

УДК 697.922.566

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ З ЗРУЧНООБТІЧНИМИ ВИКОНАВЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В СИСТЕМАХ АСПІРАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Ратушняк Георгій Сергійович к.т.н., професор  
Степанковський Роман Володимирович аспірант  
Вінницький національний технічний університет*

**Ratushnyak G.  
Stepankovsky R.**

*Vinnitsia National Technical University*

**Анотація:** стаття присвячена проблемі регулювання систем аспірації на підприємствах харчової промисловості. Системи аспірації є складними технічними системами, безперебійна робота яких забезпечує ефективний технологічний процес підприємства. Одним із шляхів підвищення ефективності аспіраційної системи є вдосконалення пристроїв для регулювання витрат робочого середовища на окремих ділянках та підтримання налагоджених аеродинамічних параметрів під час експлуатації. Запропонована удосконалена конструкція регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами в системі аспірації підприємств харчової промисловості. Для дослідження робочих характеристик регулюючих пристроїв традиційного виконання та регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами запроєктована та розроблена експериментальна установка, проведені експериментальні дослідження.

**Ключові слова:** система аспірації, регулюючий пристрій, ірисова діафрагма регулююча, регулюючий пристрій з зручнообтічними виконавчими елементами, експериментальна установка, транспортуючі компоненти, витрата робочого середовища, соняшникова лузга, хлібна крихта.

### **Вступ**

Технологічні процеси на підприємствах харчової та переробної промисловостях (хлібозаводи, цукрові заводи, масложирові комбінати, крохмалопаточні підприємства, тютюнові, чайні фабрики та ін.) супроводжуються виділенням пилу, що містять шкідливі речовини. Виділення пилу пов'язано з втратою частини сировини та готової продукції, а також негативно впливає на персонал, викликає передчасний знос технологічного обладнання, забруднює навколишнє середовище. Більшість пилу харчових виробництв, що мають органічну основу, здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші, відкладення пилу є пожежонебезпечними [1, 6].

Недостатня герметизація технологічного обладнання, недотримання режимів роботи, низька ефективність вентиляційних та аспіраційних систем призводить до високої запиленості виробничих приміщень [2].

Ефективність уловлення пилу, транспортування робочого двофазного середовища (пил і повітря), регулювання витрат двофазного середовища, його очищення має не тільки санітарно-гігієнічне, екологічне і технологічне, але й суттєве економічне значення. Пиловиділення на підприємствах локалізується місцевими відсмоктувачами системи

аспірації (зонти, укриття, бортові відсмоктувачі) і є найбільш ефективним методом боротьби з забрудненням робочого середовища [2]. Одним із шляхів підвищення ефективності аспіраційної системи є вдосконалення пристроїв для регулювання витрат робочого середовища на окремих ділянках та підтримання налагоджених аеродинамічних параметрів під час експлуатації.

Метою роботи є дослідження роботи удосконаленої конструкції регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами в системі аспірації підприємств харчової промисловості.

### *Основна частина*

Втрати тиску на окремих ділянках аспіраційної системи рекомендується врівноважувати розрахунковим шляхом зміною діаметрів та довжин повітропроводів без застосування регулюючих клапанів, шиберів, тощо. При неможливості досягнення врівноваження витрат тиску геометричними розмірами повітропроводів, застосовують шибери, діафрагми конусні, ірисові діафрагми регулюючі на вертикальних ділянках повітропроводів. Використання наведених регулюючих пристроїв призводить до виникнення ряду недоліків: перпендикулярне зіткнення транспортуючої частинки з регулюючим диском, зіткнення з іншими частинками, траєкторія руху яких направлена вниз та внаслідок інтенсивного вихроутворення збільшується хаотичний рух частинок в завихрених зонах [3].

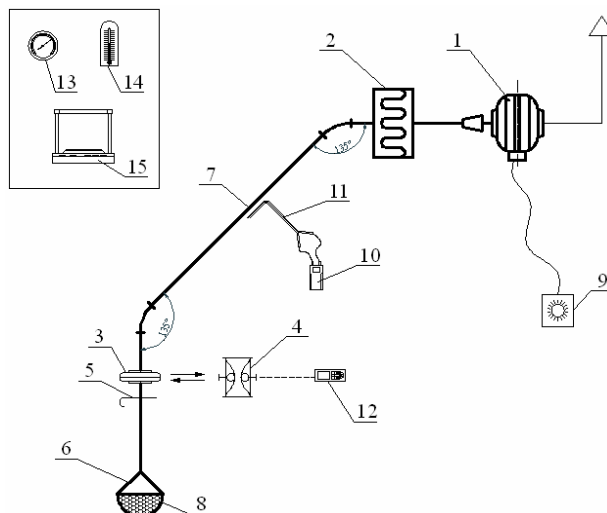
Двофазний потік, що аспірується від технологічного обладнання масложирової та зернопереробної галузях харчової промисловості, містить частинки пилу розміром до декілька міліметрів. В зв'язку з цим в експериментальному дослідженні використано як транспортуючі компоненти соняшникову лузгу та хлібну крихту. Хімічний склад соняшникової лузги (в залежності від технологічної схеми) становить [4]: сирий жир: 0,99 – 3,42%, сирова клітчатка: 52,0 - 65,9%, сирова зола: 1,374 – 2,77%, віск: 0,28 – 1,27%, безазотистоекстрактивні речовини: 29,9 – 39,55%.

