

кривизни змійовика на втрати тиску і на коефіцієнти тепловіддачі та тертя. Знайдені геометричні й конструктивні розміри гвинтового циліндричного змійовика.

1. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. *Справочник по теплообменным аппаратам.* – М.: Машиностроение, 1989. – 366 с. 2. Бекман Г., Гилли П. *Тепловое аккумулярование энергии.* – М.: Мир, 1987. – 271с. 3. Гельперин Н.И. *Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. Кн.1.* – М.: Химия, 1981. – 384 с. 4. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. *Теплотехніка: Підручник.* – К.: «ІНКОС», 2005. – 504 с. 5. Келбалиев Р.Ф., Алиев Р.Ю., Исмаилов М.Б. *Теплоотдача в горизонтальной змеевиковой трубе при переходном режиме и околокритическом давлении жидкости // Инженерно-физический журнал.* – 2008. – Т.81, №5. – С. 892–896. 6. Кудря С. *Акумулявання тепла з відновлюваних джерел енергії // Ринок інсталяцій.* – 2008. – №1. – С.8–12, №2. – С. 6–9, №3. – С. 13–14. 7. Лебедев П.Д. *Теплообменные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов.* – Изд. 2-е, перераб. – М., «Энергия», 1972. – 320 с. 8. Михеев М.А., Михеева И.М. *Основы теплопередачи.* М., «Энергия», 1973. – 320 с. 9. Пермяков Б.А. *Особенности расчета теплообмена и гидравлического сопротивления спиральных трубных змеевиков // Сб. трудов МИСИ «Вопросы теплообмена и проектирования источников теплоснабжения».* – М., 1977. – № 142. – С. 12–19. 10. Сиворакиа В.Е., Марков В.Л. *Технико-экономический анализ способов поддержания температуры в тепловых аккумуляторах // Интегровані технології та енергозбереження.* – 2008. – №4. – С.25–32. 11. *Справочник по теплообменникам: В 2 т. Т1 / Пер. с англ.; Под ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова.* – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 560 с. 12. Ханик Я.М., Семеншин Є.М., Станіславчук О.В., Кіндзера Д.П. *Процеси та апарати хімічних технологій. Ч. III: Навч. посібник.* – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – 2006. – 340 с.

УДК 697.9:621;697:621

О.Т. Возняк, Х.В. Миронюк, І.Є. Сухолова  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## Акустичні характеристики ПРИПЛИВНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ За ВЗАЄМОДІЇ СТРУМИН

© Возняк О.Т., Миронюк Х.В., Сухолова І.Є., 2009

Представлено результати досліджень акустичних характеристик повітряного потоку за взаємодії струмін, які надають можливість виконати перевірку підбору повітророзподільників з врахуванням допустимого рівня шуму для заданої продуктивності припливного насадка. Було досліджено залежність рівня шуму від швидкості витікання струмнини і типу насадка.

**In this article there are presented results of investigations with interaction of opposite non-coaxial of air jet’s acoustic characteristics, that give possibility to make a control of air supply devise choice at air distribution calculation. Dependence of noise level from jet’s leakage velocity and size of air supply devise has been investigated.**

**Постановка проблеми.** Під час проектування систем вентиляції та кондиціонування повітря у приміщеннях важливим є чинник виникнення шуму під час витікання струмнини з повітророздавальних пристроїв. Генерація шуму повітророздавальними насадками залежить переважно від його конструктивного виконання та швидкості витікання струмнини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомі акустичні характеристики повітророзподільвачів типу: циліндрична труба з відводом, прямокутні щілинні отвори [1]. Однак є

можливим застосування в системах вентиляції та кондиціонування повітря повітродозподільників з використанням ефекту взаємодії зустрічних некоаксіальних круглих струмин, зустрічних неспіввісних щілин, чи повітродозподільника, що створює закручену припливну струмину у супутньому потоці.

**Мета та завдання досліджень.** Мета роботи – дослідити акустичні властивості струмин, що витікають з насадків, описаних вище.

