

**О. В. Войцехівський**  
**В. О. Попов**  
**Н. Д. Дорохова**

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УЛАШТУВАННЯ І РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДИМОВИХ ТРУБ**

Вінницький національний технічний університет

*Розглянуто сучасні конструкції димових труб, виконано узагальнення найбільш істотних проблем, які можуть з'явитись в процесі експлуатації та методи їх вирішення.*

*На основі аналізу існуючих конструктивних рішень димових труб, особливо висотних димарів з монолітного залізобетону, виявлено основні проблеми, що можуть виникнути в процесі робіт з реконструкції, а саме, пошкодження захисного шару бетону, корозія металевих деталей, дефекти армування ствола, поява тріщин в горизонтальному та вертикальному напрямках, конденсат. Узагальнено методи ліквідації наслідків дефектів цих споруд для відновлення нормальної експлуатації споруди.*

*Ключові слова:* промислові димові труби, оптимізація існуючих конструкцій, неметалева композиційна арматура, реконструкція.

### **Вступ**

Димові труби є відповідальними висотними інженерними спорудами для утилізації відпрацьованих пічних газів, що замикають будь-який енергоємний виробничий технологічний цикл. Існують вимоги по допустимій концентрації продуктів горіння у атмосфері, які жорстко нормуються для охорони навколишнього середовища [6, 7, 8]. Тому димова труба, в першу чергу, має забезпечити вимоги цих норм. На сучасному етапі трубобудування це досягається двома шляхами. Перший – встановленням систем фільтрації, які поглинають найбільш небезпечні сполуки, другий – зниження концентрації продуктів горіння у повітрі до безпечного рівня розсіюванням їх на більшу площу. Задля цього димові труби повинні бути якомога вищими. Із збільшенням висоти зростає швидкісний напір вітру, що призводить до квадратичного зростання тиску на конструкції труб і, відповідно, суттєвого збільшення згинальних та перекидних моментів. Негативний вплив на будівельні конструкції труб чинить також висока температура, нерівномірний розподіл теплового поля по висоті труби, агресивна дія димових газів. У холодний період року на будівельні конструкції труб негативно впливає навіть водяна пара, яка, поряд з вуглекислим газом, є основним продуктом горіння вуглеводнів.

На цей час в Україні, в найбільш раціональному висотному діапазоні більше 90 м, який забезпечує вимоги всіх екологічних стандартів, переважна кількість димових труб виготовлена з футерованого (захищеного спеціальним способом) залізобетону [1].

Оскільки цей вид споруд є кінцевою ланкою технологічних процесів, виведення їх з експлуатації, як правило, призводить до зупинки всього технологічного циклу. Нажаль, технічний стан більшості залізобетонних димових труб, що знаходиться у державній та приватній власності в Україні, на сьогодні, не придатний до нормальної експлуатації через дефекти несучих конструкцій, які виникли, в основному, через порушення регламентів їх функціонування, практично повною відсутністю технічного нагляду, недооцінкою важливості проведення технічних діагностичних заходів [2]. Це, в свою чергу, вимагає проведення заходів щодо їх реконструкції та оптимізації, у тому числі, невідкладних протиаварійних робіт, пов'язаних з відновленням цілісності несучого остову споруди [2].

### **Основна частина**

На сьогодні у енергетичній та хімічній промисловості країни розповсюджені труби вирішені за баштовою чи щогловою конструктивною схемою, несуча частина яких виконана з різних матеріалів (рис. 1).

В залежності від матеріалу ствола з якого споруджені труби їх класифікують, як:

- цегляні, які в свою чергу можна розділити на не футеровані, футеровані цеглою, або ж вогнетривкими чи кислототривкими матеріалами (рис. 1, а);
- залізобетонні монолітні, так само з футеровкою з цегли, кислототривких виробів, полімербетона або з притисненою футеровкою (рис. 1, б);
- збірні залізобетонні з футеровкою і без неї (рис. 1, в);
- металеві, вільно стоячі, або з відтяжками, з футеровкою і без неї, з одним або декількома газовідвідними стволами, виготовленими з металу або полімерних матеріалів (рис. 1, г);
- з полімерних матеріалів, встановлених на несучих конструкціях, або самостійно з відтяжками (рис. 1, д);
- комбіновані, що являють собою башти-труби, що складаються з ґратчатого каркаса, що підтримує один, або кілька газовідвідних стволів з металу, або полімерних матеріалів (рис. 1, е).



