

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ЗОНТІВ ТА ПАНЕЛЬНИХ ВІДСМОКТУВАЧІВ

© Довбуш О., Жуковський С., 2005

The results of analysis ventilation umbrellas and panel suckers of local exhaust ventilation are presented in this article. Resulted charts and constructions of separate devices, their advantages and failings are analysed. Outlined directions of improvement of efficiency of local suckers.

Постановка проблеми. Забезпечення чистоти повітря є однією з найважливіших умов покращання здоров'я людини. Промислові підприємства забруднюють не тільки довкілля, а й внутрішнє повітря виробничих приміщень. Тому з метою забезпечення параметрів повітря в місцях праці або в робочій зоні необхідно мінімізувати розповсюдження забрудників у внутрішньому повітрі. Насамперед вирішення таких проблем пов'язане із застосуванням витікальної місцевої вентиляції з відсмоктувачами різних конструкцій, в тому числі і удосконалених з оптимізованою повітропродуктивністю і підвищеною ефективністю всмоктувальних струменів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За розміщенням щодо джерел виділень забрудників і конструкційним вирішенням відсмоктувачі поділяються на три групи:

- відкриті – вентиляційні зонти і ковпаки, бортові відсмоктувачі зі щілинними отворами, всмоктувальні панелі і лійки;
- напіввідкриті – вентиляційні шафи і кабінки, локалізатори систем транспортувальної вентиляції;
- закриті повністю – камери, щільні укриття (повні оббудови), кожухи.

Найнефективнішими є повністю закриті відсмоктувачі, за наявності яких максимально мінімізується поширення забрудників у внутрішньому повітрі. Але вони використовуються там, де обмежений доступ людей в технологічний процес.

Відсмоктувачі напіввідкритого типу, наприклад, вентиляційні шафи, є економічнішими і ефективнішими завдяки наявності бокових стінок. Вентилювана шафа має переважно один або декілька технологічних отворів. Швидкість перетікального через технологічний отвір шафи повітряного потоку завжди повинна перевищувати швидкість дифузії забрудників у внутрішнє повітря.

Відкриті відсмоктувачі використовуються у випадках, спричинених особливостями виробничих процесів.

Відомо, що ефективність відкритих відсмоктувачів залежить від їх конструкції і геометричних характеристик, місця розміщення відносно джерела забрудників, швидкостей і їх рівномірності у вхідному отворі, рухомості внутрішнього повітря в просторі між відсмоктувачем і джерелом забрудників.

Згідно з даними В.В. Батуріна [1] ефективність вентиляційного зонта залежить від кута розкриття корпусу, який визначально впливає на рівномірність поля швидкостей у площині вхідного отвору.

Т.А. Фіалковська у [2] зазначила, що підвищення ефективності зонта досягається за рівномірного розподілу швидкостей в площині вхідного отвору. Більш рівномірне поле швидкостей спостерігається у зонтів з кутом розкриття корпусу 60° і менше, оскільки чим більший кут розкриття, тим більша швидкість в центрі отвору з різким її зменшенням при наближенні до країв зонта. На зміну відносної осьової швидкості повітряного струменя $\frac{v_{oc}}{v}$ (де v – середня швидкість

в площині вхідного отвору зонта, v_{oc} – поточна осьова швидкість струменя), з віддаленням від вхідного отвору від 0 до $0,4d$ (де d – діаметр вхідного отвору), впливає тільки кут розкриття корпусу зонта φ , а його висота і форма поперечного перерізу практичного впливу не мають [3, 2].

Починаючи з відстані від $0,4$ до $0,5d$ і більше, зміна швидкостей $\frac{v_{oc}}{v}$ для усіх класичних зонтів майже однакова. Повітропродуктивність зонта визначають, виходячи з витрати підтікального до зонта потоку забрудників [4, 5, 6]. Для підвищення ефективності вловлювання забрудників по краях зонта рекомендується встановлювати вертикальний борт розміром $0,1...0,2$ м. Розміри нижніх твірних корпусу класичного зонта повинні перевищувати відповідні розміри джерела забрудників, а якщо зонт призначений для всмоктування повітряного потоку з густиною, що дорівнює густині навколишнього повітря, то вони приймаються такими, що дорівнюють розмірам поперечного перерізу підтікального забрудненого повітряного струменя [1, 2].

