

УДК 629.113.06:628.83

Зінич П.Л., Черноус О.В.

ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК КОНІЧНИХ НАПІВОБМЕЖЕНИХ ВІДСМОКТУВАЧІВ З РІЗНОПРОФІЛЬНИМИ ОБ'ЄМНИМИ ВСТАВКАМИ

Удосконалення конструкції відсмоктувача і мінімізація його повітропродуктивності є важливою задачею, яка вимагає проведення як теоретичних так і експериментальних досліджень.

Існує аналогія між магнітними полями постійних струмів і рухом повітряних потоків [1-4]. Ідея наведена В.Н. Талієвим [1] полягає в тому, щоб замість повітряного відсмоктувача розглядати соленоїд з аналогічними геометричними параметрами.

Талієв В.Н. пропонує аналогом магнітної індукції вважати швидкість. Він розглядає вільний і напівобмежений повітряні відсмоктувачі тільки у вигляді циліндричної труби діаметром d_0 . У зв'язку з цим, виникає потреба аналізу дії напівобмеженого конічного відсмоктувача з краплеподібною вставкою і повітрообмежником (рис. 2.).

Потік магнітної індукції можна записати у вигляді [2]:

$$B = \frac{\mu n I}{2} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1), \quad (1)$$

де B – магнітна індукція, Тл; n – кількість витків одиниці висоти соленоїда; I – сила струму, А; μ – магнітна стала, Гн/м; α_1, α_2 – кути, під якими з точки A видно кінці соленоїда ($\alpha_1 > \alpha_2$), град.

Використовуючи методику В.Н. Талієва [1], аналогом потоку магнітної індукції B (формула (1)) будемо вважати осьову швидкість V_{ox} , а аналогом магнітного поля у середині соленоїда $\frac{\mu n I}{2}$ будемо вважати середню за витратою швидкість V . У зв'язку з цим, представимо формулу (1) у вигляді:

$$V_{ox} = V (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1). \quad (2)$$

Звідки зміну відносної осьової швидкості запишемо у вигляді формули:

$$\frac{V_{ox}}{V} = (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1). \quad (3)$$

З рис.1. видно, що

$$\cos \alpha_2 = \frac{c+x}{\sqrt{\left(\frac{d_0}{2}\right)^2 + (c+x)^2}}, \quad (4)$$

а

$$\cos \alpha_1 = \frac{x}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + x^2}}. \quad (5)$$

