

произвольного поперечного сечения // Тепломассоперенос – 2000, Минск, АНК «ИТМО им. А.В. Лыкова» НАНБ, 2000.– т.1 С. 36–43.

4. **Khosla P. K., Rubin S. G.** A diagonally dominant second-order accurate implicit scheme. // Comput.Fluids.– 1974.– V.2.– P. 207–209.

5. **Патанкар С.** Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

6. **Фрост У., Моуден Т.** (ред.) Турбулентность. Принципы и применения. – М.: Мир, 1980. – 536 с.

УДК 629.113.06:628.83

С.С. Жуковський, кандидат технічних наук, доцент

П.Л.Зінич, кандидат технічних наук, доцент

О.В.Черноус, інженер-магістр

О.Р. Кулиняк, інженер

НУ «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ МІСЦЕВИХ ВСМОКТУВАЧІВ

Виконано експериментальні дослідження розподілення швидкостей і статичних тисків повітряних потоків місцевих всмоктувачів різної поперечної форми. Виявлено, що зона дії статичних тисків є меншою за зону дії відносних швидкостей при їх взаємопов'язаності.

Зіставлення результатів досліджень ефективності роботи місцевих всмоктувачів показало найвищу ефективність еліптичних всмоктувачів.

Наведено аналітичні залежності для розрахунку основної швидкості і довжини зони дії місцевих всмоктувачів, що дає змогу оптимізувати їх як за кількістю всмоктуваного повітря, так і за конструктивною формою.

Локалізація шкідливостей у місці їх виділення і мінімізація забруднення внутрішнього повітря приміщень є завданням місцевих систем вентиляції (СВ). Одним з найважливіших елементів цих СВ є всмоктувачі. Їх конструкція, за ефективних аеродинамічних характеристик, повинна забезпечувати якомога більшу зону дії при мінімальній кількості всмоктуваного повітря. Відомі конструкції місцевих всмоктувачів не завжди відповідають цим вимогам.

У зв'язку з цим нами проведені дослідження розподілення швидкостей і статичних тисків всмоктувальних повітряних потоків місцевих всмоктувачів різної форми (рис.2-4, табл. 1,2) за ізотермічних умов.

Схему експериментального стенду зображено на рис.1. Об'єкт досліджень (місцевий всмоктувач) жорстко поєднувався зі стінкою 2 камери тиску 3. Середня за витратою швидкість у живому перерізі всмоктувального отвору об'єкта досліджень визначалась за витратою повітряного потоку, яка замірялась за допомогою тарованого витратовимірювального колектора 7 і диференціального мікроманометра 9.

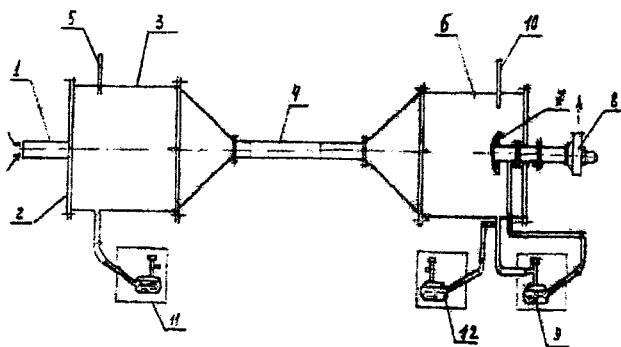


Рис.1. Схема експериментального стенду :

1 – об'єкт досліджень; 2 – знімна стінка; 3, 6 – камери статичного тиску; 4 – повітропровід; 5, 10 – термометри; 7 – витратомірний колектор; 8 – радіальний вентилятор постійного струму; 9, 11, 12 – диференціальні мікроманометри.

