

МНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання лабораторної роботи**  
**«ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕФЛЕКТОРА ЦАГІ»**  
**з дисципліни «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» для**  
**студентів денної форми навчання усіх спеціальностей**

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 1 від 25.02.2021

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2021

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження роботи дефлектора ЦАГІ» з дисципліни «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей / уклад.: В. В. Березуцький, О. А. Максименко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – 19 с.

Укладачі : В.В. Березуцький  
О.А. Максименко

Рецензент : О.М. Древаль, к.т.н. професор  
Кафедра безпеки праці та навколишнього середовища

## ВСТУП

Методичні вказівки доповнюють теоретичне навчання студентів денної форми навчання усіх спеціальностей відповідно до програми курсу «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» з метою надання практичних навичок у дослідженні роботи дефлектора ЦАГІ, який використовують для забезпечення нормальних метеорологічних умов праці та чистоти повітря робочої зони.

Методичні вказівки «Дослідженні роботи дефлектора ЦАГІ» містять опис роботи дефлекторної установки, методики визначення концентрації домішок у повітрі робочого приміщення, визначення швидкості руху повітря у дефлекторі та аналіз відповідності експериментального дефлектора розрахунковим вимогам.

За допомогою методичних вказівок студенти засвоюють методики дослідження ефективності роботи дефлектора ЦАГІ, експериментально визначають параметри установки, проводять перевірку відповідності продуктивності дефлектора для приміщення навчальної лабораторії. У методичних вказівках наведено визначення залежності поперечного перерізу дефлектора від швидкості вітрового напору.

Методичні вказівки містять опис етапів проведення роботи, а також запитання для самоконтролю знань студентів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕФЛЕКТОРА ЦАГІ

**Мета роботи** – ознайомлення з роботою дефлектора, освоєння методики дослідження ефективності роботи дефлектора ЦАГІ, експериментальне визначення параметрів установки, перевірка відповідності продуктивності дефлектора для приміщення навчальної лабораторії.

### 1. Загальні положення

Однією з необхідних умов здорової та високопродуктивної праці людини є забезпечення чистоти повітря та нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщень, тобто простору висотою до двох метрів над рівнем підлоги або площадки, де знаходяться робочі місця.

Шкідливі речовини проникають до організму людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру та з їжею.

Більшість цих речовин належить до небезпечних та шкідливих виробничих факторів, бо вони мають токсичну дію на організм. Ці речовини добре розчиняються у біологічних середовищах, здатні вступати з ними у взаємодію, викликаючи порушення нормальної життєдіяльності. В результаті їх дії у людини виникає хворобливий стан - отруєння, небезпека якого залежить від тривалості впливу, концентрації  $q$  (мг/м<sup>3</sup>) та виду речовини.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005–88\* та ДСН 3.3.6.042–99 [1; 2] були установлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин  $q$  (ГДК, мг/м<sup>3</sup>) у повітрі робочої зони виробничих приміщень.

Дія шкідливих речовин в умовах високих температур, шуму та вібрацій значно збільшується. Наприклад, висока температура повітря викликає розширення судин шкіри, посилюється потовиділення, частішає дихання, що прискорює проникнення шкідливих речовин в організм.

Необхідно мати на увазі, що забруднення повітряного середовища пилом, парами олій, кислот, лугів значною мірою впливає і на якість виробів.

Усунення дії цих шкідливих виробничих факторів (газів і парів, пилю, надлишкової теплоти і вологи) та утворення здорового повітряного середовища є важливим народногосподарським завданням, яке повинно здійснюватися комплексно, водночас з вирішенням питань виробництва.

Необхідного стану повітря робочої зони можна досягти виконанням певних заходів, одним з яких є вентиляція.

Установлення вентиляції забезпечує чистоту повітря та заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція здійснює вилучення забрудненого або нагрітого повітря з приміщення та подачу до нього чистого повітря.

За засобом пересування повітря вентиляція буває *природною* та *механічною*. Ми розглянемо природну вентиляцію.

