

О.М. Довбуш, С.С. Жуковський
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра теплогазопостачання і вентиляції
 79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ВПЛИВ КУТА РОЗКРИТТЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОКАЛЬНОГО ВІДСМОКТУВАЧА З ПОВІТРООБМЕЖНИКОМ І ПЛОСКОЮ ЦЕНТРАЛЬНОЮ КОЛОВОЮ ВСТАВКОЮ

© Довбуш О.М., Жуковський С.С., 2007

Наведено результати експериментальних досліджень впливу кута розкриття на ефективність локального відсмоктувача з повітрообмежником і плоскою центральною коловою вставкою, які подані у вигляді полів ізотак.

In the article are pointed results of experimental researches of influencing of opening corner on efficiency of local hood with the airlimiter and flat central circle insertion, which are represented as two dimensional velocity data.

Постановка проблеми. В окремих приміщеннях промислових підприємств застосовується місцева витікальна вентиляція з повністю відкритими відсмоктувачами, встановленими над або збоку обладнання з тепловиділеннями та газовими забрудниками. Відомі конструкції цих відсмоктувачів характеризуються значною повітропродуктивністю, що спричиняє значні теплоенергетичні втрати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що ефективність відкритих відсмоктувачів залежить від їх геометричних характеристик, місця розміщення щодо джерела забрудників, тепло- і повітропродуктивності конвекційних струменів, швидкостей повітряних потоків і їх рівномірності у вхідному отворі, рухомості внутрішнього повітря в просторі між відсмоктувачем і джерелом забрудників.

Згідно з [1] ефективність роботи конічного відсмоктувача залежить від кута розкриття, який впливає на рівномірність швидкостей витікального повітря у вхідному отворі. Рівномірніше поле швидкостей властиве відсмоктувачам з кутом розкриття 60° і менше, оскільки при більших кутах відбувається різке падіння швидкостей повітря при наближенні до країв вхідного отвору [2]. На зміну відносної швидкості $\frac{V_{oc}}{V}$ (де V – середня за витратою швидкість у площині всмоктувального отвору, V_{oc} – швидкість по осі потоку на відстані x) на відстані від 0 до $0,4d$ від всмоктувального отвору впливає кут розкриття відсмоктувача ϕ , а висота і форма його поперечного перерізу практично не впливають [3, 2]. Однак починаючи від $0,5$ до $0,5d$, зміна швидкостей $\frac{V_{oc}}{V}$ для всіх конічних відсмоктувачів майже однакова [4, 5, 6]. Для підвищення ефективності рекомендується по краях зонта встановлювати вертикальний борт з фіксованою висотою [7, 8]. Розмір кожної сторони відсмоктувача повинен бути більшим на $0,4$ від відповідного розміру джерела забрудників [1, 2].

Позитивний ефект досягається також під час встановлення у вхідному отворі конструкційних елементів, що зменшують його живий переріз і збільшують швидкість всмоктування. У разі обмеження зони всмоктування можна досягнути зменшення площі всмоктувального отвору і повітропродуктивності [1, 9, 10].

Аналіз можливих умов використання конічних відкритих відсмоктувачів показує, що, незважаючи на значну кількість досліджень і конструкційних пропозицій, проблема підвищення ефективності таких відсмоктувачів залишається актуальною.

Мета і задачі дослідження. Визначення впливу кута розкриття на ефективність дії локального відсмоктувача з повітрообмежником і плоскою центральною коловою вставкою.

Наукова новизна одержаних результатів. Робота містить результати досліджень повітряних потоків, що затікають у конічний локальний відсмоктувач з повітрообмежником та центральною коловою вставкою змінних геометричних характеристик за ізотермічних умов. Виявлені оптимальні кути розкриття відсмоктувача.

