

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЦЕГЛЯНИХ ДИМОВИХ ТРУБ З УРАХУВАННЯМ ФАКТИЧНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Димові труби промислових підприємств – складні дорогі висотні інженерні споруди, які піддаються не лише значним вітровим і сейсмічним діям ззовні, а й зазнають дії агресивних високотемпературних газів, рухомих усередині труби. У зв'язку з цим набуває безперечної актуальності та практичної значущості розробка методів розрахунку безпечного терміну експлуатації цегляних димових труб, що базуються на фактичному стані їх конструктивних елементів з урахуванням температурно-силових і корозійних дій робочих середовищ, у тому числі і довкілля.

Ключові слова: цегляні димові труби, дефекти, пошкодження, методика оцінки довговічності, прилад неруйнівного контролю, метод ударного імпульсу, інструментальні дослідження, математичне моделювання, аналіз конструкцій, скінченні елементи.

**Постановка проблеми.** Промислові труби є невід'ємною частиною підприємств металургійної, хімічної, гірничої та інших галузей промисловості. Спочатку вони застосовувалися виключно для створення тяги, яка забезпечує потрібний режим горіння, що дозволяло обмежуватись димовими трубами малої висоти. Пізніше виникла необхідність у відборі тепла для використання його в інших цілях і захисті навколишнього середовища від викидів в атмосферу шкідливих промислових відходів [3]. Для зниження негативного впливу димових газів на стан повітряного басейну почали використовувати вивід попередньо очищених газів з промислової зони на велику висоту з тим, щоб розсіяти їх на значну площу і тим самим знизити концентрацію до безпечного рівня.

Цегляні димові труби переважають як у загальному об'ємі труб, що експлуатуються, так і тих, що будуються. Окрім того, зростає і висота димових труб.

Як показує досвід, часто навіть при реалізації вдалих проектних рішень незначні помилки при монтажі, а також відхилення від розрахункових режимів експлуатації та порушення порядку при проведенні штатних регламентних робіт з діагностики стану конструкцій та обслуговування призводять до аварійних ситуацій з тяжкими наслідками [1, 2].

Причини аварій можуть бути також пов'язані з проектуванням, коли міцність об'єкта знижується до критичного рівня при прагненні проектувальника отримати найбільш економічні (оптимальні) конструктивні рішення на основі уточнених методів розрахунку, що допускають «безпечні» локальні залишкові деформації. Це пов'язано з тим, що однією з основних причин пошкоджень і руйнувань конструкцій при аваріях є дефекти, що

**Проблеми розвитку міського середовища. Вип. 5-6. 2011.**

пов'язані з появою тріщин, оскільки номінальна міцність визначається розмірами дефектів, які встановити досить складно.

У даний час більша частина цегляних димових труб знаходиться в експлуатації більше 15-20 років та експлуатується з дефектами та пошкодженнями у вигляді тріщин цементно-піщаного розчину та цегляної кладки труби, сколами цементно-піщаного розчину з оголенням цегляної кладки, частковим зруйнуванням цегляної кладки, сколами цегляної кладки, відколюванням цегли унаслідок розморожування кладки, виступанням солей на зовнішній поверхні цегли тощо (рис.1).



Рис. 1. Зруйнування цегляної кладки димової труби

Усунення виявлених дефектів і пошкоджень відбувається лише при планових ремонтах або зупинці обслуговуючих агрегатів. Існуючі у даний час методики з розрахунку довговічності конструкцій з подібними дефектами, застосовувані до стволів цегляних труб, не відображають дійсної роботи споруд даного типу та не враховують всю специфіку характеру навантаження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі руйнування конструкцій і споруд присвячено велику кількість робіт, і дослідження в цій області продовжуються. Проте, вивчення питання в області безпечної експлуатації та контролю стану димових труб вкрай обмежене. Вживання в цих цілях традиційних методів обстеження та моніторингу будівельних об'єктів потребує істотного коригування й обґрунтування, пов'язаних зі специфікою експлуатаційних умов об'єкта (високотемпературні, хімічно агресивні газові потоки усередині труб, вібрації тощо). Офіційні методи оцінки фізичного стану функціонуючих димових труб без зупинки технологічного процесу до тепер не розроблені [5, 6, 7].

**Формулювання мети.** Аналіз працездатності та безпеки експлуатації димових труб показує, що вони у процесі експлуатації піддаються жорстким температурно-силовим і корозійним діям, врахування яких при оцінці характеристик безпеки представляє складну та невирішену проблему [5].