Рисунок 1 – Конструкції сучасних димових труб: а – цегляні;

б, в – зі збірним чи монолітним залізобетонним стволом; г – металеві; д – з полімерних матеріалів; е – комбіновані

Цегляні труби, з яких почалася історія виготовлення промислових димових труб, мають висоту не вище 90 м. Завдяки використанню різних конструктивних рішень газоходів і застосування різноманітних футеровок, використовуються для відводу газів з широким діапазоном температур, найчастіше досить високих.

Залізобетонні монолітні димові труби, зазвичай бувають заввишки більше 90 м і, в основному, застосовуються на об'єктах енергетики та промислових підприємств.

Димові труби зі збірного залізобетону призначені для відводу димових газів невеликих котельень. Цей вид димових труб споруджують за типовими проектами висотою 30 і 45 м. В окремих випадках допускається будівництво труб висотою до 75 м. Їх як правило використовують без футерівки.

При високих температурних режимах роботи і високій агресивності пічних газів, як у збірних так і у монолітних димових трубах існує можливість встановлення часткової чи повної футеровки ствола.

Для поліпшення архітектурних властивостей димових труб і для захисту їх від зовнішнього впливу середовища, на етапі виготовлення, улаштовують облицювання зовнішньої поверхні дрібнорозмірною мозаїчною плиткою. При висоті монолітних димових труб понад 50 м таке облицювання не виконується [1].

Слід відзначити такі переваги залізобетонних труб перед цегляними:

- тонші стінки ствола труби, що, в свою чергу, в кінцевому результаті, призводить до значного зменшення ваги споруди;
- можливість виконання більш економічного фундаменту;
- істотно спрощений монтаж труб та тривалість робіт із зведення споруди.

Економічна вигода при установці залізобетонної труби, у порівнянні з цегляною трубою, виникає за умови її висоти більше 60 м [3].

Металеві димові труби забезпечують повну газо- і вологонепроникність, а також герметичність газовідвідного тракту. Крізь щільний матеріал стінок не проходить конденсат і агресивні компоненти пічних газів. Це забезпечує безвідмовну роботу споруди навіть за умови надлишкового тиску, що, у свою чергу, збільшує швидкість руху газів і, значить, висоту розсіювання викидів. Крім того, на їх внутрішній та зовнішній поверхнях можна зробити футерування практично будь-якої складності із застосуванням інертних епоксидних покриттів та естетичних лакофарбових матеріалів.

Відносно нещодавно з'явилися димові труби з полімерних композиційних матеріалів (пластикові труби), які, як і металеві, забезпечують герметичність газовідвідного тракту, не адсорбують конденсат і шкідливі агресивні компоненти пічних газів, мають високу корозійну стійкість. Полімерні димові труби не потребують футерівки. Композитні стволи таких споруд, на жаль, не можуть ефективно працювати при температурі газів понад 180° С ... 200° С.

Газоходи, як правило, експлуатуються в умовах впливу агресивних димових газів, які при з'єднанні з водяною парою, що також міститься в пічних газах, утворюють пари сірчаної кислоти, які, конденсуючись на поверхні стін газоходів, викликають корозію матеріалів – руйнування цементного каменю в бетонах, вивітрювання розчину і цегли в кладці, викликає виразкову корозію металевих газоходів у місцях пошкодження захисного покриття.

Зосередимо увагу на залізобетонних трубах.

Сірчано-кислотна корозія викликає дефекти, які характеризуються наступними ознаками:

- руйнуванням захисного шару в залізобетонних плитах покриття з оголенням арматури;
- корозією арматури;
- корозією стінок;
- появою тріщин в стінах і місцях примикання газоходів до труби;
- корозією кришок у вибухових клапанах і оглядових люках з утворенням наскрізних отворів;
- руйнуванням плит перекриття; руйнуванням ущільнень в температурних швах; обводненням підземних газоходів ґрунтовими водами внаслідок руйнування гідроізоляції [4].