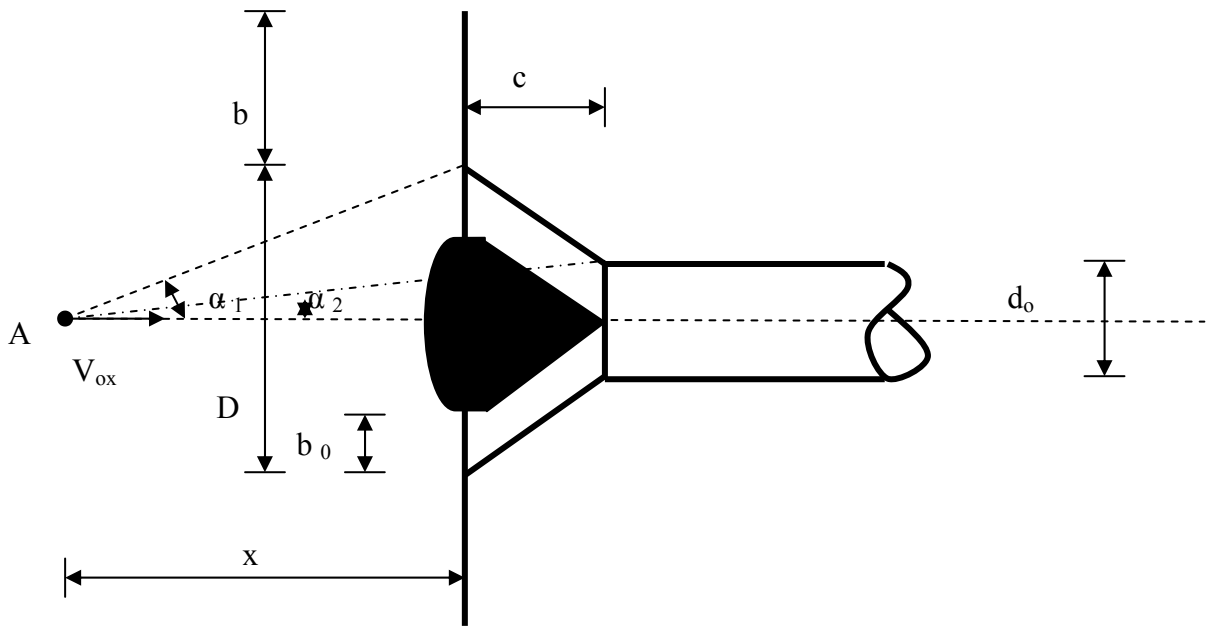


Рис. 1. До визначення зміни осьової швидкості повітряного потоку при засмоктуванні його у напівобмежений конічний відсмоктувач з краплеподібною вставкою: x – осьова біжуча координата, м; V_{ox} – осьова швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с; V – середня за витратою швидкість у всмоктувальному отворі, м/с; c – висота конічного звуження відсмоктувача, м; d_0 – діаметр всмоктувального патрубку, м; D – діаметр всмоктувального отвору, м; b – висота повітрообмежника, м; α_1, α_2 – кути, під якими з точки A видно кінці відсмоктувача, град

Підставивши рівняння (4), (5) в рівняння (3) одержимо рівняння зміни відносної осьової швидкості повітряного потоку при засмоктуванні його в конічний відсмоктувач без вставок з повітрообмежником нескінченної довжини:

$$\frac{V_{ox}}{V} = \frac{c+x}{\sqrt{\left(\frac{d_0}{2}\right)^2 + (c+x)^2}} \cdot \frac{x}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + x^2}}. \quad (6)$$

Приклад 1: Розрахувати за формулою (6) зміну відносної осьової швидкості повітряного потоку, який засмоктується у напівобмежений конічний відсмоктувач без вставок з геометричними параметрами: $c=74$ мм, $d_o=145$ мм, $D=230$ мм, $b=115$ мм (див. рис.1).

Результати розрахунків наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Відносні осьові швидкості повітряного потоку

Розрахункова формула	Розподіл відносних швидкостей V_{ox}/V з відсною відстанню x/D :					
	0	0,5	0,65	1,0	1,5	2,0
(6)	0,87	0,25	0,17	0,09	0,04	0,02

Дослідимо експериментально чи можливо запропоновану теоретичну залежність (6) використовувати для розрахунку відносної осьової швидкості \overline{V}_{ox} повітряних потоків, які засмоктуються відсмоктувачами подібної форми з різнопрофільними вставками (рис. 2) та з повітрообмежником реальних розмірів.

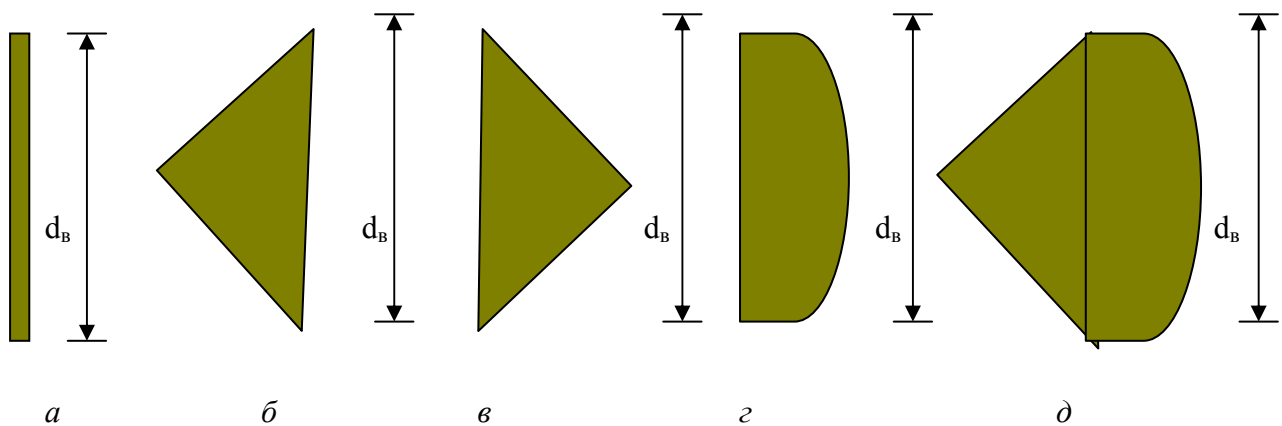


Рис. 2. Схеми вставок:

- а) плоска колова; б) конічна внутрішньоорієнтована; в) конічна зовнішньоорієнтована; г) напівсферична; д) краплеподібна

