

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

ГУБАНОВ Вадим Вікторович

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РЕШІТЧАТИХ БАШТ

Спеціальність 05.23.01 - будівельні конструкції,  
будівлі та споруди.

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Дисертаційна робота виконана на кафедрі "Структури" Донбаської державної академії будівництва і архітектури.

Науковий керівник: академік АІН України, доктор технічних наук, професор  
ГОРОХОВ Євгеній Васильович.

Офіційні опоненти: заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор  
СИЛЬВЕСТРОВ Анатолій Васильович;  
чл.-кор. академії Архітектури України, кандидат технічних наук  
ЛЕБЕДИЧ Ігор Миколайович.

Ведуча організація: АП ПІ "Дніпрпроєктстальконструкція"

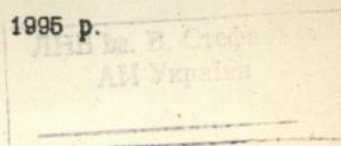
Захист дисертації відбудеться "14" листопада" 1995 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 27.01.02 в Донбаській державній академії будівництва і архітектури за адресою: 339023, Донецька обл., м. Макіївка, вул. Державіна, 2.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Донбаської ДАБА.

Автореферат розіслано "13" червня" 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради  
канд. техн. наук, доцент

С. Н. ШАПОВАЛОВ



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При проектуванні і експлуатації металевих конструкцій однією з основних задач є забезпечення надійності на протязі всього строку служби. Її рішення ба-аується на вивченні дійсної роботи конструкцій та розробці розрахункових і конструктивних методів підвищення надійності та довговічності.

В дійсний час в експлуатації у країнах СНД знаходиться понад 600 тис. т металоконструкцій споруд баштового типу, значна частина яких розташована в Україні. З них третина експлуатується понад 30 років, тобто вичерпала проектний строк служби або він наближається до закінчення. Крім того, для умов середньо- і сильноагресивного корозійного середовища при проектуванні раніш використовувались заборонені діючими нормами типи профілів з підвищеною швидкістю зносу. Тому виникають проблеми оцінки технічного стану і підвищення довговічності балт, нормативний строк служби яких вичерпано.

Досвід показує, що під час експлуатації виникають дефекти і пошкодження елементів конструкцій, в тому числі корозійне руйнування у небезпечних формах проявлення: містної, нерівномірної та щількової корозії. При проектуванні недостатньо враховуються умови експлуатації і особливості пошкоджуємості несучих елементів каркасів і металевих конструкцій обладнання, тому несуча адатність і довговічність споруд виявляється нижче проектної. У цьому випадку виникає задача забезпечення нормативного строку служби існуючих балт.

Решітчаті башти є складними інженерними спорудами, які часто розташовані в стиснених умовах міста або промислового підприємства, і заміна конструкцій на нові веде до довго-часових зупинок підприємств.

Тому актуальною проблемою є вивчення пошкоджуємості і моделювання дійсної роботи баштових споруд з метою виявлення резервів несучої здатності і довговічності, а також з метою прогнозування остатнього строку служби і розробці раціональних заходів що до його продовження.

Мета і задачі роботи. Метою дисертації є підвищення довговічності решітчатих башт на підставі запропонованих розрахунково-експериментальних методів з урахуванням конструктивних особливостей, існуючих пошкоджень та умов експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати натурні обстеження башт і визначити основні пошкодження, що знижують надійність та довговічність;

- на підставі чисельних експериментів провести дослідження впливу пошкоджень на параметри напружно-деформованого стану та довговічність башт і розробити рекомендації по виконанню перевірочних розрахунків;

- розробити методичку визначення коефіцієнту умов роботи з урахуванням статистичних параметрів, характеризуючих дійсну роботу конструкції;

- на підставі прогнозування довговічності і дослідження факторів, знижуючих надійність, визначити раціональні конструктивні рішення і заходи що до відновлення несучої здатності і підвищення строка служби башт.

Наукова новизна роботи:

- установлені основні експлуатаційні пошкодження і виконана якісна оцінка їх впливу на несучу здатність і довговічність баштових споруд;

- розроблена методика уточнення несучої здатності з урахуванням існуючих пошкоджень і особливостей навантаження, виконані дослідження по вивченню кількісних характеристик впливу пошкоджень на довговічність башт;

- запропоновано методику визначення коефіцієнту умов роботи з використанням статистичних даних для конструкцій, що проектується і експлуатуються;

- методами статистичного моделювання одержано значення коефіцієнту умов роботи і розроблено конструктивні рішення що до відновлення несучої здатності технологічного обладнання витяжних башт, що забезпечують потрібну надійність та довговічність.

#### На захист виносяться:

- результати натурних і експериментальних досліджень технічного стану та процесів корозійного зносу металоконструкцій решічатих башт;

- результати чисельних досліджень впливу пошкоджень на параметри напружно-деформованого стану і довговічність башт;

- методика визначення коефіцієнту умов роботи для забезпечення потрібної надійності з урахуванням статистичних характеристик параметрів, які впливають на напружно-деформований стан;

- методика виконання перевірочних розрахунків решічатих башт і вибору проектних рішень що до посилення для забезпечення потрібної довговічності.

