

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ

Стаття присвячена проблемі регулювання аеродинамічних потоків трубопровідних систем. Запропоновано нову конструкцію дросель-клапана з метою вдосконалення регулювання аеродинамічних потоків в системах вентиляції, аспірації та пневмотранспорту. Розроблено експериментальний стенд та проведено експериментальні дослідження роботи нової конструкції дросель-клапана в системі.

Створення складних технічних гідросистем ставить перед проектувальниками цілий комплекс завдань різної специфіки. На першому плані у сучасному проектуванні, як відомо, знаходяться вимоги щодо *енергозбереження*. Найбільш суттєвий вплив на втрати енергії (напору) потоку рідини мають місцеві гідроопори. Складність розрахунків гідроопорів в регулюючих пристроях зумовлена наявністю в них змін швидкості руху, відриву потоку, виникнення вихроутворення та турбулентності.

При експлуатації вентиляційних, аспіраційних систем та системи пневмотранспорту виникає необхідність регулювання витрати повітря відповідно до технологічного процесу. Регулювання витрати повітря в повітроводах виконують за допомогою дросель-клапанів, регулюючих пристроїв, засувок та, в деяких випадках, встановленням діафрагм [1]. В системах аспірації та пневмотранспорту встановлення дросель-клапанів, які відіграють роль регулюючих пристроїв – забороняється, так як транспортування повітряного потоку з різного роду домішками приводить до забруднення дросельного пристрою та відповідно розбалансування системи [1]. Застосування регулюючих пристроїв у вигляді звичайних та конусних діафрагм не забезпечує якісне регулювання витрати повітря вентиляційних, аспіраційних систем та системи пневмотранспорту внаслідок неможливості збереження необхідної їх збалансованості під час експлуатації. Це приводить до зменшення енергетичної ефективності даних систем та збільшення енерговитрат виробництва.

Задачею роботи є розроблення заходів щодо вдосконалення процесу регулювання аеродинамічних потоків в системах вентиляції, аспірації та пневмотранспорту з метою підвищення їх експлуатаційної надійності, підбору оптимальних параметрів регулювання витрати повітря окремих ділянок та системи в цілому для забезпечення енергозбереження.

В процесі дослідження будуть вирішені наступні задачі:

- розроблення нової конструкції дросель-клапана з метою покращення аеродинамічних властивостей проходження робочого середовища в вищенаведених системах.
- дослідження роботи нової конструкції дросель-клапана та дросель-клапана звичайного виконання;
- порівняння аеродинамічних характеристик двох різних конструкцій дросель-клапанів.

Широке застосування в вентиляційних системах загального призначення знайшли дросель-клапани (рис. 1.), регулюючі пристрої, шибери, засувки. Регулюючим елементом в наведених конструкціях є пластина або ряд пластин, перфоровані пластини [2], при зовнішній дії на яких відбувається процес регулювання витрати повітря. Розміщення регулюючої лопаті всередині дросель-клапана (процес регулювання відсутній) зумовлює до утворення гідроопору перетіканню повітря через дросель-клапан. Це є основним недоліком дросель-клапанів звичайного виконання (ДКЗВ) (рис. 1.).

Застосування дросель-клапанів в системі пневмотранспорту та аспірації забороняється, так як відбувається забруднення, зачеплення різного роду домішок, що транспортуються по даних системах, з регулюючою лопатю, в більшій мірі в місці приєднання регулюючої лопаті до корпусу дросель-клапана (рис. 1, Вид А). Це є транспортування компонентів, що є продуктами або відходами виробництва слідує галузей:

типографій та поліграфічних комплексів, паперово-картонній індустрії, тютюнових компаній, текстильної промисловості, підприємств деревообробної промисловості, підприємств, що використовують сипучі матеріали, підприємств харчової промисловості та ін. [3, 8] (рис. 1).

В системі пневмотранспорту рекомендується встановлювати конусні діафрагми, в аспіраційних системах - діафрагми на вертикальних ділянках, що транспортують сухий незлипаючий пи́л та волокнистий пи́л, в яких не відбувається повільного точного регулювання за рахунок відсутності варіювання поперечного перерізу діафрагми.

