

Г. С. Ратушняк  
Р. В. Степанковський

# ДРОСЕЛЬНІ ПРИСТРОЇ ІЗ ЗРУЧНООБТІЧНИМИ ВИКОНАВЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИТРАТИ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА АСПІРАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

*В роботі обґрунтовано актуальність застосування в системах вентиляції та аспірації енергоощадних засобів регулювання витрати робочого середовища в аеродинамічних мережах. Підкреслено, що зменшення енергоємності систем вентиляції та аспірації можна досягти шляхом впровадження вдосконалених конструкцій дросельних регулювальних пристроїв витрати робочого середовища аеродинамічних потоків. Наведено інноваційні конструкції дросельних пристроїв зі зручно обтічними виконавчими елементами, які зменшують турбулентність, тобто покращують аеродинамічні властивості протікання струмини робочого середовища в корпусі дроселя. В якості регулювальних виконавчих елементів запропоновано використовувати герметично закріплену в корпусі дроселя еластичну розтягувальну вставку, що переміщується регулювально-запірними елементами за допомогою регулювальних пристроїв різного конструктивного виконання.*

**Ключові слова:** аспірація, вентиляція, дросельний пристрій, витрата, енергоємність, розтягувальна вставка.

## Вступ

Кількісне регулювання витрати відгалужень вентиляційних та аспіраційних систем виконують за допомогою дросельних пристроїв, що утворюють місцеві опори. Переформування поля швидкості руху середовища в аеродинамічній мережі в зоні регулювального пристрою потребує затрати енергії [1, 2]. При попаданні робочого середовища на регулювальний пристрій утворюється ділянка з інтенсивним завихрюванням аеродинамічного потоку, що супроводжується різким коливанням втрат тиску [3, 4]. Практичне вирішення проблеми підвищення енергоефективності систем вентиляції та аспірації спонукає до впровадження дросельних пристроїв з плавним обтічним регулювальним виконавчим елементом [5, 6]. Це забезпечить зменшення інтенсивності вихроутворення, впорядкованості, стабільності аеродинамічної структури потоку та створення умов стабільного налаштування втрат тиску зі зменшеною енергоємністю системи.

Метою роботи є обґрунтування інноваційних конструктивних рішень дросельних пристроїв зі зручнообтічними виконавчими елементами, впровадження яких буде сприяти підвищенню енергоощадності систем вентиляції та аспірації.

## Основна частина

Ефективність регулювання витрати аеродинамічної мережі систем вентиляції та аспірації залежить від плавності регулювання тиску та збільшення величини його діапазону від максимального до мінімального (оптимального) на регулювальній ділянці, тобто визначає енергоефективність систем в цілому [5, 6, 7]. Зменшення енергоємності аеродинамічної мережі може бути забезпечено впровадженням вдосконалених конструкцій виконавчих елементів дросельних регулювальних пристроїв [6, 8]

$$\Delta E = f(Q, G, V, \eta, \Delta P) \rightarrow \Delta E_{\max}, \quad (1)$$

де  $Q$ ,  $G$  – відповідно витрата газового потоку та твердих компонентів аеродинамічною мережею;

$V$  – швидкість аеродинамічного потоку;

$\eta$  – коефіцієнт місцевого опору регулювального пристрою витрати аеродинамічного потоку;

$\Delta P$  – місцевий опір втрати тиску аеродинамічної мережі в дросельному пристрої, який визначається за формулою

$$\Delta P = \xi \rho V^2 / 2, \quad (2)$$

де  $\rho$  – густина робочого середовища.

Аналіз формул (1, 2) свідчить, що найбільш суттєвим фактором, що впливає на енергоємність аеродинамічної мережі, є місцевий опір втрати тиску аеродинамічної мережі в дросельному пристрої. Регулювальними елементами в існуючих дросельних пристроях є незручнообтічні тіла, які сприяють утворенню негативної структури аеродинамічного потоку, що збільшує втрати тиску [6]. Тому розроблення інноваційних конструкцій дросельних пристроїв зі зручнообтічними виконавчими елементами, які зменшують турбулентність та покращують аеродинамічні властивості протікання струмини робочого середовища в корпусі дроселя, тобто зменшують енергоємність систем вентиляції та аспірації, є нагальною необхідністю.