Практична цінність роботи. Запропоновані методики дов-

воляють виявити резерви несучої адатності, провести оцінку довговічності конструктивних елементів решітчатих башт і призначити заходи що до її підвищення. Обґрунтоване призначення коефіцієнту умов роботи з урахуванням дійсних параметрів конструкції дозволяє уточнити перевірочні розрахунки і забезпечити потрібну надійність. Розроблені конструктивні заходи що до забезпечення довговічності сприяють продовженню строку служби башт, що експлуатуються, і підвищенню довговічності конструкцій, що проєктуються.

Упровадження результатів досліджень. Матеріали дослідження використовані при виконанні робіт з оцінки технічного стану, розробці документації і виконанню реконструкції баштових споруд Горлівського ВО "Стірол", при виконанні робіт з продовження строку служби світлових підпор стадіону "Авангард" у м. Макіївці.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції "Надійність будівель і споруд" в м. Черкаси у 1993 р., на III-й Міжнародній науковій конференції "Матеріали для будівельних конструкцій" в м. Дніпропетровську у 1994 р.

Публікації. За темою дисертації опубліковано чотири друковані роботи, які відображають її основний зміст.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти глав, основних результатів та висновків, списку літератури та додатків.

Роботу викладено на 204 сторінках, у тому числі 126 сторінок основного тексту, з них 26 таблиць (15 сторінок), 30 рисунків (29 сторінок), 120 найменувань літератури (13 сторінок), 21 сторінка додатків.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень що до забезпечення довговічності решітчатих башт, а також методичний підхід до розробки раціональних заходів що до підвищення строку служби - на підставі вивчення дійсної роботи, уточнення розрахунків, виявлення резервів несучої здатності та прогнозування процесів зносу.

В першій главі приведено аналіз конструктивних рішень та засобів розрахунку башт з точки зору проблем експлуатації, існуючих даних що до пошкоджуємості та прогнозуванню зносу башт. Визначені задачі роботи і конкретизовані об'єкти досліджень.

Питанням зносу і довговічності металевих конструкцій в агресивних середовищах присвячені праці А.І. Кікіна, Є.І. Беленя, А.І. Годубева, Є.В. Горохова та інших. У цих роботах розглянуто вплив конструктивної форми на величину зносу та розроблено системний аналіз умов експлуатації. Однак, закономірності зносу решітчатих башт досліджені недостатньо. Тому виникає задача вивчення пошкоджуємості та її впливу на несучу здатність і довговічність з урахуванням конструктивних особливостей башт.

Методи розрахунку та проектування баштових споруд розглянуто в роботах А.Г. Соколова, Г.А. Савицького, А.В. Перельмутера, Б.В. Остроумова, М.Б. Солодарь та інших. В існуючих методах недостатньо враховуються особливості пошкоджуємості башт, відсутні рекомендації що до підвищення дов-

говічності башт, що експлуатуються, з урахуванням їх дійсного стану. Тому необхідно уточнення методів розрахунку та розробка заходів що до підвищення строку служби.

У межах розрахунків за граничними станами уточнення розрахунків здійснюється шляхом призначення коефіцієнтів надійності. Питанням надійності конструкцій присвячені роботи В.В. Болотіна, А.Р. Ржаніцина, А.В. Сільвестрова, В.Д. Райзера та інших. Однак, в них не розглянуто питання визначення коефіцієнтів з урахуванням дійсного стану конструкцій. Тому виникає задача розробки методики визначення коефіцієнтів, яка дозволяє розробити раціональні конструктивні рішення, які підвищують надійність та довговічність конструкцій.

На підставі аналізу конструктивних рішень башт за об'єкт досліджень вибрано найбільш поширений тип башт - окремо стоячі башти з стержнями із труб та прокатних профілів. При цьому враховується комплексний характер конструкцій башти: наявність в її складі несучих елементів, металоконструкцій технологічного обладнання та динамічних гасителів коливань (ДГК). На прикладі цих башт вивчаються особливості навантажень і зносу, які загальні для всіх типів баштових споруд.

У другій главі приведено результати натурних досліджень металоконструкцій башт та аналіз впливу пошкоджень на несучу здатність.

З метою одержання систематичних даних про основні пошкодження решітчатих башт виконано доробку існуючої методики обстеження, оскільки вона недостатньо враховує специфіку конструктивної форми башт. Особливості розробленої методики

полягають в вирішенні таких питань:

- зонірування башт та вибір відповідних засобів контролю з урахуванням комплексного характеру конструкцій;
- використання методів виборчих досліджень при інструментальному контролі параметрів корозійного зносу у зв'язку з їх імовірносним характером;
- обґрунтування допустимих швидкостей вітру при проведенні геодезичних спостережень за переміщеннями башт.

Устаткування одержаної методики дозволило зменшити трудомісткість та підвищити достовірність результатів обстежень.

На підставі цієї методики виконано натурні дослідження тригранних башт з труб і чотиригранних з кутників (усього 12 башт) з терміном експлуатації 10...40 років і висотою 40, 90, 100, 150, 180 м.