Основним показником при проектуванні системи аспірації є кількість видаляемого повітря  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) від джерела утворення пилу, витрата якого визначається згідно нормативної документації [4, 5].

Енергоощадне регулювання витрат двофазного робочого середовища може виконуватися за допомогою запропонованої конструкції регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами, що захищена патентом України на корисну модель [7].

Для дослідження робочих характеристик регулюючих пристроїв – ірисової діафрагми регулюючої (ІДР) та регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами (ДКЕВ) запроектована та розроблена експериментальна установка (рис. 1).

Експериментальна установка містить наступне обладнання: 1 – вентиляційний агрегат VKA125LD; 2 – пилоочисне обладнання (фільтр); 3 – ірисова діафрагма регулююча (ІДР); 4 – регулюючий пристрій з зручнообтічними виконавчими елементами (ДКЕВ); 5 – шибер; 6 – аспіраційний приймальний патрубок; 7 – аспіраційна мережа; 8 – контейнер перфорований з транспортуємим компонентом; 9 – регулятор швидкості РС-1-300; 10 – диференційний манометр TESTO 510; 11 – трубка Піто; 12 – лазерний вимірник дистанції Leica DISTO D2; 13 – барометр-анероїд БАММ-1; 14 – термометр спиртовий; 15 – ваги цифрові Digital Scale.



*Рис. 1. Конструктивна схема експериментальної установки*

Загальний вид експериментальної установки та її окремих елементів показано на рис. 2.



а)



б)



в)

*Рис. 2. Загальний вид експериментальної установки та її окремих елементів: а) загальний вид; б) контейнер перфорований з транспортуючим компонентом; в) вимірювання переміщення виконавчого елемента до осі регулюючого пристрою*

Фото реєструвальних приладів для проведення замірів робочих параметрів показано на рис. 3.



а)



б)



в)

**Рис. 3. Фото реєструвальних приладів:**  
**а) диференційний манометр TESTO 510; б) лазерний вимірювач дистанції Leica DISTO D2; в) ваги цифрові Digital Scale**

Дослідження проводили наступним чином. В аспіраційну мережу влаштовували ІДР 3 (рис. 1) на заданий режим регулювання витрати. Після роботи вентиляційного агрегату 1 протягом 20 хвилин шибером 5 перекривали аспіраційну мережу 7. Контейнер перфорований 8 наповнювали транспортуємим компонентом – соняшниковою лузгою (СЛ) в кількості 50 грам (рис. 4, а). При відкриванні шибера 5 задіяли в роботу систему аспірації, що працювала 10 хв. Виключивши вентиляційний агрегат 1 з пилоочисного обладнання 2 діставали транспортуючий компонент і визначили його масу на вагах цифрових 13. Дослідження роботи ІДР також провели по вищенаведеній послідовності, замінивши транспортуємий компонент на хлібну крихту (ХК) в кількості 40 грам (рис. 4, б).



а)



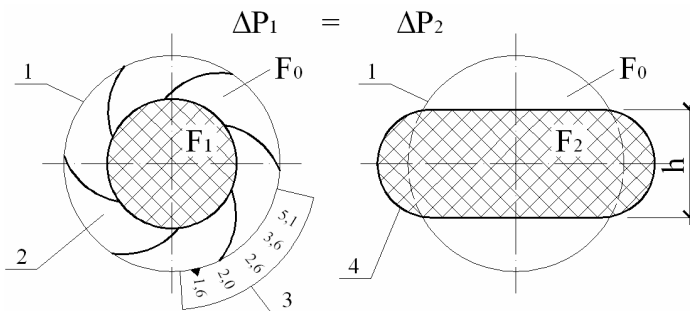
б)

**Рис. 4. Компоненти, що транспортуються:**  
**а) соняшникова лузга (СЛ); б) хлібна крихта (ХК)**

При виконанні експерименту вимірювалися: втрати тиску на регулюючих пристроях ІДР та ДКЕВ за допомогою диференційного манометра TESTO 510 (рис.3, а), маса транспортуємим компонентів – соняшникової лузги та хлібної крихти за допомогою ваг

цифрових Digital Scale (рис.3, в). Зближення регулюючих елементів ДКЕВ до його осі здійснювалось за допомогою лазерного вимірювача дистанції Leica DISTO D2 (рис.3, б).

