

## ВПЛИВ ВЗАЄМОРОЗМІЩЕННЯ ГНУЧКОЇ ВСТАВКИ ТА ДИФУЗОРА НА НАГНІТАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК РАДІАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

© Гулай Б.І., Жуковський С.С., 2010

Наведено результати експериментальних досліджень нагнітального повітряного потоку у вентиляційній системі, а саме: епюри розподілення повних та статичних тисків, а також їхні ізобари за різного взаєморозміщення гнучкої вставки та дифузора після радіального вентилятора. Встановлено, що внаслідок раціонального взаєморозміщення цих елементів, витрата крізь досліджувану вентиляційну систему підвищується на 14 %.

The results of experimental studies injection of air flow in ventilation systems, namely: full of force distribution and static pressure, and their constant pressure at different download flexible diffuser insert and after a radial fan. , As a result rational download these elements flow through ventilation systems investigated increases by 14 %.

**Вступ.** Найпоширенішими вентиляційними системами є системи із радіальними (відцентровими) вентиляторами. Важливою умовою ефективної роботи таких систем є не тільки правильний добір відповідного типу, розміру та режиму роботи вентилятора, а й підвищення його ККД та покращання експлуатаційних властивостей. Оскільки за своєю характеристикою однакові вентилятори можуть змінювати як тиск, так і витрату, то їх оптимальний та ефективний режими роботи залежать від взаємодії з приєднаною до них системою (простою чи складною), а, особливо, від впливу елементів, які встановлюються в безпосередній близькості до вентилятора. Необхідність встановлення таких елементів (дифузоров, гнучких вставок, переходів і поворотних ділянок) визначається двома особливостями: по-перше, перетворенням кінетичної енергії повітряного потоку в статичний тиск з мінімальними втратами; по-друге, правильним підбором цих елементів та раціональним їх взаєморозміщенням для приєднання вентилятора до вентиляційної системи.

**Постановка проблеми.** Ефективність роботи вентиляційної системи залежить від аеродинамічної досконалості її елементів. Значна частина втрат енергії в елементах вентиляційної системи виникає на витоку повітряного потоку з нагнітального патрубку радіального вентилятора внаслідок його збурення, а саме – на відрізку розміщення гнучкої вставки та дифузора.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що для запобігання перенесенню вібрацій вентилятора на вентиляційну систему, гнучку вставку кріплять до нагнітального патрубку, після якого встановлюють дифузор (рис X.18, с. 152 [1]). Дифузори за вентилятором встановлюються за необхідності приєднання вентилятора до вентсистеми (за різних поперечних перерізів та площ вихідного патрубку вентилятора та повітропроводу), а також для зменшення втрати динамічного тиску вентилятора за відсутності нагнітальних повітропроводів (зменшення втрат тиску на удар). Оцінювання впливу дифузоров на аеродинамічну характеристику вентилятора, зважаючи на їхню велику конструкційну різноманітність і залежність від умов входу повітряного потоку в них, є доволі складним. Роботи Г.Н. Абрамовича і В.І. Поліковського, а також М.Я. Гембаржевського [4] показали, що поле швидкостей на виході із радіального вентилятора є нерівномірним за усіх режимів його роботи. Ця нерівномірність виявляється під час визначення поздовжніх і поперечних

швидкостей в площині вихідного патрубка вентилятора, до того ж поля поперечних і поздовжніх швидкостей є різними. Також відомо, що у вентиляційних системах з радіальними вентиляторами необхідність встановлення дифузорів визначається тим, що величина швидкості повітряного потоку на виході з нагнітального патрубка за номінального режиму роботи вентиляторів змінюється в межах 25...40 м/с, а швидкості в ділянках розрахункової магістралі вентиляційних систем під час проектування приймають, зазвичай, 8–10 м/с [2]. У [3] надані рекомендації з проектування та розрахунку втрат тиску у вихідних елементах вентиляторів. При цьому вказані значення коефіцієнтів втрат тиску залежно від геометричних параметрів дифузорів. Однак у цій роботі також не розглянутий взаємовплив місця розташування гнучкої вставки та дифузора на ефективність вентиляційної системи.