На основі виконаних обстежень визначено, що основними факторами, знижувачими довговічність башт в процесі експлуатації, є: корозійний знос несучих конструкцій, знос канатів в ДТК, пошкодження металоконструкцій технологічного обладнання (для витяжних башт).

Рівномірний та локальний корозійний знос несучих конструкцій є найбільш поширеним пошкодженням, яке в 20% башт викликало руйнування окремих елементів. Особливістю корозійного зносу є наявність по висоті декількох зон (3...5), які відрізняються з середньої величини зносу. На віднаку від існуючих даних виявлено, що розташування зон не підпорядковується загальним закономірностям, а залежить від метеорологічних умов, для промислової атмосфери - від розміщення та типів обладнання, яке виділяє агресивні компоненти. В умовах сильно- та середньоагресивного середовища виявлено

локальний знос у межах окремих зон і конструктивних елементів, аж до скрізних пошкоджень фасонки, елементів решітки та діафрагм.

Виявлено, що у всіх ДГК, які було обстежено, є знос канатів та упорів, який відбувається внаслідок процесів корозійного зносу та стирання. На підставі трирічних періодичних натурних вимірів одержано модель зносу канатів в динамічних гасителях маятникового типу:

$$1 - A_K / A_N = K_r t^C, \quad (1)$$

де  $A_K$  і  $A_N$  - початкова та кінцева площа канатів (см<sup>2</sup>);  $t$  - час експлуатації;  $K_r$  - коефіцієнт, який залежить від ступеня агресивності середовища та конструктивного рішення упорів каната;  $C$  - коефіцієнт, який визначається типом каната. Для ДГК, що були обстежені,  $K_r = 0.019$  і  $C = 0.75$ . Використання одержаної моделі дозволяє виконувати прогнозування ефективності гасителів та динамічної реакції башт.

В 30 % витяжних башт, що були обстежені, виявлено пошкодження металоконструкцій технологічного обладнання - газозвідних стволів та їх кріплень до несучих конструкцій - у вигляді тріщин та покривлень. Ці пошкодження характерні для тонкостінних стволів та відбуваються внаслідок перенапруження.

Втомні пошкодження не було виявлено, у тому числі в баштах, що експлуатуються понад 40 років та мають корозійний знос вуалових з'єднань до 40%.

Відомо, що наявність пошкоджень веде до змінення роботи металевих конструкцій. Тому для решічатих башт виконано аналіз впливу пошкоджень, що були виявлені, на несучу здатність поясів та решітки. Одержано, що рівномірний знос в

баштах викликає змінення у динамічних параметрах конструкцій. Це веде до зміни пульсаційної складової вітрового тиску, навантаження у режимі вітрового резонансу, а також до регуляції ДГК. Пошкодження ДГК впливають на демпфуючі властивості гасителів та приводять до підвищення амплітуди динамічних переміщень та напружень в елементах башти. Зроблено висновок про необхідність кількісного дослідження змінення роботи башт при зносі.

У третьій главі приведено результати чисельних та експериментальних досліджень дійсної роботи башт та впливу корозійного зносу на напружно-деформований стан (НДС) несучих конструкцій. Дослідження дозволили уточнити НДС та виявити резерви несучої здатності башт, що експлуатуються.

Для виконання чисельних досліджень за основу було прийнято програмний комплекс KRASS, який розроблено на кафедрі металевих конструкцій Донбаської ДАБА для розрахунку просторових стержневих систем методом кінцевих елементів (МКЕ) у пружній постановці.

З метою врахування специфіки баштових споруд KRASS було додано наступними функціями: автоматичне визначення розподіленого вітрового навантаження на кожний стержень по розробленому алгоритму, який є узагальненням прийнятого у нормах; обчислювання частот та форм коливань по модифікованому методу зворотних ітерацій, що для баштових споруд дозволяє зменшити кількість ітерацій на один-два порядки в порівнянні з методами одночасових ітерацій в підпросторі.

Для оцінки точності використаних методів розрахунку було виконано натурні дослідження решітчастої підпори висотою 18 м и витяжних башт висотою 100 м и 150 м (рис. 1). В процесі

експерименту визначалися власні частоти коливань башт. Коливання підпори 18 м викликалися: для першої частоти - відтяжкою верху та обривом проводу, для другої і третьої - за допомогою вібромашини з ексцентрічними вагами. Автоматична реєстрація коливань виконувалась методами тензометрії з виведенням результатів на шлейфовий осцилограф. Для витяжних башт було використано метод резонансного збудження коливань шляхом прикладення рухливого навантаження. Реєстрація коливань виконувалась за допомогою геодезичних методів шляхом спостереження марки на відмітці 80 м.

Експерименти показали, що маються погрішності у чисельному визначенні частот для деяких башт, які з'ясовуються наявністю невизначеностей в розрахунковій схемі конструкції (башта 100 м у табл. 1), оскільки МКЕ дає значення верхньої межі дійсної частоти.

