залишкового ресурсу передбачає побудову саме імовірнісних моделей оцінки надійності будівельних конструкцій будівель та споруд, та доведення того, що у визначений проміжок часу не виникне жоден з граничних станів. Такий підхід є правильним, у випадку коли існує достатня кількість стійких вибірових параметрів, що характеризують процеси зносу, старіння та руйнування конструкцій цегляних димових труб.

Але у випадку реальних умов експлуатації така інформація відсутня. Оцінка технічного стану цегляних димових труб за результатами досліджень у переважній більшості випадків не містить основної кількісної характеристики – надійності конструкції. Це пов'язано з відсутністю достовірних та повних по об'єму статистичних даних щодо початкових та фактичних параметрів конструкції. Така обмежена інформація не дозволяє використовувати для оцінки надійності та залишкового ресурсу цегляних димових труб тільки імовірісно-статистичні методи [1, 2].

З точки зору методів прогнозування залишкового ресурсу та класичної механіки руйнування для адекватного аналізу будь-якої складної технічної системи необхідно виключити з розгляду настання граничних станів внаслідок різких не розрахункових перевантажень, природних впливів, що не піддаються контролю, грубих помилок при проектуванні та експлуатації або несприятливого збігу зазначених факторів. Інші випадки настання граничних станів можна розділити на дві групи: перша група граничних станів, що настали в наслідок поступового накопичення в матеріалі розсіяних пошкоджень, що призвели до зародження та розвитку тріщин; друга група складається з граничних станів, що пов'язані з надмірним зносом поверхонь конструкцій, що знаходяться в контакті з робочим або зовнішнім середовищем. Для димових цегляних труб випадки з настанням граничного стану в результаті інтенсивного зносу матеріалу основних будівельних конструкцій є порівняно рідкісні, тому для оцінки залишкового ресурсу необхідно зосередитись на значеннях якісних та кількісних параметрів, що характеризують настання граничних станів в наслідок поступового накопичення в матеріалі дефектів та пошкоджень.

Прогнозування індивідуального залишкового ресурсу відноситься до конкретного об'єкту, що певний час експлуатується. Основою для побудови математичної моделі прогнозування залишкового ресурсу цегляних димових труб є інформація, яку можна класифікувати наступним чином. По-перше, це дані щодо фактичного технічного стану димової труби, отримані в результаті планових технічних оглядів на протязі всього строку експлуатації або технічних обстежень із застосуванням засобів неруйнівного контролю. По-друге, це дані щодо навантажень та інших умов взаємодії цегляної димової труби з навколишнім середовищем. По-третє, це весь об'єм апріорних даних щодо матеріалів, елементах, вузлах, навантаженнях тощо, а також інформація, яка лежить в основі прогнозування ресурсу та оцінки показників надійності на стадії проектування. Ця інформація відноситься для загальної сукупності даного виду споруд, в той час як предметом індивідуального прогнозування залишкового ресурсу та оцінки показників надійності є конкретний об'єкт зі своїми унікальними особливостями. Проблема прогнозування залишкового ресурсу окремої цегляної труби полягає в тому, що інформація стосовно даного об'єкту залишається неповною і неточною, а значна її частина носить імовірнісний характер. Має місце достатньо велика імовірність пропускання дефектів із-за недосконалості апаратури, людського фактору або недосяжного розташування дефекту. Також не завжди можна отримати повну інформацію щодо режимів навантаження, що не дозволяє в повній мірі маючи відому

історію навантажень та використовуючи розрахункові схеми, оцінити ступінь накопичення пошкоджень в конструкції та порівняти результати розрахунку з діагностичними даними.

Оскільки прогнозування залишкового ресурсу відноситься до конкретного, індивідуального об'єкту і полягає в побудові імовірнісної моделі, яка містить елементи імовірнісного характеру, то виникає проблема трактування імовірнісних висновків стосовно конкретної димової цегляної труби та індивідуальним умовам експлуатації. Для таких складних інженерних споруд необхідно застосовувати поняття індивідуальної або байєсовської імовірності на основі динамічного аналізу в режимі сейсмоакустичного моніторингу. Такий підхід дозволяє отримувати та аналізувати дані щодо фактичного технічного стану в режимі реального часу.

Аналізуючи роботи [6, 7] можна зробити висновок, що даний підхід заснований на отриманні спектральних характеристик об'єкту дослідження у вибраному діапазоні частот дає можливість прогнозувати по передісторії поведінку складної технічної системи в майбутньому.

Для розробки методики прогнозування залишкового ресурсу димових цегляних труб буде проведений ряд експериментів пасивного моніторингу із застосуванням трикомпонентного велосиметру СК-1П, який представляє собою три взаємно перпендикулярно орієнтованих сенсори з вузькою діаграмою направленості. Спектральна характеристика горизонтально орієнтованих датчиків прибору – це двомодальна крива з модами в точках 1 Гц та 13 Гц. Датчики з горизонтальною діаграмою направленості будуть встановлюватись на конструкції ствола цегляної димової труби на рівні технологічного майданчику. Дані, які будуть реєструватись датчиками будуть поступати по екранованим кабелям зв'язку на фізичний інтерфейс системи реєстрації спостережень та обробки.

Для обробки власних коливань конструкції цегляної димової труби буде використовуватись математичне забезпечення, що дозволяє визначити спектральні характеристики як всього запису так і його фрагментів.