При природній вентиляції обмін повітря відбувається внаслідок різниці температур повітря у приміщенні та ззовні, а також внаслідок дії вітру. Різна температура повітря всередині (найбільш висока температура) і назовні приміщення, а отже, і різниця густин, зумовлює надходження холодного повітря до приміщення та витиснення з нього теплого. При дії вітру із завітряного боку споруди створюється знижений тиск, внаслідок чого відбувається витяжка теплого або забрудненого повітря з приміщення; з навітряного боку споруди утворюється надлишковий тиск, і свіже повітря надходить до приміщення замість витисненого.

Природна вентиляція виробничих приміщень може бути *неорганізованою* та *організованою*.

При *неорганізованій* вентиляції надходження та видалення повітря відбувається через нещільності та пори зовнішніх огорож (інфільтрація), через вікна, кватирки, спеціальні отвори (провітрювання).

*Організована* (піддається регулюванню) природна вентиляція виробничих приміщень здійснюється *аерацією* та *дефлекторами*.

Аерацією називається організований природний обмін повітря, що проводиться у заздалегідь розрахованих об'ємах та регулюється відповідно до зовнішніх метеорологічних умов.

Для досягнення обміну повітря при аерації будівля цеху обладнується трьома рядами отворів зі стулками (рис. 1).