Порівняння експериментальних частот з частотами, які було одержано за допомогою розрахунку на програмному комплексі KRASS башт по просторовій розрахунковій схемі, показує їх розходження у межах 2...11%, для розрахункової схеми у вигляді консольного стержня вказане розходження складає 10...30% для першої форми коливань (табл. 1). Зроблено висновок, що використані методи розрахунку дозволяють підвищити точність обчислювання параметрів НДС башт.

На підставі програмного комплексу було проведено дослідження впливу корозійного зносу поясів і решітки на статичні та динамічні параметри реакції башт шляхом виконання чисельних експериментів по повному факторному плану. Як об'єкт дослідження було прийнято витяжні башти, як найбільш

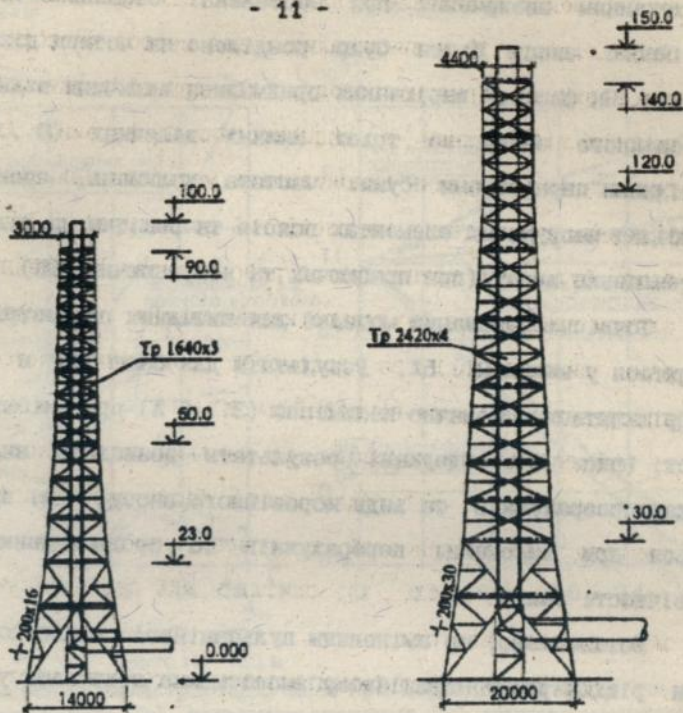


Рис. 1. Схеми витяжних башт

Таблиця 1

Розрахункові та експериментальні частоти коливань башт

Тип башти	Висота, м	Розрахункові частоти				Експериментальні частоти, Гц	
		просторова-схема		консольний стержень			
		1-я*	2-я*	1-я	2-я	1-я	2-я
Витяжна	100	0.957	-	1.12	-	1.05	-
Витяжна	150	0.82	-	0.89	-	0.80	-
Підпора	18	2.83	18.3	3.63	38.5	2.61	13.5

\* номер форми коливань.

складні в конструктивному відношенні, висотою 100 и 150 м. 3

урахуванням визначених при обстеженні особливостей коровійного зносу башти було розділено на чотири ділянки а висоти. Як фактори варіювання приймалися величини відносного коровійного зносу на трьох нижніх ділянках (0...73 м). Вихідними параметрами були: частота коливань, зусилля у найбільш напружених елементах поясів та решітки на ділянці і переміщення верху (при працюючих та непрацюючих ДТК).

Точність одержаних моделей для вихідних параметрів знаходиться у межах 3...5%. Результати для башт 100 и 150 м відрізняються незначно кількісно (3...6 %) при якійсній схожості (рис. 2). Одержані результати дозволили визначити склад розрахунків та види коровійного зносу, які враховуються при виконанні перерахунків та прогнозуванні довговічності башт.

Встановлено, що зміненням пульсаційної складової вітру при рівномірному коровійному зносі можна нехтувати у розрахунках по першій групі граничних станів і враховувати тільки локальний знос вузлів та стержнів.

Чисельні експерименти показали значне змінення переміщень в процесі рівномірного коровійного зносу, що викликає необхідність його врахування в розрахунках башт по другій групі граничних станів.

Частота власних коливань башт має велику чутливість до рівномірного зносу (знижується на 22%). Відповідно значно змінюються величини, які залежать від частоти: амплітуда поперечних коливань конструкції у режимі вітрового резонансу (зменшується на 40%) и ефективність роботи динамічних гасителів коливань (знижується у 1.7...2.5 рази).

