

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



**ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
З КУРСУ
«ПРОМИСЛОВА ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ»**

(для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека»)

Дніпро-2020

Шайхлісламова І.А.

Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з курсу «Промислова вентиляція та кондиціонування повітря», для студентів спеціальності 263 Цивільна безпека/ І.А. Шайхлісламова, О.А. Муха, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. ОПтаЦБ – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 24 с.

Укладачі:

І.А. Шайхлісламова, канд.техн. наук, доц.

О.А. Муха, канд.техн. наук, доц.

Затверджено до видання редакційною радою НТУ «ДП» (протокол №4 від 07.04.2019) за поданням методичної комісії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» (протокол №2 від 21.03.2019).

Методичні матеріали призначено до самостійної роботи студентів за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» під час виконання курсового проекту з курсу промислової вентиляції та кондиціонування повітря.

Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів денної та заочної форми навчання.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки, д-р техн. наук, проф. В.І. Голінько.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
1.1. Мета та завдання курсового проекту	4
1.2. Тематика.....	4
1.3. Форма проведення занять	4
1.4. Матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення.....	5
1.5. Загальні вимоги до оформлення курсового проекту	5
1.6. Визначення основних термінів та понять.....	7
2. ПРОГРАМА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	7
2.1. Вимоги до організації вентиляції виробничих приміщень	7
2.2. Розрахунок системи місцевої витяжної вентиляції	8
2.3. Визначення геометричних параметрів циклону ЦН-15.....	17
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	20
Додаток А. Обсяги повітря що відсмоктується від обладнання	21
Додаток Б. Номограма для визначення параметрів повітропроводів	22
Додаток В. Коефіцієнти місцевих опорів.....	23

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Мета та завдання курсового проекту

Мета курсового проекту – набути систематизованих професійних компетенцій і практичних навиків з розрахунку місцевої витяжної вентиляційної системи виробничого приміщення, познайомитися з різними витяжними системами (відсмоктувачами), обладнаними конструкціями для очищення повітря перед викидом у навколишнє середовище.

Курсовий проект є складовою навчального плану підготовки фахівців, що навчаються за спеціальністю 263 Цивільна безпека.

У результаті виконання курсового проекту у студентів мають сформуватися такі вміння та навички:

- враховувати вимоги до системи вентиляції та схем провітрювання у виробничих приміщеннях;
- розробляти заходи щодо очищення повітря у виробничому приміщенні;
- знати методи і порядок розрахунку системи місцевої витяжної вентиляції;
- обґрунтовувати види та місця розташування вентиляційного обладнання;
- визначати розрахункові параметри системи вентиляції під час виробничого процесу;
- уміти вибрати вентилятор для забезпечення необхідної продуктивності вентиляційної мережі;
- визначати режим роботи вентиляторної установки;
- уміти розрахувати геометричні параметри циклону;
- уміти користатися довідковими і нормативними даними при розрахунку.

1.2. Тематика

Тематика курсового проекту має відповідати робочим програмам дисциплін «Промислова вентиляція та кондиціонування повітря», «Система очищення повітря від шкідливих речовин», «Аерологія гірничих і промислових підприємств».

1.3. Форма проведення занять

Курсовий проект студенти виконують самостійно в навчальних аудиторіях чи спеціально обладнаних приміщеннях.

Заняття з викладачем проходять у формі консультацій. Тривалість консультації – не менше двох академічних годин на тиждень.

Склад завдань на курсовий проект планується за умови можливості виконання більшістю студентів.

Відповідальність за організацію курсового проектування, створення відповідних умов, методичне та інформаційне забезпечення несе кафедра.

Студент під час виконання курсового проекту повинен:

- ознайомитися з методичними рекомендаціями до виконання курсового проекту;
- обов'язково відвідувати консультації;
- знати та виконувати вимоги до охорони праці;
- самостійно і своєчасно виконати курсовий проект і подати його на перевірку викладачеві за тиждень до початку контрольних заходів;
- захистити курсовий проект і отримати оцінку в терміни, передбачені графіком навчального процесу.