Спонування руху повітряного потоку відбувалось за допомогою радіального вентилятора постійного струму 8, а витрата повітряного потоку змінювалась внаслідок зміни числа обертів робочого колеса вентилятора. Швидкість у відповідних точках прилеглої до всмоктувача зони і в центрі всмоктувального отвору всмоктувача замірялась за допомогою термоелектроанемометра, місце положення п'єзоелемента якого фіксувалось у просторі за допомогою координатора.

Результати експериментальних досліджень зміни відносних швидкостей ($V_{ок}/V$, $V_{ок}/V_0$) та відносного статичного тиску ($P_{ст ху}/P_{ст.од}$) під

час припливу повітря у всмоктувачі різної форми, за ізотермічних умов, схематично зображені на рис. 2–4. Визначено, що ефект всмоктування характеризується спектрами всмокування та проявляється на незначних відстанях від всмоктувальних отворів (рис. 2–4). При вільному всмоктуванні в торець труби круглого перерізу зона дії всмоктувача розповсюджується за межі площини всмоктування. Для інтенсифікації активної зони всмоктувача доцільно ліквідувати шкідливу область за рахунок плоскої стінки (напівобмежене стікання, рис. 2).

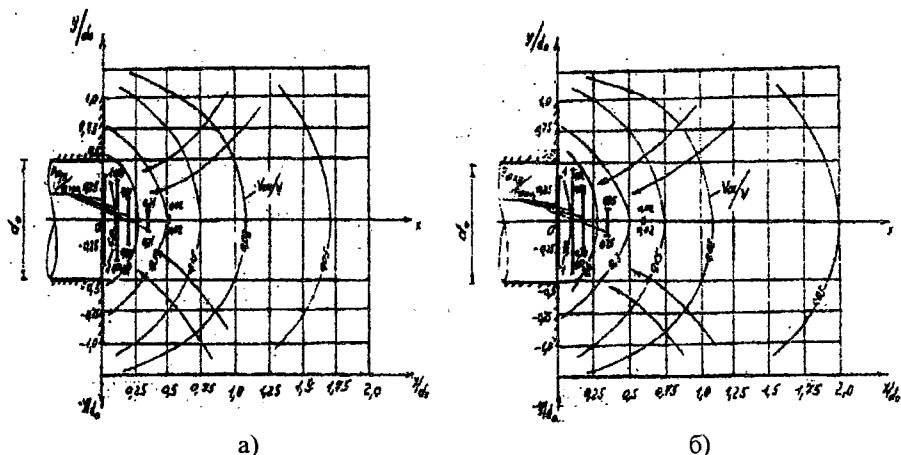


Рис. 2. Схеми розподілу відносних швидкостей

(V_{xy}/V) та відносних статичних тисків ($P_{ст\ xy}/P_{ст\ ос}$) під час припливу повітря у напівобмежений всмоктувач круглого перерізу діаметром d_0 :
 а – при витраті всмоктуваного повітря $L = 3,9 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$;
 б – при витраті всмоктуваного повітря $L = 5,2 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$.

На рис. 2 наведено наступні позначення: x, y – біжучі координати, м;
 V_{xy} – швидкість всмоктуваного повітря в точці з координатами x, y , м/с;
 V_{ox} – осьова швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с;
 V – середня за витратою швидкість у всмоктувальному отворі, м/с;
 L – витрата всмоктуваного повітря, $\text{м}^3/\text{с}$; d_0 – діаметр всмоктувального патрубку, м; $P_{ст\ xy}$ – статичний тиск в точці з координатами x, y , Па;
 $P_{ст\ ox}$ – осьовий статичний тиск на відстані x від всмоктувального отвору, Па;
 $P_{ст. ос}$ – осьовий статичний тиск у центрі всмоктувального отвору, Па.