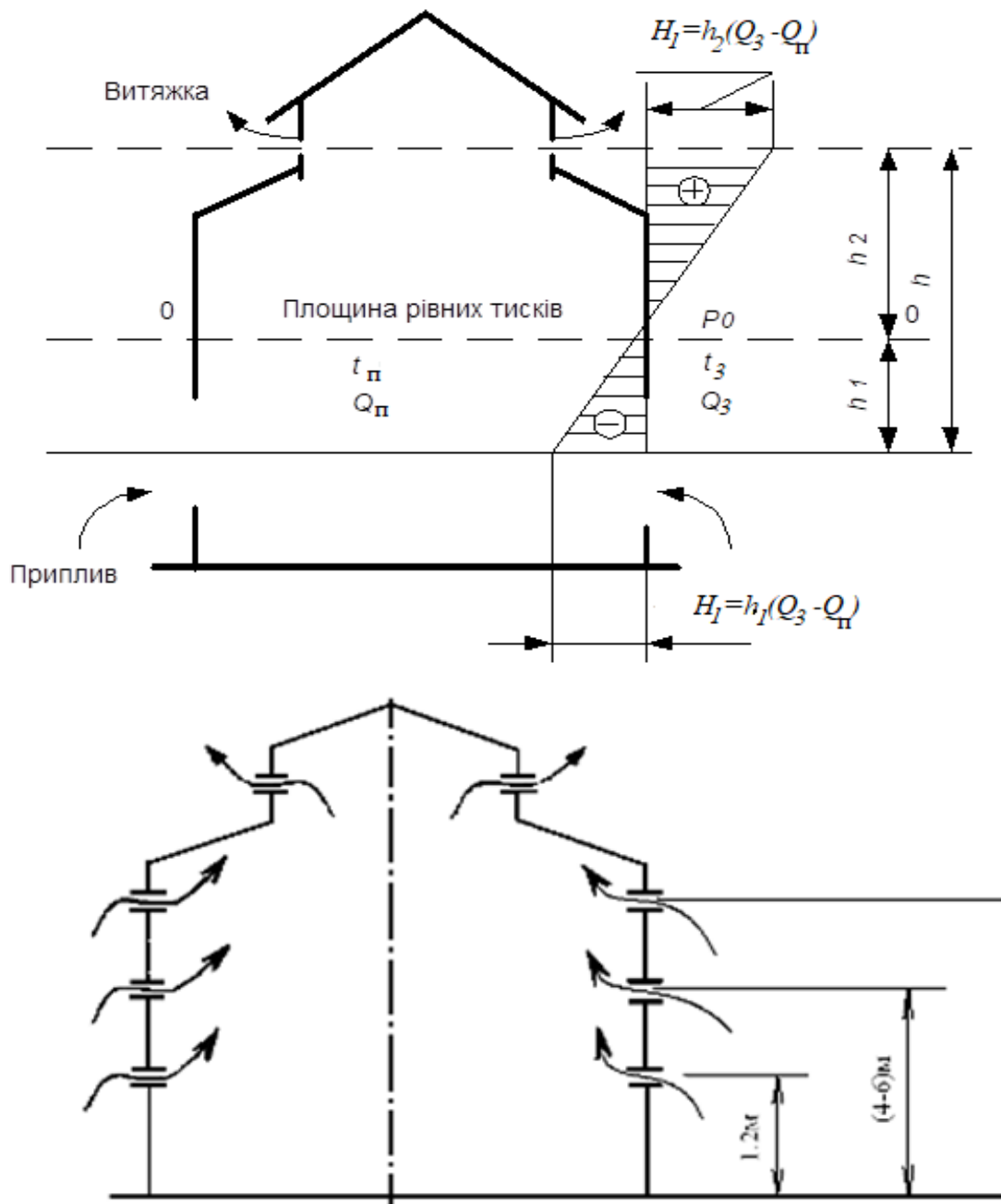


Рисунок 1 – Аерація будівлі цеху

При аерації великі об'єми свіжого повітря поширюються на весь об'єм приміщення при незначному тиску (близько десятків паскалей:  $1 \text{ Па} = 0,1 \text{ кгс/м}^2$ ). Перевага аерації: можливість подачі великих об'ємів повітря (до кількох мільйонів кубічних метрів за годину) без застосування вентиляторів та повітроводів. Система аерації є значно дешевшою, ніж механічні системи вентиляції; вона є потужним засобом для боротьби з надлишками виділення явної теплоти у гарячих цехах.

Поряд з перевагами, аерація має суттєві недоліки: у літній час ефективність аерації може значно знизитися внаслідок підвищення температури зовнішнього повітря; крім того, припливне повітря вводиться до приміщення без попереднього очищення та підігріву, а повітря що видаляється, не очищується від викидів і забруднює зовнішнє повітря, а також не охолоджується.

Принцип розташування аераційних отворів полягає у наступному. Температура повітря всередині цеху внаслідок виділення надлишків явної теплоти є, як правило, вищою за температуру зовнішнього повітря  $t_3$ . Отже, густина зовнішнього повітря  $\rho_3$  більша від густини повітря всередині цеху, що зумовлює наявність різниці тиску зовнішнього та внутрішнього повітря. На певній висоті приміщення, у так званій площині рівних тисків, розташованої приблизно на середині висоти будівлі цеху, ця різниця дорівнює нулю. Нижче рівних тисків існує розрядження, яке зумовлює надходження зовнішнього повітря:

$$\Delta P_1 = h_1 \cdot g (\rho_3 - \rho_{\text{сер.г}}), \quad (1)$$

де  $\rho_{\text{сер.г}}$  – середня густина повітря у приміщенні,  $\text{кг/м}^3$ , відповідає середній температурі повітря у приміщенні  $t_{\text{сер.п}}$ , яка визначається за формулою  $t_{\text{сер.п}} = (t_{\text{р.з}} + t_{\text{вит}}) / 2$ , де  $t_{\text{р.з}}$  і  $t_{\text{вит}}$  – температури повітря у робочій зоні та повітря, що видаляється з приміщення;  $h_1$  – відстань від середини нижніх отворів до площини рівних тисків, м.

Вище площини рівних тисків існує надлишковий тиск, який на рівні центра верхніх отворів становить:

$$\Delta P_2 = h_2 \cdot g(\rho_3 - \rho_{\text{сер.г}}), \quad (2)$$

де  $h_2$  – відстань від площини рівних тисків до центра верхніх отворів, м.

Надлишковий тиск, спрямований назовні з цеху, викликає витяжку повітря.

Загальне значення гравітаційного тиску, під дією якого виникає обмін повітря у приміщенні, дорівнює сумі тисків на рівні нижніх та верхніх отворів:

$$P_{\text{г}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 = h \cdot g(\rho_3 - \rho_{\text{сер.г}}). \quad (3)$$

Тепловий напір та, відповідно, об'єм переміщуваного повітря зростають із збільшенням різниці температури повітря зовні та всередині приміщення і відстані між місцями припливу та витяжки.