Основними недоліками класичних вентиляційних зонтів є:

- велика повітропродуктивність завдяки великій площі вхідного отвору зонта та підтіканню навколишнього повітря;
- нерівномірність швидкості у вхідному отворі;
- обмежена зона дії, яка пов'язана з розмірами вхідного отвору.

Крім того, Т.А. Фіалковська, О. Тимофєєва, В.В. Батурін [7, 8, 9, 2] вважають, що причиною низької ефективності вловлювання зонтами забрудників є вплив рухливості внутрішнього повітря. За рекомендацією [10] розміри зонтів корегуються залежно від швидкості потоків внутрішнього повітря ω_l . Ефективність вловлювання забрудників забезпечується у разі, коли поле швидкостей у вхідному отворі зонта буде рівномірним, а середня швидкість буде достатньою для унеможливлення впливу рухливості внутрішнього повітря на напрямок потоку забрудників. За великих розмірів нагрітого джерела забрудників висота зонта, з врахуванням кута при вершині 60° , деколи сягає кількох метрів, що спричиняє великі незручності під час їх розміщення і заміни обгорілих конструкційних елементів. Для зменшення цієї висоти один великорозмірний зонт замінюється декількома меншими з кутом розкриття корпусу до 60° [1], що призводить до перевитрати металу і збільшення експлуатаційних затрат.

Незважаючи на значну конструкційну різноманітність вентиляційних зонтів їм властива значна повітропродуктивність, хоча при цьому не завжди забезпечуються належні мікрокліматичні умови в робочій зоні. Ефективність відсмоктувачів відкритого типу, що розміщені над джерелами теплоти, збільшується з наближенням повітровхідних отворів до місць утворення забрудників і їх розміщенням перпендикулярно до осі пилігазового потоку. Позитивний ефект досягається також під час встановлення у вхідному отворі конструкційних елементів, що зменшують його живий переріз і збільшують швидкість всмоктування. Без обмеження зони всмоктування можна досягнути зменшення площі всмоктувального отвору і повітропродуктивності [1, 11, 12].

На думку В.Н. Посохіна [12, 13], ефективною є конструкція відсмоктувача з керованим профілем швидкості у вхідному отворі. Для зниження впливу горизонтально спрямованих потоків внутрішнього повітря рекомендуються підвісні штори і відкидні фартухи [7, 14].

Аналіз можливих умов використання відсмоктувачів показує, що незважаючи на значну кількість досліджень і конструкційних пропозицій проблема підвищення ефективності відсмоктувачів відкритого типу, в тому числі вентиляційних зонтів, є актуальною.

При проектуванні вентиляційних зонтів повинні враховуватись такі чинники:

- вентиляційний зонт не повинен заважати роботі працівника і спричиняти зниження продуктивності праці;
- забруднювальні речовини, що виділяються під час технічних процесів, не повинні перемішуватись через зону дихання працівників;
- конфігурація вхідного отвору зонта повинна відповідати формі потоку, що утворюється джерелом забрудників;
- зонт повинен бути легким в обслуговуванні.

Конструкційні особливості та ефективність панельних відсмоктувачів. Для забезпечення ефективного вловлювання забрудників за допомогою панельного відсмоктувача (рис. 1, а, б) швидкості в його живому перерізі рекомендується приймати від 4 до 8 м/с. Часто ці панельні відсмоктувачі встановлюються групою над рухомих джерелом забрудників (рис. 1, а) [9, 15]. Якнайповніша локалізація забрудників панеллю А.С. Чернобережського відбувається за її повітропродуктивності 3300 м³/год повітря на 1 м² площі всмоктувальних отворів. Підтікання повітря до панелі відбувається зі всіх боків, якщо зона всмоктування не має бокових обмежників. За таких умов витрата витікального повітря перевищує його витрату в потоці із забрудниками.