Аналіз публікацій свідчить, що під час дослідження дифузорів не враховувався вплив розміщення гнучкої вставки стосовно дифузора та нагнітального патрубка радіального вентилятора на повітряний потік та тисково-витратні характеристики вентиляційної системи. Отже, проблема підвищення тисково-витратних характеристик вентиляційних систем з радіальним вентилятором, гнучкою вставкою та дифузором є актуальною.

**Мета і завдання дослідження.** Визначити вплив взаєморозміщення гнучкої вставки та дифузора стосовно нагнітального патрубка радіального (відцентрового) вентилятора на повітряний потік та тисково-витратну ефективність вентиляційної системи.

**Експериментальні дослідження та їх результати.** Експериментальні дослідження проводились на вентиляційних системах, схеми яких зображено на рис. 1, а, б. Повітря засмоктувалось у вентиляційні системи із приміщення лабораторії вентилятором 1 (В-Ц4-70-4 з кількістю обертів турбіни 2850 об/хв і потужністю електромотора 1,5 кВт), перетікало через його всмоктувальний патрубок 2 з жорстко (нерухомо) прикріпленою до нього координатною сіткою 11, витікало із нагнітального патрубка 3, і рухалось через гнучку вставку 5, до якої кріпився дифузор 4 (рис. 1, а), або протікало через дифузор 4, після якого кріпилась гнучка вставка 5 (рис. 1, б). Далі повітряний потік перетікав повітропроводом 6 і витікав з кінцевого отвору вентиляційної системи у приміщення лабораторії.

Вісесиметричний дифузор 4 мав такі геометричні параметри: показник дифузорності  $n = 2,6$  ( $n = A_2 / A_1$ , де  $A_1$  і  $A_2$  – площі вхідного і вихідного перерізів дифузора); відносну довжину  $\bar{l} = 2,9$  ( $\bar{l} = l / B$ , де  $l$  – довжина дифузора, а  $B$  – характерний розмір початкового (вхідного) перерізу дифузора) та кут розкриття  $\alpha = 7^\circ$ .

Тискові впливи досліджувались в перерізах 1-1...6-6 дифузора у двох версіях взаєморозміщення вентиляційних елементів. При цьому визначались повні та статичні тиски у відповідних точках кожного з перерізів за допомогою пневмотискового вимірювача 7 (трубки Браббе) та замірів, отриманих спиртовим диференційним (різницевим) мікроманометром 8. Заміри тисків проводились в усіх точках досліджуваних перерізів та повторювались тричі для підтвердження їхньої достовірності. При цьому усі умови експерименту залишались незмінними (конфігурація системи, кількість обертів турбіни вентилятора, потужність його мотора, температура повітря у приміщенні тощо), а результати усереднювались.

Густина повітря в умовах експерименту визначалась за показами барометра-анероїда 12 та термометра 13.

Витрата повітря у системі вентиляції визначалась так: перетворювачем (сенсором) 10, розміщеним у кінці щупа термоелектроанометра 9, замірялись швидкості повітря у відповідних точках координатної сітки 11, нерухомо прикріпленої до вхідного патрубка вентилятора 2, після чого визначалась середня швидкість повітряного потоку в площині  $\varnothing 400$  мм всмоктувального (вхідного) патрубка вентилятора 2.

Дослідження проводилось для порівняльного оцінювання повітропродуктивності вентсистеми з різним розміщенням дифузора і гнучкої вставки, тому елемент повітропроводу на

вхідному патрубку радіального вентилятора не передбачався. Усі заміри аеродинамічних параметрів вентсистеми були приведені до нормальних умов.

Заміри починались після попередньої 20-хвилинної роботи вентилятора (за роботи вентилятора у незмінному режимі).