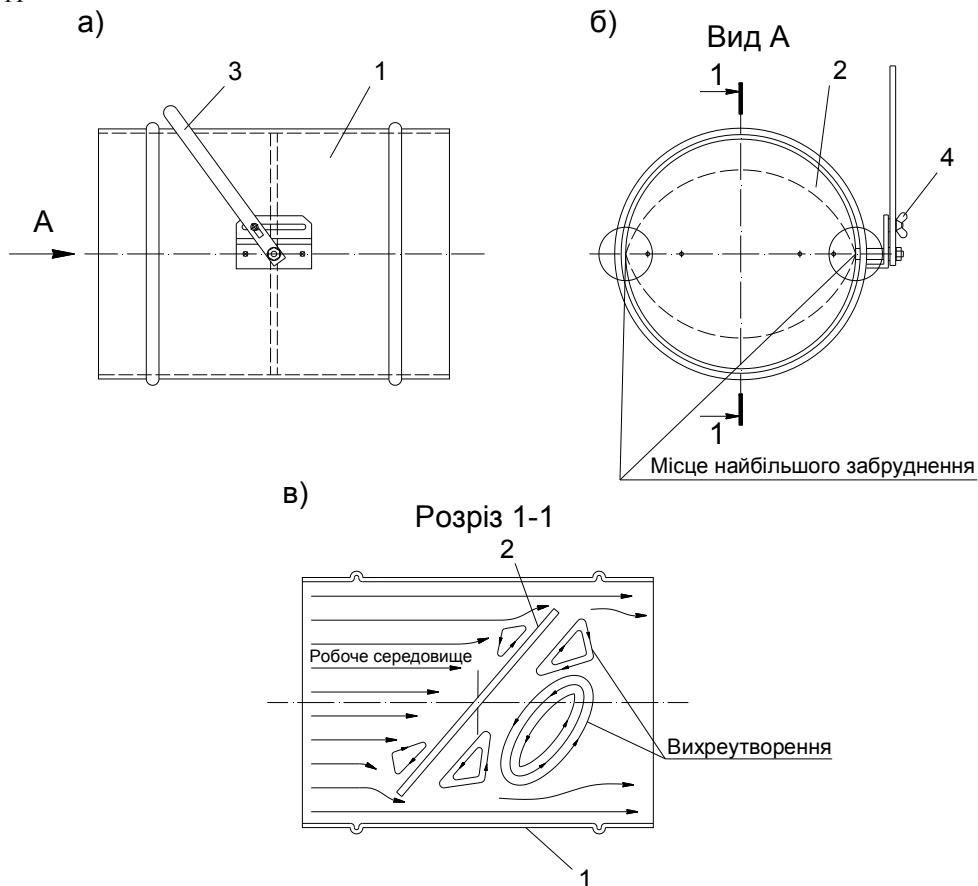


Рис. 1. Дросель-клапан звичайного виконання (ДКЗВ):

а) дросель-клапан: вид збоку; б) вид А; в) розріз 1-1;

1 – корпус; 2 – поворотна регулююча лопать; 3 – рукоятка регулювання; 4 – зажимний гвинт

При вивченні складних явищ, що зв'язані з обтіканням твердих тіл потоком газу, досліджуються лінії потоку та траєкторії руху частинок газу, тобто аеродинаміка спектрів обтікання тіл потоком газу [4].

На рис. 2 зображено зафотографовані спектри обтікання потоком повітря різних по формі тіл [8]. Аналіз свідчить, що найбільш плавний спектр обтікання з невеликою зоною хаотичного вихрового руху потоку за тілом має каплеподібне тіло (рис. 2, в), що за аеродинамічними параметрами є зручнообтікаємими.

Тіла несправної форми (наприклад, плоска пластина, що поставлена поперек потоку) викликає найбільш інтенсивний вигин ліній течії та потужне вихроутворення за тілом. Такі тіла за аеродинамічними параметрами є незручнообтікаємими.

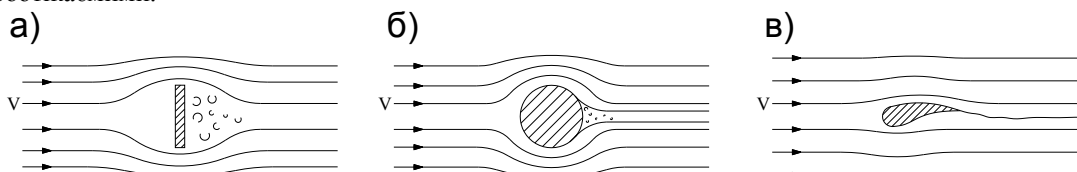


Рис. 2. Спектри обтікання потоком повітря твердих тіл:

а) плоска пластина; б) куля; в) каплеподібне тіло

В табл. 1 наведено значення критерія Рейнольдса Re та коефіцієнта сили лобового опору C_x для деяких тіл [8].

Таблиця 1

Значення Re та C_x для деяких тіл

Форма тіла	Re	C_x
Куля	$4 \cdot 10^6$ $1 \cdot 10^6$	0,09 0,13
Еліпсоїд з великою віссю, направлений перпендикулярно до потоку (відношення осей 1,35)	$> 5,5 \cdot 10^6$ $< 4,5 \cdot 10^5$	0,2 0,6
Еліпсоїд з великою віссю, направлений по потоку (відношення вісей 1,8)	$> 1 \cdot 10^5$	0,05 - 0,1
Плоска квадратна пластина, що розташована перпендикулярно до потоку.....	-	1,28
Плоска кругла пластина, що розташована перпендикулярно до потоку.....	-	1,12
Колоподібний циліндр з віссю, направленою перпендикулярно до потоку	$8,8 \cdot 10^4$	0,63 – 1,2

Як видно з таблиці 1, куля в порівнянні з іншими твердими тілами має невеликий коефіцієнт лобового опору C_x . Це означає, що утворення за тілом області вихроутворення є однією з причин наявності сили опору. Чим більше та інтенсивніше вихроутворення за тілом, тим більша сила опору такого тіла, та, відповідно, збільшуються затрати енергії на подолання даного опору.

Вищенаведені дослідження поставили задачу до створення дросельного пристрою, який би дозволив зменшити інтенсивність вихроутворення.

Дана мета досягається нижченаведеною конструкцією дросель-клапана [11].