Після дослідження робочих характеристик ІДР, в аспраційну мережу влаштували ДКЕВ (рис. 1). Дослідження робочих характеристик регулюючих пристроїв двох різних конструкцій здійснювали при перемінному їх застосуванні за умови співставлення площ поперечних перерізів при рівних значення втрат тиску на регулюючих пристроях  $\Delta P_1 = \Delta P_2$  (рис.5) [5].



**Рис. 5. Схема співставлення площ поперечних перерізів регулюючих пристроїв двох різних конструктивних виконань при рівних значеннях втрат тиску на них**

Таблиця 1

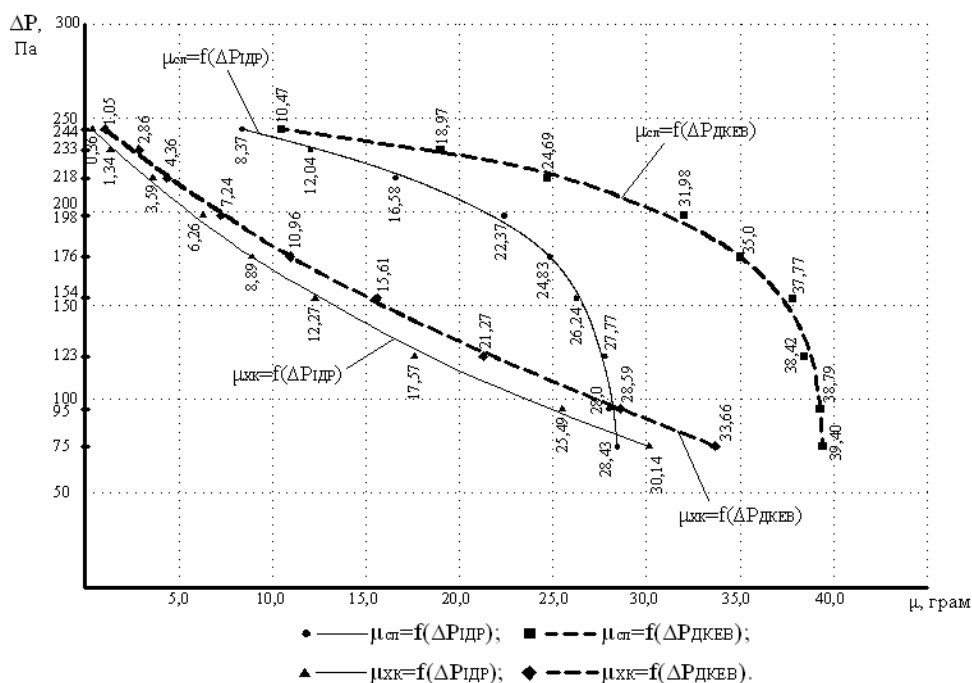
**Результати досліджень роботи ІДР та ДКЕВ в системі аспірації**

Ірисова діафрагма регулююча (ІДР)						Регулюючий пристрій з зручнообтічними виконавчими елементами (ДКЕВ)					
Позиції на шкалі регулювання	Втрата тиску на ІДР $\Delta P_1$ , Па	Площа поперечного перерізу ІДР, $F_1$ , м <sup>2</sup>	$F_0/F_1$	Маса вловленого транспортуемого компоненту, грам		Звуження вставки $h$ , мм	Втрата тиску на ДКЕВ $\Delta P_2$ , Па	Площа поперечного перерізу ДКЕВ, $F_2$ , м <sup>2</sup>	$F_0/F_2$	Маса вловленого транспортуемого компоненту, грам	
				Соняшникова лузга	Хлібні крихти					Соняшникова лузга	Хлібні крихти
5,1	75	0,00418	0,53	28,43	30,14	23,5	75	0,003256	0,41	39,4	33,66
4,4	95	0,00374	0,48	28,0	25,49	20,3	95	0,002863	0,36	38,79	28,59
3,6	123	0,00312	0,4	27,77	17,57	17,0	123	0,002442	0,31	38,42	21,27
3,1	154	0,00273	0,35	26,24	12,27	14,0	154	0,002044	0,26	37,77	15,61
2,6	176	0,00246	0,31	24,83	8,89	12,6	176	0,001854	0,24	35,0	10,96
2,3	198	0,0022	0,28	22,37	6,26	10,3	198	0,001534	0,20	31,98	7,24
2,0	218	0,0018	0,23	16,58	3,59	8,4	218	0,001263	0,16	24,69	4,36
1,8	233	0,00166	0,21	12,04	1,34	7,8	233	0,001177	0,15	18,97	2,86
1,6	244	0,00126	0,165	8,37	0,36	6,5	244	0,000987	0,13	10,47	1,05

