

$$\frac{d}{dt} \left[ \left( 0,25a - 0,07a^3 + 0,125E^2a + \frac{\sigma^2 \cdot 0,01}{a} \right) W_{oc}(a) \right] = 0,005\sigma^2 \frac{d^2 W_{oc}(a)}{da^2}. \quad (16)$$

Враховуючи граничні умови  $W_{oc}(a) \rightarrow 0, \frac{dW_{oc}}{da} \rightarrow 0$  при  $a \rightarrow \infty$ , одержимо розв'язок рівняння (16)

$$W_{oc}(a) = c \cdot a^2 \cdot \exp \left[ -\frac{3,5a^4}{\sigma^2} + \frac{25a^2}{\sigma^2} (1-2E)^2 \right], \quad (17)$$

де  $C$  – стала нормування функції  $W_{oc}(a)$ .

Функція (17) має єдиний максимум в точці

$$a = \sqrt{1,8(1-2E^2) + \sqrt{2,89(1-2E^2)^2 + 0,14\sigma^2}}. \quad (18)$$

Отже, в системі, яка описується системою стохастичних диференціальних рівнянь (14), здійснюються випадкові стійкі коливання з амплітудою (18).

1. Коломиец В.Г., Цикайло Т.-Н.М. *Асимптотические методы и периодические Атеб-функции в некоторых нелинейных задачах теории случайных колебаний.* – К., 1987, – 64 с. (Препринт АН УССР, Ин-т математики). 2. Хасьминский Р.З. *О принципе усреднения для параболических и эллиптических дифференциальных уравнений и марковских процессов с малой диффузией // Теория вероятностей и ее применения.* – 1963. – 8. Вып. 1 – С. 3-25.

УДК 064.012

А.І. Гавриляк, Р.І. Кінаш\*, О.Є. Копилов

Національний університет "Львівська політехніка",

кафедра будівельного виробництва,

кафедра архітектурних конструкцій\*

## ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИМОВИХ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ТРУБ

© Гавриляк А.І., Кінаш Р.І., Копилов О.Є., 2002

**Систематизовано та узагальнено досвід роботи спеціалізованих будівельно-монтажних і ремонтних організацій, результати досліджень провідних спеціалізованих наукових і проектних інститутів, а також наведено новітні закордонні матеріали, що стосуються проблем технічної експлуатації димових труб на підприємствах чорної і кольорової металургії, теплових електростанціях, хімії, нафтохімії й інших об'єктах.**

### 1. Основні положення з технічної експлуатації труб

Під технічною експлуатацією промислових димових і вентиляційних труб розуміють здійснення комплексу заходів зі збереження їхньої працездатності в умовах, продиктованих виробничим процесом. Мета технічної експлуатації – збереження надійності труби, запобігання руйнувань, створення безпечних умов праці робітникам і захист навколишнього середовища. Дотримання запроектованих температурного і вологого станів – це основна умова нормальної експлуатації труб.

Особливу увагу слід приділяти забезпеченню повного згоряння палива в тепло-технічних агрегатах, що виключає горіння газів у газоходах і трубі, герметичності димового тракту, зокрема запобіжних клапанів, шиберів і регулюючих заслінок, крім цього треба виключити можливість надходження в трубу хімічно агресивних газів з вологістю вище і температурою нижче проектних значень.

Під час експлуатації труб категорично забороняється:

- без згоди проектної організації підключати до промислових труб додаткові теплотехнічні агрегати, вентиляційні канали, що здатні змінити запроектовані температурний та вологий режим експлуатації, а також надбудувувати стовбур і прорубувати в ньому або у фундаменті додаткові отвори і прорізи;

- зберігати в цокольній частині промислових труб, під газоходами і поблизу від них вибухонебезпечні і горючі речовини та матеріали, влаштовувати на відстані 8—10 м від труби газоходу склади матеріалів і сміття;

- на відстані до 30 м від труби допускати спорудження сховищ кислот, лугів і інших продуктів, агресивних стосовно матеріалів фундаментів, якщо відсутня можливість контролю технічного стану днищ і схоронністю збережених у них продуктів;

- допускати неорганізований відвід дощових вод поблизу димаря, а також здійснювати викиди відпрацьованої пари і води;

- влаштовувати нижче підшови фундамента труби колодязі для відкачування ґрунтових вод;

- скупчення та накопичення сторонніх предметів на світлофорних і оглядових майданчиках промислових труб.