Дросель-клапан (рис. 3.) виготовлений з корпусу 1, всередині якого герметично закріплена еластична розтягуюча вставка 2. Всередині корпусу влаштовані два регулюючо-запірні елементи 3_1 і 3_2 , які своїми кінцями закріплені до видовжених сторін корпусу 1. На зовнішній видовженій стороні корпусу 1 з однієї сторони влаштовані дві шестерні 5_1 і 5_2 , які зчеплені між собою. До однієї шестерні 5_1 зовні закріплена рукоятка регулювання 4, а всередині корпусу до двох шестерень 5_1 і 5_2 закріплені регулюючо-запірні елементи 3_1 і 3_2 . З протилежної видовженої сторони корпусу 2 зовні влаштовані заглушки 7, до яких закріплені протилежні кінці регулюючо-запірних елементів 3_1 і 3_2 . На еластичній розтягуючій вставці 2 з двох протилежних сторін влаштовані металеві пластини 6, еластична розтягуюча вставка 2 розміщена між регулюючо-запірними елементами 3_1 і 3_2 .

Еластична розтягуюча вставка 2 виконана з гуми, або подібного йому за фізичними властивостями матеріалу, та вкрита антиадгезійним, хімічно інертним, абразивно стійким, з широким діапазоном температур матеріалом – тефлоном. В результаті чого термін працездатності еластичної вставки та дросель-клапана вцілому значно збільшується.

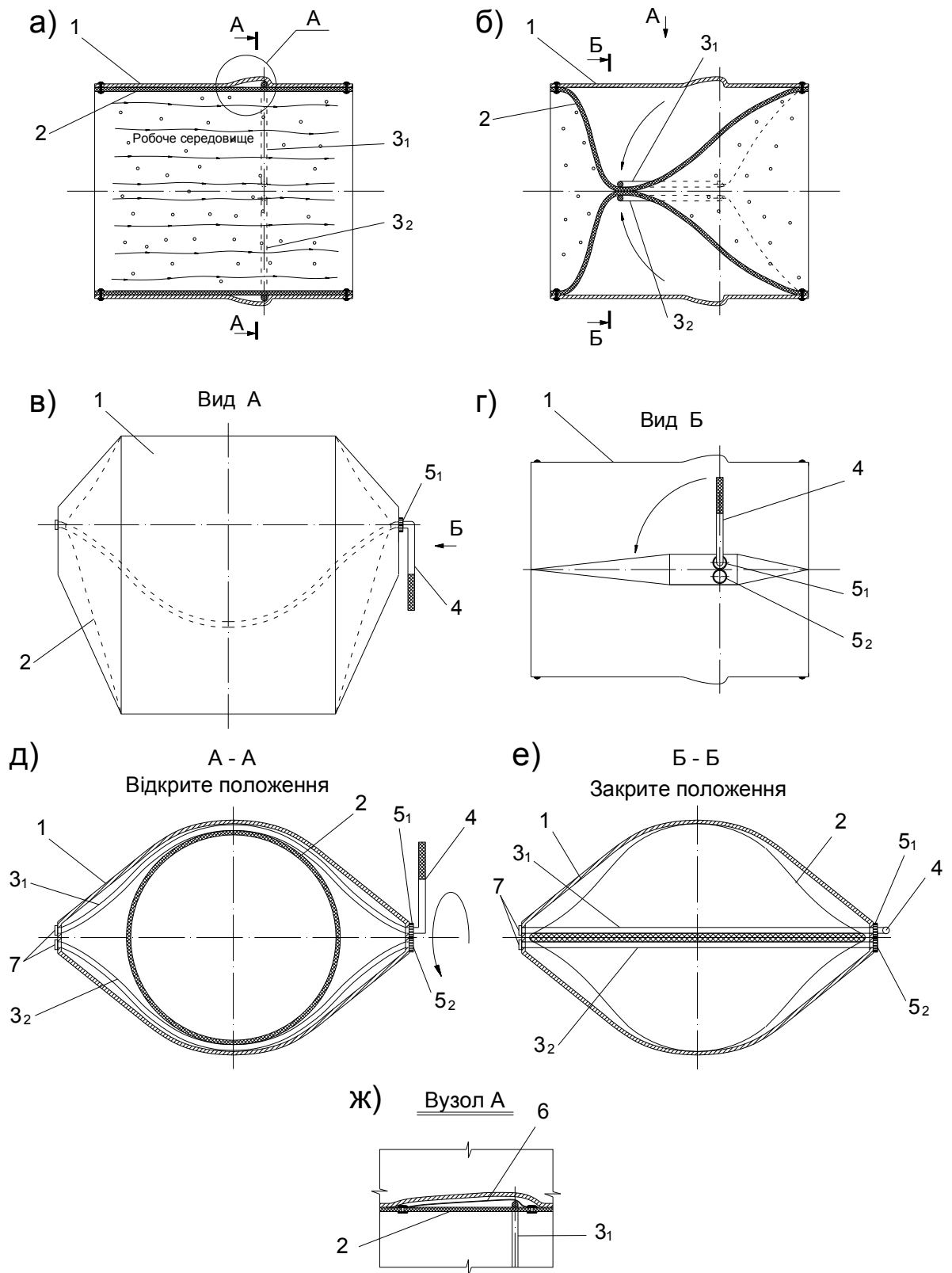


Рис. 3. Дросель-клапан з еластичною вставкою (ДКЕВ):

а) – конструктивне виконання дросель-клапана (неробоче положення); б) – конструктивне виконання дросель-клапана (робоче положення); в) – вид А; г) – вид Б; д) – розріз по А-А (відкрите положення); е) – розріз по Б-Б (закрите положення); ж) – вузол А.