Таким чином, існує необхідність у розробці методики оцінки довговічності стволів цегляних димових труб, що експлуатуються з тріщиноподібними дефектами, що будуть враховувати специфіку температурних і вітрових навантажень, а також зміну властивостей матеріалу несучих конструкцій цегляних димових труб за час експлуатації.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно вирішити ряд завдань:

1. Проаналізувати умови експлуатації та пошкодженості несучих стволів цегляних димових труб.

2. Проаналізувати характер обтікання циліндричних тіл і методику визначення вітрового навантаження на стволи димових труб.

3. Провести аналіз властивостей матеріалів цегляних димових труб і виявити закономірності їх змін з часом.

4. Провести експериментальні дослідження температурного режиму експлуатації та виявити температурний градієнт на поверхні стволів цегляних труб у зонах виникнення пошкоджень футерування цегляних димових труб.

5. Проаналізувати параметри пульсаційного вітрового навантаження та характеру роботи цегляних димових труб.

Розвиток методів розрахунку, що враховуватимуть поведінку конструкцій цегляних димових труб з урахуванням фактичного технічного стану при виключенні з конструктивної схеми окремих елементів, зв'язків, закріплень тощо, та створення на основі аналізу подібних ситуацій адаптаційних конструктивних схем, що виключатимуть прогресуюче руйнування як під час експлуатації, так і при реконструкції, передбачає поєднання методів інструментальних і чисельних досліджень.

**Основна частина.** Обстеження, технічне обслуговування та ремонт труб проводяться з метою забезпечення та підтримки їх експлуатаційної надійності для своєчасного виявлення, локалізації та усунення їх дефектів і пошкоджень [7]. Визначення міцнісних характеристик будівельних матеріалів цегляних димових труб відбувається за нормальних умов. Для визначення характеристик застосовується прилад неруйнівного контролю ИПС-МГ 4.01, дія якого базується на методі ударного імпульсу. Всі вимірювання та статистична обробка виконуються відповідно до вимог [7].

Статистична обробка даних при проведенні інструментальних досліджень включає в себе:

- виключення грубих похибок, що викликані нерівномірним складом цегли, попаданням молотка приладу в пори та частинки крупного заповнювача;
- відбір значень, що потрапили у проміжки для відповідних марок цегли;
- побудову гістограми статистичного розподілу міцності;
- визначення проміжку, до якого належить найбільша кількість вимірів;
- визначення середньої міцності у цьому проміжку.

У кожній точці дослідження проводиться по 15 вимірів міцності. Контроль міцності проводиться на чистій цеглі на площадках не менше 100см<sup>2</sup> не ближче 50 мм від краю конструкцій.

Згідно з результатами вимірів приладу складається таблиця вимірів міцності цегляної кладки (табл. 1), а також наводяться результати статистичної обробки даних (табл. 2).

Далі за результатами вимірів будується гістограма розподілу значень, наведена на рис. 2.

Таблиця 1

Виміри міцності цегляної кладки неруйнівним методом

№	R, МПа	Марка цегли	V, %	Виріб	Напрямок удару	Kc
1	22,2	M150	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
2	23,1	M200	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
3	14,1	M100	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
4	16,1	M125	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
5	18,2	M150	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
6	21,8	M150	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
7	34,2	M275	13.5	зовнішня стіна	□	1,00
8	13,9	M150	13.5	зовнішня стіна	□	1,00

