

РОЗРАХУНОК НИЖНЬОГО МІСЦЕВОГО ВІДСМОКТУВАЧА ВИБИВНИХ РЕШІТОК ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ

Одним із перспективних напрямів по створенню нових конструкцій місцевих відсмоктувачів (МВ) вентиляції вибивних решіток в ливарних цехах є відсмоктувачі по принципу “видалення вниз”. Їх перевага в тому, що забруднений конвективний факел при вибиванні опок під дією розрідження в підрешітковому бункері зупиняється на деякій висоті, повертається в протилежному напрямку і видаляється під решітку, не надходячи в робочу зону — зону дихання оператора-вибивника. Даний тип відсмоктувачів зменшує вірогідність забруднення атмосфери цеху, що, в свою чергу, призводить до зниження повітрообмінів і економії тепло- і електроенергії.

Взявши до уваги переваги нижніх відсмоктувачів розроблена вентиляційна камера для видалення шкідливостей [1], яка становить відсмоктувач напівзакритого типу, відображаючий складну систему взаємодії моделюючого конвективного факела і відсмоктувача (рис. 1)

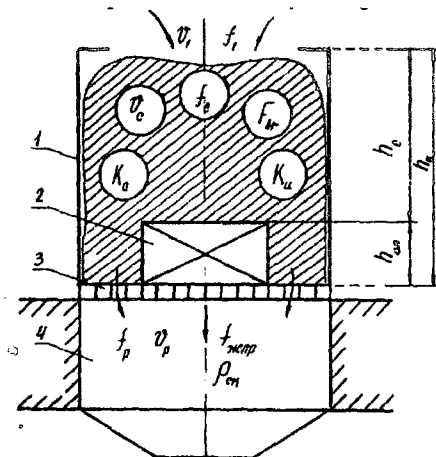


Рис.1. Схема вентиляції вибивної решітки ливарного цеху:

1 — вентиляційна камера напівзакритого типу; 2 — опока, яка вибивається; 3 — вибивна решітка; 4 — приймальний бункер горілої землі

Основною задачею розрахунку місцевих відсмоктувачів є визначенням їх продуктивності по повітрю з урахуванням можливих вхідних факторів.

На підставі експериментальних і аналітичних досліджень процесів взаємодії конвективних факелів при вибиванні опок на механічних вибивних решітках з місцевими відсмоктувачами у вигляді вентиляційних камер напівзакритого типу, розроблена інженерна методика розрахунку вентиляції вибивних решіток ливарних цехів. Ця методика може використовуватись для нового будівництва, реконструкції і перевіірочних розрахунків при інженерному обстеженні відсмоктувачів. Методика дає змогу розраховувати продуктивність МВ для відкриторозташованої і закритої у вентиляційну камеру напіввідкритого типу вибивної решітки з опокою. Вона дозволяє враховувати вплив на роботу МВ таких факторів: геометричних розмірів відливки, опоки, вибивної решітки, венткамери; об'єму формувальної землі в опоці; температури відливки і внутрішнього повітря у вибивному відділенні; часу вибивання опоки; швидкості розповсюдження і перевертання конвективного факела; висоти перевертання факела; рухомості горизонтальних повітряних потоків цеху.

Виділяються дві задачі розрахунку місцевої вентиляції вибивних решіток:

- визначення продуктивності по повітрю нижнього МВ, коли опока розташована відкрито на вибивній решітці;
- визначення продуктивності по повітрю МВ у вигляді вентиляційної камери напіввідкритого типу.

Перша задача має місце при проектуванні, коли технологічний процес передбачає вибивання відливок невеликих розмірів із співвідношенням площі опоки в плані з решіткою 1:3 і при неможливості влаштування поверхневих конструкцій МВ.