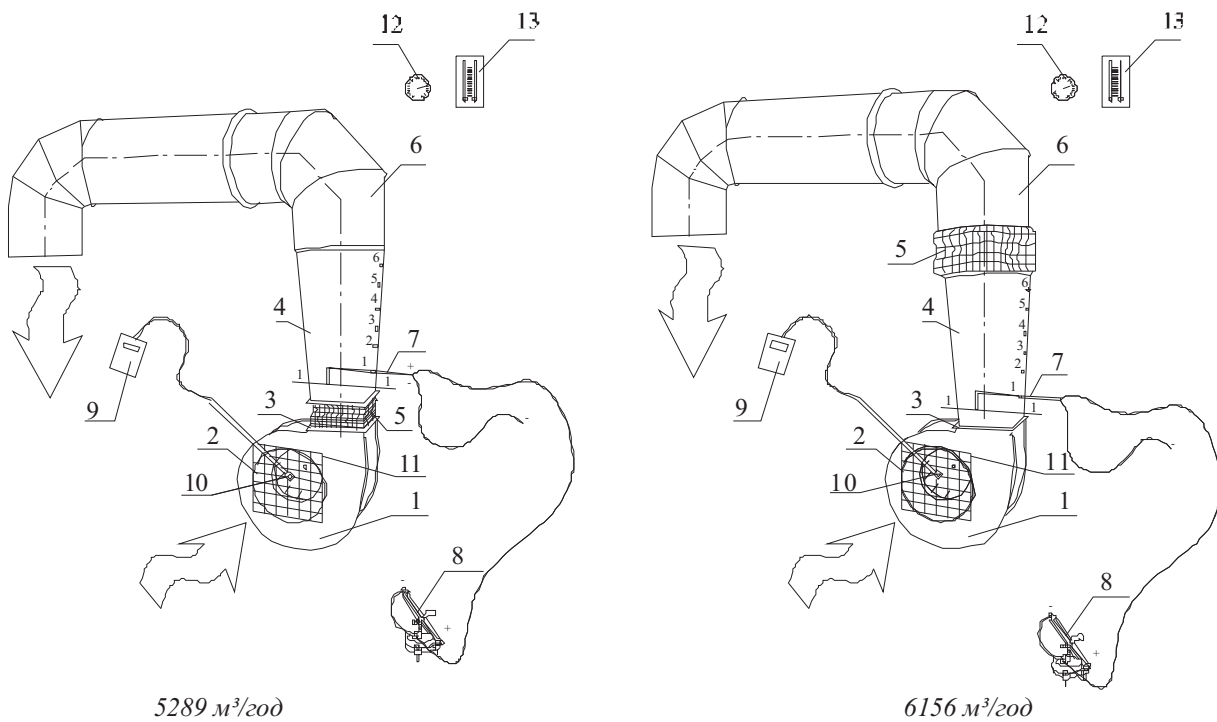


Рис. 1. Схеми вентиляційних систем: а – з гнучкою вставкою, розміщеною між вентилятором та дифузором; б – з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора; 1 – вентилятор (В – Ц4 – 70 – 4); 2 – всмоктувальний (вхідний) патрубок вентилятора; 3 – нагнітальний (вихідний) патрубок вентилятора; 4 – дифузор; 5 – гнучка вставка; 6 – повітропровід; 7 – трубка Браббе; 8 – диференційний мікроманометр; 9 – термоелектроанемометр; 10 – перетворювач (сенсор) термоелектроанемометра; 11 – координатна сітка; 12 – барометр-анероїд; 13 – термометр

Під час досліджень використовувались вимірювальні засоби, наведені в таблиці.

#### Засоби вимірювань, використані під час досліджень

№ з/п	Назва засобів вимірювання	Характеристики та точність вимірювання
1	Барометр-анероїд БАММ-1, №8795	8000...106000Па; ± 200Па
2	Спиртовий термометр	-30...+100°C; ± 0,1°C
3	Мікроманометр ММН-2400 (5)-1.0 ТУ25-01-816-79 № 2200 91 2	± 5Па
4	Термоелектроанемометр АТТ-1004 АКТАКОМ	0,05м/с

Аналіз графічних залежностей розподілу тисків в системі з гнучкою вставкою, розміщеною між вентилятором і дифузором (рис. 1, а), засвідчує, що в повітряному потоці, що протікає крізь дифузор, виникають тільки від'ємні статичні тиски (рис. 2, а) та повні тиски, які змінюються в діапазоні +2534...-1655 Па, що свідчить про різку зміну динамічних тисків, а отже, і нерівномірне розподілення швидкостей по усій площині досліджуваних перерізів дифузора. По лініях однакових повних тисків (ізобарах) (рис. 2, г) спостерігається великорозмірне вихороутворення з мінусовими

тисками, що призводить до додаткових втрат енергії повітряного потоку, а отже, до зниження ефективності роботи вентиляційної системи.