Виявлено, що зона дії статичних тисків є меншою за зону дії відносних швидкостей, однак вони взаємопов'язані і залежать від витрати відсмоктуваного повітря: при збільшенні витрати всмоктуваного повітря зона дії статичних тисків та зона дії відносних швидкостей також збільшуються (рис. 2). Схеми розподілення статичних тисків побудовані тільки для напівобмежених всмоктувачів, оскільки для вільних всмоктувачів значення статичних тисків є незначними за величиною і складним для точного визначення. Для дослідження вільних всмоктувачів потрібен вентилятор, який забезпечує більше розрідження. Подальше збільшення довжини активної зони всмоктувача можна досягнути за рахунок трансформації форми його торця з циліндричної у конічну (рис. 3). За рахунок конічного звуження відбувається відносно плавний приплив до полюса струменя та більше вирівнювання ліній течії.

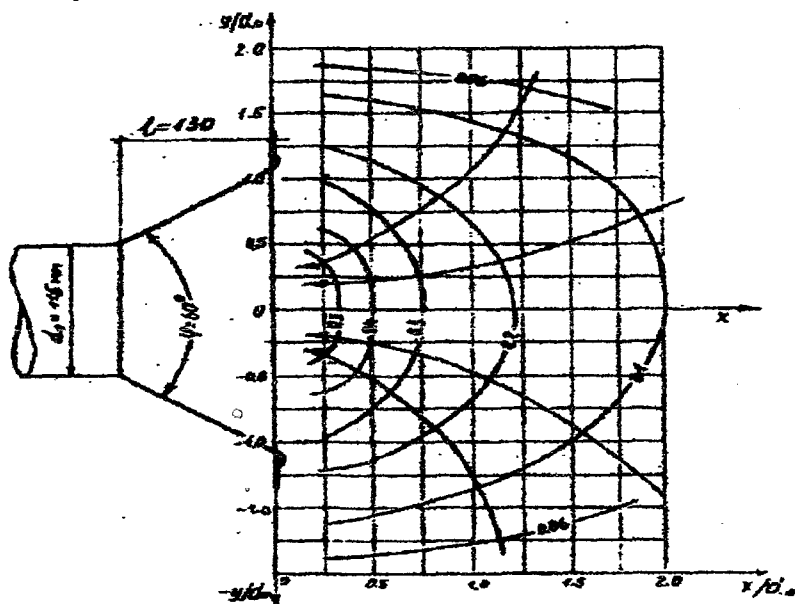


Рис. 3. Схема розподілу відносних швидкостей (V_{xy}/V) під час припливу повітря у конічний всмоктувач з профільованим повітрообмежником

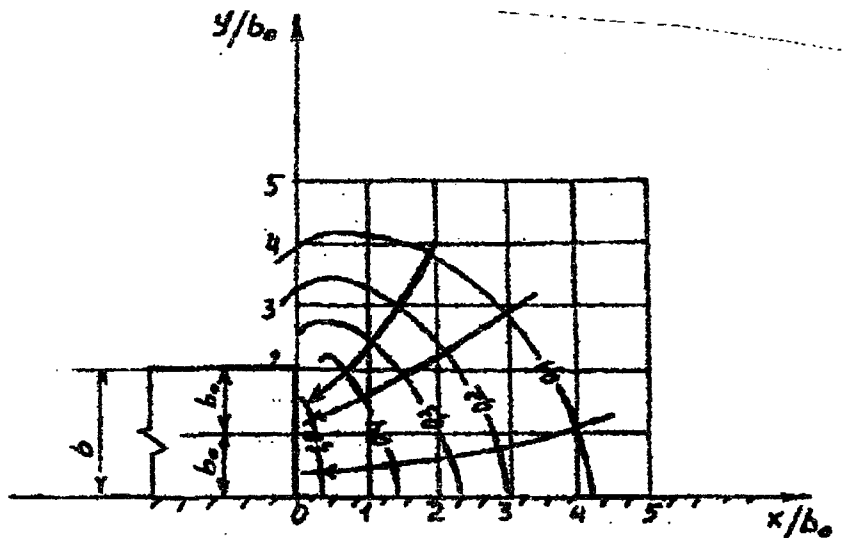


Рис. 4. Схема розподілу відносних швидкостей (V_{xy}/V_0) під час припливу повітря у прямокутний всмоктувач, що лежить на горизонтальній стінці