Розглянемо стікання повітря до щілинного колового отвору, середня частина якого закрита пластиною. Такого роду стікання трапляється у вентиляційних зонтах, для підвищення ефективності яких в центрі вхідного отвору встановлюють екран. У всіх наступних судженнях площина $y = 0$ є площиною симетрії і, як наслідок, одною із площин стікання повітряного потоку, тому вона може бути поданою як повітронепроникна. Звідси випливає, що одна із симетричних половин течії може не досліджуватись. У цьому разі отримані залежності можна подати як розв'язок задачі стікання повітря до довгого щілинного отвору, який розміщений безпосередньо в огорожі приміщення або на деякій відстані від її поверхні.

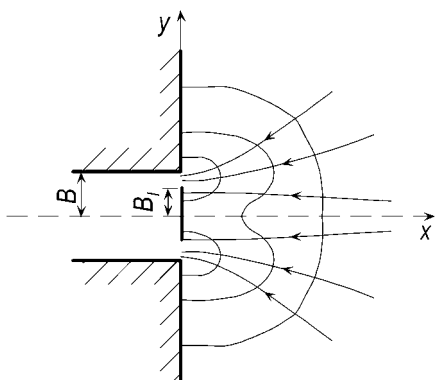


Рис. 1. Схема стікання повітряного потоку в щілинний стіновий отвір, утворений за допомогою екрана

Нехай щілинний отвір шириною $2B$ в центральній частині закрито пластиною шириною $2B_1$ (рис. 1). Проекція швидкості в довільній точці простору на вісь X визначається різницею інтегралів:

$$U = \frac{U_0}{\pi} \left[\int_{-B}^{+B} \frac{d\beta}{x^2 + (y - \beta)^2} \right] - \int_{-B_1}^{+B_1} \frac{d\beta}{x^2 + (y - \beta)^2} , \quad (1)$$

і становитиме

$$U = \frac{U_0}{\pi} \left[\left(\arctg \frac{y + \beta}{x} - \arctg \frac{y - \beta}{x} \right) - \left(\arctg \frac{y + \beta_1}{x} - \arctg \frac{y - \beta_1}{x} \right) \right] . \quad (2)$$

Швидкість на осі симетрії потоку визначається з останнього виразу за умови $y = 0$:

$$U_x = U_0 \frac{2}{\pi} \left(\arctg \frac{B}{x} - \arctg \frac{B_1}{x} \right) . \quad (3)$$

Ця формула дає нульове значення швидкості в площині вхідного отвору (при $x = 0$). На значних відстанях ($x \rightarrow \infty$) швидкість потоку також зникає, а значить існує критична відстань $X_{кр}$, де швидкість на осі потоку має максимальне значення.

Критична відстань визначається за умови $\frac{du}{dx} = 0$:

$$X_{кр} = \sqrt{B \cdot B_1} . \quad (4)$$

Максимальне значення осевої швидкості в критичному перерізі визначається підстановкою отриманого значення $X_{кр}$ у вираз (3)

$$U_{макс} = U_0 \frac{2}{\pi} \left(\arctg \sqrt{\frac{B}{B_1}} - \arctg \sqrt{\frac{B_1}{B}} \right) . \quad (5)$$

Ці формули справедливі для повітряного потоку, що перетікає через окремих щілинний отвір шириною $(B - B_1)$, нижній край якого знаходиться від площини симетрії на відстані B_1 .

Експериментальні дослідження конічного локального відсмоктувача з повітрообмежником та центральною коловою вставкою проводились на стенді, схема якого зображена на рис. 2, за таких початкових умов:

- повітряний потік є вільним та ізотермічним;
- середня швидкість повітря у початковому (вхідному) отворі відсмоктувача забезпечувалась в межах 1–5 м/с.

Замірювання швидкостей руху повітря у відповідних точках повітряного потоку здійснювали за допомогою термоелектроанемометра ТА-9, а тиску – мікроманометрів типу ММН-240.