З метою запобігання виникнення ушкоджень труб на них необхідно проводити роботи, що мають профілактичний характер. На цегляних і армоцегляних трубах раз у три роки проводять підтяжку стяжних кілець, створюючи натяг у 50 – 60 МПа, для чого використовують динамометричний чи звичайний гайковий ключ завдовжки 60 см зі створюваним зусиллям 196 Н (20 кгс). На залізобетонних трубах з газовідвідними стовбурами з металу необхідно стежити за станом теплоізоляції оголовка, що зменшує швидкість корозії металу в 4 – 6 разів порівняно з неізольованим. При евакуації продуктів згоряння твердих палив необхідно періодично очищати оголовки труб від пилу, що осідає на них.

## **2. Вимоги до оглядів та обстежень труб**

Нагляд, обстеження, технічне обслуговування і ремонт труб здійснюють з метою забезпечення і підтримання їхньої експлуатаційної надійності для своєчасного виявлення, локалізації й усунення їхніх дефектів і ушкоджень.

Основним документом, що містить усі необхідні дані про конкретну трубу, є її паспорт, який складається будівельно-монтажною організацією перед здачею труби в експлуатацію і зберігається у власника труби разом з виконавчою і проектною документацією. Окрім паспорту, в організації на балансі якої перебуває труба, повинні вести журнал експлуатації труби, у якому фіксуються усі види планових і позапланових обстежень, виявлені ушкодження, ремонт, зміни проектного режиму. Журнал є документом, на підставі якого можна робити висновки про стан труби у визначений часовий період.

Періодичне обстеження труб є одним із головних заходів їхньої технічної експлуатації.

Дефекти та ушкодження в конструкціях труб та їхніх елементах виявляють і фіксують внаслідок обстежень, які здійснюють з метою одержання температурних, газових, аероди-

намічних, корозійних, вологісних та міцнісних характеристик несучих стовбурів труб. На підставі обстежень роблять висновки про технічний стан, оцінюють надійність і довговічність.

За своїм характером і повнотою отриманих даних обстеження промислових труб поділяють на:

- огляди, коли виконують лише візуальні дослідження стану конструктивних елементів і матеріалу труб, геодезичні вимірювання відхилень від осі;
- обстеження за повною комплексною програмою, що включає поряд з оглядом детальний аналіз проектної та будівельної документації, технології зведення, характеристик викидів; натурні дослідження режимів експлуатації; стан матеріалів і конструктивних елементів труби, крім цього вивчають матеріали попередніх оглядів і обстежень, здійснюють комплексний розрахунок труби при її фактичному стані та фактичному режимі експлуатації; досліджують зміни геологічних умов внаслідок техногенних впливів;
- обстеження за неповною комплексною програмою з виключенням натурних досліджень температурно-вологісних, газових, аеродинамічних параметрів і обмеженою кількістю проб матеріалів, що відбираються, без внутрішнього огляду поверхні газовідвідних стовбурів чи футерівки. Склад робіт у цьому випадку повинен визначатися завданнями, що стоять перед конкретним обстеженням.

За даними виробничих обстежень складається технічний звіт, у якому дається оцінка стану обстеженої труби і, за необхідністю, рекомендації з виконання ремонтних робіт і подальшої експлуатації.