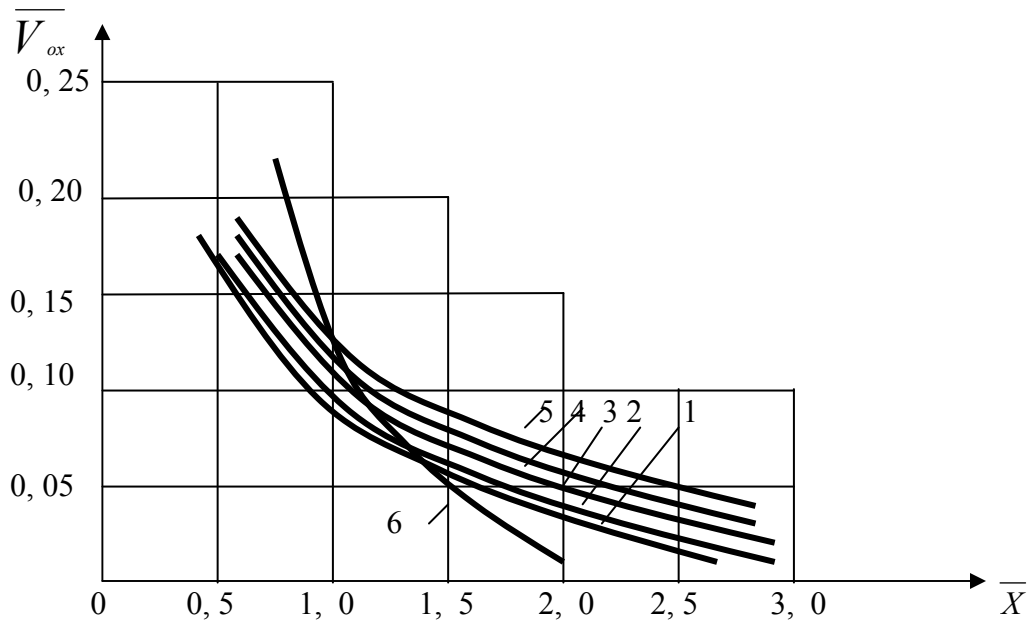


Рис. 3. Залежність відносних швидкостей \overline{V}_{ox} ($\overline{V}_{ox} = V_{ox}/V$, де V_{ox} – осьова швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с; V – середня за витратою швидкість у всмоктувальному отворі, м/с) від відносної відстані \overline{X} ($\overline{X} = X/D$, де X – осьова біжуча координата, м, D – діаметр всмоктувального отвору, м) при засмоктуванні повітря у відсмоктувачі (рис. 1) зі вставками різного виду (рис. 2.):
 1) плоска колова; 2) конічна внутрішньоорієнтована; 3) конічна зовнішньоорієнтована; 4) напівсферична; 5) краплеподібна, 6) без вставки

Таблиця 2

Зміна відносних швидкостей \overline{V}_{ox} залежно від відстані \overline{X} для різних вставок

№ п/п	Назва вставки (рис. 3)	Середня швидкість V , м/с	Діаметр всмоктувального отвору D , мм	Діаметр вставки d_v , мм	Ширина всмоктувального отвору b_o , мм	Величина \overline{V}_{ox} при значенні \overline{X} :					
						0	0,5	0,65	1,0	1,5	2,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Плоска колова	2,55	230	150	40	0,11	0,160	0,137	0,098	0,071	0,051
2	Конічна внутрішньоорієнтована					0,11	0,188	0,149	0,106	0,075	0,055
3	Конічна зовнішньоорієнтована					-	-	0,157	0,110	0,078	0,059

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Напівсферична					-	0,196	0,160	0,118	0,082	0,063
5	Краплеподібна					-	0,204	0,165	0,125	0,086	0,067
6	Без вставки					1,0	0,250	0,187	0,114	0,059	0,039

Аналіз даних (рис. 3, табл. 1 та табл. 2) вказує на необхідність введення в формулу (6), при розрахунку місцевих відсмоктувачів зі вставками різного виду (рис. 2), поправкового коефіцієнту $K_{експ}$. Значення поправкового коефіцієнту $K_{експ}$ подані в табл. 3.

Таблиця 3

Значення поправкового коефіцієнту $K_{експ}$

№п/п	Вид вставки (рис. 2)	Значення поправкового коефіцієнту $K_{експ}$ при x/D :				
		0,5	0,65	1,0	1,5	2,0
1	Плоска колова	0,65	0,80	1,10	1,80	2,30
2	Конічна внутрішньоорієнтована	0,75	0,90	1,20	1,90	2,50
3	Конічна зовнішньоорієнтована	-	0,90	1,25	2,00	2,70
4	Напівсферична	0,80	0,95	1,30	2,00	2,90
5	Краплеподібна	0,80	1,00	1,40	2,20	3,10

Одже, видно, що значення поправкового коефіцієнту $K_{експ}$ залежать від виду вставки і відносної відстані X/D .