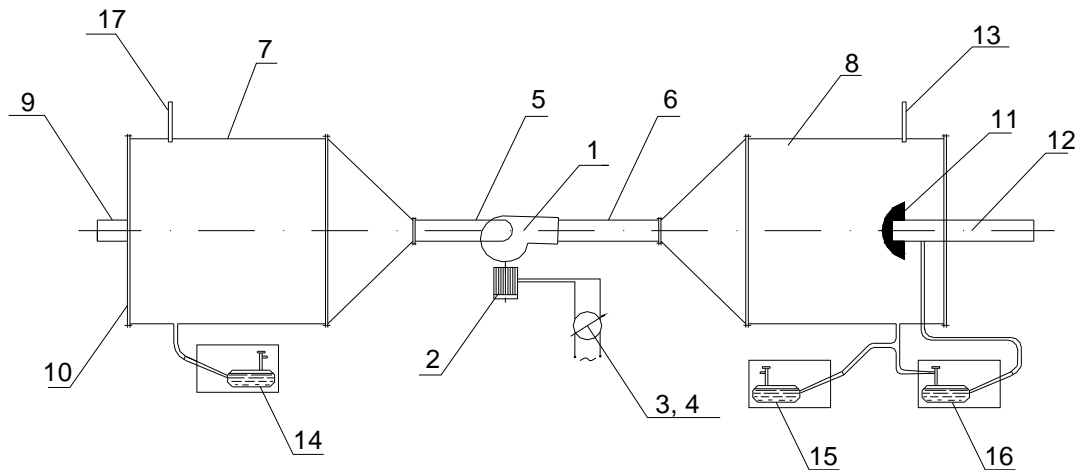


Рис. 2. Схема експериментального стенда:

- 1 – радіальний вентилятор; 2 – електродвигун постійного струму;
- 3 – автотрансформатор; 4 – випрямляч змінного струму;
- 5 – повітропровід на всмоктуванні; 6 – повітропровід на нагнітання;
- 7 – камера розрідження; 8 – камера плюсового надлишкового тиску;
- 9 – об’єкт досліджень – локальний відсмоктувач; 10 – знімна стінка;
- 11 – витратомірний колектор; 12 – вихідний патрубок; 13, 17 – термометри;
- 14, 15, 16 – різницеві (диференційні) мікроманометри

Під час проведення досліджень використовувались вимірювальні засоби, вказані в табл.1.

Таблиця 1

Засоби вимірювання

№ з/п	Назва засобів вимірювання	Характеристики та точність вимірювання
1	Барометр-анероїд БАММ, № 8795	8000...106000Па; ± 200Па
2	Спиртові термометри	0,5 °С
3	Мікроманометр ММН-240 № 2000 і № 2220	± 1Па
4	Термоелектроанемометр ТА-9, №18	0,05м/с

На рис. 3 зображена запропонована конструкція конічного локального відсмоктувача з певним кутом розкриття, повітрообмежником та центральною коловою вставкою.

