

нальной пожарной опасности. (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.09 №382).

8. Кошмаров Ю.А. Развитие пожара в помещении // Научный сборник ВНИИПО

МВД СССР «Горение и проблемы тушения пожаров». М.: ВНИИПО МВД СССР, 1977.

УДК 533.6.013.11

**Грязнова С. А.**

*Харківський національний університет міського господарства*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ НА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ УМОВИ**

В теперішній час багато уваги приділяється питанням дослідження впливу аеродинамічних факторів на санітарно-гігієнічні умови підземного транспорту, яке пов'язане з широким будівництвом нових ліній метрополітенів і нового рухомого складу для них. Основною функцією вентиляції станцій і тунелів є підтримка в місцях перебування людей заданих метеорологічних умов і хімічного складу повітря, а таксамо створення необхідних режимів провітрювання при порушенні нормальної роботи метрополітену і виникненні надзвичайних ситуацій, при цьому передбачається видалення з повітрям теплоти, вологи, газів і подання свіжого повітря в споруди. Організація різних схем руху повітряних потоків з урахуванням технології роботи метрополітену є основою здійснення вентиляції станцій і тунелів, пошук надійних і безпечних режимів роботи тунельної вентиляції метрополітенів в штатних і аварійних ситуаціях [1].

Під терміном «вентиляція» слід розуміти зміну повітря в будь-якому приміщенні з метою забезпечення у ньому умов, що відповідають санітарно-гігієнічним вимогам [2]. Повітрообмін у приміщеннях метрополітену повинен давати комфортні умови, тобто забезпечити такий стан повітря, при якому людський організм почуває себе добре. У гіршому випадку обмін повітря повинен розбавити всякі ненормовані домішки у ньому або підвищити чи понизити температуру повітря до межі, допустимої з санітарної точки зору. У

тунелях метрополітену спостерігається постійне виділення тепла, джерелами якого є рухомі поїзда, люди, потужне електричне освітлення. Якщо тунелі недостатньо добре ізольовані, то у них буде просочуватися ґрунтова вода, а отже, може бути випаровування вологи і насичення повітря тунелю вище допустимої межі. Крім того, у воді, яка просочується через обробку тунелю, можуть бути у розчиненому стані шкідливі гази, наприклад вуглекислота, аміак та ін. У колійних та станційних тунелях будуть мати місце такі види шкідливостей: а) тепло, б) волога (водяний пар), в) вуглекислота, г) шкідливі гази, що виділяються з ґрунтових вод, д) пил та інш. Як відомо, тепловідчуття людини залежить від сукупної дії температури, відносної вологості і швидкості руху повітря, а тому при вентиляції тунелів слід враховувати і третій фактор - швидкість руху повітря. Рух поїздів в тунелях, пов'язаний з подоланням опору повітряного середовища, викликає значний повітрообмін (що називається «дутьям»), який супроводжується періодичним наростанням і зниженням швидкостей циркуляційних потоків повітря і коливаннями його тисків. Ці явища викликають неприємні відчуття у пасажирів та обслуговуючого персоналу, що знаходяться у зоні «дутьтя» на посадкових платформах станцій. Коливання тиску повітря всередині тунелю призводить до передчасного руйнування облицювання стін вестибюлів станцій і до інших несприятливих наслідків. Наслідком «дутьтя» є

помітний тепло - і масообмін повітря між станцією і атмосферою. Остання обставина призводить до зростання застудних захворювань персоналу метрополітену, особливо у холодний період року, до збільшення енергетичних витрат на підтримання нормального температурного режиму станцій [3]. Таким чином, кількість повітря, необхідного для вентиляції тунелів за надлишками тепла, визначається у залежності від: гідрогеологічних умов на трасі тунелів; матеріалу обробки тунелю; температури ґрунту, що оточує тунелі; швидкості руху повітря. Тунелі метрополітену можна розглядати як виробничі приміщення, і для вирішення питання про їх вентиляцію слід аналізувати виробничі процеси, що відбуваються у них, виявляти наявність шкідливостей і визначати необхідну кількість повітря. Допустимий вміст шкідливостей у повітрі метрополітенів регулюється органами охорони праці та санітарії. Існують три основні способи вентиляції тунелів: 1) поздовжній, 2) поперечний і 3) напівпоперечний [4]. У тунелях застосовується поздовжній спосіб вентиляції, який характеризується відсутністю розвідних повітропроводів у тунелі. Напрямок повітря по тунелю залежить від розташування припливних та витяжних вентиляційних шахт за їх довжиною. При спорудженні ліній тунелів передбачають приточно-витяжну систему тунельної вентиляції, припливні і витяжні системи місцевої вентиляції. Провітрювання тільки за рахунок природної тяги не допускається. Система тунельної вентиляції повинна забезпечувати не менше ніж трикратний повітрообмін (підрахований за внутрішньому об'єму тунелів і станцій) протягом однієї години. При цьому швидкість руху повітря у вентиляційних тунелях і стволах шахт не повинна, як правило, перевищувати 8 м/с. Для тунелів глибокого та мілкого закладення використовуються відповідні схеми вентиляції.