Залежно від наявності дефектів і ушкоджень у конструкціях та їхніх елементах стан промислових труб класифікують як:

- справний, коли всі конструкції і їхні елементи відповідають вимогам нормативної та проектної документації;
- працездатний, коли поряд із забезпеченням технологічного процесу наявні незначні відхилення від нормативної і проектної документації;
- обмежено працездатний, коли можлива експлуатація труби при певних обмеженнях і спеціальних заходах щодо контролю за параметрами технологічного процесу, навантаженнями і впливами;
- непрацездатний, коли можлива втрата несучої здатності окремих елементів чи споруди загалом, що виключає подальшу експлуатацію труби.

З метою своєчасного виявлення дефектів і пошкоджень промислових труб, їхньої локалізації й усунення необхідно здійснювати різні за характером обстеження та огляди.

Перед проведенням натурних обстежень рекомендується визначення місцевих температурних аномалій на поверхні стовбура труби за допомогою інфрачервоної техніки (тепловізійне обстеження), при якому виявляються такі дефекти: неякісні шви бетонування, тріщини несучого стовбура з частковим чи повним розкриттям, зниження опору газопроникливості матеріалу стовбура, місця руйнування стовбура чи футерівки, відсутність теплоізоляції тощо.

Обстеження труби починають з визначення відхилення її від вертикальної осі. Вимірювання повинні проводитися за допомогою геодезичних інструментів і фіксуватися документально. Перед початком зовнішнього огляду стовбура труби чи її міжтрубного простору доцільно ознайомитися з проектною і виконавчою документацією, де мають бути зафіксовані наявні відступи від проекту під час будівництва і визначена якість будівельно-

монтажних робіт. Зовнішній огляд стовбура труби повинен починатися з візуальних спостережень за станом її металевих конструкцій за допомогою оптичних приладів без підйому працівників. При виявленні ушкоджень повинні бути вжиті необхідні заходи безпеки. Зовнішній огляд несучого стовбура труби проводять, використовуючи драбину, світлофорні площадки й, за необхідності, підвісні пристосування. Під час зовнішнього огляду стовбура труби виявляють стан несучих конструкцій: цегляної кладки, бетону, щільність зчеплення бетону з арматурою, наявність її оголення і прогинів, наявність і ширину розкриття вертикальних тріщин, відшарування захисного шару бетону, його стан по товщині стовбура, наявність і величину погано ущільнених ділянок, стан стяжних кілець і інших металевих конструкцій, оцінку ступеня корозії металу, стан лакофарбових покриттів, цілісність зварених швів, заклепувальних і болтових з'єднань, стан вантових розтяжок, вузлів їхнього кріплення й інші дефекти, що розрізняються візуально. При огляді міжтрубного простору труб типу «труба в трубі» зі сходових сходів і балконів перевіряють стан внутрішньої поверхні залізобетонного стовбура, робочих швів бетонування, конструктивних елементів газовідвідних стовбурів і визначають стан стиків і компенсаторів, зварених швів, теплоізоляції, кріплення тяг і підвісок, перекриттів, металоконструкцій майданчиків і сходів, оцінюють швидкість корозії металу. Виявлені під час огляду місця ушкоджень наносять на схему-розгортку, а серйозні дефекти конструкцій фотографують. Одночасно з зовнішнім оглядом стовбура чи труби міжтрубного простору необхідно обстежувати димовий тракт для виявлення стану його теплоізоляції, наявності нещільностей і підсмоктувань повітря.

Чергові зовнішні огляди стовбурів і міжтрубного простору труб із внутрішніми газовідвідними стовбурами проводять один раз у рік, навесні. З метою виявлення прогарів кожуха не рідше одного разу в рік слід здійснювати нічний зовнішній огляд металевих труб. Деталі і контакти блискавкозахисту труби необхідно обстежувати кожні 5 років та позачергово при опорі контуру її заземлення, більшому за 50 Ом, хоча інструментальну перевірку опору контуру блискавкозахисту рекомендують проводити щороку, навесні. Спостереження за справністю освітлювальної арматури здійснюють щодня, при включенні сигнальних вогнів. Внутрішні огляди труб без застосування піднімальних пристроїв з використанням прожекторів і оптичних приладів проводять в періоди здійснення ремонту технологічних агрегатів, що обслуговуються. Планові обстеження труб за повною комплексною програмою, без видимих при зовнішніх оглядах ушкоджень, повинні проводитися з періодичністю, років:

- 10 – металеві поодинокі труби;
- 20 – цегляні й армоцегляні труби;
- 15 – залізобетонні труби;
- 10 – збірні залізобетонні труби;
- 5 – труби з пластмасовими чи металевими стовбурами в шахтах.