Для зменшення турбулентності шляхом впорядкованості аеродинамічних потоків розроблено конструкції дросельних пристроїв за зручно обтічними виконавчими елементами, що мають найменші коефіцієнти сили лобового опору [9, 10, 11].

На рис. 1 а, б показано конструктивне виконання дросельного пристрою, який дозволяє виконувати повільне регулювання витрати робочого середовища з великою точністю [9]. Це сприяє підвищенню експлуатаційної надійності, забезпеченню якісного функціонування вентиляційних, аспіраційних систем та зменшенню їх енергоємності.

Дросельний пристрій (рис. 1 а, б) включає корпус 1, всередині якого герметично закріплена еластична розтягувальна вставка 2. Всередині корпуса 1 влаштовані два регулювально-запірні елементи 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub>, які своїми кінцями закріплені до видовжених сторін корпуса 1 (рис. 1 в). На зовнішній видовженій стороні корпуса 1 з однієї сторони влаштовані дві шестерні 5<sub>1</sub> і 5<sub>2</sub> (рис. 1 в, г), які зчеплені між собою. До однієї шестерні 5<sub>1</sub> зовні закріплена рукоятка регулювання 4. Всередині корпуса до двох шестерень 5<sub>1</sub> і 5<sub>2</sub> закріплені регулювально-запірні елементи 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub> (рис. 1 д). З протилежної видовженої сторони корпуса 2 зовні влаштовані заглушки 7, до яких закріплені протилежні кінці регулювально-запірних елементів 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub>. На еластичній розтягувальній вставці 2 з двох протилежних сторін влаштовані металеві пластини 6. Еластична розтягувальна вставка 2 розміщена між регулювально-запірними елементами 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub>.

Дросельний пристрій (рис. 1 а, б) працює наступним чином. В початковому стані, при повністю відкритому прохідному перерізі, регулювально-запірні елементи 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub> знаходяться у верхньому положенні (рис. 1 а). При необхідності створення регулювального або запірнього процесу транспортуемого аеродинамічною мережею робочого середовища, рукояткою регулювання 4 здійснюють оберт. Це в свою чергу призводить до обертання шестерень 5<sub>1</sub> і 5<sub>2</sub> і, відповідно, регулювально-запірних елементів 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub>. Завдяки системі зчеплених шестерень 5<sub>1</sub> і 5<sub>2</sub>, при їх обертанні відбувається одночасне зближення регулювально-запірних елементів 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub> до вісі корпуса 1, що повільно здавлюють еластичну розтягуючу вставку 2 до повного її перекриття (рис. 1 б, в, е). Видовжені сторони корпуса 1 створюють умови для компенсації необхідного об'єму здавленої частини еластичної розтягувальної вставки 2 (рис. 1 е). Металева пластина 6 відіграє роль фіксатора, завдяки якій регулювально-запірні елементи 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub>, при поверненні в початкове положення (рис. 1 а), захоплюють еластичну розтягувальну вставку 2, надавлюючи на металеву пластину 6.

Звужуюча область, що утворюється в результаті надавлювання регулювально-запірних елементів 3<sub>1</sub> і 3<sub>2</sub> на еластичну розтягувальну вставку 2, створює плавний спектр обтікання з невеликою зоною хаотичного вихрового руху за звужувальною областю, що спостерігається у каплеподібного тіла, які в аеродинаміці називають – зручнообтікаємими. Утворення за звуженням невеликої області вихроутворення є однією з основних причин покращення аеродинамічних властивостей протікання струмини робочого середовища. Створення оптимальних умов руху робочого середовища аеродинамічної мережі через запропонований дросельний пристрій призводить до ефективної роботи систем в цілому, тобто зменшення їх енергоємності.

На рис. 2 показано конструктивне виконання дросельного пристрою, що забезпечує повільне регулювання витрати робочого середовища та з покращеними умовами протікання аеродинамічної струмини [10]. Це приводить до підвищення енергоощадності вентиляційних та аспіраційних систем.

