

УДК: 628.16.065.2(045)

© **В.О. Повстен**¹, д-р техн. наук., професор;

М.М. Коршун², канд. мед.наук;

Т.І. Дмитруха¹, канд. техн. наук

¹Національний авіаційний університет, м. Київ;

²ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

ЗАХИСТ ЛЮДЕЙ ВІД ВИПАРОВУВАНЬ РТУТІ У ЗАБРУДНЕНИХ НЕЮ ПРИМІЩЕННЯХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розглянута небезпека ртуті для людей та запропонований варіант розв'язання проблеми захисту людей від випаровувань ртуті у забруднених нею приміщеннях. Запропонований пристрій для очищення повітря від пари ртуті.

Ключові слова: випаровування ртуті, токсичність, демеркуризація.

Вступ

Хоча ртуть є дуже небезпечним токсикантом і належить до 1 класу небезпеки (згідно з ГОСТ ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»), вона продовжує широко застосовуватись в різних виробках і технологіях. В результаті недостатньо контрольованого та не завжди обґрунтованого використання ртутних матеріалів в різних галузях господарства дуже часто спостерігаються забруднення ртуттю об'єктів самого різного призначення. Так, наприклад, із 100 нами обстежених різних об'єктів 7 мали у повітрі концентрацію, яка значно перевищувала допустиму [1].

Особлива небезпечність пари ртуті для людей зумовлюється тим, що вона не має ні кольору, ні запаху і може бути виявлена лише за допомогою спеціальних аналітичних засобів і приладів. До того ж навіть насичена пара ртуті істотно не обтяжує повітря, завдяки чому ртуть відносно легко переноситься повітряними потоками на досить великі відстані. Зокрема, забруднене ртуттю повітря може поширюватися з підвальних приміщень на декілька поверхів різних будівель і виявлятися в самих несподіваних місцях, створюючи неабияку небезпеку для людей.

Пара ртуті, яка потрапляє в приміщення, не тільки циркулює у повітрі, але і концентрується в елементах приміщень, утворюючи так звані «вторинні джерела забруднення». Це, зокрема, забруднені ртуттю різні поверхні, меблі, обладнання, скупчення мікроскопічних крапель ртуті в порожнинах будівельних конструкцій, в міжповерхових перекриттях, в щілинах паркету тощо. Між цими джерелами забруднення та повітрям приміщень встановлюється обмін ртуттю (сорбція-десорбція), в результаті чого формується певна «ртутна атмосфера»,

яка протягом тривалого часу створює певний фон, який може негативно вплинути на стан здоров'я людей [2]. Водночас навіть невелика в порівнянні з ГДК_{рз} концентрація пари ртуті у приміщенні може призвести до мікромеркуріалізму – сукупності ознак негативного впливу ртуті. Так, ГДК ртуті у повітрі населених пунктів – 0,0003 мг/м³, а у повітрі робочої зони промислових приміщень – 0,005/0,01 мг/м³, а 1 мг ртуті у вигляді рівномірного розповсюдження пари забруднює атмосферне повітря в об'ємі більше 3 тис. м³.

Існуючі методи демеркуризації, як правило, є недостатньо ефективними, оскільки ртуть знаходиться повсюдно та нерідко в глибинних шарах конструкцій (меблів) приміщення. Так, значним недоліком механічної демеркуризації є те, що вона не забезпечує повного видалення ртуті із забруднених поверхонь, оскільки певна її кількість залишається в щілинах, нерівностях та інших недоступних для видалення місцях. До недоліків хімічного способу демеркуризації належить досить висока токсичність і корозійна активність реагентів, що застосовуються. Наслідками негативного впливу цих реагентів на елементи приміщень є зміна фактури їх матеріалів і їх руйнування, а також руйнування приладів і апаратури, що знаходяться в цих приміщеннях. Суттєвим недоліком цього способу також є неповне видалення ртуті у разі її глибокого проникнення у елементи і вироби, які від неї очищуються. При термічній демеркуризації відбувається нагрівання об'єктів приміщення до досить високої температури, що може призвести до їх пошкодження, та існує ймовірність розповсюдження пари ртуті у приміщенні внаслідок її видалення з вторинних джерел.