Природне провітрювання станцій мілкого закладення метрополітенів може бути забезпечене тільки у тому випадку, якщо входи і виходи з платформи влаштовані у торцях платформи і ведуть безпосередньо назовні по поздовжній осі станції;

у даних умовах буде мати місце наскрізне провітрювання станції. Природне провітрювання перегонів мілкого закладення тунелів метрополітенів здійснюється поршнеобразною дією поїздів і температурним перепадом між виходячим з тунелю і входячим до нього повітрям. Для перегонів мілкого закладення доцільно застосувати штучне провітрювання за допомогою вентиляторів. Схема вентиляції перегону мілкого закладення з розташуванням однієї шахти з вентилятором приблизно посередині перегону і по одній шахті без вентиляторів з обох боків станції на незначній відстані від кінця посадочної платформи є найбільш раціональною. У цьому випадку перегін вентилюється самостійно і не пов'язаний з вентиляцією станції, що значно спрощує схему вентиляції перегону. У літній час шахта з вентилятором працює на витяжку, а у зимовий час - на приплив. Шахти без вентиляторів на зимовий період закриваються на половину перетину, так як витяжка повітря частково йде через ці шахти. Тупики тунелів мілкого закладення обладнуються однією вентиляційною шахтою без вентиляторів, що розташовується у кінці глухого кута. Шахта необхідна для випуску скрізь неї повітря, яке приганяється поїздами. При відсутності шахти, повітря, прориваючись через входні двері наземного вестибюля кінцевої станції, викличе дуже великі швидкості руху повітря у них і створить незручності для пасажирів. Тунелі перехідного закладення (з мілкого на глибоке) повинні мати тільки штучну вентиляцію за допомогою вентиляторів. У цьому випадку опір природному руху повітря у вентиляційних шахтах настільки великий, що поршнеподібна дія рухаючих по одноколійних тунелях поїздів, тобто компресія і депресія, а також температурний перепад між виходячим з тунелю повітрям і входячим до нього, не забезпечують подання до тунелю необхідної кількості повітря. Для тунелів перехідного закладення слід приймати схему вентиляції, що складається з однієї вентиляційної шахти з вентилятором на глибокому закладенні і однієї вентиляційної шахти без вентиляторів, що розташовується поблизу станції мілкого

закладення. У літній час шахта з вентиляторів працює на витяжку, а у зимовий час – на приплив. Шахти без вентиляторів на зимовий період наполовину закриваються.

У тунелях глибокого закладення повинна здійснюватися штучна вентиляція за допомогою вентиляторів [5]. Для цього посередині перегону споруджується одна вентиляційна шахта з вентиляторів, якої цілком достатньо навіть для вентиляції перегону довжиною близько 2500 м, тобто максимально з існуючих у даний час в метрополітенах. По осі примикання вентиляційної шахти до дорожнього тунелю споруджується збірка між двома дорожніми тунелями. У літній час вентиляційна шахта працює на витяжку, а у зимовий час – на приплив. Станції глибокого закладення повинні мати штучну вентиляцію, здійснювану за допомогою вентиляторів. Кількість повітря, що подається на станцію через вентиляційну шахту, дуже значне, так як витрачається не тільки для вентиляції власне станції, а й прилеглих до неї ділянок перегонів. Вентиляційні шахти станцій глибокого закладення у літній час працюють на приплив, а у зимовий час – на витяжку. У глухих кутах тунелів глибокого закладення влаштовуються невеликі збірки, що з'єднують кінець тупика з обома колійними тунелями. Збірки споруджуються для перетікання через них повітря, що приганяють поїзди, які входять у глухий кут. Спорудження спеціальної вентиляційної шахти для вентиляції таких глухих кутів не обов'язково, але при її наявності може бути використана шляхом з'єднання її вентиляційним каналом з глухими кутами. Для тунелів, що споруджуються для виходу у депо, як при мілкому, так і при глибокому закладенні, вентиляційні шахти не влаштовуються, досить природного провітрювання. Сполучні гілки між окремими радіусами метрополітенів можуть мати досить велику довжину. Незважаючи на це, у них цілком достатньо природного провітрювання, що виходить за рахунок різниці тисків повітряного середовища у тунелях різних радіусів. Будівельна шахта може бути використана для провітрювання гілки, однак