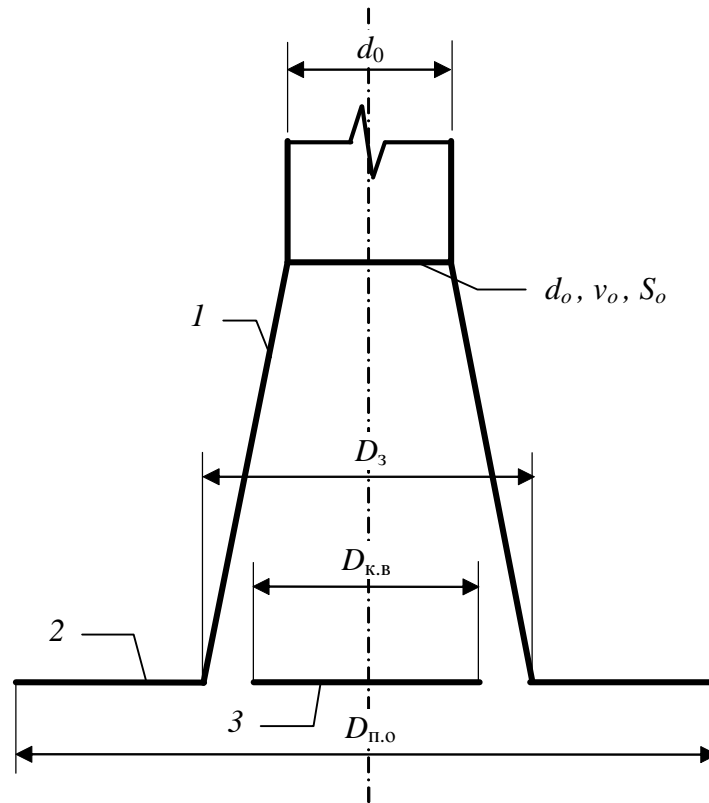


Рис. 3. Схема конічного локального відсмоктувача:
 1 – корпус відсмоктувача; 2 – повітрообмежник;
 3 – центральна колова вставка

У табл. 2 наведені характеристики експериментальних локальних відсмоктувачів.

Таблиця 2

Характеристики експериментальних локальних відсмоктувачів

№ з/п	Зовнішній діаметр D_3 , м	Діаметр колової вставки $D_{к.в.}$, м	Кут розкриття зонти, α^0	$D_{к.в.} / D_3$, м	Площа дії S , 10^{-3} м	Зона (довжина) дії L , м
1	0,225	0	22	0	46,04	0,184
2	0,225	0,120	22	0,53	41,48	0,162
3	0,225	0,142	22	0,63	42,42	0,159
4	0,225	0,162	22	0,72	44,36	0,162
5	0,225	0,182	22	0,81	41,92	0,146
6	0,225	0,202	22	0,90	29,98	0,120
7	0,400	0	45	0	67	0,202
8	0,400	0,202	45	0,55	69,8	0,189
9	0,400	0,250	45	0,63	70,2	0,182
10	0,400	0,280	45	0,7	60	0,146
11	0,400	0,310	45	0,78	54,7	0,132
12	0,400	0,340	45	0,85	39	0,132
13	0,470	0	60	0	75,4	0,206
14	0,470	0,270	60	0,57	33,1	0,112
15	0,470	0,310	60	0,66	43,23	0,147
16	0,470	0,350	60	0,74	30,78	0,117
17	0,470	0,390	60	0,83	33,3	0,118
18	0,470	0,430	60	0,92	36,8	0,127

Окремі результати експериментальних досліджень зображені на рис. 4–9 у вигляді полів однакових відносних швидкостей (ізотях) за деяких змінних відносних величин $D_{п.0}/D_3$ та $D_{к.в}/D_3$.