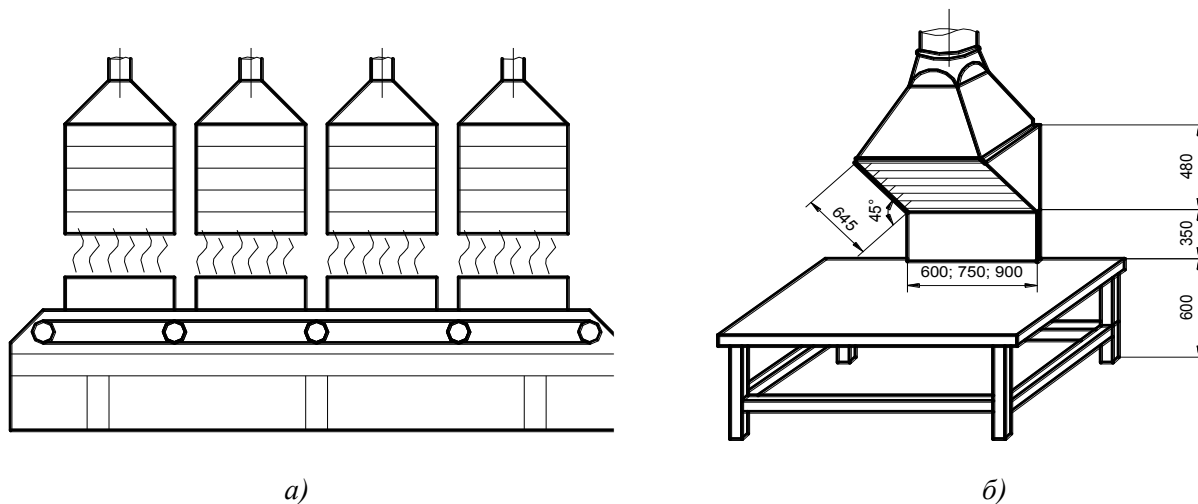


Рис. 1. Панельні відсмоктувачі А.С. Чернобережського [59]: а – групові; б – одинарний

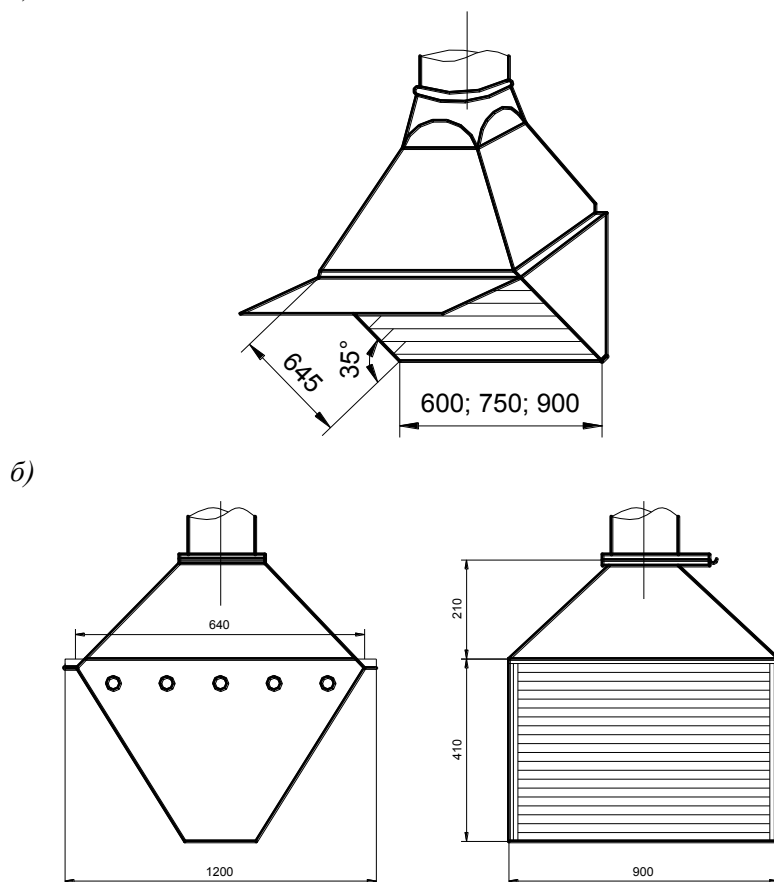


Рис. 2. Панельні відсмоктувачі “ЛИОТ”:
а – поворотно-підйомний “ЛИОТ-2”; б – двосторонній поворотний “ЛИОТ-1”

Розроблено багато типових конструкцій панельних відсмоктувачів, аналогічних до конструкції А.С. Чернобережського, наприклад, типу “ГПИ Сантехпроекту”, Ленінградського інституту охорони праці “ЛИОТ-1”, “ЛИОТ-2” тощо (рис. 2, а, б).