Найбільш поширеними дефектами стволів залізобетонних труб являються:

- порушення цілісності (ослаблення) кріпильних деталей сервісних елементів споруди (перехідних містків, драбин, оглядових майданчиків, блискавкозахисту);
- корозія тримальних шпильок і руйнування заповнень ніш кріпильних деталей;
- руйнування розчину швів в стиках між збірними елементами ствола і, як наслідок, втрата міцності та волого- і газощільності споруди;
- тріщини (вертикальні і горизонтальні) в бетоні ствола труби, які з'являються через дефекти виготовлення, понаднормативні зусилля при транспортуванні, розвантаженні і

навантаженні конструкцій та при монтажі, порушення температурних режимів експлуатації ствола (перевищення, чи, навпаки, зниження температури газів);

- пошкодження декоративного зовнішнього обличкування і порушення цілісності захисного шару бетону.

Вказані дефекти і пошкодження в процесі ремонтних робіт та комплексних заходів з реконструкції усувають наступним чином.

Першим етапом робіт є обов'язкове видалення золи та інших відкладень з внутрішнього обсягу димової труби [1] незалежно від матеріалу газовідвідного ствола.

Ремонт швів виконують ремонтними саморозширюючими та безусадковими сумішами та бетоном з властивостями і міцністю аналогічно бетону ствола труби. Антикоровізне покриття виконують одночасно з відновленням маркувального забарвлення ствола труби (денного кольорового маркування у вигляді смуг білого та червоного кольорів).

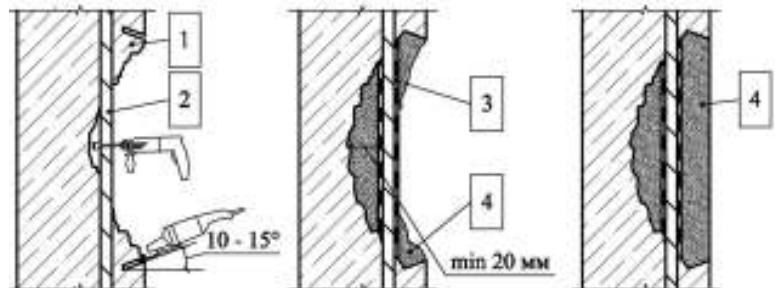
Для збірних залізобетонних труб слід демонтувати деталі з чорних сталей та у подальшому використовувати кріпильні деталі із корозійностійких сталей, або сталей підвищеної стійкості з оцинкованою поверхнею. Дефектні ніші у тілі залізобетону або цегляної кладки стволів заповнюють бетоном на дрібному заповнювачі. Дефектний розчин між рядами кладки слід замінити шляхом послідовної по всьому колу зачеканки стиків полімерцементними або полімерсилікатними розчинами.

Горизонтальні тріщини на тілі залізобетону слід розширити і зачеканити пластичним розчином. В зонах великих вертикальних тріщин (шириною більше 20 мм) слід встановлювати по зовнішній поверхні ствола металеві стягуючі кільця (хомути) з попереднім напруженням 30 ... 50 МПа.

Як варіант можливо використовувати неметалеву арматуру з композиційних матеріалів на основі базальтового, скляного і карбонового волокон, що значно підвищать надійність споруди (рис. 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Принципове рішення підсилення димових труб з використанням базальтової фібри та неметалевої арматури: а – дефект на стволі димової труби; б – схема зачеканки фібробетоном на основі базальтового волокна.

Тут: 1 – конструкція з дефектом; 2 – оголена арматура; 3 – антикорозійне покриття; 4 – розчин з фіброю

У разі масового обвалення декоративної плитки з зовнішньої поверхні, слід видалити і залишки плитки, що залишилися аж до поверхні бетону чи цегляної кладки. Отриману поверхню зачищають від залишків клею, розчину, виконують піскоструминне оброблення, продувають, промивають, шпарують щілини і шпаклюють нерівності, після чого фарбують атмосферостійкими лакофарбовими матеріалами.

### Висновки

На основі проведеного огляду, виявлено, що найбільш часто виникаючими в процесі експлуатації димових труб, дефектами є: пошкодження захисного шару бетону, корозія металевих деталей, дефекти армування ствола, поява тріщин в горизонтальному і вертикальному напрямках та конденсат. Вказані дефекти усуваються в процесі ремонтних робіт та комплексних заходів з

реконструкції, які в свою чергу включають: зачеканку тріщин пластичними розчинами, а швів – саморозширюючими та безусадковими сумішами і бетонами, відновлення маркувального забарвлення разом з антикорозійним покриттям, заміну кріпильних деталей на більш стійкі до корозії.