Дослідження показали, що звичайно прийняті розрахункові

а) частота та горизонтальне переміщення

б) продольне зусилля у поясі на відм. 1.0 м

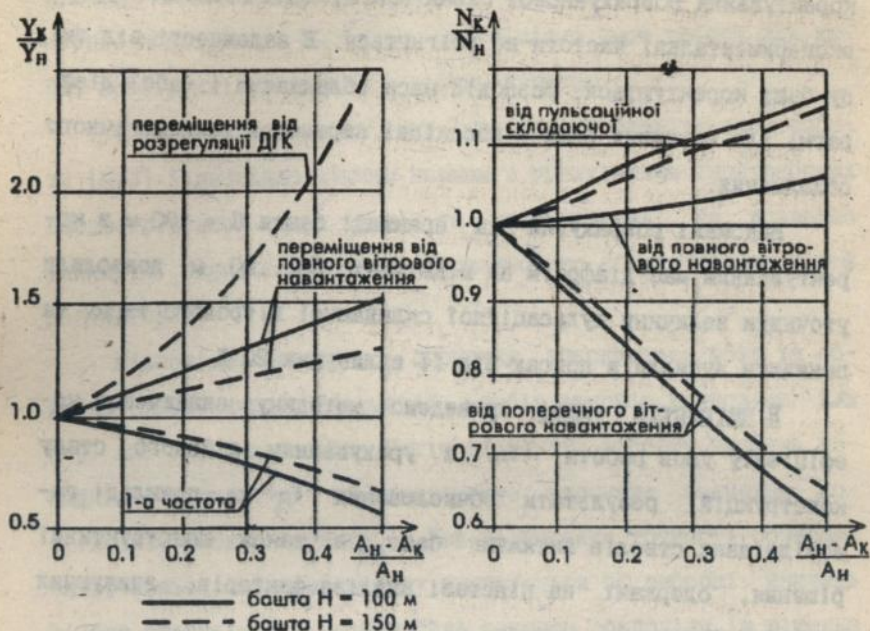


Рис. 2. Зміння параметрів НДС башт при корозійному зносі на відм. 0-50 м ("н"- початкове значення, "к"- кінцеве значення)

схема дає значну погрішність. Тому з метою виявлення резервів несучої здатності виконано розрахунки по просторовій схемі на прикладі башти, яка була збудована 30 років тому. Отримано зниження зусиль у стержнях решітки на 25 % в порівнянні з проектними. Однак у местах перелому поясів проектні зусилля у вище розташованих поясах занижені на 10%.

Запропонована методика уточнення просторової розрахункової схеми з використанням експериментальних даних. Відповідно методики, обчислюється перша частота власних коливань башти та виконується експериментальне визначення частоти. У випадку розходження частот біля 3 % виконується

коректування розрахункової схеми башти, доки розрахункові та експериментальні частоти не збігнуться. В залежності від типу башт коректуються: розподіл маси обладнання і (або) діафраги; для витяжних башт - морськісі параметри технологічного обладнання.

Виконані розрахунки на прикладі башти  $H = 100$  м з коректуванням мас діафрагм на відмітках 50...90 м дозволили уточнити величину пульсаційної складової вітрового тиску та понизити зусилля в поясах від її впливу на 20 %.

В четвертій главі приведено методику визначення коефіцієнту умов роботи ( $\gamma_c$ ) з урахуванням дійсного стану конструкцій, результати обчислювання  $\gamma_c$  на прикладі газовідвідних стволів витяжних башт, а також конструктивні рішення, одержані на підставі аналізу факторів, впливаючих величину  $\gamma_c$ .

Як показали натурні обстеження, в скремих елементах решітчатих башт виникають пошкодження, обумовлені впливом конструктивних та експлуатаційних факторів. Ці фактори мають статистичну природу, не залежать у явному виді від часу та не враховуються в звичайних розрахунках.

Для забезпечення довговічності шляхом зниження впливу таких факторів запропоновано методику коректування значення коефіцієнту умов роботи з використанням методів статистичного моделювання. Методика оснований на лінійній залежності допустимого в розрахунку граничного напруження від  $\gamma_c$ , при цьому надійність у межах методики граничних станів визначається як:

$$N_{ad} = P( \gamma_c < R_r \cdot \gamma_{c.p} / S(N_r, B_r) - \gamma_r ), \quad (2)$$

де  $\gamma$  - позначає випадковий характер величини;  $R_r$  - опір

сталі;  $S$  - напруження в конструкції, яке визначається по діючим нормам як функція навантаження  $N_r$  та параметрів геометрії конструкції  $B_r$ ;  $\gamma_{c,p}$  - коефіцієнт умов роботи для даної конструкції відповідно діючим нормам.

Запропоновано визначення імовірності безвідмовної роботи ( $Nad$ ) відповідно діючим нормам з урахуванням імовірносних параметрів лише опору сталі та навантаження. Це дозволяє уникнути складних питань теоретичного обґрунтування рівня надійності.

Відповідно методики, спочатку виконується збір та обробка статистичної інформації, вибір законів розподілу для  $B_r$ , які визначають НДС. Потім одержують виборку значень випадкової величини  $\gamma_r$  та визначають уточнене значення коефіцієнту умов роботи ( $\gamma_c$ ). Для підвищення точності обчислювань, визначення коефіцієнту виконується по виборці значень  $\gamma_r$  без апроксимації яким-небудь законом розподілу із рішення рівняння:

$$1 - Nad = \frac{\gamma - \gamma_c}{\gamma - 0} \sum f_{Gr,i} \Delta \gamma_i, \quad (3)$$

де  $f_{Gr,i}$  - середнє значення щільності розподілу на інтервалі  $[\gamma_i, \gamma_i + \Delta \gamma_i]$ .