1 – корпус; 2 – еластична розтягуюча вставка; 3₁ і 3₂ – регулюючо-запірні елементи; 4 – рукоятка регулювання; 5₁ і 5₂ – з’єднувальні шестерні; 6 – металева пластина; 7 – заглушки

Дросель-клапан (рис. 3) працює наступним чином.

В початковому положенні, при повністю відкритому прохідному перерізі, регулюючо-запірні елементи 3_1 і 3_2 знаходяться у верхньому положенні. При необхідності створення регулюючого або запираючого процесу протікаючого робочого середовища, рукояткою регулювання 4 здійснюють оберт. Це в свою чергу призводить до обертання шестерень 5_1 і 5_2 і, відповідно, регулюючо-запірних елементів 3_1 і 3_2 . Завдяки системі зчеплених шестерень 5_1 і 5_2 , при їх обертанні відбувається одночасне зближення регулюючо-запірних елементів 3_1 і 3_2 до вісі корпуса 1, що повільно здавлюють еластичну розтягуючу вставку 2 до повного її перекриття. Видовжені сторони корпуса 1 створюють умови для компенсації необхідного об'єму здавленої частини еластичної розтягуючої вставки 2. Металева пластина 6 відіграє роль фіксатора, завдяки якій регулюючо-запірні елементи 3_1 і 3_2 , при поверненні в початкове положення, захоплюють еластичну розтягуючу вставку 2, надавлюючи на металеву пластину 6.

Звужуюча область, що утворюється в результаті надавлювання регулюючо-запірних елементів 3_1 і 3_2 на еластичну розтягуючу вставку 2, створює плавний спектр обтікання з невеликою зоною хаотичного вихрового руху за звужуючою областю, що спостерігається у каплеподібного тіла, які в аеродинаміці називають – зручнообтікаємими. Утворення за тілом невеликої області вихроутворення є однією з основних причин покращення аеродинамічних властивостей протікання струмینی чистого повітря та повітря разом з різного роду домішками. Протікання такого процесу в дросельному пристрої призводить до ефективної роботи вентиляційних, аспіраційних систем та системи пневмотранспорту вцілому.

Експериментальні дослідження

Для порівняння аеродинамічних характеристик запропонованих дросель-клапанів, що мають різні конструкції, було розроблено стенд (рис. 4). Він включає каналний вентилятор типу VKA 125 LD, повітровід $\text{Ø}125$, в якому по черзі вмонтовують дросель-клапан звичайного виконання (ДКЗВ) (рис. 1) та дросель-клапан з еластичною вставкою (ДКЕВ) (рис. 3). ДКЗВ та ДКЕВ мають градуйовані шкали, які вказують на зміну положення регулюючого органу. Температура повітря в приміщенні твн. = 20°C .

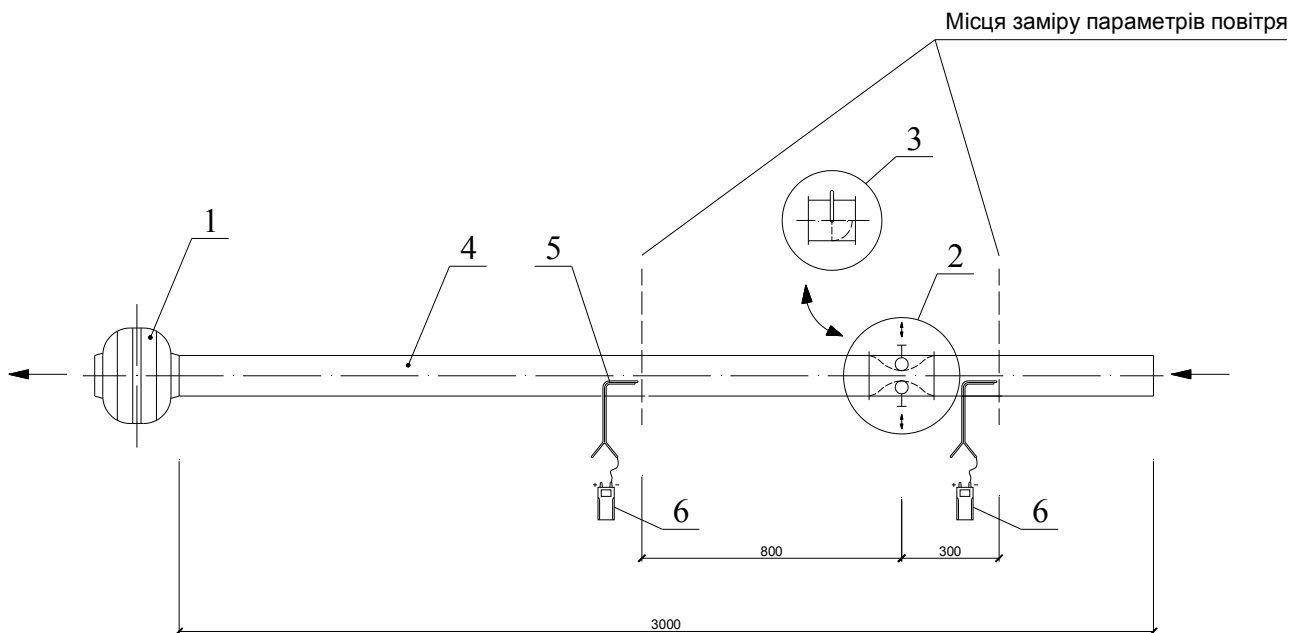


Рис. 4. Експериментальний стенд:

1 – каналний вентилятор низького тиску VKA 125 LD; 2 – дросель-клапан з еластичною вставкою (ДКЕВ); 3 – дросель-клапан звичайного виконання (ДКЗВ); 4 – повітровід; 5 – трубка Піто; 6 – вимірювальний прилад TESTO 510

Головною задачею проведення експерименту було наступне: співставлення результатів вимірювання параметрів повітря, внаслідок почергового регулювання вентиляційної мережі дросель-клапанами двох різних конструкцій, здійснювали при *однакових їх площах поперечного перерізу $F1 = F2$* (рис.5). Площу поперечного перерізу $F2$ зорієнтовували по площі поперечного перерізу $F1$, наприклад, при обертанні регулюючого органу поз.2 на 5° - $F1 = F2 = 11007 \text{ мм}^2$ і т.д.

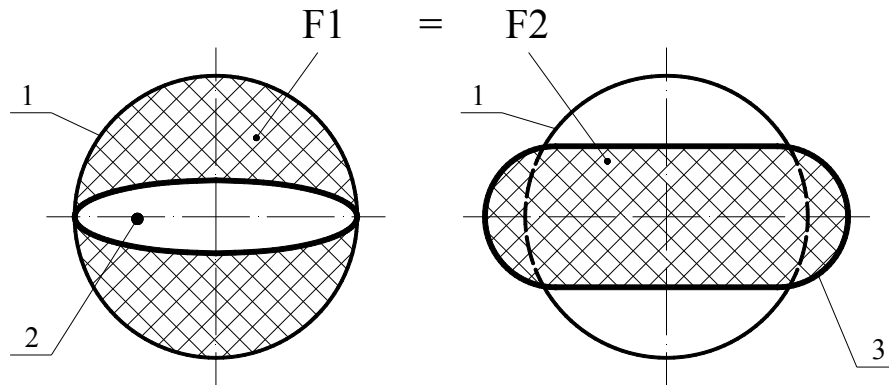


Рис. 5. Схема прирівнення площ поперечних перерізів дросель-клапанів різних конструкцій під час вимірювання параметрів повітря в вентиляційній мережі:

1 – корпус; 2 – регулюючий орган – металевий диск; 3 – регулюючий орган – еластична вставка; $F1$ – площа поперечного перерізу дросель-клапана звичайного виконання; $F2$ – площа поперечного перерізу дросель-клапана з еластичною вставкою

Проведення експерименту на вищенаведеному стенді (рис. 4) відбувалось відповідно до методики [9].

Для вимірювання тиску та швидкості рух повітря в повітроводі були вибрані ділянки з розташуванням мірних перерізів на відстані не менше шести гідравлічних діаметрів за місцем збурення потоку (за дросель-клапаном) та не менше двох гідравлічних діаметрів перед ним.

Для проведення замірів параметрів повітря використовувалось наступне обладнання:

- Прилад TESTO 510;
- Трубка Піто ($L=300$ мм, $D=6$ мм) для вимірювання статичного, повного та динамічного тисків.

З метою отримання експериментальних результатів на дослідній установці, зроблено наступні кроки:

1. У повітровід вмонтовуємо дросель-клапан звичайного виконання (ДКЗВ) і не раніше 15 хв. після пуску вентилятора виконуємо заміри параметрів повітря [10], повертаючи регулюючий орган через 5 град.

2. Замінюємо конструкції дросель клапанів (рис. 4) і виконуємо аналогічну операцію п.1, при цьому надавлюючи на еластичну вставку 2 регулюючо-запірними елементами 3_1 і 3_2 (рис. 3). Площу поперечного перерізу еластичної вставки в місці здавлювання - приводимо до площі поперечного перерізу дросель-клапана звичайного виконання (рис. 5), внаслідок повертання регулюючого органу останнього через 5 град.

Візуалізація результатів аеродинамічного процесу наводиться у вигляді таблиці (табл. 2) та графіків залежності коефіцієнта місцевого опору та втрати тиску від площ поперечних перерізів ДКЕВ та ДКЗВ (рис.6, 7).