Оскільки влітку ця різниця температур, а отже, і тепловий напір, є меншим, ніж взимку, для підтримки необхідного обміну повітря у літній період площа отворів повинна бути збільшена. Влітку треба відчиняти нижній ряд вікон, починаючи з висоти 1 м від підлоги.

Взимку різниця температур повітря збільшується, обмін повітря потрібен менший, тому необхідно зменшувати площу припливних і витяжних отворів та відстань за висотою між ними. Для припливу повітря взимку роблять припливні отвори на висоті 5–6 м від підлоги так, щоб холодне повітря ззовні не потрапляло у зону робочих місць.

Вплив повітря може послабити чи посилити аерацію, яка створюється завдяки тепловому тиску. Відкриття отворів (фрамуг) на підвітряному боці аераційного ліхтаря призводить до задування повітря крізь ліхтар та відкидання у робочу зону забрудненого повітря, що рухається догори. Проте, якщо виключити задування аераційних ліхтарів та, навпаки, забезпечити з них



витяжку повітря, створивши негативний тиск, то вітровий напір може посилити дію теплового напору.

Щоб відмовитися від регулювання дії ліхтарів при частих перемінах напрямку та сили вітру та аби уникнути трудомісткої й небезпечної роботи з підтримки у порядку фрамуг і приладів для керування ними, використовують спеціальні конструкції ліхтарів, які не задуваються вітром. Усунення задування у них досягається або зміною форми ліхтаря, або улаштуванням спеціальних вітрозахисних щитів, які заслоняють витяжні отвори від тиску лобового вітру. В результаті зриву струменя вітру з навітряного боку вітрозахисного щита утворюється розрядження і ліхтар працює на витяг при будь-якому напрямку вітру.

Для того щоб використовувати кінетичну енергію вітру для підсилення витяжки, крім аераційних ліхтарів, установлюють дефлектори різноманітної конструкції. На цей час найбільшого поширення отримав дефлектор ЦАГІ (Центральний аерогідродинамічний інститут) (рис. 2).



Рисунок 2 – Дефлектор ЦАГІ

Дефлектор складається (рис. 3) із дифузора 1 (полегшує вихід повітря), верхню частину якого охоплює циліндрична обичайка 2. Ковпак 3 служить для захисту від потрапляння атмосферних опадів у патрубок 5, а конус 4 – для запобігання задування вітру всередину дефлектора.

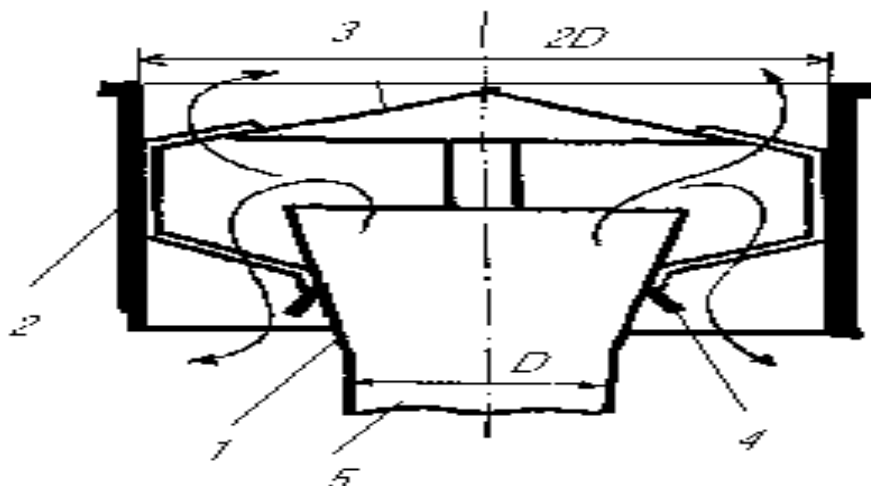


Рисунок 3 – Будова дефлектора ЦАГІ

Вітер, обдуваючи обичайку дефлектора, створює на більшій частині його кола розрідження, внаслідок чого повітря з приміщення рухається по повітроводу та патрубку 5 і потім виходить зовні крізь дві кільцеві щілини між обичайкою 2 та краями ковпака 3 і конуса 4.