Викладач повинен:

- видати індивідуальні завдання на курсовий проект;
- скласти графік консультацій та забезпечити його дотримання;
- керувати ходом виконання курсових проектів студентами;
- оцінити навчальну діяльність студента щодо набутих вмінь та навичок з проблематики курсового проекту.

Завідувач кафедри повинен:

- організувати матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення виконання курсового проекту;
- контролювати виконання графіка консультацій викладачів кафедри;
- вирішувати спірні питання між викладачем та студентом.

1.4. Матеріально-технічне, методичне та інформаційне забезпечення

Основний критерій готовності кафедри до ведення курсового проектування – забезпеченість робочих місць студентів сучасними технічними засобами навчання, відповідним обладнанням для виконання розрахункових, графічних, графічно-розрахункових обґрунтувань та дотримання вимог до охорони праці. Інформаційне забезпечення має відповідати переліку рекомендованої літератури, що надається в методичних рекомендаціях.

1.5. Загальні вимоги до оформлення курсового проекту

Проект складається з пояснювальної записки. Вихідні данні для виконання проекту наведені у таблицях 1.1, 1.2 та довідковій літературі. Варіант вибирається відповідно до номеру за списком групи.

Пояснювальна записка послідовно містить у собі титульний аркуш, зміст, розділи відповідно до наведеної нижче програми і список використаної літератури.

Рукопис пояснювальної записки оформляється на стандартних аркушах формату А4. Розміри полів на аркушах з усіх боків – 20 мм. Сторінки нумерують зверху посередині.

Розділи, підрозділи і пункти нумерують арабськими цифрами. Формули, таблиці та рисунки нумерують. Рисунки повинні мати підпис до рисунку, а таблиці – назви. Обов'язкова розшифровка символів, що входять до формул, і посилання на джерела інформації.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо технологічного обладнання відповідно до варіанту

Варіант	Технологічне обладнання					
	№1			№2		
	Тип (табл.А.1)	Кількість	Параметр	Тип (табл.А.1)	Кількість	Параметр
1	1	2	1500 м ³ /год	8	1	4 м ²
2	1	2	1800 м ³ /год	9	1	5 м
3	1	2	2500 м ³ /год	10	1	10 м ²
4	2	2	1,4 м ² ; 1,5 м/с	11	1	
5	3	2	2 м ²	12	1	4 круги
6	4	1	3 м ²	8	2	6 м ²
7	5	1		9	2	8 м
8	6	1		11	2	
9	2	1	2,6 м ² ; 1,6 м/с	7 (зонт)	2	
10	3	1	4 м ²	7 (кільцевий відсмоктувач)	2	

Таблиця 1.2 – Інформація щодо довжини та швидкості повітря на ділянці відповідно до варіанту

Варіант	Довжина ділянки, м				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
1	3	3	11	6	30
2	4	4	10	7	35
3	5	5	9	8	40
4	6	6	8	9	45
5	7	7	7	10	50
6	12	8	8	2	55
7	14	7	7	3	60
8	16	6	6	4	65
9	18	5	5	5	70
10	20	4	4	6	75
	Швидкість, м/с				
1-10	5	5	10	8	10

1.6. Визначення основних термінів та понять

Вентиляція – створення обміну повітря в приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних умов повітряного середовища [10].

Кліматизація, клімат-контроль або кондиціонування повітря – створення і підтримка параметрів повітряного середовища (температури, відносної вологості, складу, швидкості руху і тиску повітря), найсприятливіших для роботи персоналу, обладнання і приладів.

Повітророзподільний пристрій (ПР) – кінцевий елемент системи вентиляції або кондиціонування, призначений для випуску або відведення в приміщення що обслуговується необхідної кількості повітря [8].

Повітряновитяжний пристрій – пристрій для відводу із приміщення заданої кількості повітря [8].