У верхній частині панельного відсмоктувача (рис. 2, а) передбачено горизонтальний дашок, а площа всмоктувального отвору розміщується під кутом 35° до вертикалі [16, 9, 17]. Обидва відсмоктувачі (рис. 2 а, б) мають засоби для повороту і підйому. За таким самим принципом створений поворотно-підймальний панельний відсмоктувач “ГПИ Сантехпроекту”. Він відрізняється від попередніх конструкційних розв’язань використанням вентиляційної ґратки з вертикальними щілинними отворами. Під час зварювання деталей великих розмірів зварювальний факел вловлюється не повністю, а ефективність вловлювання зростає при наближенні відсмоктувача до місця зварювання. Рекомендована витрата повітря для панельних відсмоктувачів “ЛИОТ-1” і “ЛИОТ-2” досягає $9900 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 габаритної площі ґратки. Коефіцієнт місцевого опору відсмоктувачів, віднесений до швидкості в приєднувальному патрубку, $\xi = 1,6$.

Панельний відсмоктувач Л.В. Кузьміної має вигляд чотирикутного короба з прямокутними щілинними отворами, розміщеними вище від джерела забрудників на $(0,5 \dots 1,5) B$ (рис. 3, а, б) [18, 19]. Він використовується в місцях вибивання литва з піскових форм, стрижнів з виливок і заливки металу у форми. Відсмоктувач розміщується збоку на деякій відстані від джерела забрудників. Нижній край всмоктувального отвору повинен бути розміщений не нижче від верху джерела забрудників, а висота відсмоктувача повинна перевищувати висоту джерела на розмір, не менший від ширини джерела. Для зменшення кількості підтікального повітря передбачено екран (рис. 3, б). Відхилення теплового конвективного потоку в напрямку всмоктувальних отворів можливе за підвищеної витрати повітря порівняно з верхнім розміщенням відсмоктувача по осі потоку.