Тобто, для розрахунку відносної осьової швидкості повітряного потоку, спричиненого напівобмеженим відсмоктувачем з різнопрофільними об'ємними вставками, можна скористатись уточненою формулою

$$\frac{V_{ox}}{V} = K_{експ} \left(\frac{c+x}{\sqrt{\left(\frac{d_o}{2}\right)^2 + (c+x)^2}} - \frac{x}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + x^2}} \right), \quad (7)$$

Повітропродуктивність напівобмеженого конічного відсмоктувача (рис.1) визначаємо за формулою

$$L = w V_{ox} \left[K_{експ} \left(\frac{c+x}{\sqrt{\left(\frac{d_o}{2}\right)^2 + (c+x)^2}} - \frac{x}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + x^2}} \right) \right]^{-1}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (8)$$

де w – площа всмоктувального отвору, м^2 .

Інженерний розрахунок відсмоктувачів (рис. 1, 2) необхідно проводити у наступній послідовності:

1. Визначити геометричні параметри відсмоктувача (див. рис. 1).
2. Визначити необхідну за технологічними вимогами відстань від всмоктувального отвору, на якій проводяться заміри (робота, наприклад зварювання), та значення допускної осьової швидкості на визначеній відстані.
3. Підставити у формулу (8): значення геометричних параметрів відсмоктувача; допускної осьової швидкості на необхідній за технологічними вимогами відстані від всмоктувального отвору; значення поправкового коефіцієнту $K_{\text{експ.}}$ (табл. 3).
4. Розрахувати за формулою (8) повітропродуктивність напівобмеженого конічного відсмоктувача.

Приклад 2: Провести інженерний розрахунок конічного напівобмеженого відсмоктувача з краплеподібною вставкою (рис. 2, д). Місцевий відсмоктувач має наступні геометричні параметри: $c=74$ мм, $d_o=145$ мм, $D=230$ мм, $b=115$ мм (див. рис. 1 та підписунок до нього). Осьова швидкість на відстані $x=150$ мм від всмоктувального отвору повинна бути рівною $V_{ox} = 0,2$ м/с.

Розрахуємо за формулою (8) повітропродуктивність напівобмеженого конічного відсмоктувача. Значення поправкового коефіцієнту $K_{\text{експ.}} = 1,00$ ($x/D=0,65$, див. табл. 3).

$$L = 0,02355 \cdot 0,2 \cdot 3600 (1,00 \left(\frac{74+150}{\sqrt{5256+(74+150)^2}} - \frac{150}{\sqrt{13225+150^2}} \right))^{-1} = 106 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Висновки

1. Математичні залежності (7, 8) є придатні для визначення витрати відсмоктуваного повітря та довжини зони дії відсмоктувачів конічної форми (рис. 1, 2).
2. Одержані результати можуть бути використані для аналізу всмоктувальних повітряних потоків і визначення повітропродуктивності конічних напівобмежених відсмоктувачів з різнопрофільними об'ємними вставками.

Використана література

1. *Талиев В.Н.* Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.

2. Яворский, Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. – М.: Наука, 1971. – 940 с.
3. Жуковський С.С., Зінич П.Л., Черноус О.В. Визначення зміни осьової швидкості повітряного потоку при засмокуванні у напівобмежений конічний смок // Наук. зб. “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”. – К.: КНУБА. - 2001. – Вип. 2. – С.70 -73.
4. Жуковський С., Черноус О., Зінич П. Можливості вдосконалення конструкції місцевих відсмоктувачів // Ринок інсталяцій. – 2005. – Вип. № 5 (100). - С. 22.

Анотація

На основі аналогії між магнітними полями постійних струмів і рухом повітряних потоків запропонована методика розрахунку конічних напівобмежених відсмоктувачів із об’ємними вставками. За аналог потоку магнітної індукції прийнято осьову швидкість, а за аналог магнітного поля у середині соленоїда – середню за витратою швидкість. Наведені математичні та графічні залежності для розрахунку осьової швидкості місцевих відсмоктувачів.

Аннотация

На основании аналогии между магнитными полями постоянных токов и движением воздушных потоков предложена методика расчета конических полуограниченных отсасывателей с объемными вставками. За аналог