Ефективність роботи дефлекторів залежить, головним чином, від швидкості вітру, а також від висоти обладнання їх над дахом. Перед або за високими частинами будинку дефлектори ставити не рекомендується.

## 2. Опис лабораторної установки

Схема лабораторної дефлекторної установки наведена на рис. 4. Установка являє собою фрагмент природного обміну повітря, що створюється аерацією. Природний напір повітря моделюється за допомогою двох вентиляторів.

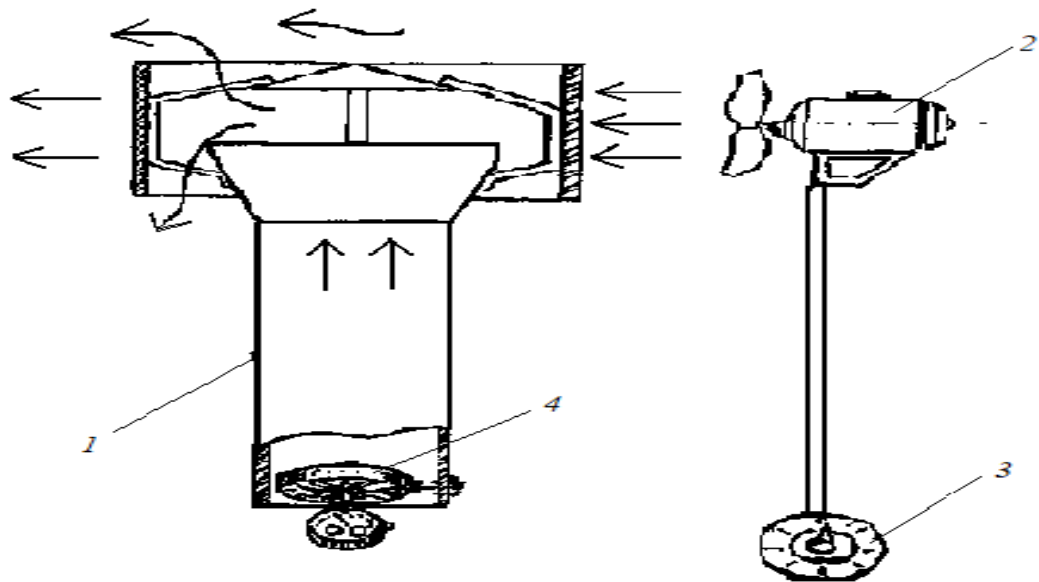


Рисунок 4 – Схема лабораторної установки : 1 – дефлектор ЦАГІ; 2 – осьовий вентилятор; 3 – ЛАТР; 4 – крильчастий анемометр

Дефлектор квадратного перерізу 1 жорстко закріплений на стіні навчальної лабораторії. Для вимірювання швидкості руху повітря в нижній частині дефлектора встановлено крильчастий анемометр 2. При замірах вісь анемометра має бути паралельною до напрямку руху повітряного потоку. Вмикають та вимикають лічильники анемометра аретиром. Швидкість руху повітря визначають за кількістю обертів крильчатки за деякий час. Спонукачем руху повітря є два осьових вентилятора. Вентилятори ( $B_1, B_2$ ) через лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) 4 підключені до електричної мережі (220 В). Електрична схема лабораторної установки аерації показана на рис.5.