Обстеження труб за повною чи неповною комплексною програмою необхідно проводити при виявленні під час зовнішнього огляду стовбура:

- горизонтальних тріщин довжиною більше  $1/6$  окружності труби;
- вертикальних тріщин шириною більше 10 мм;
- ділянок крупнопористого бетону чи бетону з недостатньою кількістю цементного каменю по товщині стіни стовбура більше 50 мм на довжині  $1/8 - 1/6$  окружності труби і більше;

- кількарязового руйнування (розшарування) цегли кладки стовбура на глибину більше 20 мм чи розчину на глибину більше 40 мм;
- відшарувань захисного шару бетону на ділянках більше 1 м по окружності з оголенням стрижнів вертикальної арматури;
- нагромадження відкладень попелу до граничного проектного навантаження;
- систематичного намокання і зледеніння зовнішньої поверхні стовбура.

Обстеження за повною комплексною програмою містять у собі: зовнішній огляд труби; визначення крену і осадок труби; огляд міжтрубного простору труб типу «труба в трубі»; внутрішній огляд газовідвідного стовбура чи футерівки труби; визначення міцності і стану матеріалів неруйнуючими методами контролю, добір зразків і проведення лабораторних досліджень; вимірювання температурно-вологісних газових і аеродинамічних режимів у газовому тракті труби; дослідження змін характеристик ґрунтів основи і гідрогеологічних умов внаслідок техногенних впливів; комплексний розрахунок труби з обліком її фактичного стану.

Термін проведення обстеження не повинен перевищувати 1 року з часу виявлення дефекту чи ушкодження.

На всіх залізобетонних монолітних трубах висотою більше 100 м, а також цегельних і металевих висотою більше 70 м, що працюють в умовах високих температур (більш 300 °С) чи сильної газової агресії, рекомендується раз на 5 років проводити тепловізійний контроль з метою одержання даних про стан їхніх футерівок. Вимірювання температурно-вологісних, газових і аеродинамічних режимів виконують по газовому тракті від теплотехнічного агрегату до труби, у стовбурі труби і зазорі між стовбуром і футерівкою або у міжтрубному просторі.

#### Нормування добору проб труб залежно від матеріалу

№ з/п	Матеріал труби	Спосіб добору проби
1	Цегляна кладка стовбурів труб і їх футерівок, а також відкладення попелу в них	За допомогою зубила і молотка, вручну
2	Бетон	Висвердлюванням зразків діаметром 70 мм за допомогою електричної машини з алмазними різцями.
3	Металеві газовідвідні стовбури	Виконують шляхом вирізування зразків за допомогою механічного або електроінструмента. Використання автогену чи електродугового зварювання не допускається.

Внутрішній огляд футерівки та газовідвідних стовбурів труб здійснюють за допомогою спеціально змонтованих кошиків, оснащених висвітленням і телефонним зв'язком. При внутрішньому огляді з боку газів, що відходять, досліджують міцність і щільність футерівки, стан швів й керамічних виробів, глибину шару корозії, стан матеріалів газовідвідних стовбурів, місць зварювання, товщину і щільність відкладень попелу. Якщо стан футерівки чи газовідвідного стовбура оцінюють як аварійний, його огляд варто виконувати фотографічним методом або за допомогою апаратури з дистанційним керуванням для термографічної реєстрації даних. Товщину металевих стовбурів відведення газів визначають електромагнітними й ультразвуковими методами.