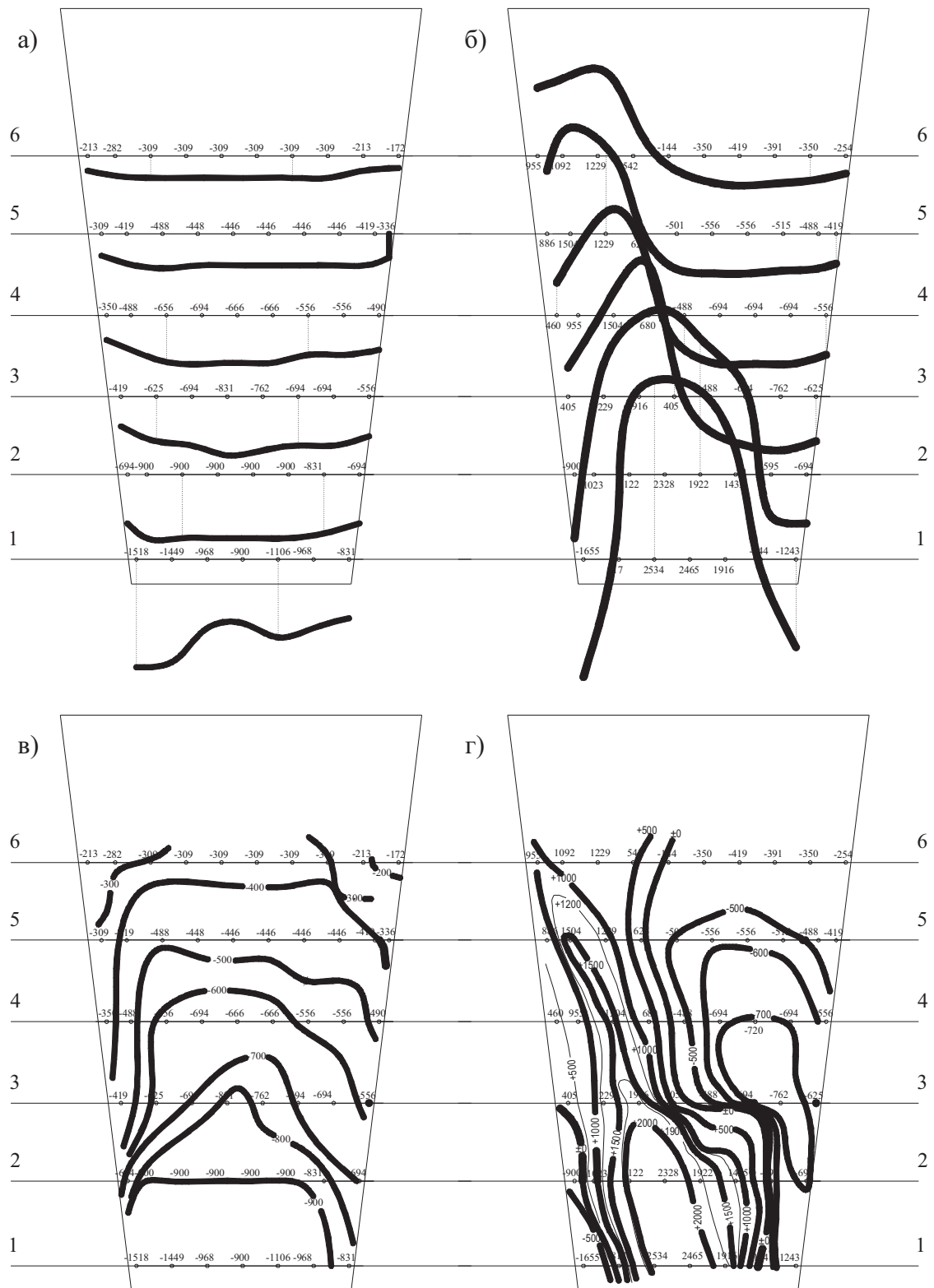


Рис. 2. Результати експериментальних досліджень вентиляційної системи з гнучкою вставкою, розміщеною між вентилятором та дифузором: епюри розподілення статичних (а) та повних (б) тисків; ізобари статичних (в) та повних (г) тисків