Експериментальні дослідження повітродозподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних струмин та щілин відповідно проводились на установках, схеми яких показано на рис. 1, за таких умов та спрощень:

- струмини ізотермічні;
- припливні насадки – циліндричні патрубки з коефіцієнтом згасання швидкості  $m = 6,8$ , щілини з коефіцієнтом згасання швидкості  $m = 2,5$ ;
- лінійні розміри насадків не змінювалися: діаметр циліндричних патрубків  $d_0 = 50$  мм, ширина щілин  $b_0 = 20$  мм;
- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив  $H = 1,5$  м;
- співвідношення витрат повітряних потоків  $\bar{L} = L_{\text{л}}/L_{\text{пр}}$ , що взаємодіють, залишалось незмінним, при цьому  $L_{\text{л}} = L_{\text{пр}}$ ;
- початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилася у межах:  $V = 5 - 15$  м/с.

Експериментальні дослідження повітродозподільника, що створює закручену припливну струмину в супутньому потоці, проводились на установці, схему якої показано на рис. 1, за таких умов та спрощень:

- струмини неізотермічні;
- повітродозподільний пристрій складається з труб супутньої, осьової і тангенціальної подачі повітря, діаметри цих труб залишались сталими;
- діаметр отвору для випуску закрученої струмини залишався сталим і становив  $d_{\text{закр}} = 46$  мм;
- діаметр отвору для випуску супутньої струмини залишався сталим і становив  $d_{\text{сн}} = 98$  мм;
- отвір для випуску закрученої струмини виступав від отвору для випуску супутньої струмини на  $X_0 = 20$  мм.

Рівень звукової потужності та вібрації вимірювався приладом DE-3301. Як відомо з [2], між вібрацією металевих стінок  $V$  [мм/с] і рівнем звукової потужності  $L_v$  [дБ(А)] існує така залежність:

$$V = 10^{\frac{L_v}{20}} \cdot 5 \cdot 10^{-5}, \text{ мм/с.} \quad (1)$$

За відомої величини вібрації із залежності (1) можна визначити рівень звукової потужності:

$$L_v = 20(\lg V + 5 - \lg 5), \text{ дБ(А).} \quad (2)$$

При цьому необхідно врахувати наявність декількох джерел шуму, а саме: 1 – вентилятор, 2 – вібрація пружних металевих стінок повітропроводу, 3 – аеродинамічний шум витікання струмини з насадка.

Сумарний рівень звукової потужності визначається за формулою (3):

$$L = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} \right), \text{ дБ(А),} \quad (3)$$

де  $L_1, L_2, L_3$  – рівні звукової потужності, створювані відповідно вентилятором за рахунок вібрації і витікання струмини.

На основі (3) отримаємо величину рівня звукової потужності, створювану лише витіканням припливної струмини:

$$L_3 = 10 \lg \left( 10^{\frac{L}{10}} - 10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}} \right), \text{ дБ(А).} \quad (4)$$

При цьому величини  $L_1$  визначались за (3), а  $L_2$  і  $L$  – вимірювались експериментально (безпосереднім вимірюванням віброметром і шумоміром відповідно).