З метою оптимізації конструкцій підсилень рекомендовано використовувати неметалевих композиційних матеріалів на основі базальтового і скляного ровінгів та карбонового волокна.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дымовые трубы: традиции и инновации: монография / В. М. Асташкин, В. С. Жолудов, А.З. Корсунский и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. М. Асташкина и канд. техн. наук А. З. Корсунского. – Челябинск: Издательский центр ЮурГУ, 2011. – 496 с.
2. Яблонько Е. В. Основные проблемы в эксплуатации дымовых труб // Молодой ученый. – 2011. – №9. – С. 65-68.
3. Фадеева Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Промышленные железобетонные дымовые трубы: методика проведения экспертизы // Современная техника и технологии. 2014. № 8 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/08/4325>
4. Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н. Обследование дымовых промышленных труб // Молодой ученый. – 2014. – №1. – С. 94-95.
5. Гарькина И. А., Гарькин И. Н. Обследование дымовых труб: состояние, перспективы использования // Молодой ученый. – 2017. – №8. – С. 46-50.
6. Котельні. ДБН В.2.5-77:2014. [На заміну СНиП II-35-76 «Котельные установки»]. [Чинний від 2015-01-01] – К.: Мінбуд України, 2014. – 49 с. – (Державні будівельні норми України).
7. Орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. ГН 2.2.6.-184-2013. [На заміну ДСП 201-97 Державні санітарні норми по охороні атмосферного повітря населених пунктів (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)]. [Чинний від 2013-04-15] – К.: Мінекоресурси України, 2013. – 66 с. – (Гігієнічний норматив).

**Войцехівський Олександр Владиславович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

**Попов Володимир Олексійович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет.

**Дорохова Наталія Дмитрівна** – студентка, Вінницький національний технічний університет.

**O. Voicheivsky**

**V. Popov**

**N. Dorohova**

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF EMBROIDERY AND RECONSTRUCTION OF RAIL CONCRETE CHIMNEYS

Vinnitsia National Technical University

*Existing solutions of the chimneys are considered, for example, of reinforced concrete chimneys, an overview of the most significant problems that may appear in the operation, and ways to solve them.*

*On the basis of analysis of existent structural decisions of flues, especially pitch flues from the monolithic reinforced concrete, basic problems that can arise up in the process of works from a reconstruction are deduced, namely, a damage of protective layer of concrete, corrosion of metallic details, defects of reinforcement of barrel, appearance of cracks, in horizontal and vertical directions, runback. The methods of liquidation of consequences of defects of these building are generalized for proceeding in normal exploitation*

*Key words:* industrial chimneys, optimization of existing structures, non-metallic composite fittings, reconstruction measures.

**Voicheivsky Olexandr** – Ph.D. docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Vinnitsia national technical university.

**Popov Vladimir** – Ph.D. docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Vinnitsia national technical university.

**Dorohova Nataliya** – student, Vinnitsia National Technical University.

**А.В. Войцеховский**

**В. А. Попов**

**Н. Д. Дорохова**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ**

Винницкий национальный технический университет

*Рассмотрены современные конструкции дымовых труб, выполнены обобщения наиболее существенных проблем, которые могут появиться в процессе эксплуатации и способы их решения.*

*На основании анализа существующих конструктивных решений дымовых труб, особенно высотных дымоходов из монолитного железобетона, выявлены основные проблемы, которые могут возникнуть в процессе работ из реконструкции, а именно, повреждение защитного слоя бетона, коррозия металлических деталей, дефекты армирования ствола, появление трещин в горизонтальном и вертикальном направлениях, конденсат. Обобщены способы ликвидации последствий дефектов в этих сооружениях для возобновления нормальной эксплуатации.*

*Ключевые слова:* промышленные дымовые трубы, оптимизация существующих конструкций, неметаллическая композиционная арматура, мероприятия по реконструкции.

**Войцеховский Александр Владиславович** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет.

**Попов Владимир Алексеевич** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет.

**Дорохова Наталия Дмитриевна** – студентка, Винницкий национальный технический университет.