На рис. 5 зображено: 1 – корпус; 2 – регулюючий орган – металевий диск; 3 – шкала регулювання з нанесеними позиціями; 4 – регулюючий орган – еластична вставка;  $\Delta P_1$  – втрата тиску на ірисовій діафрагмі регулюючій (ІДР);  $\Delta P_2$  – втрата тиску на регулюючому пристрої з зручнообтічними виконавчими елементами (ДКЕВ);  $F_0$  – площа поперечного перерізу повністю відкритого повітропроводу;  $F_1$  – площа поперечного перерізу ірисової діафрагми регулюючої (ІДР);  $F_2$  – площа поперечного перерізу регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами (ДКЕВ).

Результати налаштування ІДР та ДКЕВ на однакові значення втрати тиску  $\Delta P_1 = \Delta P_2$ , а також результати досліджень наведені в таблиці 1.

Для зручності оцінювання кількості вловлених транспортуємих компонентів від різних втрат тиску на регулюючих пристроях ІДР та ДКЕВ побудовано залежності  $\mu_{СЛ} = f(\Delta P_{ІДР})$ ,  $\mu_{СЛ} = f(\Delta P_{ДКЕВ})$ ,  $\mu_{ХК} = f(\Delta P_{ІДР})$ ,  $\mu_{ХК} = f(\Delta P_{ДКЕВ})$  (рис. 6).



**Рис. 6. Графіки залежності кількості вловлених транспортуючих компонентів сояшнікової лузги  $\mu_{СЛ}$  та хлібної крихти  $\mu_{ХК}$  від втрат тиску  $\Delta P$  на регулюючих пристроях різних конструктивних виконань**

Аналіз графіків (рис. 6) свідчать:

1. При рівних втратах тиску на регулюючих пристроях, кількість вловленого транспортуючого компоненту, яка пройшла через регулюючі пристрої різна, а саме  $\mu_{(ДКЕВ)} > \mu_{(ІДР)}$ ;

2. Різна густина транспортуючого компоненту (сояшнікова лузга та хлібна крихта) обумовлює різну розбіжність кількості проходження останнього через регулюючі пристрої ІДР та ДКЕВ. Чим менше втрата тиску на регулюючих пристроях, тим більша розбіжність. Наприклад, при транспортуванні сояшнікової лузги (СЛ) і втратах тиску на регулюючому пристрої  $\Delta P = 75$ Па:  $\mu_{(ДКЕВ)} = 39,40$ г  $>$   $\mu_{(ІДР)} = 28,43$ г. При транспортуванні хлібної крихти (ХК) і тих самих втратах тиску на регулюючому пристрої  $\Delta P = 75$ Па:  $\mu_{(ДКЕВ)} = 36,66$ г

$\mu_{(IDP)} = 30,14\text{г}$ . Збільшення втрати тиску на регулюючих пристроях сприяє зменшенню різниці кількості транспортуючих компонентів різних густин.

3. Влаштування ДКЕВ дозволяє збільшувати діапазон регулювання кількості транспортуючого компоненту.

### Висновки

Аналіз результатів досліджень констатує наступне:

1. Влаштування ДКЕВ дозволяє збільшити діапазон регулювання кількості транспортуючого компоненту.

2. Забезпечення однакових втрат тиску на регулюючих пристроях різних конструктивних виконань ІДР та ДКЕВ призводить до різного режиму регулювання. Тобто при однаковій витраті повітря кількість транспортуючих компонентів, які пройшли через регулюючі пристрої різні. Вищезазначена умова призводить до зменшення потужності вентиляційного агрегату при влаштуванні ДКЕВ, що забезпечує зниження енергозатрат.