Результати експериментальних досліджень

Дросель-клапан звичайного виконання (ДКЗВ)						Дросель-клапан з еластичною вставкою (ДКЕВ)					
Вертикальне звуження	ΔP , Па	ξ	Вертикальне звуження	ΔP , Па	ξ	Вертикальне звуження	ΔP , Па	ξ	Вертикальне звуження	ΔP , Па	ξ
Без регулювання $F=11023 \text{ мм}^2$	10	0,29	103 мм (45°) $F=3982 \text{ мм}^2$	118,3	5,82	Без регулювання $F=12272 \text{ мм}^2$	3,67	0,105	103 мм (45°) $F=3982 \text{ мм}^2$	103,7	4,71
40 мм (5°) $F=11007 \text{ мм}^2$	7,3	0,21	107 мм (50°) $F=3293 \text{ мм}^2$	156	10,64	40 мм (5°) $F=11007 \text{ мм}^2$	6,67	0,184	107 мм (50°) $F=3293 \text{ мм}^2$	121	6,72
52 мм (10°) $F=10178 \text{ мм}^2$	11,3	0,31	110 мм (55°) $F=2672 \text{ мм}^2$	178	15,3	52 мм (10°) $F=10178 \text{ мм}^2$	10	0,27	110 мм (55°) $F=2672 \text{ мм}^2$	147	9,87
62 мм (15°) $F=9213 \text{ мм}^2$	12	0,32	114 мм (60°) $F=2124 \text{ мм}^2$	210,7	31,6	62 мм (15°) $F=9213 \text{ мм}^2$	14,3	0,37	114 мм (60°) $F=2124 \text{ мм}^2$	190,7	20,43
71 мм (20°) $F=8253 \text{ мм}^2$	23	0,66	116 мм (65°) $F=1653 \text{ мм}^2$	228,3	48,93	71 мм (20°) $F=8253 \text{ мм}^2$	16	0,44	116 мм (65°) $F=1653 \text{ мм}^2$	211	35,17
79 мм (25°) $F=7318 \text{ мм}^2$	38,3	1,14	118 мм (70°) $F=1263 \text{ мм}^2$	245	91,88	79 мм (25°) $F=7318 \text{ мм}^2$	20,33	0,58	118 мм (70°) $F=1263 \text{ мм}^2$	237,3	79,1
86 мм (30°) $F=6418 \text{ мм}^2$	53	1,75	120 мм (75°) $F=956 \text{ мм}^2$	255,3	191,5	86 мм (30°) $F=6418 \text{ мм}^2$	33	0,95	120 мм (75°) $F=956 \text{ мм}^2$	253	126,5
91 мм (35°) 5563	67,7	2,67	121 мм (80°) $F=735 \text{ мм}^2$	262	-	91 мм (35°) 5563	45,3	1,35	121 мм (80°) $F=735 \text{ мм}^2$	264	132
98 мм (40°) $F=4733 \text{ мм}^2$	93,7	4,13	122 мм (85°) $F=602 \text{ мм}^2$	-	-	98 мм (40°) $F=4733 \text{ мм}^2$	69,7	2,4	122 мм (85°) $F=602 \text{ мм}^2$	270	270