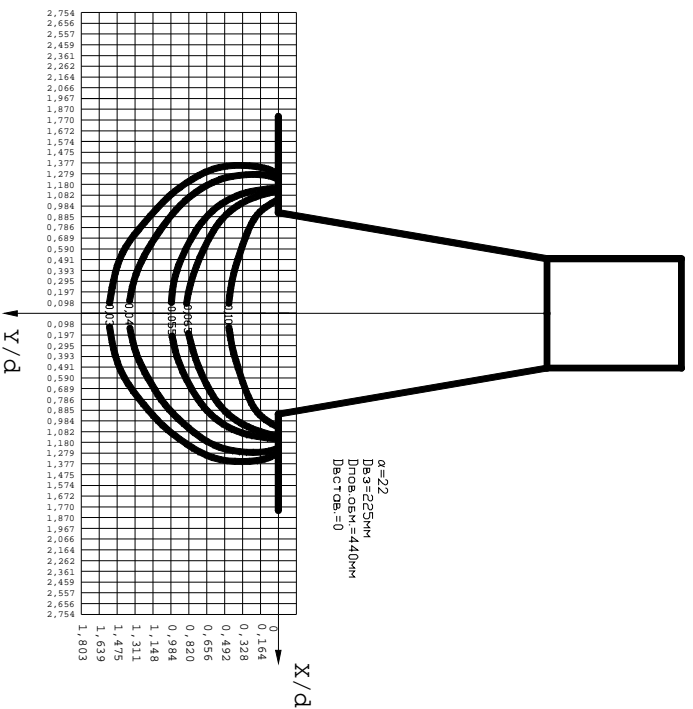


Рис. 4. Схема поля ізотях відсмоктуваного повітряного потоку

$$\text{за } \frac{D_{п.0}}{D_3} = 1,95 \text{ і } \frac{D_{к.в}}{D_3} = 0$$

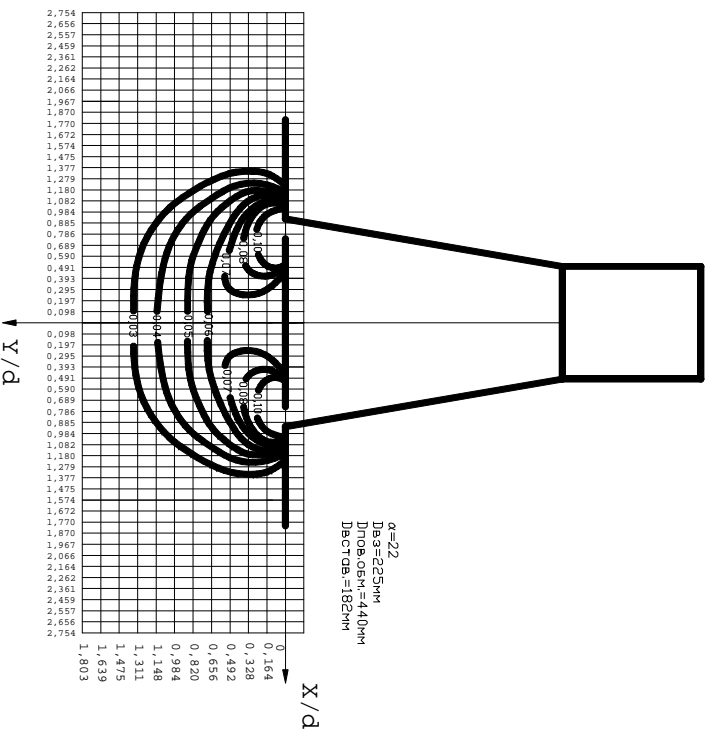


Рис. 5. Схема поля ізотях відсмоктуваного повітряного потоку

$$\text{за } \frac{D_{п.0}}{D_3} = 1,95 \text{ і } \frac{D_{к.в}}{D_3} = 0,81$$

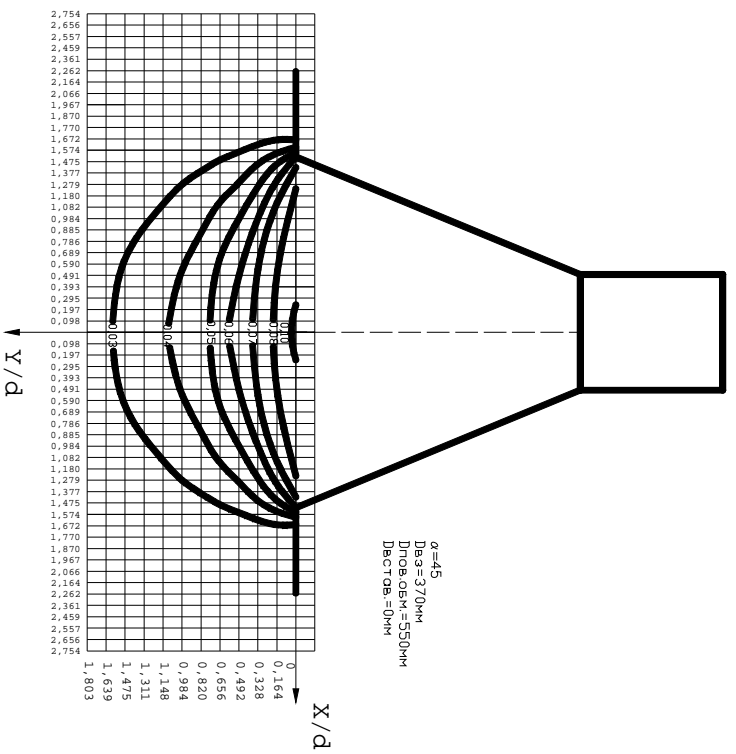


Рис. 6. Схема поля ізопах відсмоктуваного повітряного потоку

$$\text{за } \frac{D_{\text{noz}}}{D_3} = 1,49 \text{ і } \frac{D_{\text{КВ}}}{D_3} = 0$$