Інтенсивне поглинання пари ртуті різними матеріалами, висока здатність ртуті подрібнюватись на дрібні краплі, проникати у будь-які мікротріщини і щілини дуже ускладнює досягнення необхідного рівня демеркуризації приміщень. Тому для забезпечення цього рівня нерідко доводиться видаляти з приміщень всю штукатурку, підлогу, вікна і все, що знаходиться в приміщеннях. Саме тому ртуть умовно визнана забруднювачем номер один, щодо якого поставлене завдання суттєво зменшити масштаби її застосування [3].

Постановка завдання

Завданням цієї роботи є визначення шляхів розв'язання проблеми захисту людей від випаровувань ртуті у забруднених нею приміщеннях різного призначення, виходячи із сучасного стану розробки даної проблеми і технічних можливостей сьогодення.

Розв'язання поставленого завдання

Оскільки умови експлуатації й утилізації розрядних джерел світла (ДС) зі вмістом ртуті і в першу чергу люмінесцентних лам (ЛЛ) не забезпечують зберігання їх цілісності, а застосовуються вони повсюдно, то саме ці ДС виявилися істотною причиною ртутного забруднення багатьох приміщень і навколишніх територій. Водночас ретельна демеркуризація приміщень від ртутних забруднень є складною і, як правило, не проводиться, та ефективність її через надто глибоку проникненість ртутної пари у різні об'єкти є недостатньою.

В умовах, що склалися, можна вважати, що найбільш ефективним способом захисту людей від негативного впливу ртуті у забруднених нею приміщеннях залишається регулярне

очищення повітря цих приміщень від пари ртуті (зниження її концентрації). При цьому зменшення концентрації пари ртуті у повітрі забруднених нею приміщень шляхом регулярних тривалих провітрювань цих приміщень не можна вважати допустимим, оскільки вони призводять до ртутних забруднень сусідніх територій. До того ж, зокрема взимку, часті і тривалі провітрювання приміщень, де постійно перебувають і мешкають люди, можуть призводити до надмірних їх охолоджень і втрат теплової енергії. Але досягти достатнього очищення повітря приміщень від ртуті, хоча саме приміщення і залишається забрудненим нею, можна за допомогою спеціальних очищувальних пристроїв. Будова і дія одного з таких пристроїв описана нижче.

Одним з ефективних способів очищення повітря від ртуті є конденсація її пари за рахунок охолодження. При цьому, як відомо, усталені значення концентрації пари ртуті у повітрі (коли вона стає насиченою) визначаються температурою найхолодніших ділянок приміщень (значення цих концентрацій наводяться у довідниках). У зимовий період, зокрема, найхолоднішими ділянками приміщень зазвичай є шибки вікон, які тому інтенсивно і запотівають.

Накопичування пари ртуті у повітрі непровітрюваних приміщень внаслідок випаровування ртуті відбувається за закономірністю, яка наближається до експоненціальної. Остання в роботі [4] представлена у вигляді:

$$\tilde{n} = \tilde{n}_y - (c_y - c_i) e^{-\frac{\tau}{T_{\text{ек}}}}, \quad (1)$$

де c – поточне значення концентрації пари ртуті у повітрі приміщення (в момент часу τ), а c_y – усталене її значення (при температурі найхолоднішої ділянки приміщення); c_i – початкова концентрація пари ртуті у повітрі приміщення (в момент часу, який прийнятий за початковий ($\tau = 0$)); $T_{\text{ек}} = \frac{V_{\text{пр}} c_y}{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}$ – постійна (стала) часу величина, яка в роботі [4] була названа постійною часу ртутної безпеки; $W_{\text{вип}}$ – швидкість випаровування ртуті при її температурі в приміщенні; а $S_{\text{вип}}$ – площа випаровування ртуті.