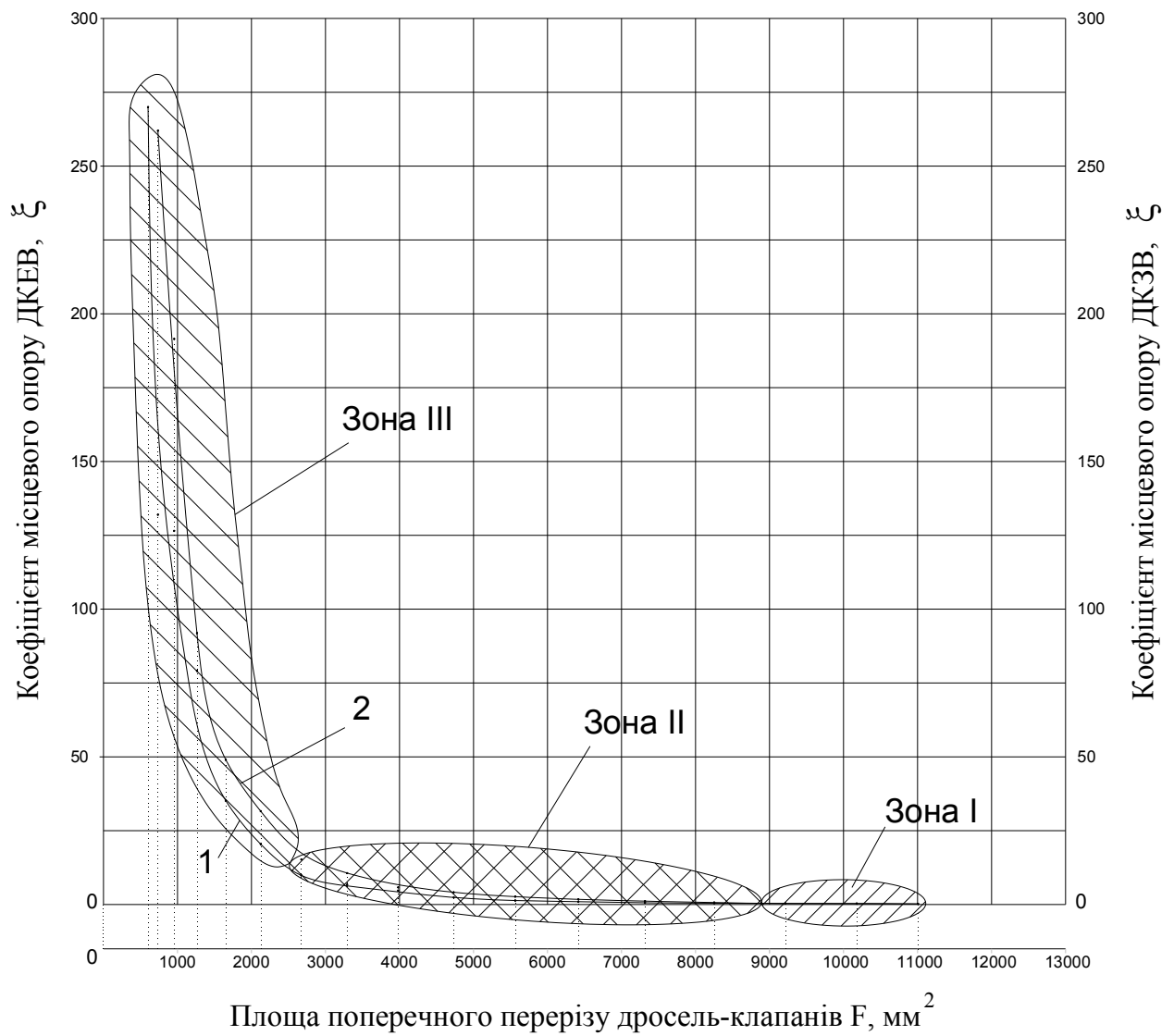


Рис. 6. Аеродинамічні характеристики дросель-клапанів: ξ - F , мм^2 :

1 - характеристика дросель-клапана з еластичною вставкою (ДКЕВ); 2 - характеристика дросель-клапана звичайного виконання (ДКЗВ);

Зона I – Зона незначного розходження КМО: $\xi_{(ДКЗВ)} \approx \xi_{(ДКЕВ)}$;

Зона II – Зона розходження КМО: $\xi_{(ДКЗВ)} > \xi_{(ДКЕВ)}$;

Зона III – Зона суттєвого розходження КМО: $\xi_{(ДКЗВ)} \gg \xi_{(ДКЕВ)}$

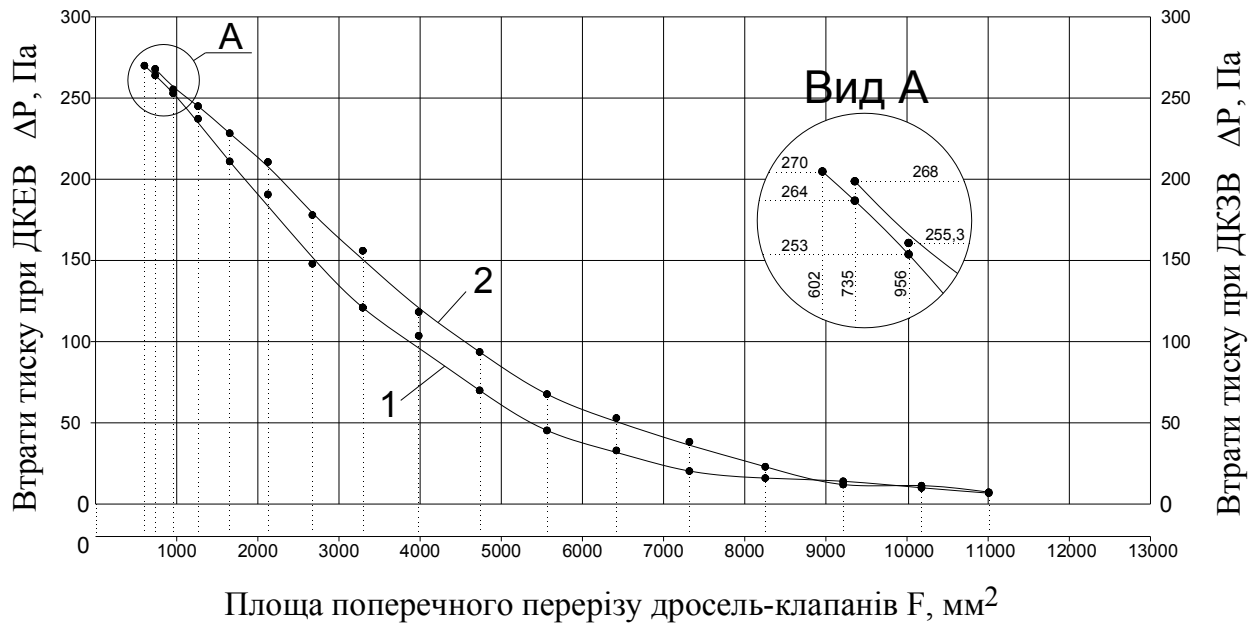


Рис. 7. Аеродинамічні характеристики дросель-клапанів: ΔP - F , мм^2 :

1 - характеристика дросель-клапана з еластичною вставкою (ДКЕВ); 2 - характеристика дросель-клапана звичайного виконання (ДКЗВ).