Одержана методика має достатню універсальність та може бути застосована при визначенні коефіцієнту умов роботи для використання у розрахунках різних елементів. Обмеження на кількість врахованих імовірносних параметрів обумовлено лише можливостями ЕОМ, яка використовується.

На підставі висловленої методики розроблено програму та виконано чисельні експерименти що до визначення коефіцієнту умов роботи для розрахунків на міцність газовідвідних

стволів витяжних башт, як одного з найбільш пошкоджуємих елементів. Кріплення ствола прийнято у вигляді упорів, які сприймають горизонтальне навантаження, із бандажного кільця. З використанням повного факторного плану 4х2 виявлено значущі фактори та одержано формулу для коефіцієнту:

$$\gamma_c = 0.735 - 0.008\Delta U + 0.413\Delta t - 1.45v_t + 0.068P + 0.1m_R \quad (4)$$

де  $\Delta U$  - різниця між нормативним значенням та математичним сподіванням зазору в упорі (мм),  $\Delta t$  - різниця між нормативним значенням та математичним сподіванням товщини стволу (мм),  $v_t$  - коефіцієнт варіації товщини ствола,  $P$  - імовірність відказу,  $m_R$  - кількість стандартів між нормативним значенням опору сталі та математичним сподіванням опору. Формула (4) виконується для труб з товщиною стінки 3...6 мм із сталі з межою текучості до 240 МПа та діаметром до 3 м.

Для конструкцій, що експлуатуються, одержано значення  $\gamma_c$  на підставі визначення статистичних характеристик параметрів, які входять до (4), із натурних замірів (табл. 2).

Таблиця 2

Результати визначення  $\gamma_c$  за даними обстежень

N	Висота башти	Ствол, мм	$\Delta U$ , мм	$\Delta t$ , мм	$v_t$	$\gamma_c$
1	100 м	1640х3	4.8	0.05	0.017	0.900
2	150 м	2420х4	3.1	0.12	0.031	-0.867

На підставі аналізу факторів, що знижують величину  $\gamma_c$ , розроблено конструктивні рішення що до забезпечення довговічності стволів: кріплення стволів до діафрагм та посилення конструкцій стволу. Кріплення стволів запропоновані у вигляді окремих секцій, які дозволяють забезпечити точність величини зазору, понизити  $\Delta U$  та підвищити цим  $\gamma_c$  до 0.95, а

також знизити трудоемність виконання монтажних робіт. Посилення стволів виконується при визначному впливі  $\Delta t$  и  $v_a$ . В залежності від ступеня скривленості стінки воно складається із елементів у вигляді пластин і (або) гнутих швелерів.

В п'ятій главі розроблено методику визначення строку служби несучих конструкцій башт в умовах корозійного та втомного зносу, приведено результати дослідження довговічності башт, а також заходи що до підвищення довговічності на стадії проектування та експлуатації.

З метою розробки методики попередньо було вивчено вплив зносу в ДГК на величину динамічних ( $\sigma_d$ ) і повних ( $\sigma_n$ ) напружень в елементах башти.

Прогнозування роботи несучих конструкцій башт в урахуванням зносу ДГК було виконано на підставі (2) при припущенні лінійної залежності логарифмічного декременту ДГК від площі канатів. Для одержаних значень параметрів зносу канатів  $\sigma_d$  підвищується в 1.2 рази при строку служби гасителів 40 років.

Запропонована методика визначення залишкового строку служби несучих металоконструкцій башт.

Відмітною особливістю методики є те, що на підставі існуючих моделей корозійних втрат для окремого елемента враховуються можливі критерії відказу решітчатих башт при корозійному зносі та обчислюється відповідні строки служби: за накопленням втомних пошкоджень ( $T_{k,уст}$ ); за міцністю та стійкістю ( $T_{k,пр}$ ); за появленням недопустимих переміщень ( $T_{k,d}$ ). Зниження ефективності ДГК в процесі зносу враховується множенням динамічних напружень  $\sigma$  (переміщень) на відповідне значення коефіцієнту  $K_{дгк}$ , який обчислюється.

На підставі чисельних досліджень впливу аносу визначено кількість розрахунків НДС усіх башт (рис. 1): одноразово для визначення  $T_{к,уст}$  и  $T_{к,пр}$  та двічі для  $T_{к,d}$  и  $K_{дгк}$ . Потім, відповідно методикі, у циклі перераховуються характеристики перерізів елементів та перевіряються вказані критерії відказу.

Запропоновано умову для визначення необхідності виконання ремонтних заходів що до підвищення довговічності з врахуванням специфіки башт:

$$T_{к,ост} < T_{тр} , \quad (5)$$

де  $T_{к,ост} = \min( T_{к,уст}, T_{к,пр}, T_{к,d} )$ ,  $T_{тр}$  - потрібний для підприємства, яке експлуатує, строк служби для окремої башти.

Вид ремонтних заходів визначається в залежності від:

$$S \nu(T_{тр}) < R_{обсл} , \quad (6)$$

де  $S$  - зусилля;  $\nu(T_{тр})$  - швидкість вітру для потрібного строку служби;  $R_{обсл}$  - несуча здатність з урахуванням дійсного стану конструкцій за результатами обстежень.