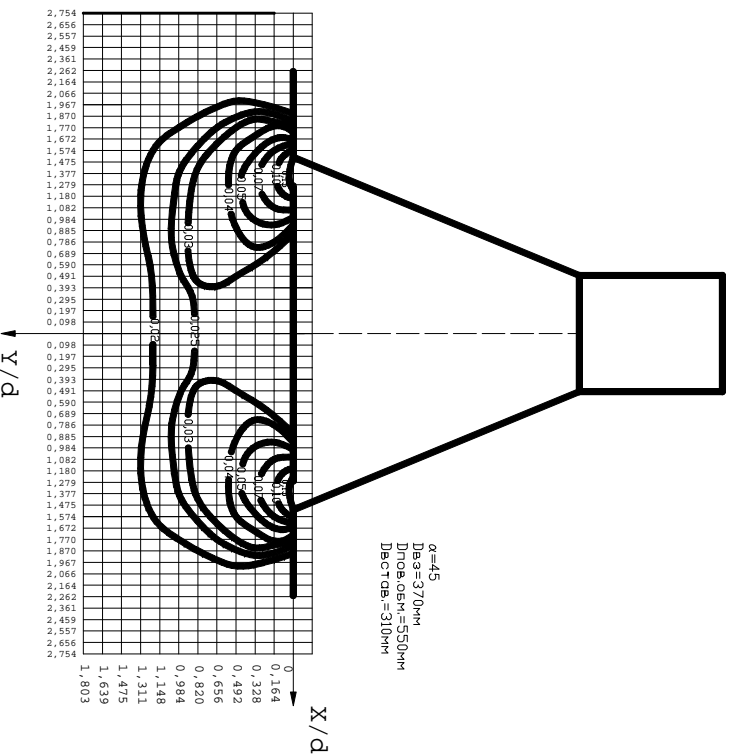


Рис. 7. Схема поля ізопах відсмоктуваного повітряного потоку

$$\text{за } \frac{D_{\text{noz}}}{D_3} = 1,49 \text{ і } \frac{D_{\text{КВ}}}{D_3} = 0,84$$