Дросельний пристрій (рис. 2 а, б) включає: корпус 1, всередині якого герметично закріплена еластична розтягувальна вставка 2. Всередині корпуса влаштовані два регулювально-запірні елементи  $3_1$  і  $3_2$ , які своїми кінцями закріплені до видовжених сторін корпуса 1 (рис. 2 в). Кожний регулювально-запірний елемент  $3_1$  і  $3_2$  виконаний у вигляді двох барабанів, великого та малого діаметрів, що з'єднані між собою. До барабанів менших діаметрів регулювально-запірних елементів  $3_1$  і  $3_2$  на зовнішній стороні корпуса 1 з однієї сторони кріпляться рукоятки регулювання  $4_1$  і  $4_2$ . Еластична розтягувальна вставка 2 розміщена між регулювально-запірними елементами  $3_1$  і  $3_2$ .

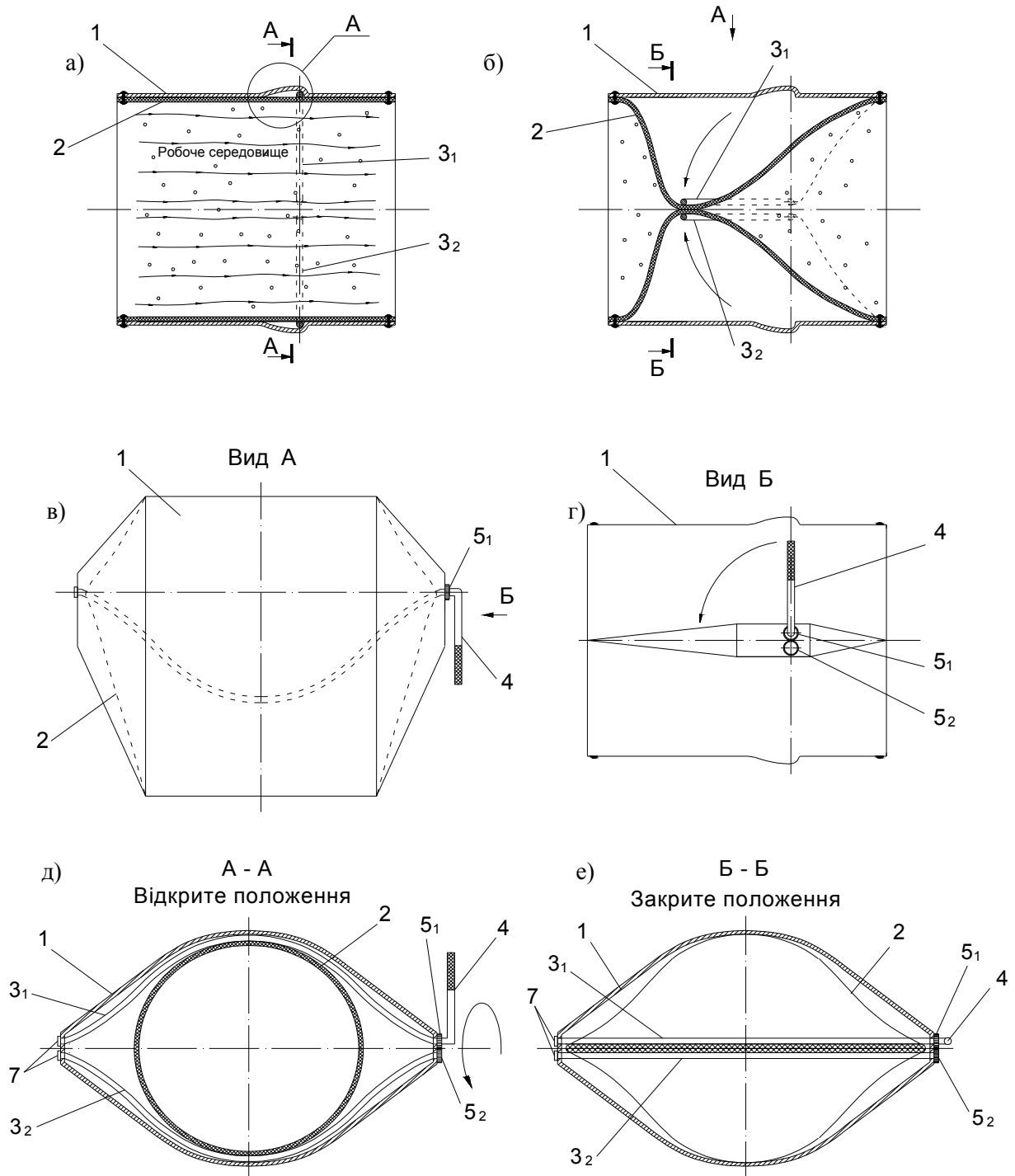


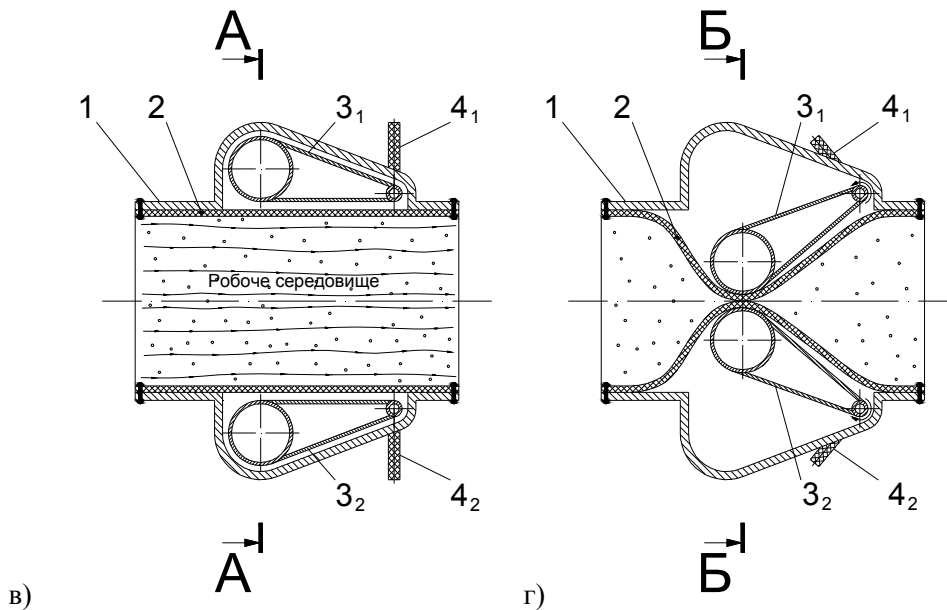
Рисунок 1 – Дросельний пристрій з герметично закріпленою всередині корпуса еластичною розтягувальною вставкою, що переміщується регулювально-запірними елементами за допомогою двох зчеплених між собою шестерен

Виконання регулювально-запірних елементів  $3_1$  і  $3_2$  у вигляді двох барабанів великого та малого діаметрів, що з'єднані між собою, під час регулювання дають можливість утворити форму “каплеподібного тіла”, які в аеродинаміці називаються зручнообтікаємими.

Дросельний пристрій (рис. 2 а, б) працює наступним чином.

а)

б)



в)

г)