Добір проб матеріалів футерування (див. таблицю), газовідвідного чи несучого стовбурів роблять не менше ніж в трьох точках по висоті труби, причому одна повинна знаходитися на відстані в 1/3 від оголовка, а друга – на 1/3 від основи. Відібрані проби слід зберігати окремо в тарі, що закривається, сипучі матеріали (попіл, зразки розчину, що були піддані дії корозії тощо) – у скляних ємностях. Для кожної з проб повинне бути чітко зафіксоване місце добору. Добір проб для хімічного аналізу газів роблять у місці входу газоходу і на відмітці у 1/3 висоти труби від її основи.

### 3. Структура ремонтів труб

Залежно від характеру й обсягу ушкоджень виявлених під час технічної експлуатації труби підлягають ремонтам двох видів – поточному і капітальному. Усі види робіт з ремонту труб повинні виконуватися відповідно до розробленого проекту виконання робіт. Основними причинами, внаслідок яких відбуваються ушкодження і руйнування конструкцій промислових труб є:

- стихійні лиха чи технологічні аварії (землетрус, удар блискавки, ураган, вибухи газової суміші, загоряння відкладень попелу тощо);
- тривалий несприятливий вплив технологічного і навколишнього середовища.

Причини останнього виду зумовлюють найбільшу кількість ушкоджень промислових труб.

При поточних ремонтах виконують роботи профілактичного характеру або роботи з ліквідації дрібних ушкоджень з метою запобігання конструкцій труб від подальших руйнувань, причому насамперед повинні бути усунуті ушкодження, що створюють небезпеку для життя людей, цілісності споруди, а також розташованим у безпосередній близькості будівлям і устаткуванню. Поточні ремонти труб, залежно від місцевих умов, можна виконувати силами і засобами як ремонтних служб підприємств, так і спеціалізованими організаціями.

При капітальному ремонті труб виконують роботи з посилення або заміни зношених конструкцій і їхніх окремих вузлів. Технічні рішення, пов'язані з капітальним ремонтом труб, повинні розроблятися спеціалізованими організаціями на підставі документів про їхнє комплексне обстеження. Капітальні ремонти повинні виконуватися силами і засобами лише спеціалізованих організацій.

Технологічно усі види робіт на трубах підрозділяються на зовнішні і внутрішні. Усі види зовнішніх ремонтних робіт, за винятком ремонтів оголовок і верхніх частин газовідвідних стовбурів труб доцільно проводити без відключення теплотехнічних агрегатів, що обслуговуються. Внутрішні ремонтні роботи проводять при відключених теплотехнічних агрегатах і закритих шиберів чи димових клапанах газовідвідного тракту. Якщо терміни ремонту труби перевищують терміни ремонту теплотехнічного агрегату, то можливе проведення ремонту труби в кілька етапів.

Роботи з ремонту зовнішньої поверхні стовбура повинні виконуватися зі світлофорних майданчиків, з підвісних риштувань, розташованих по периметру, чи з колісок, встановлених на кронштейнах. Усі пристосування мають бути виготовлені відповідно до вимог проекту виконання робіт. Особливу увагу звертають на надійність їхнього кріплення до існуючих елементів труби чи до спеціально встановлених конструкцій.

Ремонт ушкоджень на поверхні труб включає два основних етапи – розчищення ушкоджених місць цегляної кладки чи бетону з обваленням частин стовбура, що відшару-

валися, і відновленням дефектних ділянок методами, що залежать від їхніх розмірів і характеру.

Розчищення поверхні, оброблення тріщин цегельної кладки, корозійного шару в бетоні й арматури стовбура, перевірку стану стяжних кілець за умовами безпеки слід здійснювати зверху вниз, а відновлення дефектних ділянок, закладення тріщин, підтяжку кілець, торкретування і посилення стовбура методом влаштування залізобетонної обойми – знизу вгору.