### Список літератури

1. 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.
2. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман – М.: АСВ, 2001. – 564 с.
3. Степанковський Р.В. Усовершенствование регулирования расходов рабочей среды аэродинамических систем / Р.В. Степанковський // Молодой ученый. Ежемесячный журнал. – 2013. – №1(48) – С. 18-22.
4. Нормы технологического проектирования предприятий малой мощности по производству растительных масел из семян подсолнечника и рапса методом пресования: ВНТП 20м – 93. – М.: НПО «Масложирпром», 1993. – 68 с.
5. Ведомственные нормы технологического проектирования заводов и пунктов послеуборочной обработки и хранения продовольственного, фуражного зерна и семян зерновых, зернобобовых, масличных культур и трав: ВНТП 16-88. – М.: Госагропром СССР, 1988. – 45 с.
6. Правила охорони праці в цукровому виробництві: НПАОП 15.83-1.05-96. – Київ: 1996. – 295 с.
7. Патент 52768 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Степанковський Р.В., Ратушняк Г.С. - № u201002050; Заявл. 25.02.2010; Опубл. 10.09.2010, Бюл.№17.

### References

1. Shtokman Ye.A. Ochistka vozdukhа ot pyli na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti . Vtoroye izd. , Pererab . I dop. / Ye.A. Shtokman - M. : Agropromizdat , 1989. - 312 s .
2. Shtokman Ye.A. Ventilyatsiya , konditsionirovaniye i ochistka vozdukhа na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti / Ye.A. Shtokman - M. : ASV , 2001 . - 564 s .
3. Stepankovskiy R.V. Usovershenstvovaniye regulirovaniya rashhodov rabochey sredy aerodinamicheskii sistem / R.V. Stepankovskiy // Molodoy uchennyye . Yezhemesyachnyy zhurnal . - 2013 . - № 1 ( 48 ) - S. 18-22
4. Normy tekhnologicheskogo proyektirovaniya predpriyatiy maloy moshchnosti po proizvodstvu rastitel'nykh masel iz semyan podolnechnika i rapsa metodom presovaniya : VNTP 20m - 93 . - M. : NPO « Maslozhirprom », 1993 . - 68 s .
5. Vedomstvennyye normy tekhnologicheskogo proyektirovaniya zavodov i punktov posleuborochnoy obrabotki i khraneniya prodovol'stvennogo , furazhnogo zerna i semyan zernovykh , zernobobovykh , maslichnykh kul'tur i trav: VNTP 16-88 . - M. : Gosagroprom SSSR, 1988 . - 45 s .
6. Pravila okhrany truda v sakharnom proizvodstve : NPAOP 15.83-1.05-96 . - Kiyev : 1996 . - 295 s .
7. Patent 52768 UA , MPK F16K 7 /00 , B08B 15 /00 . Drossel'nyy ustroystvo / Stepankovskiy R.V. , Ratushnyak G.S. - № u201002050 ; Zayavl . 25.02.2010 ; Opubl . 10.09.2010 , Byul. № 17.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ С УДОБООБТЕКАЕМЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В СИСТЕМАХ АСПИРАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Аннотация:* статья посвящена проблеме регулирования систем аспирации на предприятиях пищевой промышленности. Системы аспирации являются сложными техническими системами, бесперебойная работа которых обеспечивает эффективный технологический процесс предприятия. Одним из путей повышения эффективности аспирационной системы является совершенствование устройств для регулирования расхода рабочей среды на отдельных участках и поддержания налаженных аэродинамических параметров во время эксплуатации. Предложенная усовершенствованная конструкция регулирующего устройства с удобообтекаемыми исполнительными элементами в системе аспирации предприятий пищевой промышленности. Для исследования рабочих характеристик регулирующих устройств традиционного исполнения и регулирующего устройства с удобообтекаемыми исполнительными элементами запроектирована и разработана экспериментальная установка, проведены экспериментальные исследования.

*Ключевые слова:* система аспирации, регулирующее устройство, ирисовая диафрагма регулирующая, регулирующее устройство с удобообтекаемыми исполнительными элементами, экспериментальная установка, транспортирующие компоненты, расход рабочей среды, подсолнечная лузга, хлебная крошка.

## EXPERIMENTAL STUDIES OF REGULATORY PERFORMANCE DEVICES STREAMLINED ACTUATORS OF THE SYSTEM ASPIRATION ENTERPRISES OF FOOD INDUSTRY

*Summary:* the article deals with regulation of aspiration systems in the food industry. Aspiration systems are complex technical systems, trouble-free operation which provides an efficient process enterprise. One way to improve the efficiency of the aspiration system is to improve the device to control the flow of the working environment in some areas and maintain well-established aerodynamic parameters during operation. Improved design of the proposed control device with streamlined actuators in the system of aspiration of the food industry. To investigate the performance of traditional control devices and control device performance with streamlined actuators designed and developed experimental setup, experimental studies.

*Keywords:* aspiration system, control device, the iris regulates regulating device with streamlined actuators, the pilot transporting components, fuel working environment, sunflower husks, bread crumbs.