Статистична обробка даних вимірів міцності

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**

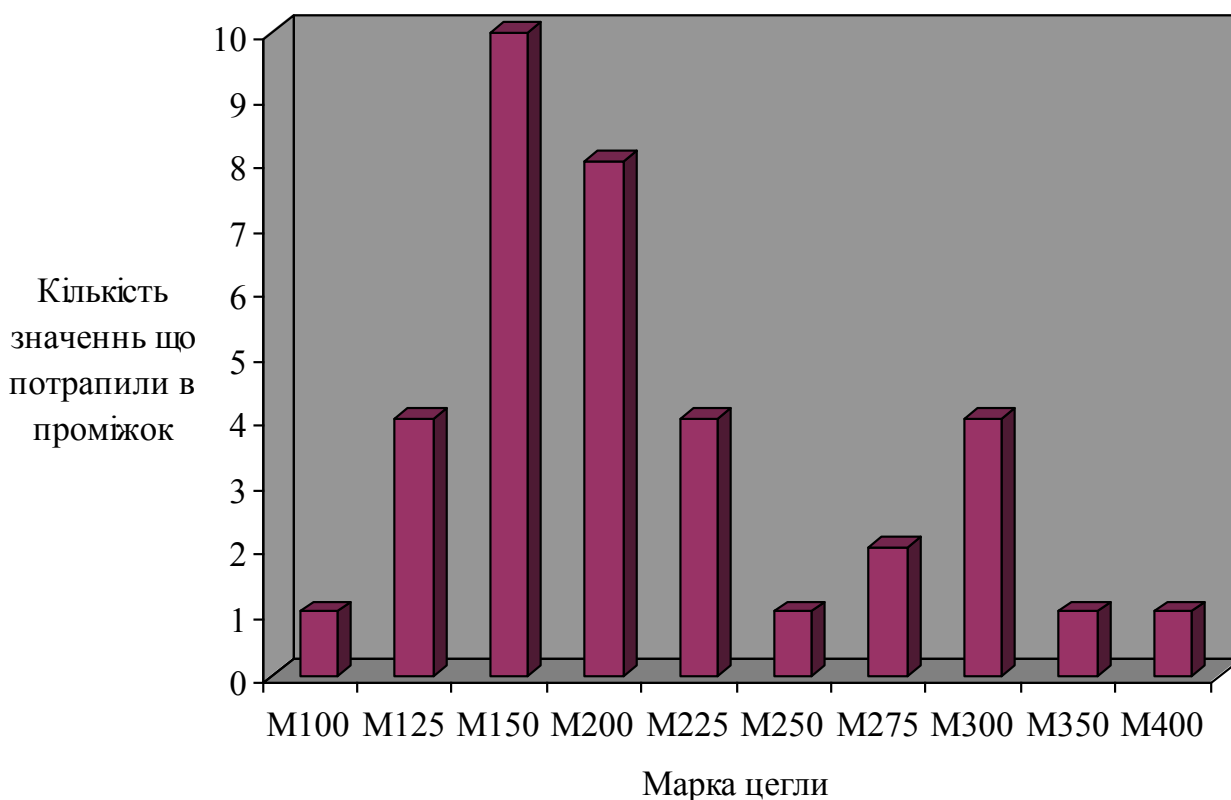


Рис. 2. Гістограма розподілу значень результатів вимірів

За результатами проведених вимірів і обчислень встановлюються розрахункові марки цегли та її міцність. Далі необхідно провести перевірочний розрахунок напружено-деформованого стану цегляної димової труби з урахуванням її фактичного стану.

При проведенні досліджень використовується інтегрована система аналізу конструкцій (ПК) «ЛИРА» версія 9.6, орієнтована на вирішення широкого класу задач і аналіз поведінки конструкцій при різноманітних навантаженнях і впливах.

Найважливішим етапом вирішення задачі математичного моделювання є складання розрахункової схеми конструкції. Заміна вихідної конструкції сукупністю дискретних елементів має на меті рівність енергій конструкції та її дискретної моделі. Для виконання розрахунків за міцністю несучих конструкцій розробляється модель метода скінчених елементів. При побудові розрахункових схем приймається, що всі конструктивні елементи будівельних конструкцій димової труби складаються з ідеалізованого матеріалу, зі збереженням головних фізико-механічних характеристик і властивостей. Цегляна труба моделюється універсальним чотирикутним скінченим елементом оболонки (СЕ типу 44). Стяжні кільця та конструктивні елементи технологічних площадок моделювалися елементами просторового стержня (СЕ типу 10). На рис. 3 наведено загальний вид скінченно-елементної моделі цегляної димової труби, на рис. 4 – переріз димової труби, на рис. 5 – схема вітрового навантаження на димову трубу.