Підйом матеріалів, залежно від їхнього обсягу, варто здійснювати або за допомогою шахтного підйомника, що кріпиться до стовбура труби, або сталевий балки із системою блоків, що укладається на верхньому обрізі стовбура і лебідкової станції.

Внутрішні ремонтні роботи труб здійснюються з використанням шахтних підйомників чи підвісних майданчиків, обладнаних освітленням і телефонним зв'язком, переміщуваних лебідковою станцією. Підвісні майданчики готують по проекту спеціалізованої організації з неодмінним використанням страхувальних канатів.

Розбирання футерівки труби за умовами безпеки варто здійснювати зверху вниз. Не допускається вибірка нижніх рядів, щоб уникнути мимовільного обвалення розташованої вище футерівки. При вибіркового ремонті видалення окремих ділянок футерівки повинне здійснюватися при забезпеченні стійкості її частин, що залишилися.

До ремонту розділової стінки слід приступати тільки після ретельного обстеження футерівки труби і вживання заходів, що виключають мимовільне падіння її елементів.

При виконанні ремонту футерівки чи внутрішньої поверхні стовбура труби методом торкретування слід звернути особливу увагу на старанність очищення поверхні, яку ремонтують, від можливих відкладень чи місцевих відшарувань матеріалів, а при нанесенні шару торкрет-бетону в збірних залізобетонних трубах – на якість заповнення швів між їх царгами. Товщина футерівки ланок труб, що ремонтують, із прорізами для урізання газоходів повинна бути не менше однієї цегли. В інших ланках – не повинна перевищувати зазначену в первісному проекті. При ремонті полімерцементної чи полімерсилікатбетонної футерівки варто забезпечити наявність розбіжки швів бетонування стовбура і футерівки.

У зв'язку зі зростанням за вимогами екології ступенем очищення через труби газів, що відходять, значно знижується їхня температура, чому в чималому ступені сприяють і заходи для утилізації тепла. Як наслідок, тяга труби різко падає і виникає необхідність установки димовідсмоктувача, що створює позитивний тиск, завдяки чому неодноразово зростає фільтрація конденсату через цегляну чи бетонну футерівку на зовнішню поверхню стовбура, що призводить до негативних наслідків. Це варто враховувати, модернізуючи проект і передбачаючи при проведенні ремонту монтаж газовідвідного стовбура з металу чи конструкційних пластмас.

Роботам з відновлення зруйнованого оголовка промислової труби повинні передувати заходи безпеки, що забезпечують відповідне огороження території і виключення можливості падіння цегли, шматків бетону чи елементів захисного ковпака в зоні підйому ремонтників.

Розбирання ушкодженого оголовка слід проводити до рівня стовбура з проектними характеристиками міцності, скидаючи матеріали від розбирання усередину труби. При відновленні цегляного оголовка використовують глиняну цеглу марки не нижче 125, кислототривку цеглу і розчин марки не нижче 100.

Для запобігання вітрового руйнування від опадів і агресії огортання під час відновлення металевих оголовок обов'язковим є влаштування його ізоляції та укриття її конструкцією з алюмінієвого, сталевих чи пластмасового листа.

Зварювання конструкцій слід проводити електродами, що не створюють умов для електрохімічної корозії.

Розбирання значної по висоті ділянки залізобетонної, цегляної чи збірної залізобетонної труби доцільно проводити методом спрямованого вибуху. У цьому випадку радіус сектора передбачуваного падіння повинний бути не менше 1,5 м висоти частини, яку демонтують, а радіус протилежного сектора – не менше 15 м.

Ремонт металевих труб великої висоти доцільно проводити з використанням вертольота.

Роботи з демонтажу труб повинні виконуватися спеціалізованою організацією відповідно до проекту виконання робіт, погодженому з органами Державного гірничого нагляду. У практиці спеціалізованих ремонтних організацій залежно від матеріалу, висоти та типу труби застосовують декілька методів демонтажу (див. рисунок).