Примітка - ПР може застосовуватися в системах вентиляції і кондиціонування повітря в якості витяжного.

2. ПРОГРАМА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

2.1. Вимоги до організації вентиляції виробничих приміщень

Для забезпечення умов праці, що відповідають санітарно-гігієнічних вимог згідно ДСН 3.3.6.042-99 [1] і ГОСТ 12.1.005-88 [2], в ливарних цехах повинна бути передбачена припливно-витяжна вентиляція з термовентиляційними установками. Вентиляційна система повинна включати агрегати кондиціонування повітря, що подається в цех, і витяжні системи, обладнані конструкціями для очищення повітря перед викидом у навколишнє середовище. Також в ливарних цехах крім загальної витяжної вентиляції повинна бути передбачена компенсуюча подача свіжого повітря, яка виключає неорганізовані потоки повітря в цеху і супутні їм протягами з переміщенням пилу та інших шкідливих речовин. Наприклад, в плавильному відділенні чавуноливарного цеху кількість повітрообмінів в годину має становити від 17 (взимку) і до 34 (влітку), у формувальному і стержневому відділеннях - 11 ... 13, а в термообрубному відділенні - 8. Загальні вимоги та конкретні рекомендації з організації повітрообміну в ливарних цехах викладено в роботі [3].

Для зменшення поширення в повітрі робочої зони шкідливих речовин в ливарних цехах повинно бути організовано інтенсивне видалення запиленого і загазованого повітря від машин і апаратів, робота яких супроводжується інтенсивним пило- та газовиділенням. До механічного обладнання, яке характеризується великим виділенням пилу, в ливарних цехах відносять сумішоприготувальні машини; конвеєри; агрегати, переробні та транспортуючі відпрацьовану суху формувальну або стрижневу суміш; дробарки, млини для вугілля і глини; агрегати для очищення виливків. Від

плавильних, сушильних і випалювальних печей, а також від заливальних майданчиків і охолоджувальних кожухів ливарних конвеєрів повинно бути передбачено видалення газів для запобігання поширенню їх в приміщенні. Так, наприклад, в землетеплопідготовчому відділенні повітря видаляють від місць пересипання на конвеєрах, від дробарок, бункерів для піску і горілої землі, елеваторів, бігунів, полігональних сит, плужкових скидачів, кульових млинів, а також з верхньої зони приміщення. Повітря, яке видаляється від місцевих відсмоктувачів, перед викидом в атмосферу проходить суху або мокру очистку.

У стержневому відділенні повітря видаляють від верстатів для зачистки і шліфування стрижнів, пульверизаційному камер забарвлення, сушильних камер, автоматичних верстатів для виготовлення полуформ, верстатів і робочих столів для склеювання полуформ.

Повітря з відділення для заливки металу видаляють через місцеві відсмоктувачі від стендів для просушування ковшів, пристроїв для розливання металу, місць заливки металу в форми, від охолоджувальних конвеєрів і з верхньої зони приміщення.

У відділенні для вибивання форм і стрижнів повітря видаляється через місцеві відсмоктувачі від решіток для вибивання форм, верстатів для вибивання стрижнів, від місць пересипання горілої землі з конвеєра на конвеєр, бункерів горілої землі, піску, сухої глини, від ковшових елеваторів, магнітних сепараторів, барабанних сит і з верхньої зони приміщення.

З відділення обрубки і очистки литва повітря видаляється через місцеві відсмоктувачі від обрубувальних столів, очисних барабанів, гідропіскоструминної, дробильноструменевих і дробометних камер, точно-обдирних і наждакових верстатів і з верхньої зони приміщення. Запилене повітря від очисних барабанів дробарноструменевих і дробометних камер перед викиданням в атмосферу підлягає одноступінчастої очищенню в рукавних фільтрах. Запилене повітря від іншого обладнання проходить двоступеневу очистку - сухим (циклони) і мокрим (скрубери) способами.