Динамічна система, на основі аналізу якої будується її математична модель, визначається дією зовнішніх сил, сил інерції, пружних відновлюючі сил та сил демпфування. Далі за формулою динамічності по резонансній частоті визначається модуль пружності цегляної кладки ствола димової труби, що дозволить порівняти отримані результати з даними отриманими в результаті технічного обстеження із застосуванням приладу неруйнівного контролю ИПС-МГ 4.01 дія якого базується на методі ударного імпульсу. Це дозволить оцінити адекватність побудованої математичної моделі.

Згідно з результатами вимірів приладу ИПС-МГ 4.01 складається таблиця вимірів міцності цегляної кладки, а також наводяться результати статистичної обробки даних (Таблиця 1).

Далі за результатами вимірів будується гістограма розподілу значень наведена на рис. 1.

Таблиця 1  
Статистична обробка даних вимірів міцності цегляної кладки димової труби

Марка цегли	M100	M125	M150	M200	M225	M250	M275	M300	M350	M400
Кількість значень, що потрапили в проміжок	1	4	10	8	4	1	2	4	1	1
Покази приладу	14,1	15,2	12,4	22,9	27,5	33,1	33,9	38,4	42,8	48,9
		16,1	13,0	23,1	28,0		34,2	38,8		
		16,1	13,9	23,7	28,0			38,8		
		17,6	14,1	24,8	29,9			40,2		
			18,2	25,3						
			19,3	25,5						
			21,2	26,2						

**Визначення розрахункової марки цегли**

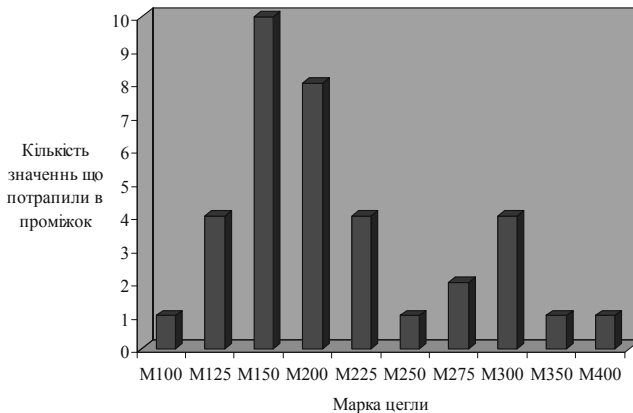


Рис. 1. Гістограма розподілу значень результатів вимірів

За результатами проведених вимірів та обчислень встановлюються фактичні розрахункові марки цегли та її міцність. Далі проводиться перевірочний розрахунок напружено-деформованого стану цегляної димової

труби з врахуванням її фактичного стану на основі побудови скінченно-елементної моделі та її обчислення в ПК «ЛИРА 9.6». Такий розрахунок дозволяє отримати дані щодо напружено-деформованого стану конструкцій цегляної димової труби з аналізом найбільш напружених елементів, та попередньою оцінкою їх надійності.

Завершальним етапом оцінки залишкового ресурсу цегляної димової труби є екстраполяція поведінки об'єкту дослідження в майбутньому та встановлення оптимального моменту для закінчення експлуатації на основі сукупності інформації, що отримана в ході технічного обстеження та проведення ряду перевірочних розрахунків.

Застосування методики оцінки залишкового ресурсу цегляних димових труб з врахуванням їх фактичного технічного стану дозволить:

- по-перше, віднести технічний стан досліджуваного об'єкта до одного з трьох можливих: безпечному, аварійному або ветхо-аварійному;
- по друге, визначити на основі імітаційного моделювання та даних технічного обстеження вплив кожного конструктивного елемента на надійність об'єкта досліджень в цілому;
- по-третє, розрахувати безпечний залишковий ресурс цегляної димової труби та зробити прогноз проміжку часу експлуатації до настання одного з граничних станів, а також запропонувати заходи щодо зниження ризику аварії.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Верюжський Ю.В. Методи аналізу небезпек будівельних конструкцій будинків та споруд на основі теорії ризиків.-К.: Вісник НАУ, 2004, №4. с.92-98.
2. Верюжський Ю.В., Ширшов В.Г. Визначення розрахункового і допустимого значення ризиків відповідальних об'єктів. Вісник НАУ. №1, -К.: 2004.с.86-89.
3. Дымовые трубы. А.М. Ельшин, М.Н. Ижорин, В.С. Жолудов, Е.Г. Овчаренко. Под редакцией С.В. Сатьянова. – М.:Стройиздат, 2001. – 296 с.
4. Шаповал Д.В. Контроль пространственного положения промышленных труб // Эксперт промышленной безопасности Южного Урала: Информационно-аналитический бюллетень, Челябинск, 2005. – Вып. 2 – С.
5. Болотин В.В. Прогнозированиересурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984. -312 с.
6. Мостовой С.В., Мостовой В.С., Осадчук А.Е. Использование сейсмоакустического мониторинга с целью прогноза состояния объектов // V Всероссийская школа-семинар «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород», Борок, 3 – 7 октября. – 1994. с. 8-9.
7. Мостовой С.В., Мостовой В.С., Кондра С.М., Страшко Ж.С. Оценка информативных параметров состояния строительных конструкций в режиме мониторинга. – К: Науково-виробничий журнал «Промислове будівництво та інженерні споруди», 2011, №1. с. 7-13.