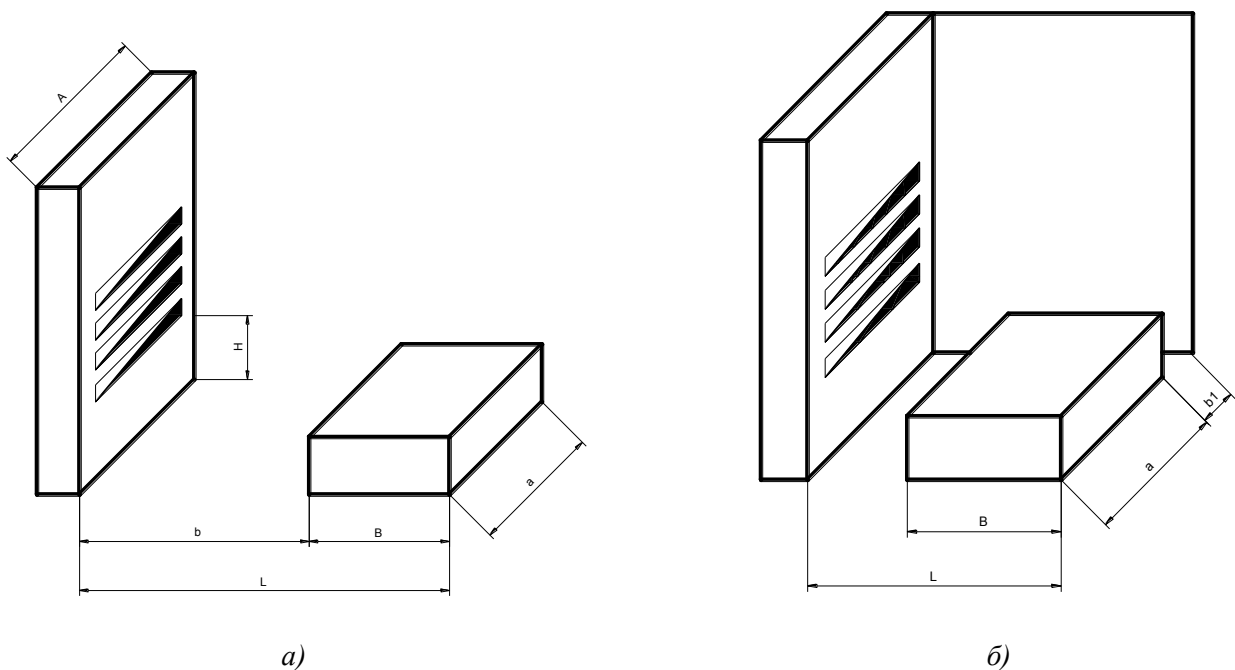


Рис. 3. Боковий відсмоктувач А.В.Кузьміної [5]: а – без екрана; б – з екраном

Конструкційні особливості та ефективність вентиляційних зонтів. Конструкційна схема традиційного вентиляційного зонта зображена на рис. 4.

Основною його перевагою є простота конструкції, а основним недоліком – велика площа вхідного отвору, яка приблизно в 1,5 раза перевищує площу джерела забрудників, а, отже, і велика повітропродуктивність.

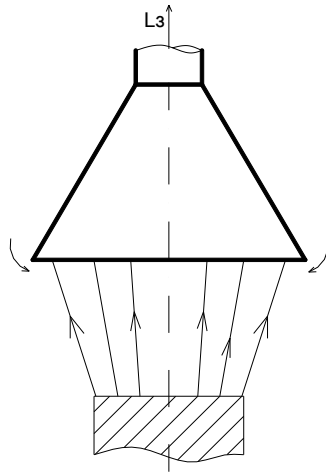


Рис. 4. Традиційний вентиляційний зонт

Відомі вентиляційні зонти активовані повітряно-струменевими заслонами джерел забрудників, наприклад, вентиляційні зонти конструкції Ю.А. Іванова [14] (рис. 5, і 6, а) [23] та інші [20, 21, 22, 19]. За допомогою повітряно-струменевих заслонів джерело забрудників повністю або частково ізолюється від навколишнього середовища, а забрудники, що виділяються, ежектуються притікальними повітряними струменями, які скеровані у вхідний отвір зонта. У деяких випадках для зменшення повітропродуктивності у вентиляційному зонті передбачають центральну вставку або екран. За таких конструкційних розв'язань площа вхідного отвору зонта $F_z \leq F_{джерела}$.

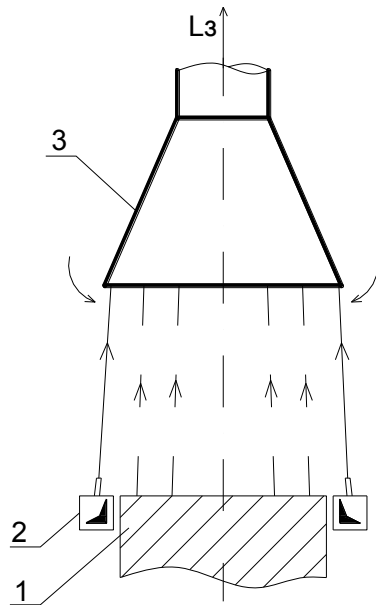


Рис. 5. Схема вентиляційного зонта, активованого притікальними повітряно-струменевими заслонами джерела забрудників [24]: 1 – джерело теплогазовиділень; 2 – повітророзподільник рівномірної витрати з боковим циліндричним отвором; 3 – вентиляційний зонт

Перевагами вентиляційних зонтів, зображених на рис. 5 і 6, є локалізація забрудників над джерелом їх утворення, є менші розміри порівняно з класичним зонтом, розміри вхідного отвору і, відповідно, повітропродуктивність, а недоліками – затікання повітря зверху по корпусу зонта та наявність системи притікальної вентиляції.