вентилятори у ній встановлювати не слід. Неодмінною умовою у схемі вентиляції тунелів є чергування припливних і витяжних шахт по всій довжині траси. Схема вентиляції тунелів і станцій мілкого закладення відповідають цій вимозі, оскільки вентиляційна шахта для станції (з вентилятором) і вентиляційні шахти на перегонах без вентиляторів (розташовані поблизу станції мілкого закладення) складають як би одну припливну шахту. Бувають випадки, коли на перегоні глибокого закладення неможливо спорудження вентиляційної шахти через густоти міської забудови, то тоді застосовується схема вентиляції тунелів без деяких перегінних шахт. Метрополітен, як будь-який складний технічний об'єкт, схильний дії зовнішнього середовища і аваріям, у тому числі пожежам, задимленням і загазованістю. Прогнозування розвитку надзвичайної ситуації дозволяє заздалегідь виробити технічні рішення для зниження негативних наслідків і розробити ефективний план її ліквідації. У зв'язку з тим, що метрополітени мілкого закладення отримують все більше поширення, вдосконалення тунельної вентиляції - найважливішої ланки системи життєзабезпечення метро – актуальна задача. Ряд заходів, спрямованих на зниження капітальних витрат при спорудженні тунелів, а саме, зменшення діаметрів колійних тунелів, зменшення глибини закладення станцій і спрощення конструкції пішохідних виходів, привів до посилення поршневого ефекту поїздів, що викликають рух повітря - «дуття» в тунелях і на станціях. Однак, незважаючи на актуальність, проблема ослаблення або ліквідації «дуття» на станціях метрополітенів вивчена недостатньо повно. Слід відзначити і той факт, що у діючих метрополітенах з експлуатаційних причин має місце сезонне регулювання повітрообміну, не передбачена проектами і впливає на температурний режим станцій та перегонів. При виникненні несприятливих температурних умов на станціях, і у тунелях ліній метрополітену неминучі суперечки про причини такого становища, для вирішення яких необхідні порівняльні розрахунки або використання загальних закономірностей залежності

температурного режиму від параметрів регульованого повітрообміну. Запропоновані у окремих роботах, наприклад у роботі Цодікова В.Я. [6], заходи проти «дугтя» виявилися малоефективними, особливо, для метрополітенів мілкого закладання, будівництво яких прийняло широкий розмах і у яких «дугтя» істотно інтенсивніше, ніж у метрополітенах глибокого закладання. Для урахування вентиляційних потоків при розрахунку сумарного циркуляційного потоку, Цодіков В.Я. запропонував врахувати швидкість  $C_{вент}$  повітряного потоку

$$C_{вент} = \frac{G_{вент}}{f} = \frac{Q_{наб}}{\left( (I_{кінц} - I_{поч}) - \frac{Q_{наб}}{4G_{ц}} \right) \cdot f}$$

де  $G_{ц} \approx G_{заг} - G_{вент}$ ;  $Q_{наб}$  – теплонадлишки в тунелях, асимільовані повітрям, що подається системою тунельної вентиляції;  $I_{кінц}$  – кінцева, розрахункова тепломісткість повітря в тунелі в кінці розрахункової ділянки станції, з боку якого поїзда входять на станцію, ккал/год;  $I_{поч}$  – початкова, розрахункова тепломісткість зовнішнього повітря, відповідне для теплого періоду року, ккал/кг. При русі поїздів по однокільному тунелю і при роботі примусової системи тунельної вентиляції по поздовжній схемі напрям вентиляційних потоків повітря  $G_{вент}$  збігається з напрямком руху поїздів і циркуляційних потоків  $G_{ц}$ . При цьому на ділянці тунелю між припливної та витяжної вентиляційними установками по ходу руху поїздів відбувається складання циркуляційних потоків повітря з вентиляційними - зовнішніми, примусово поданими в тунель. На ділянці тунелю між витяжною і припливною вентиляційними установками по ходу руху поїздів відбувається віднімання вентиляційних потоків, що видаляються на поверхню витяжної вентиляційної установкою, від сумарної кількості повітря. В роботі [6] показано, що вентиляційні потоки істотно впливають на сумарний перебіг повітряних мас в тунелі і вони повинні бути враховані при аналізі опору рухомого складу. Необхідно відзначити, що в роботах Цодікова В. Я. об'єкт дослідження представляє собою ізолюваний тунель нескін-

ченної довжини, а сама методика розрахунку основного опору враховує тільки стаціонарний характер руху повітря. Отже, для поліпшення санітарно-гігієнічних умов та вироблення раціональних заходів по боротьбі з надзвичайними ситуаціями в метрополітені необхідно вирішити наступні завдання: 1) розробка математичних методів розрахунку і проведення досліджень аеродинамічних характеристик транспортних засобів і тунелів з більш повним урахуванням основних експлуатаційних і конструктивних параметрів; 2) розробка математичних моделей і дослідження впливу різних параметрів на процеси повітрообміну в тунелі з метою зменшення ефекту «дугтя» та забезпечення санітарно-гігієнічних вимог; 3) розробка математичних моделей і дослідження аварійних ситуацій в тунелі, з метою вироблення раціональних заходів по боротьбі з надзвичайними ситуаціями в тунелі (локалізація пожежі, боротьба з поширенням отруйних газів і т.д.).