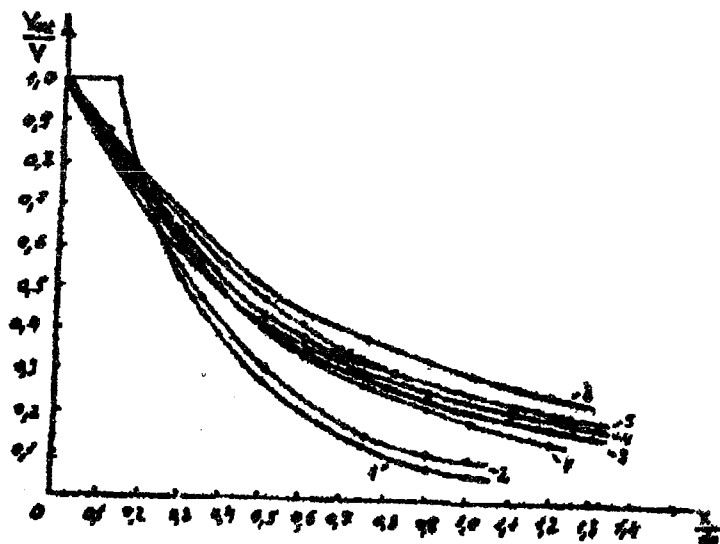


Рис. 5. Графік залежності зміни відносної осьової швидкості $\bar{V}_{ox}(V_{ox}/V)$ з відстанню $\bar{x}(x/d_0)$ під час припливу повітря у всмоктувачі круглого перерізу для сталої витрати відсмоктуваного повітря

На рис. 5 використано такі позначення: 1 – вільна кругла труба діаметром d_0 , м; 2 – напівобмежена кругла труба діаметром d_0 , м; 3 – вільний конічний з гострими краями ($\varphi=60^\circ$, $l/D=0,49$); 4 – конічний з профільованим повітрообмежником ($\varphi = 60^\circ$, $l/D = 0,49$); 5 – напівобмежений конічний ($\varphi=60^\circ$, $l/D=0,49$); 6 – вільний конічний з гострими краями ($\varphi=21^\circ$, $l/D=1,5$); 7 – вільний еліптичний ($d=2d_1$, м); 8 – вільний еліптичний ($d=10d_1$, м); d_0 – діаметр всмокувального патрубку, м; d_1 – мала вісь еліптичного всмоктувача, м; d – велика вісь еліптичного всмоктувача, м; D – діаметр великої основи конічного всмоктувача, м; l – довжина конічного всмоктувача, м; φ – кут розкриття конічного всмоктувача, град.

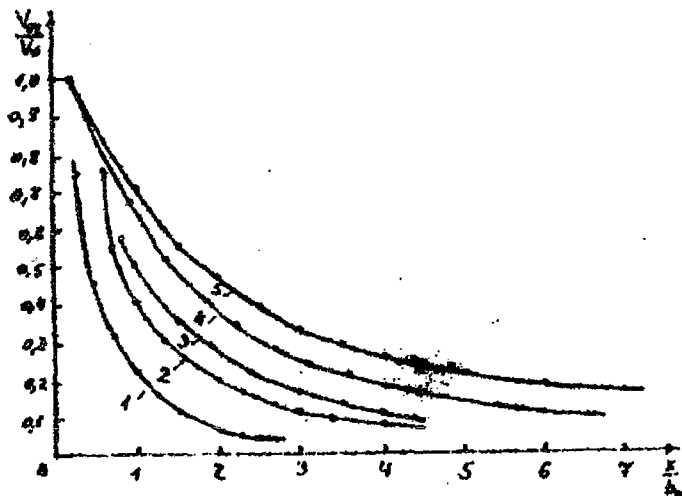


Рис. 6. Графік залежності зміни відносної осевої швидкості $\bar{V}_{ox}(V_{ox}/V_0)$ з відстанню $\bar{x}(x/b_0)$ під час припливу повітря у всмоктувачі прямокутного перерізу із співвідношенням сторін a/b