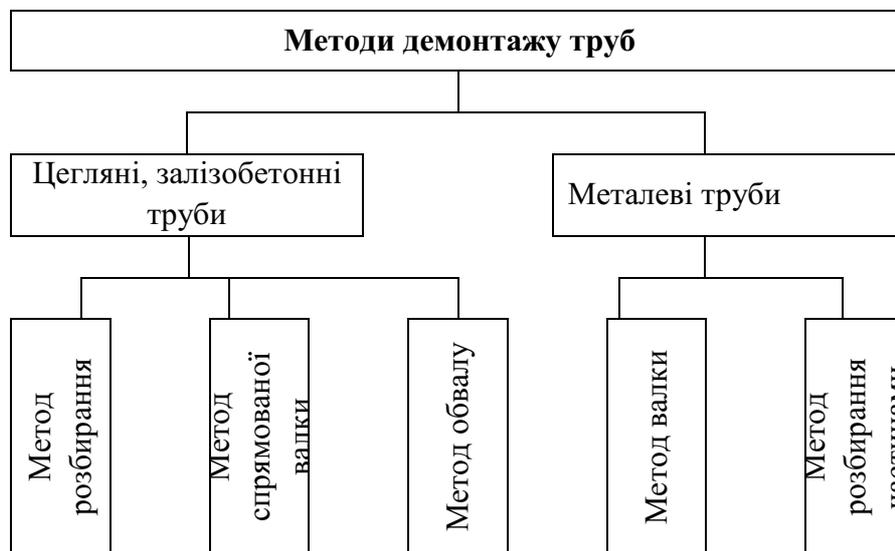


Схема методів демонтажу труб

Під час комплектації матеріалів для ремонту труби варто керуватися такими основними принципами:

- склад бетону, який наносять методом заливання, повинен бути ідентичним покладеному в первісну конструкцію, однак, фракція його не повинна перевищувати 30 % мінімальної товщини нового шару;
- при ремонті бетону методом торкретування склад сухої суміші повинен максимально відповідати покладеному в первісну конструкцію. Однак через дрібну фракцію заповнювача для одержання характеристик міцності, що вимагаються, витрата цементу зростає на 20 – 30 %. Остаточний підбір складу визначається за критеріями міцності й адгезії;
- для ручного відновлення ділянок бетону, що відшарувався, варто використовувати цементно-піщані розчини з дисперсіями із синтетичних смол;
- тріщини в залізобетонних чи цегляних конструкціях стовбура труби розкриттям до 30 мм варто ліквідувати методом ін'єкції – розчином з піску і цементу на епоксидній смолі;

- у цегляних стовбурах тріщини розкриттям більше 30 мм ретельно розчистити, дефектні цеглини видалити й обрану частину кладки закрити, виконуючи перев'язку зі старою кладкою. Ремонт варто виконувати послідовними ділянками висотою не більш 1 м знизу вверху, використовуючи цеглу пластичного пресування марки не нижче 100 і розчин аналогічної міцності.

- При підборі захисних покриттів (фарб) варто враховувати їхню протидію паровій дифузії, особливо при високій відносній вологості газів.

Після закладення тріщин стяжні кільця треба підтягти, створивши в них напруження 50–60 МПа;

Труби, що запускаються в роботу після ремонту, повинні бути попередньо просушені і прогріті відповідно до вимог РТМ 26-87. Сушіння і прогрівання труби допускається робити за допомогою спалювання в її зольнику чи газоході будь-якого виду палива з подальшим поступовим включенням теплотехнічних агрегатів, що обслуговуються. Спалювання палива безпосередньо на зольнику можна допустити тільки в початковий період сушіння. Надалі паливо слід спалювати в газоході. Вибір температурних режимів, методів сушіння і розігрівання труб після завершення робіт з їхнього ремонту слід робити залежно від конструкції труби, пори року, обсягу виконаних робіт, початкової температури стовбура і футерівки.