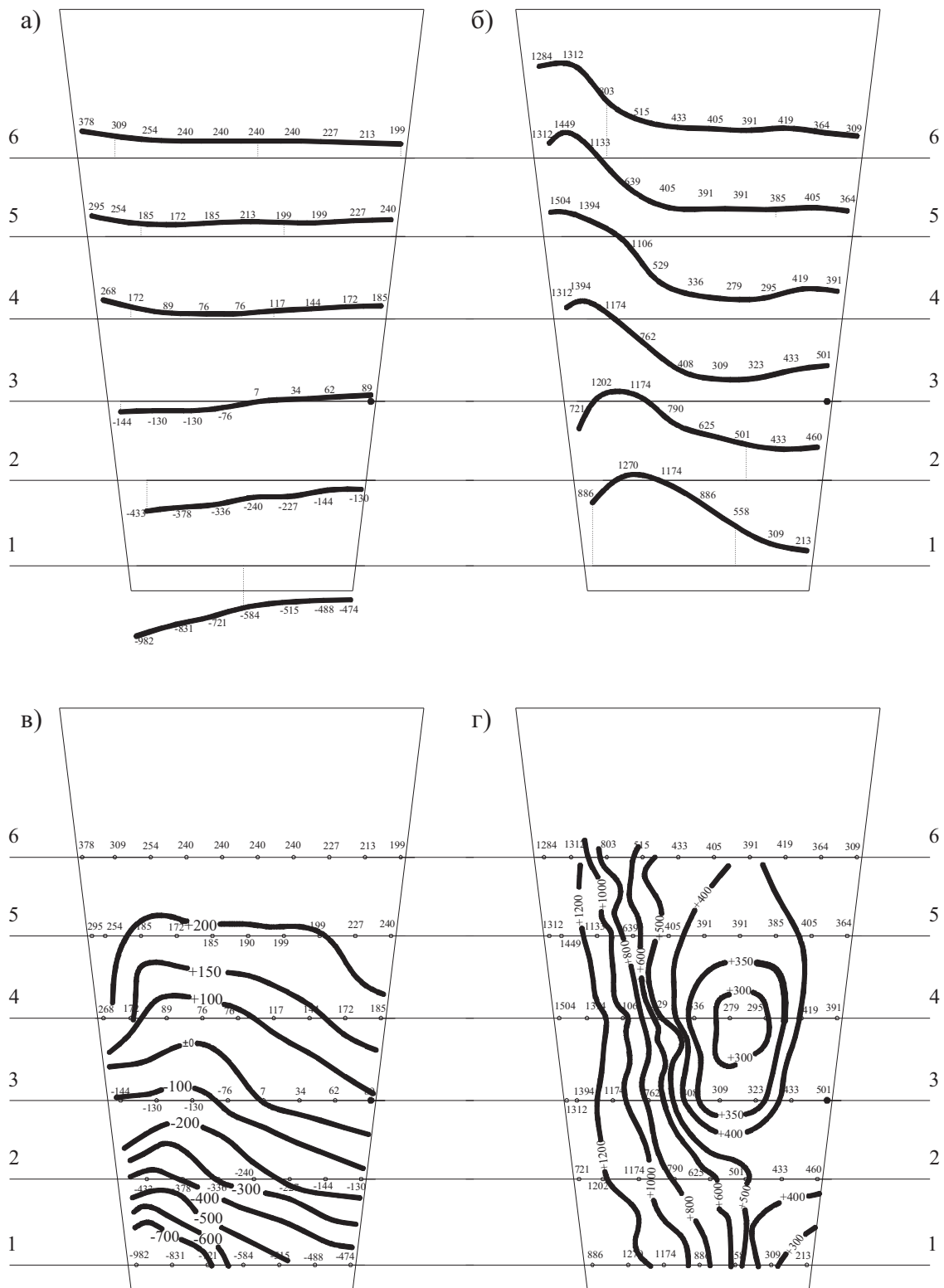


Рис. 3. Результати експериментальних досліджень вентиляційної системи з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора: етори розподілення статичних(а) та повних (б) тисків; ізобари статичних (в) та повних (г) тисків