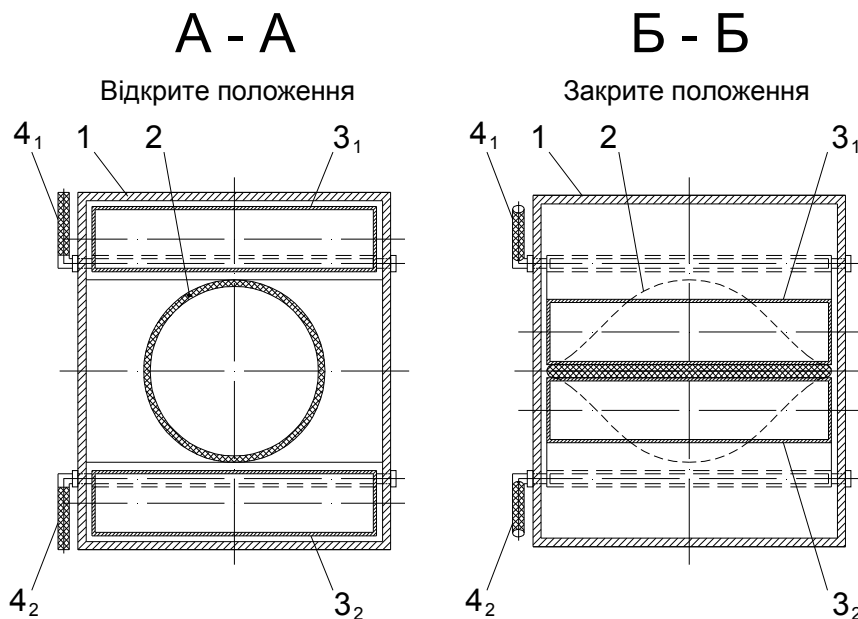


Рисунок 2 – Дросельний пристрій з герметично закріпленою всередині корпуса еластичною розтягувальною вставкою, що переміщується регулювальними запірними елементами у вигляді двох барабанів

В початковому стані, при повністю відкритому прохідному перерізі, регулювально-запірні елементи  $3_1$  і  $3_2$  знаходяться у верхньому положенні (рис. 2 а). При необхідності створення регульовального або запірного процесу, протікаючого робочого середовища, рукоятками регулювання  $4_1$  і  $4_2$  здійснюють оберти. Це в свою чергу призводить до обертання барабана меншого діаметра та, відповідно, повністю регулювально-запірних елементів  $3_1$  і  $3_2$  (рис. 2 б, г). При обертанні регулювально-запірних елементів  $3_1$  і  $3_2$  відбувається одночасне їх зближення до вісі корпуса 1, що повільно здавлюють еластичну розтягувальну вставку 2 до повного її перекриття (рис. 2 б, г). Видовжені сторони корпуса 1 створюють умови для компенсації необхідного об'єму здавленої частини еластичної розтягувальної вставки 2 (рис. 2 в, г).

Регулювально-запірні елементи  $3_1$  і  $3_2$  працюють незалежно один від одного. Така робота дає можливість здійснювати незалежне регулювання з одного чи іншого боку при різному встановленні дросельного пристрою на повітроводі.

Виконання регулюючо-запірних елементів  $3_1$  і  $3_2$  у вигляді двох барабанів великого та малого діаметрів, що з'єднані між собою, під час регулювання дають можливість утворити форму "каплеподібного тіла", що в аеродинаміці є зручнообтічними. Створення плавного спектру обтікання з незначною турбулентністю за звужувальною областю при протіканні робочого середовища через дросельний пристрій є однією з основних причин покращення аеродинамічних властивостей протікання струмини робочого середовища. Протікання такого процесу в дросельному пристрої призводить до енергоефективної роботи та можливості плавного регулювання витрати робочого середовища аеродинамічних мереж.

На рис. 3 а, б показано конструктивне виконання дросельного пристрою, що забезпечує регулювання витрати робочого середовища з меншим турбулентним збуренням аеродинамічного потоку [11]. Це приводить до підвищення експлуатаційної надійності та зменшення енергоємності систем вентиляції та аспірації.