На рис. 6 використано такі позначення: 1 – вільний квадратний всмоктувач (1:1); 2 – вільний прямокутний всмоктувач (1:2); 3 – прямокутний всмоктувач, що лежить на горизонтальній стінці (1:2); 4 – вільний прямокутний всмоктувач (1:10); 5 – вільний щілинний всмоктувач (1:80); x – біжуча осева координата, м; V_{ox} – осева швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с; V_0 – осева швидкість у центрі всмоктувального отвору, м/с; a – висота всмоктувального отвору, м;

b – ширина всмоктувального отвору, м; b_0 – півширина всмоктувального отвору, м.

Аналіз кривих (рис.5, 6) показав таке: найбільшу зону дії, при однаковій витраті відсмоктуваного повітря, мають еліптичні всмоктувачі; при приляганні прямокутного всмоктувача видовженою стороною до плоскої стінки підвищується його зона дії приблизно на 30%, у порівнянні із зоною дії вільного всмоктувача такої самої форми (рис. 6, табл. 2). Графічні залежності (рис.5, 6.) є придатні для визначення осьової швидкості і довжини зони дії всмоктувачів різної форми.

Математичний аналіз результатів дослідження, проведений на основі методу найменших квадратів [5,6], зведено в таблиці 1, 2 .

Таблиця 1.

Математичні залежності зміни відносної осьової швидкості $\bar{V}_{ox}(V_{ox}/V)$ повітряного потоку з відстанню $\bar{x}(x/d_0)$

Номер пор.	Тип місцевого всмоктувача	Графічна залежність	Номер кривої	Формули
1	Вільна кругла труба діаметром d_0	Рис.5	1	$V_{ox}/V = 1,25 - 2,72(x/d_0) + 1,57(x/d_0)^2$
2	Напівобмежена кругла труба діаметром d_0		2	$V_{ox}/V = 1,23 - 2,6(x/d_0) + 1,49(x/d_0)^2$
3	Вільний конічний з гострими краями ($\varphi = 60^\circ, l/D = 0,49$)		3	$V_{ox}/V = 0,99 - 1,43(x/d_0) + 0,66(x/d_0)^2$
4	Конічний з про- ³ фільо- ванним повіт- рообмеж- ником ($\varphi=60^\circ, l/D = 0,49$)		4	$V_{ox}/V = 0,9 - 1,01(x/d_0) + 0,32(x/d_0)^2$
5	Напівобмежений конічний ($\varphi=60^\circ, l/D = 0,49$)		5	$V_{ox}/V = 0,98 - 1,15(x/d_0) + 0,42(x/d_0)^2$
6	Вільний конічний з гострими краями ($\varphi = 21^\circ, l/D = 1,5$)		6	$V_{ox}/V = 1 - 1,31(x/d_0) + 0,55(x/d_0)^2$
7	Вільний еліптичний ($d = 2d_1$)		7	$V_{ox}/V = 0,99 - 1,54(x/d_0) + 0,73(x/d_0)^2$
8	Вільний еліптичний ($d = 10d_1$)		8	$V_{ox}/V = 1 - 1,27(x/d_0) + 0,57(x/d_0)^2$

Примітки :

1. x – біжуча осьова координата, м; V_{ox} – осьова швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с; V – середня за витратою швидкість у всмоктувальному отворі, м/с; d_o – діаметр всмокувального патрубку, м; d_1 – мала вісь еліптичного всмоктувача, м; d – велика вісь еліптичного всмоктувача, м; D – діаметр великої основи конічного всмоктувача, м; l – довжина конічного всмоктувача, м; ϕ – кут розкриття конічного всмоктувача, град.