Аналіз графічних залежностей розподілення статичних і повних тисків у вентиляційній системі з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора (рис. 1, б), свідчить, що від'ємні статичні тиски змінюються на додатні на шляху протікання повітря крізь дифузор. Своєю чергою, повні тиски є додатними в усьому просторі досліджуваних перерізів (рис. 3, б), що свідчить про більшу рівномірність розподілення динамічних тисків. Конфігурація ізобар (рис. 3, г) засвідчує

великорозмірне вихороутворення з плюсовими тисками, що також свідчить про додаткові втрати енергії повітряним потоком, однак менші за величиною, ніж у попередньому варіанті (рис. 1, а).

Повітропродуктивність вентиляційної системи з радіальним вентилятором В-Ц4-70-4 у разі встановлення гнучкої вставки між нагнітальним патрубком вентилятора і дифузorzом – 5289 м<sup>3</sup>/год, а у разі безпосереднього приєднання дифузора до нагнітального патрубка вентилятора та розміщення гнучкої вставки після нього – 6156 м<sup>3</sup>/год.

Витратно-тискова ефективність вентиляційної системи у разі розміщення гнучкої вставки після дифузора збільшується на 14 % порівняно з варіантом розміщення гнучкої вставки між нагнітальним патрубком радіального вентилятора та дифузorzом, що можна пояснити: вихороутворенням з плюсовими статичними тисками в першому випадку та вихороутворенням з від'ємними статичними тисками у другому випадку. Для подальшого підвищення ефективності вентсистеми потрібне вирівнювання поля швидкостей в перерізах дифузора та мінімізація великорозмірних вихороутворень в дифузorzі.

Результати експериментальних досліджень вентиляційної системи з гнучкою вставкою, розміщеною між вентилятором та дифузorzом за схемою рис. 1, а, зображені на рис. 2.

Результати експериментальних досліджень вентиляційної системи з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора за схемою рис. 1, б, зображені на рис. 3.

**Висновки.** Внаслідок проведених експериментальних досліджень вентиляційних систем з гнучкою вставкою, розміщеною між вентилятором та дифузorzом, а також з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора, встановлено:

- у вентиляційній системі з гнучкою вставкою, розміщеною між радіальним вентилятором В-Ц4-70-4 та дифузorzом, виникає великорозмірне вихороутворення з мінусовими тисками, яке призводить до додаткових втрат тиску, а отже, знижує витратну ефективність роботи вентиляційної системи;

- у вентиляційній системі з тим самим вентилятором та з гнучкою вставкою, розміщеною після дифузора, виникає вихороутворення з плюсовими тисками та збільшується витрата повітря крізь систему. Це пояснюється плюсовими повними тисками в усьому просторі досліджуваних перерізів дифузора;

- раціональним взаєморозміщенням гнучкої вставки та дифузора стосовно нагнітального патрубка радіального вентилятора досягається позитивний вплив на аеродинаміку вентиляційної системи збільшенням її продуктивності на 14 %;

- подальше збільшення ефективності вентиляційної системи з приєднанням дифузора до нагнітального патрубка радіального вентилятора можливе за вирівнювання поля швидкостей та унеможливлення вихороутворень в дифузorzі за різних режимів роботи вентилятора.

1. Богословский В.Н. *Отопление и вентиляция* / В.Н. Богословский, В.И. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов // Учебник для вузов: В 2-х ч. – Ч. 2: Вентиляция. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с. 2. Вахвахов Г.Г. *Работа вентиляторов в сети* / Г.Г. Вахвахов. – М.: Стройиздат, 1975. – 101 с. 3. *Рекомендации по расчету гидравлических сопротивлений сложных элементов систем вентиляции.* – М.: Стройиздат, 1981. – 29 с. 4. Невельсон М.И. *Центробежные вентиляторы* / М.И. Невельсон. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – С. 127–136.