При проведенні розрахунків [7] з урахуванням нестационарного руху повітряного середовища (рис.1), можна зробити висновок, що неоднорідності повітряного потоку в місцях розташування вентиляційних шахт, а також наявність в тунелі місцевих гідравлічних опорів приводять до змін опору повітряного середовища при русі поїзду в районі входу в тунель, виходу з тунелю, а також при проходженні поїздом вентиляційних шахт.

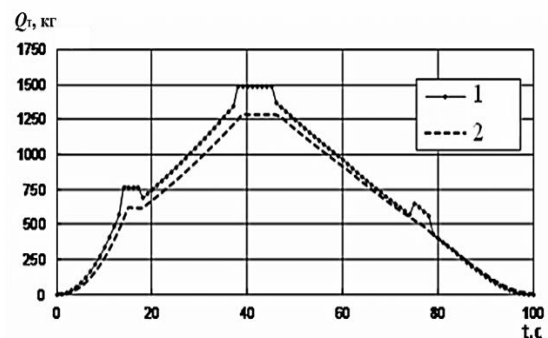


Рис. 1. Залежність опору повітряного середовища від часу з урахуванням (крива 1) та без урахування (крива 2) локальних місцевих гідравлічних опорів



**Висновки**

На підставі розрахункових та експериментальних досліджень з визначення тиску в тунелях Харківського метрополітену зроблені такі висновки:

- потік повітря в тунелях має нерівномірний характер; найбільша нерівномірність повітряного потоку проявляється в районі циркуляційних збійок та вентиляційних шахт; найбільші величини тиску повітря спостерігаються в першій половині тунелю, в напрямку руху поїзду, поступово зменшуючись по мірі наближення до станції;

- пряма залежність між швидкістю руху поїзду та тиском в тунелях спостерігається не на всій протяжності тунелю, особливо різкі зміни тиску спостерігаються після проходження циркуляційних збійок та вентиляційних шахт в першій половині тунелю та незначні – біля циркуляційних збійок, які знаходяться перед виходом рухомого складу на станцію; характер кривих тиску в тунелях не змінюється при зміні кількості поданого повітря тунельної та станційної вентиляції, а змінюється лише величина тиску;

- виявлено розбіжності явної картини руху повітря в зазорі між стінками рухомого складу і тунелем з теоретичною, яка була прийнята раніше; отримано резуль-

тати зміни повітряного опору поїзда по довжині перегону з урахуванням локальних місцевих гідравлічних опорів; виявлено різкі збільшення циркуляції повітряного потоку при руху поїзду в тунелі в районі входу-виходу в тунель, а також при проходженні поїздом вентиляційних шахт.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Бакулин А. С. Организация движения поездов и работа станций метрополитена / А. С. Бакулин, В. А. Пронин, Е. А. Федоров и др. – М. : Транспорт, 1981. – 229 с.
2. СНиП II-40-80. Метрополитены. Госстрой СССР. - М. : Стройиздат, 1981. №2., 73 с.
3. Казаков В. С. О сезонном регулировании воздухообмена в метрополитенах / В. С. Казаков – М. : ЦНИИС, 1987. – 35 с.
4. Арбузов Г. В. Вентиляция тоннелей метрополитенов / Г. В. Арбузов – М. : Из-во ГТЖ, 1950. – 89 с.
5. Юшковский Э. М. Исследование вентиляции метрополитена глубокого заложения при интенсивном движении поездов / Э. М. Юшковский. – Ленинград, 1979 г.
6. Цодиков В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. / В. Я. Цодиков. – М. : Недра, 1975. – 313 с.
7. Грязнова С.А. Метод расчета аэродинамических характеристик системы «тоннель-поезд» / С.А. Грязнова, С.А. Калкаманов, Н.В. Хворост// Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник /Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. - Харків: 2011. – Вип. № 101. – С. 520-527.

УДК 624.21:666.972.16

**Мольский М.М., Якименко М.В., Бутенко**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В строительной практике для ремонта, усиления и восстановления целостности поврежденных конструкций из бетона, кирпича, древесины и металлов широко используются полимерные (синтетические)

материалы. Среди многообразия синтетических материалов и изделий из них особая роль принадлежит клеящим тиксотропным композициям.