В основу розрахунку прийнята залежність швидкості перевертання конвективного факела, яка достатня для зупинки, перевертання і видалення його в підрешітотний бункер

$$V_1 = 1,41 \sqrt{\frac{f_{оп}}{f_1} \left\{ \frac{\Delta p}{\rho_b} \cdot g \cdot h_c + \frac{\rho_c}{\rho_b} \left[\left(\frac{V_{ГЗ}}{\tau_b \cdot f_{ЖПР}} \right)^2 + V_c^2 \right] \right\}}, \quad (1)$$

де $f_{оп}$ – площа опоки в плані, м²; f_1 – площа входу повітря в вентиляційну камеру в площині всмоктування, м², (для відкритих МВ $f_1 = f_p$,

де f_p — площа решітки в плані, м^2 ; $\Delta\rho = \rho_v - \rho_c$, кг/м^3 , ρ_v — густина повітря в робочій зоні вибивного відділення; ρ_c — густина повітря в конвективному факелі, яка визначається по середній температурі в перехідному перерізі t_c ; h_c — висота перевертання конвективного факела, м ; $V_{ГЗ}$ — об'єм горілої землі, м^3 ; τ_v — час вибивання опоки, с ; $f_{жвп}$ — площа живого перерізу решітки, м^2 ; V_c — середня по кількості руху швидкість в конвективному факелі, м/с .

Залежність (1) зв'язує швидкість перевертання конвективного забрудненого факела з факторами МВ і факела.

Початкові дані для рішення першої задачі такі: розміри відливки ($d_{\text{від}}$; $h_{\text{від}}$); вибиваючої опоки ($d_{\text{оп}}$; $h_{\text{оп}}$); вибиваючої решітки (f_p ; f_{pp}); теплова потужність джерела ($Q_{\text{від}}$); час вибивання опоки (t_v); рухомість внутрішнього цехового повітря ($V_{\text{зн}}$); коефіцієнт живого перерізу решітки ($k_{\text{жвп}}$).

На першому етапі розраховується теплова потужність джерела — опоки з відливкою в такій послідовності:

1. Визначаються коефіцієнти тепловіддачі горизонтальної і бокової відкритих поверхонь відливки за такими формулами:

$$\alpha_{K_r} = \frac{Nu_r \cdot \lambda_0}{l_r}, \quad (2)$$

$$\alpha_{K_b} = \frac{Nu_b \cdot \lambda_0}{l_b}, \quad (3)$$

де $\lambda_0 = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°К)}$.

2. Для режиму розвинутої турбулентності в конвективному факелі (при $Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$) значення критеріїв Нуссельта відповідно для горизонтальної і вертикальної поверхонь відливки визначаються за такими формулами:

$$Nu_r = 0,176 (Gr \cdot Pr)^{1/3}; \quad (4)$$

$$Nu_b = 0,135 (Gr \cdot Pr)^{1/3}, \quad (5)$$

де Pr — критерій Прандтля, приймається для повітря (двохатомних газів) $Pr = 0,72$.

3. Розраховується критерій Грасгофа за формулою

$$Gr = \frac{g \cdot l^3 \cdot \Delta T}{\nu^2 \cdot T_0}, \quad (6)$$

де l — характерний розмір, м; приймається для горизонтальної поверхні відливки $l = d_{\text{від}}$, $d_{\text{від}}$ — діаметр відливки, м; для вертикальної поверхні $l = h_{\text{від}}$, $h_{\text{від}}$ — висота відливки, м; $T_{\text{від}}$ — температура відливки, °K; приймається $T_{\text{від}} = t_{\text{від}} + 273$, °K; $\Delta T = T_{\text{від}} - T_{\text{ext}}$, °K, де $T_{\text{ext}} = t_{\text{ext}} + 273$ — температура робочої зони, °K; ν — кінематична в'язкість, м²/с, $\nu = 16 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

4. Визначається теплова потужність джерела відливки для горизонтальної і вертикальної поверхонь за формулами:

$$Q_{\Gamma} = \alpha_{K_{\Gamma}} \cdot F_{\Gamma} (t_{\text{від}} - t_{\text{ext}}), \quad (7)$$

$$Q_{\text{в}} = \alpha_{K_{\text{в}}} \cdot F_{\text{в}} (t_{\text{від}} - t_{\text{ext}}), \quad (8)$$

де F_{Γ} , $F_{\text{в}}$ — відповідно горизонтальна і вертикальна бокова поверхня джерела, м².