Аналіз отриманих результатів свідчить про наступне:

Внаслідок співставлення аеродинамічних характеристик дросель-клапанів ξ - F , мм^2 (рис.6) можна виділити три зони:

- Зона I – незначна зміна площ поперечних перерізів дросель-клапанів, що відповідає положенню регулюючої лопатки ДКЗВ від 0° до 15° ($F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=9213\text{мм}^2$), призводить майже до однакових значень КМО: $\xi_{\text{ДКЗВ}} \approx \xi_{\text{ДКЕВ}}$;
- Зона II – зміна площ поперечних перерізів від $F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=9213\text{мм}^2$ до $F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=2672\text{мм}^2$ призводить до розходження КМО: $\xi_{\text{ДКЗВ}} > \xi_{\text{ДКЕВ}}$;
- Зона III - зміна площ поперечних перерізів від $F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=2672\text{мм}^2$ до повного закриття дросель-клапанів призводить до суттєвої різниці КМО: $\xi_{\text{ДКЗВ}} \gg \xi_{\text{ДКЕВ}}$. Значна різниця спостерігається при зміні площ поперечних перерізів дросель-клапанів від $F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=956\text{мм}^2$ до повного закриття (табл. 3).

Таблиця 3

Розбіжність КМО дросель-клапанів різних конструкцій в Зоні III

$F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}$, мм^2	Коефіцієнт місцевого опору	
	$\xi_{\text{ДКЗВ}}$	$\xi_{\text{ДКЕВ}}$
956	191,5	126,5
735	262	132
602	–	270

Результати дослідження підтверджують що застосування ДКЕВ розширює регулюючі можливості аеродинамічної системи, а саме, внаслідок співставлення аеродинамічних характеристик дросель-клапанів ΔP - F , мм^2 (рис.7) видно, що:

- втрати тиску різні при однакових площах поперечних перерізів $\Delta P_{\text{ДКЗВ}} > \Delta P_{\text{ДКЕВ}}$;
- площа поперечного перерізу $F_{\text{ДКЗВ}}=F_{\text{ДКЕВ}}=602\text{мм}^2$: втрати тиску різко зростають і унеможливають подальше проведення вимірювань при застосуванні дросель клапана звичайного виконання (ДКЗВ) (Вид А);

- відсутній режим регулювання: втрати тиску $\Delta P_{\text{ДКЗВ}} > \Delta P_{\text{ДКЕВ}}$ внаслідок наявності гідроопору в конструкції ДКЗВ (металевий диск).

Таблиця 4

Значення ξ та ΔP дросель-клапанів різних конструкцій при відсутньому режимі регулювання

Площа поперечного перерізу дросель-клапанів різних конструкцій при відсутньому режимі регулювання	Коефіцієнт місцевого опору	Втрати тиску
	ξ	ΔP , Па
$F_{\text{(ДКЕВ)}} = 12272 \text{ мм}^2$	0,106	3,67
$F_{\text{(ДКЗВ)}} = 11023 \text{ мм}^2$	0,294	10

Примітка: вищенаведені результати досліджень ξ та ΔP при відсутньому режимі регулювання не наведені на рис.6 та рис.7.

Аналіз вимірювань аеродинамічних характеристик дросель-клапанів різних конструкцій виділяє зони нестабільності: при створенні дуже малої площі поперечного перерізу проходження повітря через дросель-клапан, що спостерігається при відкриванні та закриванні останніх.

Для детальнішого синтезу та аналізу роботи запропонованих регулюючих пристроїв аеродинамічних потоків необхідно дослідити виявлені зони нестабільності.

Висновки

Аналіз запропонованої конструкції дросель-клапана (ДКЕВ) з відомими конструкціями (ДКЗВ) свідчить про основні *переваги*:

- Застосування ДКЕВ дозволяє розширити спектр регулювання аеродинамічної системи;
- Відсутність регулюючого органу всередині конструкції ДКЕВ виключає наявність місцевого опору при повністю відкритому його положенні, на відміну від ДКЗВ, що є шляхом до зменшення енерговитрат;
- Відсутність регулюючого органу всередині конструкції ДКЕВ дає можливість застосовувати його в системах аспірації та пневмотранспорту на відміну від ДКЗВ, в якому регулюючий орган створює перешкоду проходженню повітря разом з різного роду домішками.

Література

1. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп./ А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. - М.: Стройиздат, 1975. – 323 с.
2. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. Пособие / Богуславский Л.Д., Ливчак В.И., Титов В.П. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.
3. Донин Л.С. Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности / Л.С. Донин. – М.: издательство «Пищевая промышленность», 1968. – 286 с.
4. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. Пособие для вузов / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с., ил.
5. Загузов И.С. Математические модели в аэрогидромеханике. Часть I. Учебное пособие. Изд./ И.С. Загузов, К.А. Поляков. – Самара: Самарский университет, 2001. – 88 с.
6. Староверов И.Г. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха / И.Г. Староверов. – М.: Стройиздат, 1977. – 502 с.
7. Штокман Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности. 2-е изд., перераб. и доп. / Е.А. Штокман. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312 с.
8. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. Вентиляция и

кондиционирование воздуха / Щекин Р.В., Корневский С.М., Бем Г.Е. 1976. – 352 с.

9. Методы аэродинамических испытаний : ГОСТ 12.3.018-79. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.

10. Патент 7255322 В1, США, МПК F16K 7/04. Pinch valve system with extended life / John Tiwet, Rebecca Tiwet. - №11/408,402; Заявл. 21.04.06; Оpubл. 14.08.2007.- 9 с.

11. Патент 44940 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Степанковський Р.В., Ратушняк Г.С. - № u200903248; Заявл. 06.04.2009; Оpubл. 26.10.2009, Бюл.№20 – 8 с.