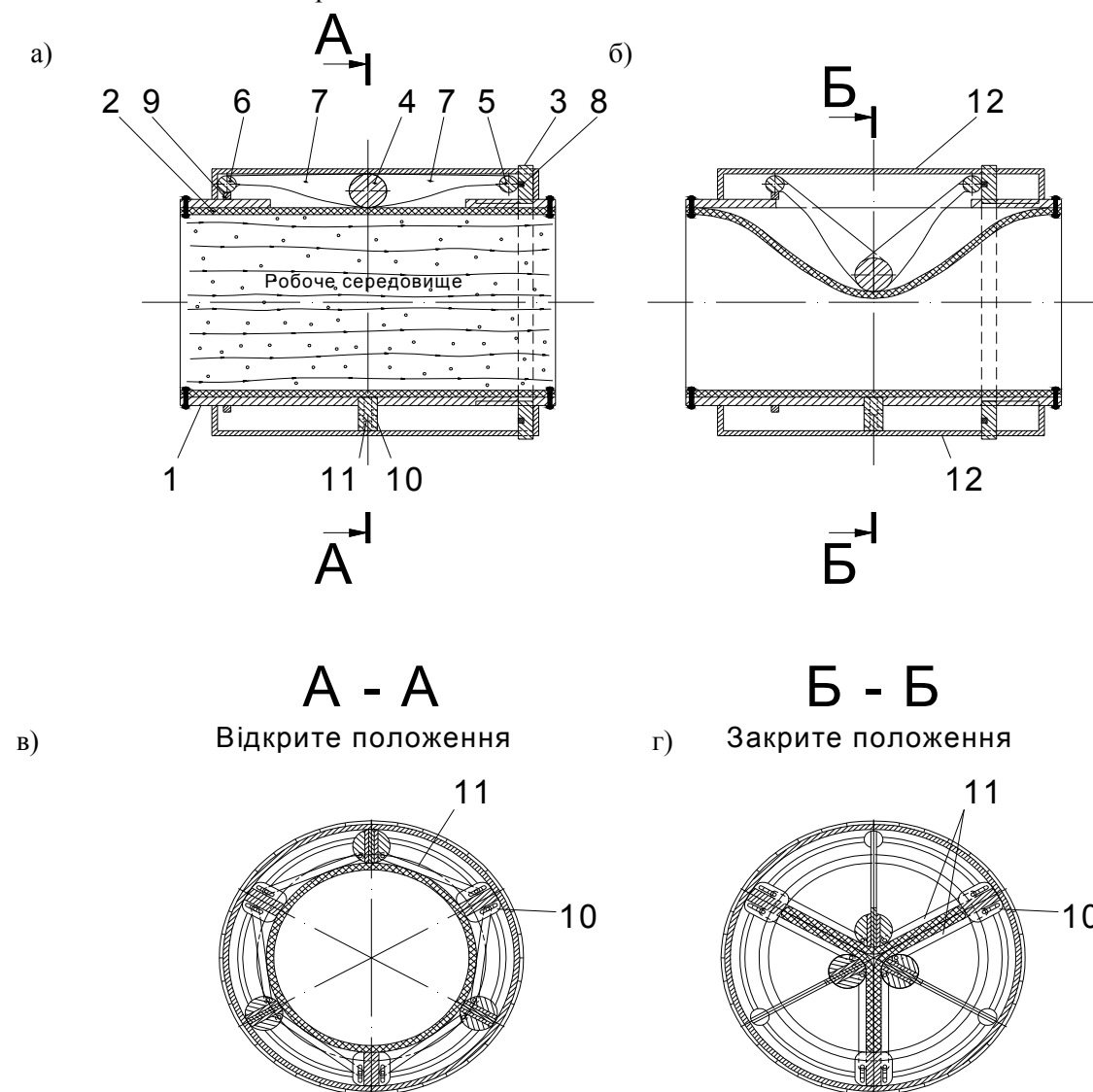


Рисунок 3 – Дросельний пристрій з герметично закріпленою всередині корпуса еластичною розтягувальною вставкою, що переміщується нажимними елементами обертанням регулювального кільця

Дросельний пристрій (рис. 3 а, б) включає корпус циліндричного перерізу 1, всередині якого герметично закріплена еластична розтягувальна вставка 2. Всередині корпуса 1 влаштовані три регулювальні органи, які закріплені до регулювального кільця 3. Кожний регулювальний орган виконаний у вигляді нажимних регулювальних елементів 4. Регулювальні елементи 4 через

штанги великі 7 закріплені до кулі регулювального кільця 5 з однієї сторони та кулі обойми ковзної 6 з іншої сторони. Куля регулювального кільця 5 через обойму регулювального кільця 8 прикріплена до регулювального кільця 3. Куля обойми ковзної 6 закріплена до обойми ковзної 9. Для переміщення регулювального кільця 3 по корпусу 1 на останньому нанесена різь. Між регулювальними органами на корпусі 1 закріплені регулювальні завіси 10, які в свою чергу через штанги малі 11 з'єднані з нажимними регулювальними елементами 4. Поверх всієї регулювально-запірної системи влаштована захисна кришка 12, яка прикріплена до корпусу 1.