При зупиненні труби влітку на термін більше 10 діб її нагрівання до робочої температури здійснюють зі швидкістю не більше 10 °С за годину. При зупиненні труби взимку на термін, більше 4 діб, нагрівання здійснюють зі швидкістю не більше 5 °С за годину.

#### **4. Заходи, що забезпечують рівномірну осадку труб.**

##### **Вимірювання крену**

Щоб уникнути нерівномірної осадки основ фундаментів труб необхідно:

- стежити за справним станом вимощення по периметру труби і кільцевої канави для відводу поверхневих вод;

- стежити за справністю водопровідних і каналізаційних систем, розташованих на відстані, менше ніж 100 м від фундаменту труби, і в продиктованих необхідністю випадках поміщати їх у водонепроникні тунелі;

- засипати ґрунтом і ущільнювати відразу по закінченню зведення фундаментів та прилягаючих до них ділянок газоходу котловани під фундаменти труб і газоходи, вириті під час їхнього будівництва;

- у разі роботи поблизу труби машин і механізмів, що створюють коливання ґрунту, передбачати заходи для їхнього гасіння – траншеї глибиною до основи фундаменту, заповнених пухкими матеріалами, які унеможливають поширення коливань у ґрунті;

- під час зведення поблизу труб нових споруд, підосви фундаментів яких розміщені на одному рівні чи нижче від підосви фундаменту труби, необхідно влаштовувати між ними шпунтовий ряд на глибину не меншу, ніж 0,5 м від рівня нижньої підосви;

- обмежувати до 5 км/год швидкість руху потягів і інших механізмів по залізничних коліях, розташованих ближче ніж 40 м від труби.

Спостереження за кренами труб і осадками основ під фундаментами повинні проводитися систематично, з використанням геодезичних інструментів:

- перші два роки після закінчення будівництва, два рази в рік;
- після двох років за умови стабілізації осідань фундаментів (1 мм у рік і менше), один раз у рік;
- після стабілізації осадок, один раз у п'ять років.

Для визначення кренів труб рекомендовані такі способи:

- спосіб координат (для труб, що мають основу в середині промислової забудови);
- спосіб окремих напрямків;
- спосіб вертикального проектування;
- спосіб проектування за допомогою нівеліра, оснащеного пентапризмою і вимірвальним мікрометром.

Результати вимірювань у вигляді схеми із зазначенням дати повинні бути відповідно оформлені і залучені до паспорта труби.

Гранично припустиме відхилення осі стовбура промислової труби на рівні верхнього обрізу не повинне перевищувати, мм:

250	при висоті труби	30 м
350	»	»
450	»	»
550	»	»
650	»	»
700	»	»

Для проміжних висот необхідно застосовувати метод інтерполяції.

У випадку перевищення креном труби допустимих відхилень рішення про можливість її подальшої експлуатації приймається спеціалізованою організацією на підставі результатів обстеження за повною комплексною програмою.

1. Грицков П.М. Ремонт промышленных дымовых труб. – М.: Стройиздат, 1979. – 183с. 2. СНиП 3.01.04 – 87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения. – М.: Стройиздат, 1987. – 120 с. 3. РТМ 26 – 87. Рекомендации по сушке и разогреву дымовых труб и боровов. – М.: Стройиздат, 1987. – 110 с. 4. СНиП 2.02.11 – 85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: Стройиздат, 1985. – 112 с. 5. СП 13 – 101 – 99. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб. Госстрой России, М.: Стойиздат, 2000. – 21 с.

УДК 624.014.2

**М.В. Гоголь**

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра будівельного виробництва

## **УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ З РЕГУЛЮВАННЯМ ЗУСИЛЬ**

© Гоголь М.В., 2002

**Представлена узагальнена математична модель розрахунку усіх можливих конструкцій на основі енергетичного підходу. Цю методику можна застосувати як до звичайних балок, так і з саморегульованим напружено-деформованим станом.**

Відрегулювати напружено-деформований стан балкових конструкцій за допомогою самонапруження можна, лише застосовуючи пружні опори. Припустимо, що балка на