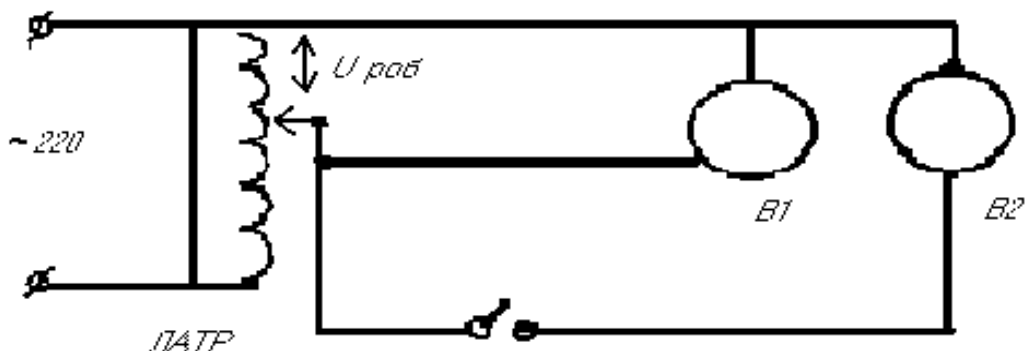


Рисунок 5 – Електрична схема установки

### 3. Порядок виконання роботи

**Завдання:** виконати розрахунок параметрів дефлектора для навчальної лабораторії на дефлекторі ЦАГІ.

#### Заміри:

- 1) визначення концентрації домішок у повітрі робочого приміщення;
- 2) визначення швидкості руху повітря у дефлекторі та аналіз відповідності експериментального дефлектора розрахунковим вимогам.

#### I Частина

1. Визначити експериментально концентрацію  $i$ -х шкідливих речовин у повітрі робочої зони (за вказівкою викладача).
2. Розрахувати потрібний обмін повітря у приміщенні навчальної лабораторії:

$$Q = C_i / (C_{p.z} - C_{пр}), \quad (4)$$

де  $C_i$  – кількість  $i$ -ї шкідливої речовини в установлених для неї одиницях на годину, кг/г;

$C_{p.z}$  – допустима концентрація  $i$ -ї шкідливої речовини у робочій зоні в тих же одиницях на  $1 \text{ м}^3$  повітря (за вказівкою викладача);

$C_{пр}$  – концентрація шкідливої речовини у припливному повітрі на  $1 \text{ м}^3$  (за вказівкою викладача), якщо невідомо, то прийняти з розрахунку  $C_{пр} = 0,1 C_{p.z}$

3. Знайти площу перерізу патрубку дефлектора:

$$f_{\text{деф}} = Q / 3600 \cdot \bar{v}_{\text{деф}}, \quad (5)$$

де  $\bar{v}_{\text{деф}}$  – середня швидкість повітря у дефлекторі (визначається інструментально за вказівкою викладача):

$$\bar{v}_{\text{деф}} = \frac{v_{\text{деф1}} + v_{\text{деф2}} + v_{\text{деф3}}}{3}, \quad (6)$$

де  $v_{\text{деф1}}, v_{\text{деф2}}, v_{\text{деф3}}$  – швидкість повітря за трьома замірами, м/с.

Результати замірів швидкості повітря у дефлекторі занести до таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміни швидкості повітря у дефлекторі  $\bar{v}_{\text{деф}}$

Варіанти вітряного напору	Результати замірів, м/с			$\bar{v}_{\text{деф}}$	$\delta, \%$	Примітки
	$v_{\text{деф1}}$	$v_{\text{деф2}}$	$v_{\text{деф3}}$			
Один вентилятор 50 % $W^*$ 100 % $W^*$						
Два вентилятори 50 % $W^*$ 100 % $W^*$						

$W^*$  – потужність вентилятора (до розрахунків не включати).

Обчислити рівень похибки кожного із замірів  $\delta$  за виразом:

$$\delta = \frac{\bar{v}_{\text{деф}} - \bar{v}_{\text{деф}n} \cdot 100 \%}{\bar{v}_{\text{деф}}}, \quad (7)$$

де  $\bar{v}_{\text{деф}n}$  – відповідно,  $n$  замірів швидкості, м/с.

Похибка  $\delta$  не повинна перевищувати 5 %, якщо  $\delta \leq 5 \%$ , заміри повторити.

4. Визначити сторону патрубку дефлектора  $a_p$ . Засіб розрахунковий.

$$a_p = \sqrt{f_{\text{деф}}} , \quad (8)$$

де  $f_{\text{деф}}$  м (квадратного перерізу), – див. вираз (5).