Дросельний пристрій (рис. 3 а, б) працює наступним чином. В початковому стані, при повністю відкритому прохідному перерізі, нажимні регулювальні елементи 4 знаходяться у верхньому положенні (рис. 3 а). При необхідності створення регулювального або запірної процесу, протікаючого робочого середовища, здійснюють оберти регулювальним кільцем 3. Обертанням регулювального кільця 3 переміщується до середини корпусу 1: регулювальне кільце 3 разом з обоймою регулювального кільця 8 і кулю регулювального кільця 5 та обойми ковзної 9 разом з кулями обойми ковзної 6. Внаслідок зближення кулю регулювального кільця 5 та кулю обойми ковзної 6 до середини корпусу 1 відбувається переміщення нажимних регулювальних елементів 4 через штанги великі 7 до центру корпусу 1 (рис. 3 а, б). Наявність механічного зв'язку між нажимними регулювальними елементами 4 через штанги малі 7 з жорстко закріпленими до корпусу 1 регулювальними завісами 10, зосереджує симетричне зближення нажимних регулювальних елементів 4 до середини та осі корпусу 1. (рис. 3 в, г). Зближення нажимних регулювальних елементів 4 та штанг малих 7 до осі корпусу 1 здавлюють еластичну розтягувальну вставку 2 до повного нею перекриття поперечного перерізу дроселя (рис. 3 в, г). Для захисту регулювально-запірної системи від негативної дії навколишнього середовища влаштована захисна кришка 12, яка прикріплена до корпусу 1 (рис. 3 б).

Створення плавного спектру обтікання з незначними зонами турбулентності за звужувальною областю еластичної розтягувальної вставки сприяє зменшенню зон турбулентності. Введення в конструкцію зручнообтічних регулювальних органів є однією з основних причин покращення аеродинамічних властивостей протікання струмینی робочого середовища через дросельний пристрій. Такі дросельні пристрої дозволяють зменшити енергоємність та можливість точного й плавного регулювання аеродинамічних систем.

### Висновки

- Запропоновано інноваційні конструкції дросельних пристроїв зі зручнообтічними виконавчими елементами регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації. Зручнообтічна форма виконавчого регулювального елемента забезпечує стійкість вихорутворень при змінній площі поперечного перерізу дроселя та плавне регулювання витрати робочого середовища.
- Застосування дросельних пристроїв із зручнообтічними регулювальними елементами дозволить оптимізувати втрати тиску робочого середовища при його дроселюванні. Це призводить до зменшення потужності вентиляційного агрегату, що забезпечить енергоощадність систем вентиляції та аспірації.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арсирій В. А. Неравнозначность влияния сопротивлений на параметры аэродинамической системы в зонах избыточного давления и разрежения / В. А. Арсирій, В. П. Ярошевский // Праці Одеського політехнічного університету. Енергетика. Теплотехніка. Електротехніка. Вип. 1(35), Одесская государственная академия строительства и архитектуры. 2011, – с. 74-77.
2. Богуславский Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титов. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.
3. Клименко Г. М. Аналітичні дослідження повітряної струмینی при витіканні з перфорованої поверхні / Клименко Г. М., Довгалюк В. Б., Мілейковський В. О. // Вентиляція, освітлення і теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. Випуск 17. Відповідальний редактор Е. С. Малкін. - К. : КНУБА, 2014. - 147 с. - С.10-15.
4. Ратушняк Г. С. Снижение расхода энергии системами вентиляции путем совершенствования аэродинамических свойств фасонных частей / Г. С. Ратушняк, Р. В. Степанковский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. - Брест.-2013. - № 2(80). – С. 82 – 85.
5. Вентилювання приміщень : навч. посіб. / С. С. Жуковський, О. Т. Возняк, О. М. Довбуш, З. С. Люльчак; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів, 2007. – 476 с.
6. Ратушняк Г. С. Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації: монографія / Г. С. Ратушняк, Р. В. Степанковський – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.