Для захисту людей від випареної ртуті, яку вони вдихають разом з повітрям, потрібно, щоб концентрація цієї пари у повітрі приміщень не перевищувала її ГДК $C_{\text{ГДК}}$ ($C \leq C_{\text{ГДК}}$).

Найчастіше для теплих приміщень $C_{\text{ГДК}} \ll C_y$. При цьому проміжок часу $\tau_{\text{ГДК}}$, протягом якого концентрація пари ртуті у непровітрюваному приміщенні може поступово зростати від початкової c_i до гранично допустимої $C_{\text{ГДК}}$,

$$\tau_{\text{ГДК}} \approx T_{\text{ек}} \frac{\tilde{n}_{\text{ГДК}} - \tilde{n}_i}{\tilde{n}_o - \tilde{n}_i} = \frac{V_{\text{пр}} \tilde{n}_o}{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}} \cdot \frac{\tilde{n}_{\text{ГДК}} - \tilde{n}_i}{\tilde{n}_o - \tilde{n}_i} \quad (2)$$

Отримане це просте співвідношення (2), виходячи із співвідношення (1), коли $C_{\text{ГДК}} \ll C_y$.

У разі розгерметизації ЛЛ у приміщеннях проміжок часу $\tau_{\text{ГДК}}$, коли ці приміщення ще можна вважати відносно безпечними щодо ртутних випаровувань, є досить тривалим. Як показують розрахунки і досвід, він може складати години, тижні і бути значно тривалішим. Пояснюється це, зокрема, малою поверхнею випаровування ртуті $S_{\text{вст}}$, оскільки малою є кількість ртуті в ЛЛ, хоча вона і здатна легко подрібнюватись на дуже мілкі кульки.

Отже, достатньо, щоб очищувальний пристрій працював у забрудненому ртуттю приміщенні не увесь час, а періодично, швидко зменшуючи концентрацію пари ртуті у його повітрі до значень, які є значно нижчими за її ГДК. Періодичні вмикання і вимикання очищувального пристрою можна здійснювати автоматично, а тривалість роботи і пауз у роботі відповідно регулювати.

Оскільки одним з ефективних способів позбавлення забрудненого парами ртуті повітря від цієї пари є її конденсація шляхом охолодження, у запропонованому очищувальному пристрої застосовується електрична мініхолодильна (морозильна) камера з невеликими отворами для проходження через неї забрудненого повітря. Живиться ця камера від звичайної електричної мережі з напругою 220 В. Працює вона в режимі звичайного холодильника і має порівняно з ним значно меншу потужність.

Протягування повітря через холодильну камеру у цьому пристрої здійснюється коронним електричним розрядом, який, як відомо, створює так званий «іонний вітер». При цьому цей коронний розряд утворюється безпосередньо у самій холодильній камері пристрою.

Коронуючі електроди (катоди) цього пристрою виконані у вигляді дуже тонких циліндричних ниток з електропровідного матеріалу діаметром не більше декількох десятків міліметрів для того, щоб електричний розряд біля них був коронним (напруженість електричного поля біля них повинна досягати $3 \cdot 10^6$ В/м). У холодильній камері також встановлюються осаджувальні електроди, яким надається позитивна (плюсова) полярність. Вони у пристрої виконують роль анодів і встановлюються з певним нахилом для переміщення з них крапель сконденсованої пари у призначену для цього ємність. Електрична потужність, яка необхідна безпосередньо для створення самого коронного електричного розряду в холодильній камері, не перебільшує 10...15 Вт, тобто є дуже малою.