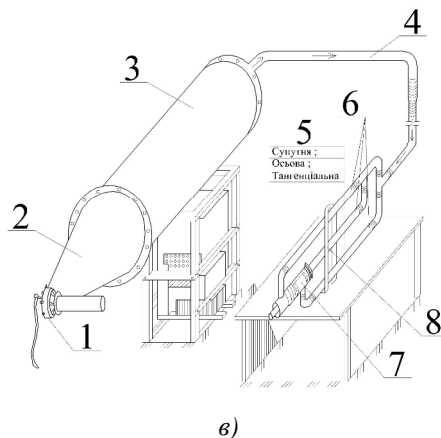
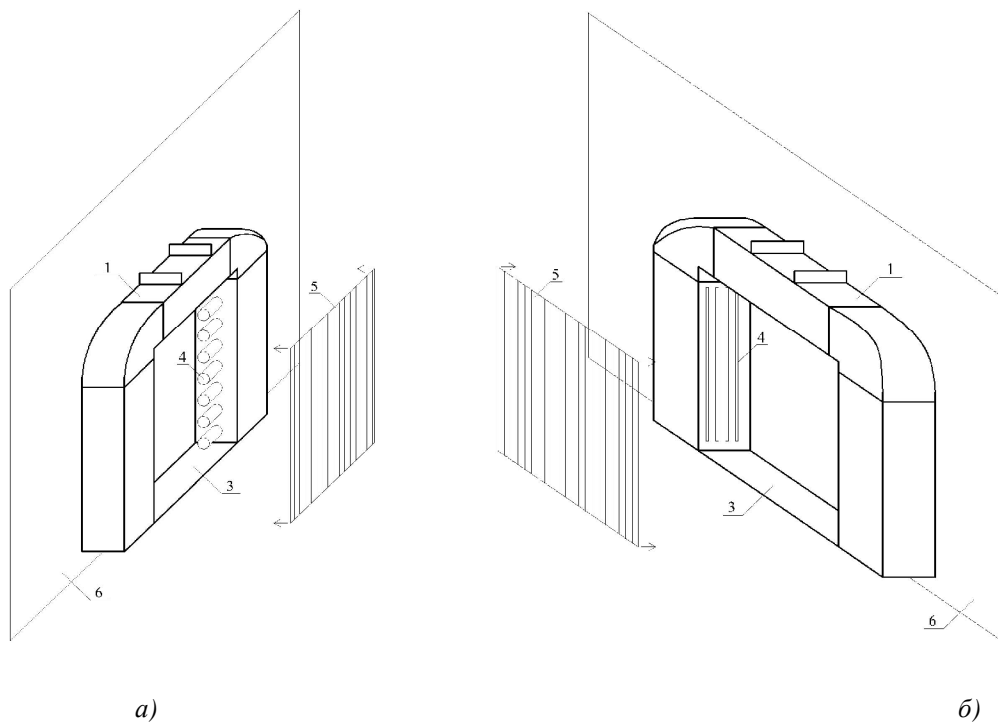


Рис. 1. Схеми експериментальних установок: а – повітророзподільник із взаємодією зустрічних неспіввісних круглих струмин; б – повітророзподільник із взаємодією зустрічних неспіввісних плоских щілин, де 1 – повітропровід; 2 – конструктивна частина повітророзподільювача; 3 – конструктивна частина повітророзподільювача; 4 – приливні циліндричні насадки  $d_0=50$  мм; приливні щілини  $b_0=20$  мм; 5 – сітка; 6 – основа; в) повітророзподільник, що створює закручену приливну струмину в супутньому потоці, де 1 – вентиляційний агрегат; 2 – конфузор; 3 – камера статичного тиску; 4 – колектор (гнучкий шланг); 5 – повітророзподільний пристрій; 6 – шибер; 7 – форсунка; 8 – стійка

За результатами виконаних експериментальних досліджень побудовано номограму (рис. 2) залежності рівня звукової потужності  $L$  від швидкості витікання повітряної струмини з насадка  $V$  і безрозмірної площі  $S$  як співвідношення вільного перерізу насадка  $S$  до  $S_0=0,01$  м<sup>2</sup> [4], тобто  $\bar{S} = S/S_0$ .

Ці графічні залежності були апроксимовані і отримано відповідний аналітичний вираз:

$$L = (1,24\bar{S} + 56,3)V^{0,2}, \text{ дБ(А)}. \quad (5)$$

Отже, отримано узагальнену залежність, що дає змогу оцінити акустичні характеристики повітряних потоків, що утворюються у повітророзподільниках з використанням зустрічних неспіввісних струмин, зустрічних плоских щілин та повітророзподільника, що створює закручену приливну струмину у супутньому потоці.