Коли (6) виконується, то достатньо виконання ремонтних фарбувань  $n$ -разів:

$$n = ( T_{тр} - T_{к,ост} ) / ( b T_{р} ) , \quad (7)$$

де  $T_{р}$  - строк служби захисного покриття,  $b$  - коефіцієнт, який враховує змінення строку служби покриття при ремонті.

При невиконанні (6) для забезпечення потрібного строку служби поясів та решітки експлуатуючихся башт розроблено наступні заходи:

- посилення несучих конструкцій, конструктивне рішення приймається на підставі врахування індивідуальних кількісних характеристик пошкоджень; при цьому, підбір перерізу еле-

ментів виконується з використанням методики прогнозування довговічності для елементів посилення та конструкції, що посилюється, а кінцевий вибір - шляхом техніко-економічного порівняння варіантів;

- зниження рівню динамічних переміщень (напружень) конструкції шляхом настройки ДГК на оптимальну частоту при зміні частоти власних коливань башти внаслідок зносу;

- заміна канатів в ДГК маятникового типу при вирішальному впливі Кдгк.

В згоді з розробленими заходами проведено ремонтно-відбудовні роботи що до підвищення довговічності витяжних башт Горлівського виробничого об'єднання "Стірол". Спостереження за станом посилених конструкцій на протязі 4 років показали ефективність запропонованих методів.

Виконані дослідження пошкоджуємості решітчатих башт та досвід виконання ремонтних робіт дозволили доповнити рекомендації що до проектування решітчатих башт та вибору конструктивних рішень з урахуванням особливостей експлуатації та процесів зносу:

- прогнозування довговічності несучих конструкцій та призначення перерізу елементів з урахуванням можливості експлуатації поверхней без захисту на протязі 5...10 років;

- призначення площі перерізу канатів в ДГК маятникового типу шляхом множення розрахункової площі на коефіцієнт, який враховує наявність зносу, для промислової атмосфери  $K_{кан} = 1.4$ ;

- використання значень коефіцієнту умов роботи для розрахунків тонкостінних газовідвідних стволів витяжних башт на міцність  $\gamma_c = 0.85...0.95$  в залежності від конструктивного

рішення упору.

Запропоновані рекомендації дозволяють забезпечити нормативний строк служби башт та знизити експлуатаційні витрати.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі натурних досліджень за розробленою методикою виявлено, що основними факторами, які впливають на несучу здатність та довговічність решічатих башт, є: корозійний знос, пошкодження металоконструкцій технологічного обладнання та динамічних гасителів коливань.

2. Чисельні експерименти на підставі розробленого програмного комплексу дозволили визначити кількісні характеристики впливу корозійного зносу на параметри напружно-деформованого стану башт. Найбільші змінення відбуваються у частоті коливань - до 22% та переміщенні - до 40%.

3. На підставі проведених експериментальних та чисельних досліджень НДС башт розроблено методику що до визначення зусиль в елементах експлуатуючихся башт, яка дозволяє уточнити величину зусиль в елементах до 20%.

4. Запропонована методика визначення коефіцієнту умов роботи забезпечує уточнення результатів розрахунків конструкцій на стадії проектування та експлуатації шляхом врахування дійсного стану та статистичних характеристик параметрів конструкцій.

5. Розрахунки, виконані на підставі запропонованої методики, дозволили визначити значення коефіцієнту умов роботи для газовідвідних стволів витяжних башт ( $\gamma_c = 0.85 \dots 0.95$ ) та обґрунтувати конструктивні рішення для забезпечення потрібної надійності і продовження строку служби.

6. Розроблена методика визначення залишкового строку служби решітчатих башт при корозійному зносі дозволяє виконувати прогнозування довговічності при різних критеріях відказу. Запропоновані заходи та рекомендації що до підвищення довговічності башт на стадіях експлуатації та проектування.

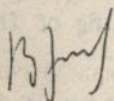
Основний зміст дисертації опубліковано в наступних роботах:

1. Губанов В.В. Влияние коррозионных повреждений на напряженно-деформированное состояние металлических решетчатых башен // Материалы для строительных конструкций : Тез. докл. III-й Междунар. научн. конф. 8 - 10 июня 1994. - Днепропетровск, 1994. Часть II. с. 26-27.

2. Губанов В.В. Коррозионный износ металлических решетчатых башен. Киев, 1994. - Деп. в ГНТБ Украины 14.12.94, N 2403-Ук94. - 10 с.

3. Мушанов В.Ф., Губанов В.В. Методика определения коэффициента условий работы на примере расчета газоотводящих стволов на прочность. Киев, 1994. - Деп. в ГНТБ Украины 25.01.95, N 177-Ук95. - 17 с.

4. Горохов Е.В., Губанов В.В. Износ в динамических гасителях колебаний // Матер. конф. "Современные строительные конструкции из металла и дерева". - Одесса, 1995. - с. 3-7.