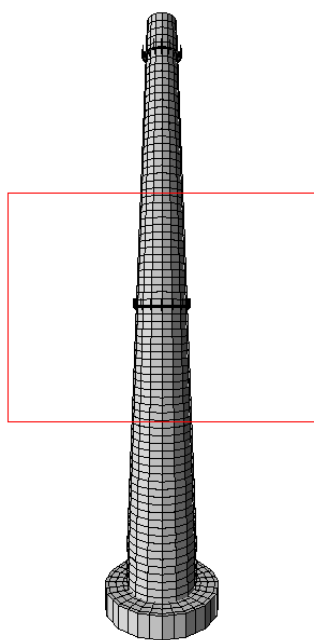


Рис. 3. Загальний вид СЕ-моделі

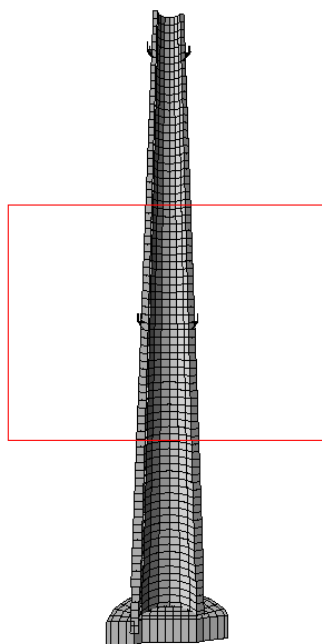


Рис. 4. Переріз димової труби

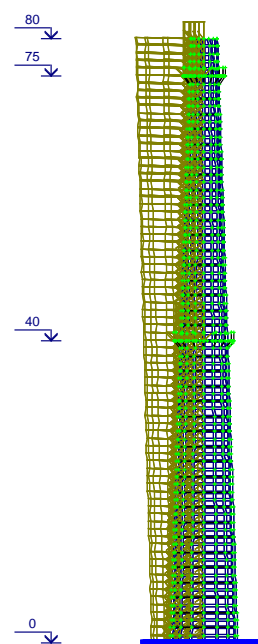


Рис.5. Вітрове навантаження

У результаті розрахунку отримуються періоди та частоти коливань, переміщення вузлів розрахункової моделі за напрямком осей основної системи координат, напруження відносно власних (місцевих) осей скінченних елементів. Для кожного скінченного елемента за кожним завантаженням і комбінацією завантажень необхідно визначити всі параметри напружено-деформованого стану. Далі проводиться відбір найбільш навантажених елементів конструкцій споруди.

За результатами візуальних, інструментальних, вимірювальних, геодезичних і обмірних обстежень споруди цегляної труби, а також чисельних методів розрахунків, необхідно зробити висновки про фактичний технічний стан несучих будівельних конструкцій і розробити рекомендації для забезпечення довготривалої та безпечної роботи споруди.

**Висновок.** Літературний пошук показав, що офіційні методи оцінки фізичного стану функціонуючих цегляних димових труб без зупинки технологічного процесу до тепер не розроблені. Таким чином, подальша розробка методів і підходів до дослідження та прогнозування стану конструкцій функціонуючих цегляних димових труб, які б максимально забезпечили їх безпеку або зменшували матеріальну шкоду та людські жертви у випадку виникнення аварійних ситуацій, є актуальними на сьогодні.

### **Список використаних джерел**

1. Верюжський Ю.В. Методи аналізу небезпек будівельних конструкцій будинків та споруд на основі теорії ризиків // 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. – 2004. – №1. – 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. Тамразян А.Г., Степанов А.Ю. Оценка рисков различного характера при техногенных воздействиях на объекты строительства, реконструкции и эксплуатации. Материалы III Международной научно-практической конференции «Современные системы и средства комплексной безопасности и противопожарной защиты объектов строительства. Стройбезопасность-2005».
5. Шаповал Д.В. Контроль пространственного положения промышленных труб // Эксперт промышленной безопасности Южного Урала: Информационно-аналитический бюллетень, Челябинск, 2005. – Вып. 2.
6. СНиП III-24-75 «Промышленные печи и дымовые трубы».

7. СП 13-101-99 «Свод правил по проектированию и строительству. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб».

**Аннотация**

Дымовые трубы промышленных предприятий – сложные дорогие высотные инженерные сооружения, которые находятся под воздействием не только значительных ветровых и сейсмических влияний снаружи, но и испытывают действие агрессивных высокотемпературных газов, которые движутся внутри трубы. В связи с этим приобретает безусловную актуальность и практическую значимость разработка методов расчета безопасного срока эксплуатации кирпичных дымовых труб, которые базируются на фактическом состоянии их конструктивных элементов с учетом температурно-силовых и коррозионных действий рабочих сред, в том числе и окружающей среды.

Ключевые слова: кирпичные дымовые трубы, дефекты, повреждения, методика оценки долговечности, инструмент неразрушительного контроля, метод ударного импульса, инструментальные исследования, математическое моделирование, анализ конструкций, конечные элементы.

**Annotation**

Flues of industrial enterprises are difficult expensive pitch engineering building which yield to not only the considerable wind and seismic actions from outside but also test the action of aggressive high temperature gases, movable into a pipe. In this connection development of methods of calculation of safe term of exploitation of brick flues, which are based on the actual state them structural elements taking into account the temperature-power and corrosive actions of working environments, including environment, acquires indisputable actuality and practical meaningfulness.

Keywords: brick flues, defects, damages, methodology of estimation of longevity, instrument of undestructive control, method of shock impulse, instrumental researches, a mathematical design is an analysis of constructions, eventual elements.