На рис. 2 показано залежності для витікання приливних струмин, які були побудовані на основі відомої аналітичної залежності [1]:

$$L = 60 \lg V + 30 \lg \xi + 10 \lg F + B, \quad (6)$$

де  $V$  – середня швидкість на вході у повітророзподільний пристрій, м/с;  $\xi$  – безрозмірний коефіцієнт місцевого опору елемента;  $F$  – площа перерізу насадка, м<sup>2</sup>;  $B$  – поправка, що залежить

від типу обтічного елемента (для повітророзподільників з використанням зустрічних неспіввісних струмин, зустрічних плоских щілин та повітророзподільника, що створює закручену припливну струмину у супутньому потоці  $B=0$ ).

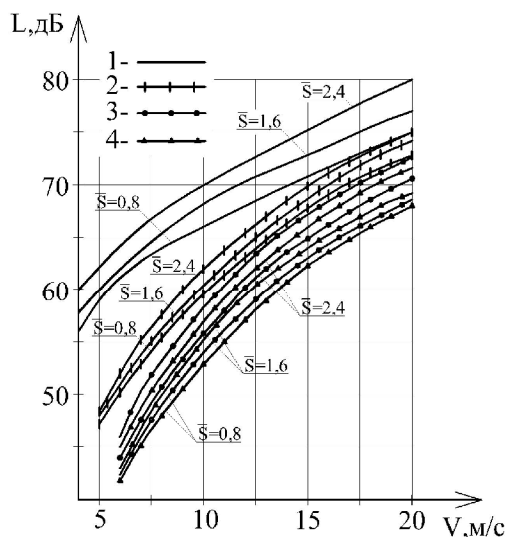


Рис. 2. Номограма залежності звукової потужності  $L$  від швидкості витікання припливної струмини з повітророзподільника з використанням ефекту взаємодії зустрічних некоаксіальних круглих струмин, зустрічних неспіввісних щілин, чи повітророзподільника, що створює закручену припливну струмину у супутньому потоці і відносну площу вільного перерізу насадка  $S$ : 1 – прямокутна щілина; 2 – закручена припливна струмина в супутньому потоці; 3 – взаємодія зустрічних некоаксіальних круглих струмин; 4 – взаємодія зустрічних неспіввісних плоских струмин

**Висновки.** Порівнюючи номограми для струмин, що витікають з повітророзподільників з використанням зустрічних неспіввісних струмин, зустрічних плоских щілин та повітророзподільника, що створює закручену припливну струмину в супутньому потоці, відмітимо, що рівень шуму є найнижчим за витікання струмини, яка утворюється внаслідок взаємодії зустрічних неспіввісних плоских щілин.

На основі отриманої залежності можливо виконати перевірку підбору повітророзподільників з врахуванням допустимого рівня шуму для заданої продуктивності припливного насадка.

1. *Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройств. Ч. II: Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И.Г. Старовойта. – М., 1978.* 2. *Виброакустика, механика, опоры электрических машин: Тр. Всесоюз. Науч.-исслед. ин-та электромех. – Т.37. – М., 1971.* 3. *Справочник проектировщика. Защита от шума / Под ред. Е.Я. Юдина. – М., 1974.* 4. *Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин и др. – М., 1985.* 5. *Возняк О., Ковальчук А. Эффективность повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами // Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”. – 2002. – № 460. – С. 157 – 161.* 6. *Vozniak O., Kovalchuk A. Air distribution by opposite non-coaxial air jets. Zbornik prednasok: VII Vedecka Konferencija s medzinarodnou ucastou Kosicko – Lvovsko – Rzeszowska, 2002. – S. 173–178.* 7. *О.Возняк, Ковальчук А., Івануш С., Кіц А. Повітророзподіл у приміщенні при взаємодії зустрічних неспіввісних струмин. Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”. – 2001. – № 432. – С. 31 – 37.* 8. *Vozniak O., Dovbush O. Influence of indoor climate on a person heat exchange in a room. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej “Aktualne problemy budownictwa i Inzynierii srodowiska”; Czesc 2 – inzynieria srodowiska”, Rzeszow, 2000. – S.441 – 447.*