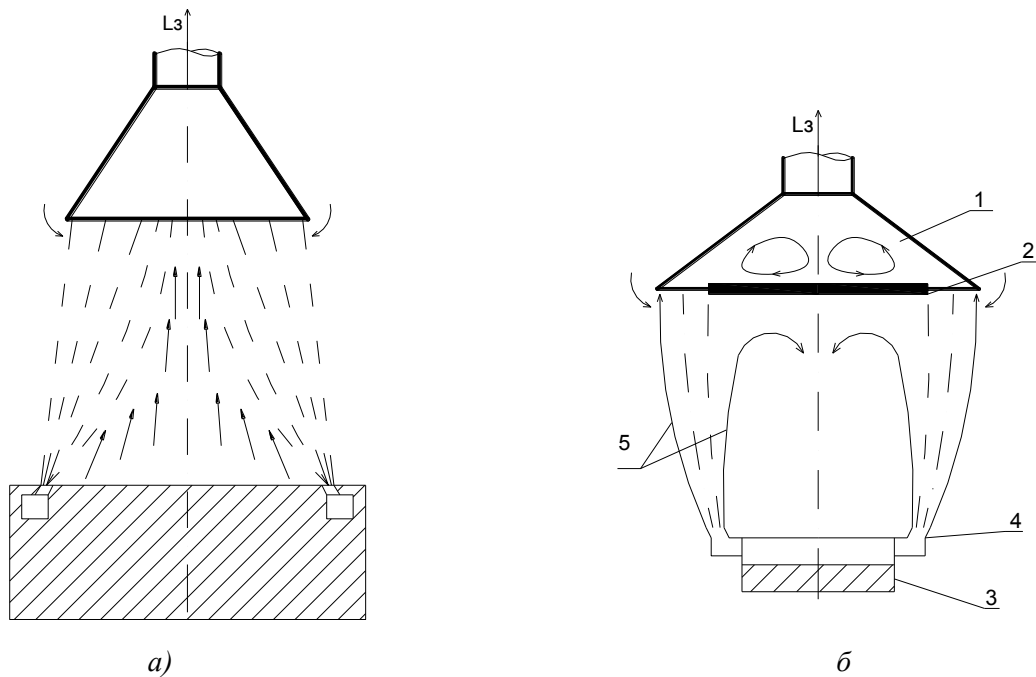


Рис. 6, а – схема вентиляційного зонта, активованого піддуванням по периметру джерела [23]; б – схема вентиляційного зонта з центральною вставкою-екраном, активованого кільцевою повітряно-струменевою заслоною: 1 – корпус зонта; 2 – вставка - екран; 3 – джерело забруднення; 4 – кільцевий повітророзподільник зі щільним отвором; 5 – границі притікального потоку

Наявність вставки-екрана спричиняє зменшення повітропродуктивності і утворення зон завихрення до і після неї, тобто деяке збільшення місцевих втрат тиску.

Деякі автори пропонують конструювати відсмоктувачі в такий спосіб, щоб профілі швидкості всмоктування і підтікального потоку були ідентичними [12].

На рис. 7 зображено конструкційну схему вентиляційного зонта з активним центром. Така конструкція вентиляційного зонта є малоефективною, а його металомісткість збільшується.

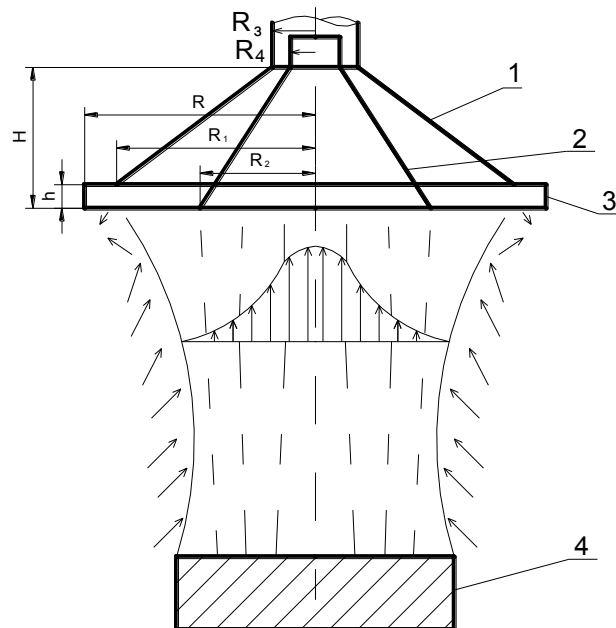


Рис. 7. Вентиляційний зонт з активним центром [12]: 1 – корпус зонта; 2 – порожниста конічна вставка; 3 – кільцевий відступ; 4 – джерело теплогазовиділень

Таке конструкційне вирішення вентиляційного зонта дає змогу уникнути зони завихрення на вході у зонт, а наявність борта h дещо зменшує підтікання навколишнього повітря. Недоліком зонта є його складна конструкція та велика металомісткість.