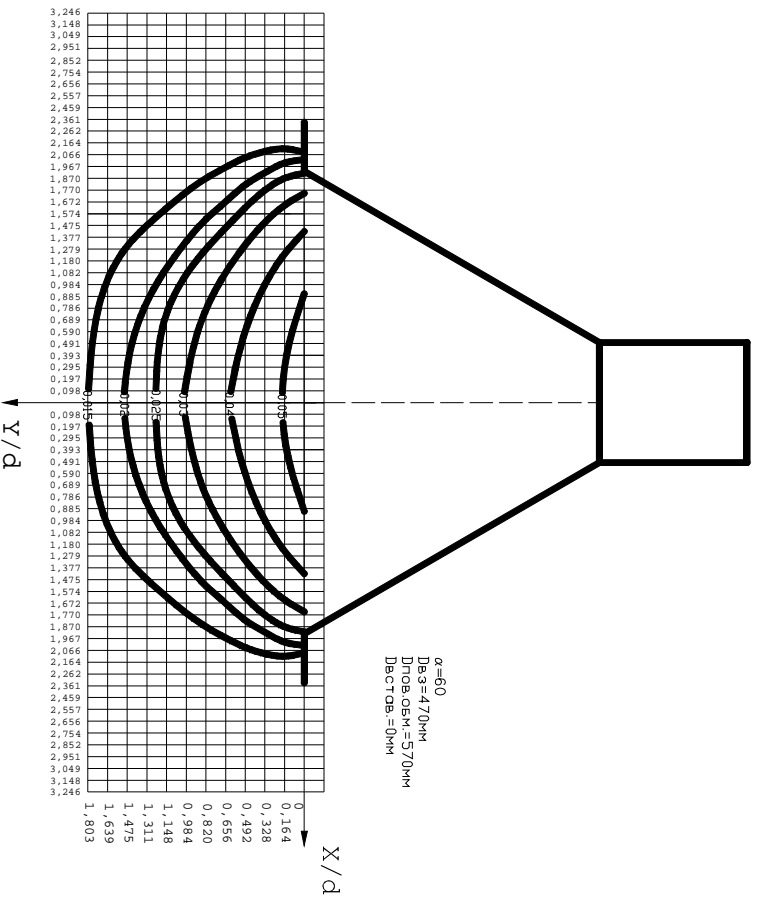


Рис. 8. Схема поля ізотех від смиктукваного повітряного потоку
за $\frac{D_{п.0}}{D_3} = 1,21$ і $\frac{D_{к.в}}{D_3} = 0$

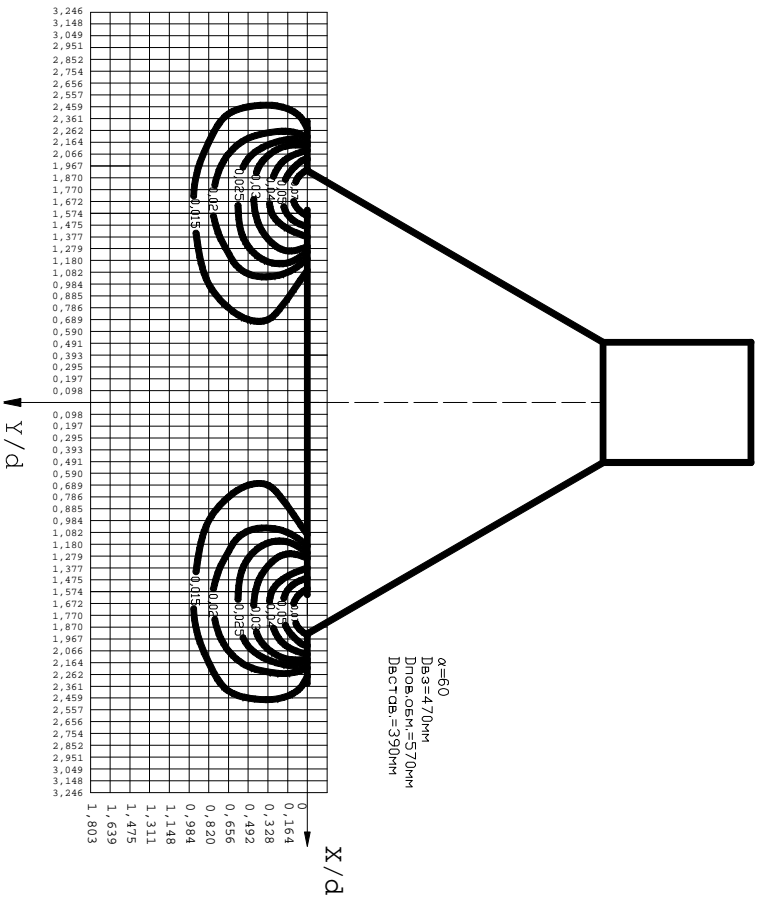


Рис. 9. Схема поля ізотех від смиктукваного повітряного потоку
за $\frac{D_{п.0}}{D_3} = 1,21$ і $\frac{D_{к.в}}{D_3} = 0,83$

Загальні висновки. 1. Найбільша площа дії конічного локального відсмоктувача з кутом розкриття $\alpha = 22^\circ$ існує за наявності повітрообмежника $D_{п.о} = 0,340$ м і становить $S_{0,03} = 54,32 \cdot 10^{-3}$ м². Площа дії локального відсмоктувача без повітрообмежника становить $S_{0,03} = 49,03 \cdot 10^{-3}$ м². Ефективність конічного локального відсмоктувача з повітрообмежником (за площею) збільшилась на $\frac{54,32 - 49,03}{54,32} \cdot 100\% = 9,7\%$ порівняно з локальним відсмоктувачем без повітрообмежника. Отже,

оптимальне співвідношення діаметра повітрообмежника до діаметра вхідного отвору становить $\frac{D_{п.о}}{D_3} = \frac{0,340}{0,225} = 1,51$.