«Іонний вітер» забезпечує протягування повітря разом з будь-яким забрудненням від коронуючого катода до некоронуючого анода, завдяки чому ця протяжка відбувається без застосування будь-яких насосів чи інших механічних пристроїв. Вільні електрони, що з'явилися у зоні коронного розряду, під дією електричного поля (сили $F_e = -e_e E$, де E – напруженість електричного поля в місці знаходження розряду, e_e – заряд електрона) рухаються у бік іншого електрода (анода). Як встановлено, під час цього руху вони пристають до нейтральних молекул повітря, пари і різних твердих і рідких домішок, у тому числі металевих, і таким чином заряджають їх негативним (мінусовим) зарядом. У результаті вони вимушено під дією електричного поля (сили Кулона) рухаються у бік анода. Саме на цьому фізичному явищі заснований електроєфлювальний метод О.Л. Чижевського (в лампах і люстрах Чижевського).

Оскільки під час руху заряджені в зоні коронного розряду молекули повітря і різні домішки на своєму шляху пружно зіштовхуються з тими молекулами і домішками, що залишилися нейтральними, вся маса повітря рухається у бік анода і тим швидше, чим вищою є напруженість електричного поля у зоні руху. У результаті охолодження забруднене парою ртуті повітря очищується від неї і надходить у приміщення, де знову поступово забруднюється ртуттю до концентрації, яка не перебільшує ГДК. Періодичною роботою пристрою забезпечуються мінімальні витрати електроенергії, зумовлені застосуванням пристрою.

Висновки

Враховуючи масове забруднення ртуттю об'єктів різного призначення, захист людей від випаровування ртуті, а також попередження отруєнь людей нею набули особливої актуальності. Найшвидше досягти певного розв'язання даної проблеми в умовах, що склалися у зв'язку з широким застосуванням ЛЛ, можна наступним чином:

1. Створити ефективну систему інформації населення про ситуацію, що склалася зі ртутним забрудненням приміщень різного призначення через навчальні заклади, промислові підприємства, засоби масової інформації;
2. Налагодити серійний випуск приладу, який забезпечує очищення повітря приміщень від пари ртуті до значень її концентрації, які є нижчими за ГДК, незважаючи на те, що забруднення приміщень довгий час може залишатись і не демеркуризованим. Запропонована будова такого приладу і обґрунтований принцип його дії.
3. Налагодити безкоштовну і контрольовану систему демеркуризації цих очищувальних приладів.

Список використаної літератури

1. Повстен В.О. Підвищення ефективності та безпечності демеркуризації забруднених ртуттю приміщень, різних предметів і речей / В.О. Повстен, Т.І. Дмитруха // Електроніка та системи управління. – 2005. – № 3. – С. 160–163.
2. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. – К.: Вища школа, 1990. – 232 с. – (Гигиенические и экологические аспекты).
3. Коршун М.Н. Гигиенические аспекты ликвидации последствий эксплуатации ртутных производств. М.Н. Коршун, Л.М. Краснокутская, И.Л. Куринный, А.А. Узбеков и др. // Современные проблемы гигиены, экологии и охраны здоровья. Тезисы докл. XII съезда гигиенистов Украины. – Киев, 1991. – С. 196–197.
4. Дмитруха Т.І. Зменшення ртутної небезпеки приміщень в разі руйнування в них джерел оптичного випромінювання / Т.І. Дмитруха // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 4. – С. 121–124.

Стаття надійшла до редакції 24.01.14 українською мовою

© В.А. Повстень, М.М. Коршун, Т.И. Дмитруха

**ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ ОТ ИСПАРЕНИЙ РТУТИ
В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЕЮ ПОМЕЩЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Рассмотрена опасность ртути для людей и предложены пути решения проблемы защиты людей от испарений ртути в загрязненных помещениях. Предложено устройство для очистки воздуха от паров ртути.

© V.A. Povsten, M.M. Korshun, T.I. Dmytruha

**PEOPLE PROTECTION FROM MERCURY EVAPORATION
IN THE POLLUTED PREMISES**

The mercury hazard for people is studied and solutions to the problem of people protection from mercury evaporation in the polluted premises are proposed. The device for air cleaning from mercury vapor is designed.