Висновки. Проведений аналіз ефективності вентиляційних зонтів та панельних відсмоктувачів дає змогу стверджувати:

- значна різноманітність конструкційних розв'язань вентиляційних зонтів не спричинилась до істотного зменшення їх основних недоліків, а саме: підвищеної повітропродуктивності, в тому числі і з причини підтікання повітря з понад корпусу; нерівномірності швидкості у вхідному отворі; обмеженій зоні дії; впливу рухливості внутрішнього повітря;
- вентиляційні зонти, активовані повітряно-струменевими заслонами, добре локалізують розповсюдження забрудників в приміщення, але не зменшують затікання повітря зверху по корпусу. Їх основним недоліком є наявність системи притікальної вентиляції;
- основним недоліком панельних відсмоктувачів, особливо бокових, є підвищена повітропродуктивність;
- для мінімізації впливу основних недоліків вентиляційних зонтів та панельних відсмоктувачів необхідні їх подальші конструкційні удосконалення.

1. Батурич В.В. *Основы промышленной вентиляции*. – М., 1956. 2. Фиалковская Т.А. *Вытяжные зонты и шкафы*. – М., 1947. 3. Бромлей М.Ф., Красилов Г.И. *Отопление и вентиляция чугунолитейных заводов*. – М., 1954. 4. Абрамович Г.Н. *Теория турбулентных струй*. – М., 1960. 5. Гримитлин М.И., Смирнова Г.А., Филатов В.И. и др. *Вентиляция и отопление цехов переработки пластмас*. – Л., 1983. 6. Прандтль Л. *Гидромеханика*. – М., 1951. 7. Батурич В.В., Эльтерман В.М. *Аэрация промышленных зданий*. – М., 1963. 8. Реттер Э.И., Стриженев С.И. *Аэродинамика зданий*. – М., 1968. 9. Тимофеева О.Н. и др. *Местная вытяжная вентиляция при электросварочных работах*. – М., 1961. 10. Максимов Г.А. *Отопление и вентиляция*. – М., 1968. Ч.2. – 463 с. 11. Кузмина Л.В. *Исследования работы боковых отсосов от горячего оборудования (простых и активированных): Автореф. дис... канд. техн. наук*. – М., 1963. – 20 с. 12. Посохин В.Н. *Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования*. – М., 1984. 13. Посохин В.Н. *Экспериментальная проверка методов наложения используемых при анализе взаимодействия спектра всасывания с приточной струей // Водоснабжение и санитарная техника*. – 1974. – №1. – С.23–25. 14. Иванов Ю.А. *Исследование кольцевых воздушно-струйных ограждений источников вредности и рабочих зон: Автореф. дис... канд. техн. наук*. – К., 1982. – 23 с. 15. Шепелев И.А. *Аэродинамика воздушных потоков в помещении*. – М., 1978. 16. *Рекомендации по расчету отсосов от оборудования, выделяющего тепло и газы*. – М., 1983. 17. Фиалковская Т.А., Шифман Г.М. *Оздоровление условий труда при пульверизационной окраске в машиностроении*. – М., 1954. 18. Кузмина Л.В. *Метод расчета боковых отсосов от горячего оборудования // Науч. раб. инстр. охр. труда ВЦСПС*. – М., 1964. – №2 (28). – 115 с. 19. Староверов И.Г. *Справочник проектировщика*. – М., 1978. – Ч.2. – 509 с. 20. АС №523250 (СССР). *Устройство для отбора и удаления паров и газов/ Г.И. Фейген*. – Оубл. в УкрНИИТ, 1974. – №7. 21. Патент 3890887 (США). *Вытяжной зонт*. – Оубл. в УкрНИИТ, 1975. – №17. 22. Патент 2133285 (Франция). *Способ улавливания газов и применяемое устройство*. – Оубл. в УкрНИИТ, 1972. – №23. 23. Сенатов И.Г. *Санитарная техника в общественном питании*. – М., 1973. 24. *Требования к конструкциям и расчетам теплогазоулавливающих устройств*. – Свердловск, 1981.