5. Сумарна теплова потужність джерела визначається за формулою

$$Q_{\text{від}} = Q_{\Gamma} + Q_{\text{в}}. \quad (9)$$

Значення потужності джерела використовується на другому етапі розрахунку.

6. Розраховується висота перевертання конвективного факела за формулою [2]

$$h_{\text{с}} = (0,124 + 0,0096 \cdot \bar{t}) \cdot d_{\text{еоп}}, \quad (10)$$

де $\bar{t} = t_{\text{від}}/t_{\text{ext}}$ — відносна температура джерела.

7. Середня швидкість в конвективному факелі на рівні перевертання визначається за формулою:

$$V_{\text{ср}} = 0,346 \left(\frac{Q_{\text{від}}}{(S - S_0)} \right)^{1/3}, \quad (11)$$

де $S_0 = -2r_{\text{оп}}$ — полюсна відстань, $r_{\text{оп}}$ — радіус опоки, м, $S = 2r_{\text{оп}} + h_{\text{с}}$.

8. Вісьова швидкість в конвективному факелі на рівні перевертання визначається з урахуванням коефіцієнта поля швидкості за формулою

$$V_{\text{ос}} = \frac{V_{\text{ср}}}{K}, \quad (12)$$

де $K = 0,65 \dots 0,75$ — коефіцієнт поля швидкості, визначений експериментальним шляхом у виробничих (натуральних) умовах.

9. Надлишкові середня і вісьова температури в конвективному факелі визначаються за формулами:

$$\Delta t_{\text{ср}} = 15,8 \cdot Q_{\text{від}}^{2/3} \cdot (S - S_0)^{-5/3}, \quad (13)$$

$$\Delta t_{\text{ос}} = 22,5 \cdot Q_{\text{від}}^{2/3} \cdot (S - S_0)^{-5/3}. \quad (14)$$

10. Вісьова температура конвективного факела на рівні перевертання визначається за формулою:

$$t_{\text{ос}} = \Delta t_{\text{ос}} + t_{\text{ext}}. \quad (15)$$

11. Швидкість перевертання, необхідна і достатня для зупинення, перевертання і видалення факела шкідливостей вниз від вибивну решітку, визначається за формулою:

$$V_1 = 1,41 \sqrt{\frac{f_{\text{оп}}}{f_1} \left\{ \frac{\Delta \rho}{\rho_{\text{в}}} \cdot g \cdot h_{\text{с}} + \frac{\rho_{\text{с}}}{\rho_{\text{в}}} \left[\left(\frac{V_{\text{ГЗ}}}{\tau_{\text{в}} \cdot f_{\text{ЖПР}}} \right)^2 + V_{\text{с}}^2 \right] \right\}}, \quad (16)$$

де $f_1 = f_{\text{р}}$.

Середня швидкість всмоктування забрудненої нагрітої повітряної маси в горловині вибивної решітки розраховується за формулою:

$$V'_{\text{ср}} = \frac{V_1}{\bar{V}}, \quad (17)$$

де $\bar{V}$ — відносна швидкість, яка визначається за графіком (рис.2), функціонально залежна від відносної висоти $\bar{H}$, яка, в свою чергу, розраховується за формулою:

$$\bar{H} = \frac{h}{R_{\text{г}}}, \quad (18)$$

де $h = h_{\text{оп}} + h_{\text{с}}$; $R_{\text{г}} = f_{\text{ЖПР}} / \Pi_{\text{р}}$ — гідравлічний радіус вибивної решітки; $\Pi_{\text{р}}$ — периметр вибивної решітки.

Коефіцієнт запасу продуктивності нижнього МВ на вплив бокових горизонтальних повітряних мас розраховується за формулою:

$$K_3 = 1 + 0,236 \cdot V_{3\text{Н}}^2. \quad (19)$$

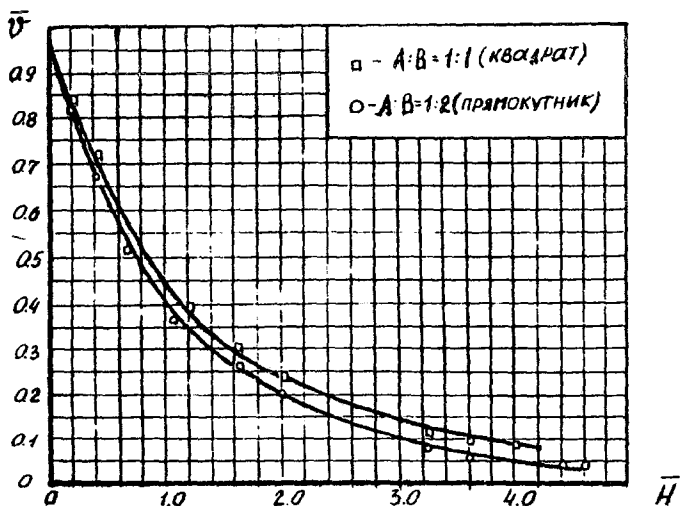


Рис. 2. Графік для визначення відносної швидкості всмоктування в перерізі вибивної решітки

14. Розрахункова продуктивність нижнього МВ визначається за формулою

$$L_p = 3600 \cdot V'_{cp} \cdot K_3 \cdot f'_{жпр}, \quad (20)$$

де $f'_{жпр} = f_{рр} \cdot K_{жпр}$; $f_{рр} = f'_p - f_{оп}$ — робоча площа вибивної решітки; $K_{жпр}$ — коефіцієнт живого перерізу вибивної решітки (приймається в залежності від конструкції решітки в межах 0,4÷0,6).

15. Відносна продуктивність по повітрю МВ на квадратний метр робочої частини вибивної решітки розраховується за формулою

$$\bar{L} = \frac{L_p}{(f'_p - f_{оп})}. \quad (21)$$

16. Відносна продуктивність по повітрю МВ на квадратний метр вибивної решітки розраховується за формулою

$$\bar{L} = \frac{L_p}{f'_p}. \quad (22)$$

Для рішення другої задачі, яка заключається у визначенні продуктивності по повітрю МВ у вигляді вентиляційної камери напівзакритого

типу, розрахунок теплової потужності джерела ведеться аналогічно попередньому за пп. 1—5. Початкові дані аналогічні попереднім, крім додаткової площі вихідного перерізу в вентиляційну камеру f_1 .

17. Швидкість перевертання конвективного факела, закритого у вентиляційну камеру, визначається за такою формулою:

$$V_1 = \sqrt{\left(1,707 \cdot f_p + 1,25 f_1 - 1,471 \cdot \frac{f_p^2}{f_1}\right)^{-1} \cdot f_{\text{оп}} \cdot \left\{ \frac{\Delta \rho}{\rho_v} \cdot g \cdot h_c + \frac{\rho_c}{\rho_v} \left[\left(\frac{V_{гз}}{\tau_v \cdot f_{жпр}} \right)^2 + V_c^2 \right] \right\}}, \quad (23)$$

де f_p — приймається як площа всмоктування решітки.

18. Середня швидкість всмоктування у вихідному перерізі вентиляційної камери напівзакритого типу визначається за формулою

$$V_{cp} = 0,945 \cdot V_1, \quad (24)$$

де 0,945 — коефіцієнт поля швидкостей у вхідному перерізі з гострими краями.

19. Розрахункова графічна продуктивність МВ у вигляді вентиляційної камери визначається за формулою

$$L_p = 3600 \cdot V_{cp} \cdot f_1, \quad (25)$$

а відносні продуктивності на одиницю робочої і загальної площ вибивної решітки — за формулами

$$\bar{L}_{pp} = \frac{L_p}{(f_p' - f_{\text{оп}})}, \quad (26)$$

$$\bar{L} = \frac{L_p}{f_p'}. \quad (27)$$

Результати розрахунків приймаються за основу визначення повітрообмінів вибивних відділень ливарних цехів.

Використана література

1. Вентиляционная камера для удаления вредных. А.с. СССР, №1254255/ СССР/. Опубл. в Б.М., 1986, №32.

2. Трофимович В. В., Зиньч П. Л. Экспериментальное определение целесообразности высоты опрокидывания загрязненного конвективного факела при выбивке опок. Сб. Исследования в области обеспыливания воздуха. Пермский политех. ин-т, 1986 — С. 63—66.