7. Ратушняк Г. С. Энергоощадні схеми вентиляційних систем з вдосконаленою конструкцією регулюючих пристроїв / Г. С. Ратушняк, Р. В. Степанковський // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі, К. : КНУБА, 2013. - Вип. 4.- С. 231 - 235.
8. Ратушняк Г. С. Оцінка енергоемності регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк, Р. В. Степанковський // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2016. - № 1 - С. 114 - 118.
9. Пат. 44940 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Г.С. Ратушняк, Р. В. Степанковський.- № u201903248; заявл. 06.04.2009 ; опубл. 26.10.09, Бюл. № 20.
10. Пат. 62410 UA, МПК F24F 13/02, F24F 13/08. Дросельний пристрій / Г. С. Ратушняк, Р. В. Степанковський. - № u20401773; заявл. 15.02.2011; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 16.
11. Пат. 66911UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Г.С. Ратушняк, Р. В. Степанковський. - № u201107809 ; заявл. 21.06.2011 ; опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2.

**Ратушняк Георгій Сергійович** – к.т.н., професор, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету.

**Степанковський Роман Володимирович** – магістр з теплогазопостачання і вентиляції ВНТУ.

**G. Ratushniak  
R. Stepankovsky**

## STEERING DEVICES WITH RECTANGULAR EXECUTIVE ELEMENTS OF REGULATION OF COSTS OF AERODYNAMIC FLOWS IN VENTILATION SYSTEMS AND APPARATUS

Vinnitsia National Technical University

*The paper substantiates the urgency of application in the ventilation and aspiration systems of energy-saving means for controlling the flow of working environment in aerodynamic networks. It was emphasized that reduction of energy intensity of ventilation and aspiration systems can be achieved by introducing improved designs of throttle regulating devices into the working environment of aerodynamic flows. Innovative designs of throttle devices with comfortably streamlined operating elements that reduce turbulence, that is, improve the aerodynamic properties of the flow of the working environment in the chassis body. As a regulating actuating element, it is proposed to use an elastic tensioning insert hermetically sealed in the body of the housing, which is moved by the regulating and closing elements with the help of adjusting devices of a different design.*

**Key words:** aspiration, ventilation, throttle device, flow rate, energy intensity, tensioning insert.

**Ratushniak George** - Ph. D., professor, dean of construction, heating and gas Vinnitsa National Technical University.

**Stepankovskyy Roman** – Master of heat and gas supply and ventilation VNTU.

**Г. С. Ратушняк  
Р. В. Степанковский**

## ДРОССЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ЗРУЧНООБТИЧНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И АСПИРАЦИИ

Винницкий национальный технический университет

*В работе обоснована актуальность применения в системах вентиляции и аспирации энергосберегающих средств регулирования расхода рабочей среды в аэродинамических сетях. Подчеркнуто, что уменьшение энергоемкости систем вентиляции и аспирации можно достичь путем внедрения усовершенствованных конструкций дроссельных регулирующих устройств расходы рабочей среды аэродинамических потоков. Приведены инновационные конструкции дроссельных устройств с удобно обтекаемыми исполнительными элементами, которые уменьшают турбулентность, то есть улучшают аэродинамические свойства протекания струи рабочей среды в корпусе дросселя. В качестве регулирующих исполнительных элементов предложено использовать герметично закрепленную в корпусе дросселя эластичную растягивающую вставку, перемещаемая регулировочно-запорными элементами с помощью регулировочных устройств различного конструктивного исполнения.*

**Ключевые слова:** аспирация, вентиляция, дроссельное устройство, расход, энергоемкость, растягивающая вставка.

**Ратушняк Георгий Сергеевич** - к.т.н., профессор, декан факультета строительства, теплоэнергетики и газоснабжения Винницкого национального технического университета.

**Степанковский Роман Владимирович** – магистр по теплогазоснабжению и вентиляции ВНТУ.