5. Виконати розрахунок  $a$  після перетворення виразу (8).

$$v_{\text{деф}} = 4,43 \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{деф}} + 0,4P_{\text{д}}}{Y_{\text{деф}} (\xi + \lambda L / D + 1,2)}} , \quad (9)$$

де  $P_{\text{деф}}$  – тепловий напір (приймаємо дорівнюватиме нулю) кг/м<sup>2</sup>;

$P_{\text{д}} = V^2 \cdot Y / 2d$  – швидкісний вітровий напір, кг/м<sup>2</sup>;

$D$  – діаметр дефлектора, м; (або еквівалентний розмір,  $a$  – сторона квадратного перерізу);

$\xi$  – коефіцієнт місцевого опору (вхід 0,5);

$Y_{\text{деф}}$  – питома вага повітря, що видаляється;

$Y \cong Y_{\text{деф}} \cong 1,29$  г/л;

$\lambda$  – коефіцієнт опору тертю (для заліза  $\lambda = 0,02$ );

$L$  – довжина патрубку, м (1,6 м).

Приймаємо, що  $P_{\text{деф}} = 0$ , перетворюємо вираз (8) відносно  $a$ :

$$a_3 = 9,8 \cdot 10^{-3} + 0,39 \sqrt{5,29 \cdot 10^{-4} \cdot v_{\text{деф}}^2 + 0,42 \cdot v_{\text{п}}^2} , \quad (10)$$

Результати замірів та розрахунків за пп.4–5 занести до табл. 2.

Таблиця 2 – Результати замірів та розрахунків за пп.4–5

Варіанти	$a$ заміряне	$a_p$ дефлектора	Висновки (відповідність)
1			
2			
3			
4			
5			

### II Частина

Визначити залежність поперечного перерізу дефлектора (або сторони  $a$  квадратного перерізу) від швидкості вітрового напору  $P_d$ , використовуючи вирази (8) та (9 і 10), для чого заповнити табл. 3 та побудувати графік залежності у координатах, яка показано на рис. 5.



Рисунок 5 – Залежність поперечного перерізу дефлектора (або сторони  $a$  квадратного перерізу) від швидкості вітрового напору

Таблиця 3 – Результати замірів до частини II

Номер позиції на ЛАТР	Швидкісний вітровий напір $P_d$ , кг/м <sup>2</sup>	Розрахункове значення $a_3$ , м	Примітки
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### 3. Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Схема лабораторної установки дефлектора ЦАГІ.
3. Таблиці результатів вимірювань та розрахунків.
4. Аналіз результатів та висновки.

### Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняття “робоча зона”.
2. У чому полягає сутність вентиляції, яким чином вона досягається?
3. Що являє собою площина рівних тисків?
4. У чому полягає сутність природної вентиляції?
5. Чим досягається аерація?
6. Назвіть перевагу та недоліки аерації.
7. Розкажіть про дефлектор, його улаштування та принцип дії.



## Джерела інформації

1. ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Москва: Изд-во стандартов. – 70 с.
2. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000 . – 15 с.
3. Лабораторний практикум з курсу “Основи охорони праці” / В. В. Березуцький, Т. С. Бондаренко, Л. А. Васьковець та ін.; за ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків: Факт, 2005. – 348 с.
4. Основи професійної безпеки та здоров'я людини : підручник / В. В. Березуцький [та ін.] ; за ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2018. – 553 с.

## ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	4
2. Опис лабораторної установки.....	12
2.1. I Частина.....	12
2.2. II Частина .....	15
3. Зміст звіту.....	16
4. Контрольні запитання.....	16
Список джерел інформації.....	17

Навчальне видання

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи «Дослідження роботи дефлектора ЦАГІ» з дисципліни «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» для студентів денної форми навчання усіх спеціальностей

Укладачі : БЕРЕЗУЦЬКИЙ Вячеслав Володимирович

МАКСИМЕНКО Олена Аркадіївна

Роботу до видання рекомендувала проф. В.Ф. Райко

Відповідальний за випуск проф. В. В. Березуцький

Редактор О.І. Шпільова

План 2021 р, поз. 27

Підп. до друку 23.04 .2021. Формат 60x84 1/12. Папір офсет.

Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,1.

Тираж 300 прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---

**Видавець**