АНОТАЦІЯ

Губанов Вадим Вікторович. Забезпечення довговічності решітчатих башт.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - "Будівельні конструкції, будівлі та споруди". Донбаська державна академія будівництва і архітектури. Макіївка, 1995.

Захищається дисертаційна робота, в якій на підставі чисельних та експериментальних досліджень дається рішення актуальних проблем уточнення перевірочних розрахунків і прогнозування строку служби башт, розробки заходів що до підвищення довговічності башт.

Запропоновано методика визначення коефіцієнту умов роботи та одержано значення коефіцієнту і конструктивні рішення для металоконструкцій обладнання витяжних башт.

Ключові слова: решітчатая башта, пошкодження, несуча здатність, коефіцієнт умов роботи, строк служби, посилення.

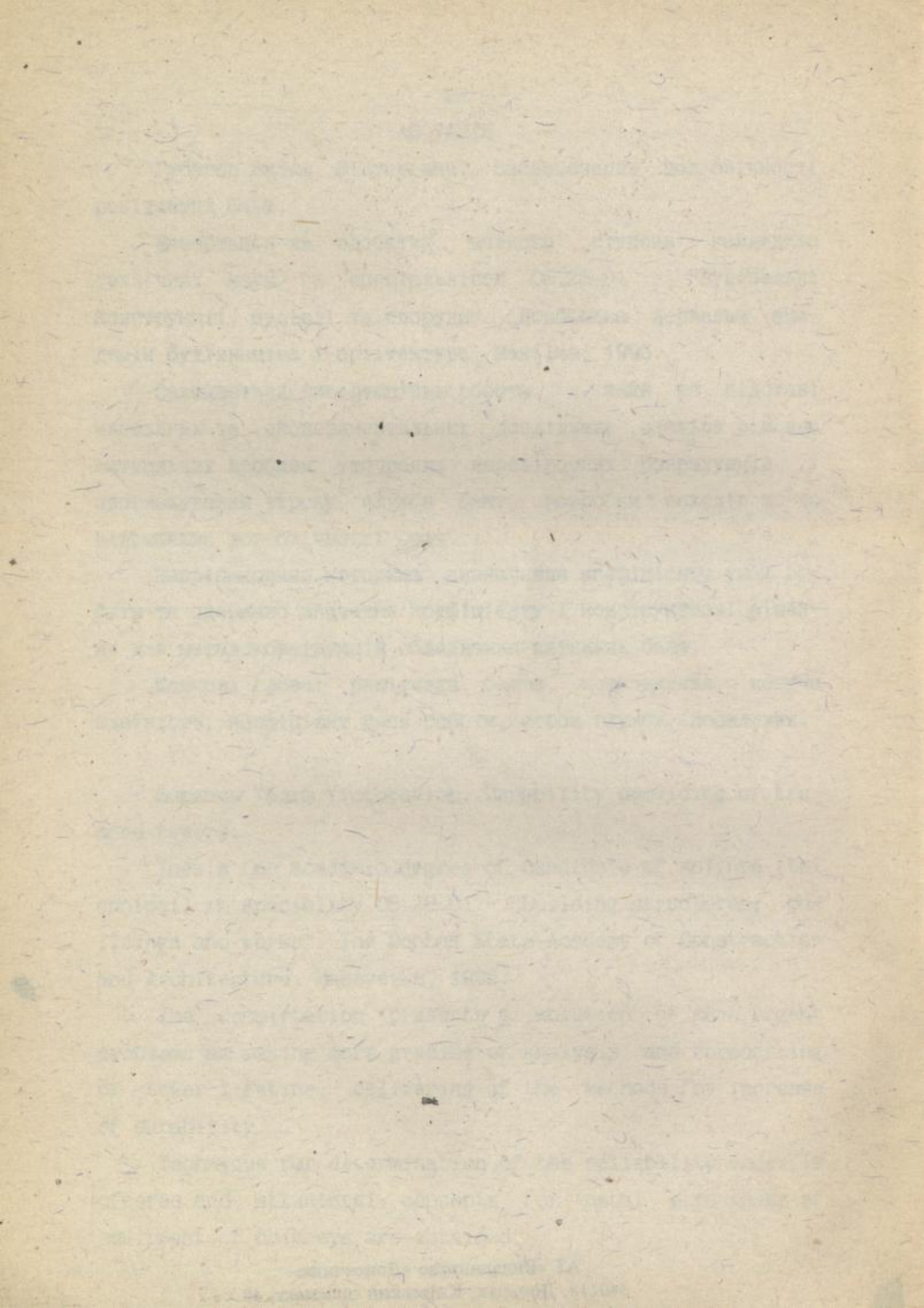
Gubanov Vadim Victorovich. Durability providing of trussed towers.

Thesis for academic degree of candidate of science (technical) in speciality 05.23.01 - "Building structures, buildings and works". The Donbas State Academy of Construction and Architecture. Makeyevka, 1995.

The dissertation presents a solution of such urgent problems as making more precise of analysis and forecasting of tower lifetime, delivering of the methods for increase of durability.

Technique for determination of the reliability index is offered and structural concepts for metal structures of equipment of chimneys are obtained.





452954

AB 32.652

**AB 32.652**