2. Математичні залежності дійсні для кривих 1, 2 (рис.5) при $x/d_o < 1,1$ та для кривих 3–8 (рис. 5) при $x/d_o < 1,4$.

Таблиця 2.

Математичні залежності зміни відносної осьової швидкості $\bar{V}_{ox}(V_{ox}/V_o)$ з відстанню $\bar{x}(x/b_o)$ під час припливу повітря у всмоктувачі прямокутного перерізу при сталій витраті всмоктуваного повітря

Номер пор.	Тип всмоктувача при a/b	Графічна заленість	Номер кривої	Формули
1	Вільний квадратний (1:1)	Рис. 6	1	$V_{ox}/V_o = 0,87 - 0,82(x/b_o) + 0,2(x/b_o)^2$
2	Вільний прямокутний (1:2)		2	$V_{ox}/V_o = 0,89 - 0,54(x/b_o) + 0,09(x/b_o)^2$
3	Прямокутний, що лежить на горизонтальній стінці (1:2)		3	$V_{ox}/V_o = 1,08 - 0,56(x/b_o) + 0,08(x/b_o)^2$
4	Вільний прямокутний (1:10)		4	$V_{ox}/V_o = 0,93 - 0,31(x/b_o) + 0,03(x/b_o)^2$
5	Вільний щілинний (1:80)		5	$V_{ox}/V_o = 0,94 - 0,26(x/b_o) + 0,02(x/b_o)^2$

Примітки:

1. x – біжуча осьова координата, м; V_{ox} – осьова швидкість на відстані x від всмоктувального отвору, м/с; V_o – осьова швидкість в центрі всмоктувального отвору, м/с; b_o – півширина всмоктувального отвору, м.

2. Криві 1, 2, 4, 5 – побудовані за обробленими даними В.Н.Богословського [3], 3 – за власними експериментальними даними.

3. У таблиці в дужках наведені співвідношення висоти a і ширини b всмоктувального отвору.

4. Математичні залежності дійсні для кривих 1, 2, 3 (рис.6) при $x/b_o < 4$ та для кривих 4, 5 (рис.6) при $x/b_o < 7$.

Наведені у таблицях 1,2 аналітичні залежності є універсальними і придатними для розрахунку осьової швидкості і довжини зони дії місцевих всмоктувачів. Використання математичних залежностей дає змогу оптимізувати місцеві всмоктувачі як за конструктивним вирішенням (формою), так і за кількістю всмоктуваного повітря.

Найбільшу зону дії при однаковій витраті відсмоктуваного повітря мають еліптичні всмоктувачі.

При приляганні прямокутного всмоктувача видовженою стороною до плоскої стінки підвищується його зона дії приблизно на 30%, порівняно із зоною дії вільного всмоктувача такої самої форми.

Зона дії статичних тисків менша від зони дії відносних швидкостей, однак вони є взаємно пов'язані і залежать від витрати всмоктуваного повітря; при збільшенні витрати відповідно збільшуються зони дії статичних тисків та швидкостей.

Список літератури

1. **Талиев В.Н.** Аэродинамика вентиляции. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
2. **Шепелев И.А.** Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978.
3. **Богословский В.Н и др.** Отопление и вентиляция. Ч II: /Под. ред. В.Н.Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
4. **Czerpnus A., Żukowski S.** Wykorzystanie wywiewników miejscowych dla ochrony powietrza w pomieszczeniu. Politechnika Warszawska. XXI Sympozjum – AQUA 2000. Płock, 2000. – s. 324...329.
5. **Лебянов С.П.** Определение параметров нелинейной регрессии методом наименьших квадратов. Заводская лаборатория, 1967, № 1. – 14 ... 17 С.
6. **Львовский Е.Н.** Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.