2. Найбільшу довжину дії має локальний відсмоктувач без центральної колової вставки і з повітрообмежником $D_{п.о} = 0,340$ м ($L_{0,03} = 0,225$ м). Довжина зони дії $L_{0,03} = 0,225$ м локального відсмоктувача зі співвідношенням діаметра повітрообмежника до діаметра зонти $\frac{D_{п.о}}{D_3} = \frac{0,340}{0,225} = 1,51$ є більшою порівняно з довжиною дії $L_{0,03} = 0,184$ м локального відсмоктувача без повітрообмежника на $\frac{0,225 - 0,184}{0,225} \cdot 100\% = 18,2\%$.

3. Для конічного локального відсмоктувача з центральним кутом розкриття $\alpha = 45^\circ$ найефективнішою по площі є наявність центральної колової вставки $D_{к.в} = 0,280$ м і повітрообмежника $D_{п.о} = 0,640$ м. Площа його дії становить $S_{0,03} = 91,52 \cdot 10^{-3}$ м². Площа дії локального відсмоктувача без центральної колової вставки і повітрообмежника становить $S_{0,03} = 66,84 \cdot 10^{-3}$ м². Отже, площа дії збільшилась на $\frac{91,52 - 66,84}{91,52} \cdot 100\% = 26,9\%$. Оптимальне співвідношення діаметрів повітрообмежника і центральної колової вставки до діаметра вхідного отвору відсмоктувача становить відповідно $\frac{D_{п.о}}{D_3} = \frac{0,640}{0,400} = 1,6$; $\frac{D_{к.в}}{D_3} = \frac{0,280}{0,400} = 0,7$.

4. Для конічного локального відсмоктувача з кутом розкриття $\alpha = 60^\circ$ повітрообмежник і центральна колова вставка не спричиняють позитивного ефекту, а тому їх застосування в конструкції конічного відсмоктувача з кутом розкриття $\alpha \geq 60^\circ$ є недоцільним.

1. Батурич В.В. *Основи промислової вентиляції*. – М.: Промиздат, 1956. – 527с.
 2. Фиалковская Т.А. *Вытяжные зонты и шкафы*. – М.: Стройиздат, 1947. – 67 с.
 3. Бромлей М.Ф., Красилов Г.И. *Отопление и вентиляция чугунолитейных заводов*. – М.: Промиздат, 1954. – 288 с.
 4. Абрамович Г.Н. *Теория турбулентных струй*. – М.: Физматгиз, 1960.
 5. Гримитлин М.И., Смирнова Г.А., Филатов В.И. и др. *Вентиляция и отопление цехов переработки пластмасс*. – Л.: Химия, 1983. – 134 с.
 6. Прандтль Л. *Гидромеханика*. – М.: Издательство, 1951. – 575 с.
 7. Волков О.Д. *Проектирование вентиляции промышленного здания: Учеб. пособие*. – Харьков: Вища шк. Изд-во при ХГУ, 1989. – 240 с.
 8. Торговников Б.М. и др. *Проектирование промышленной вентиляции: Справочник*. – К.: Будівельник, 1983. – 256 с.
 9. Кузмина Л.В. *Исследования работы боковых отсосов от горячего оборудования (простых и активированных): Автореф. дис. ... канд. техн. наук*. – М.: 1963. – 20 с.
 10. Посохин В.Н. *Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования*. – М.: Машиностроение, 1984. – 180 с.