2.2. Розрахунок системи місцевої витяжної вентиляції

Місцева витяжна вентиляція є найбільш ефективним способом вентиляції виробничих приміщень, пов'язаних із значним виділенням шкідливих речовин, її розрахунок може здійснюватися за такою методикою.

1. Визначають конструкцію місцевого відсмоктування, виходячи із специфіки технологічного процесу і пристрою виробничого обладнання. Найчастіше в ливарних цехах застосовуються відсмоктують парасолі і кожухи. Для вибору конструкції відсмоктування можна використовувати дані, наведені в таблиці А.1 (додаток А).

2. Визначають кількість повітря, яке потрібно видаляти від кожного місцевого відсмоктування. Ця величина може бути взята з довідкових даних, обсяги повітря що відсмоктується для деякого обладнання наведені в таблиці А.1 (додаток А).

Якщо відома площа отвору F , м^2 , через який видаляється повітря, обсяг повітря, що відсмоктується L , $\text{м}^3/\text{год}$, може бути визначений за формулою

$$L = 3600 \cdot F \cdot v, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.1)$$

де v - швидкість руху повітря в прорізі, м/с .

Щоб повітря що відсмоктується могло захоплювати за собою частинки пилу, швидкість його при вході в відсмоктує пристрій повинна бути не менше швидкості витання для даних відсмоктуються частинок. Зазвичай її приймають 5-12 м/с . Для відсмоктування газів, наприклад, від печей, охолоджувальних кожухів ливарних конвеєрів і т.п. швидкість повітря в отворі зонта приймається рівною 1-1,5 м/с .

3. Виходячи з розміщення в цеху джерел пило-, газовиділення, визначають структуру і просторове розташування вентиляційної мережі з поділом її на окремі ділянки і визначенням довжини цих ділянок. Відповідно до цього виконується схема вентиляційної мережі. На схемі вказують елементи, що входять до складу вентиляційної мережі, номери ділянок мережі.

4. Призначають швидкості руху повітря, v , м/с , в повітроводах на всіх ділянках вентиляційної мережі. При переміщенні повітря, що не містить твердих частинок (пилу), його швидкість в повітроводі може бути призначена в межах **6 ... 12 м/с**. Швидкість руху повітря в трубопроводах пиловідсмоктуючих установок повинна знаходитися в межах **15 ... 20 м/с**. На кінцевих ділянках трубопроводів значення швидкості приймають близькими до мінімальних з подальшим збільшенням на **0,5 ... 1,5 м/с**.

5. Визначають діаметри повітроводів, d , мм , на всіх ділянках за формулою

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{L}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4L}{\pi \cdot v \cdot 3600}}, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де L - витрата повітря на відповідній ділянці, $\text{м}^3/\text{год}$;

v - швидкість руху повітря, м/с .

Однак при цьому виходять діаметри довільного розміру, які, як правило, не відповідають прийнятим по ГОСТу. Тому для подальших розрахунків приймається найближчий діаметр з наявних стандартних. Для такого вибору можна користуватися номограмою (рис. Б.1, дод. Б), на якій позначені всі діаметри, прийняті по ГОСТу (**$d_{\min} = 100 \text{ мм}$, $d_{\max} = 1120 \text{ мм}$**).

6. З урахуванням результатів підбору діаметрів повітропроводів здійснюють перерахунок швидкості руху повітря на ділянках вентиляційної мережі за формулою

$$v^{\Phi} = \frac{L}{900 \cdot d^2 \cdot \pi}, \text{ м/с} \quad (2.3)$$

де L - обсяг повітря, що переміщується по даній ділянці вентиляційної

мережі за одиницю часу, м³/год;
d - діаметр повітровода, м.

7. Визначають втрати тиску у вентиляційній мережі. Сумарні втрати тиску ΣH , Па, на ділянці повітровода визначають за формулою

$$\Sigma H = H_{\text{тр}} + Z_{\text{м}}, \text{ Па} \quad (2.4)$$

де $H_{\text{тр}}$ - втрати тиску на тертя, Па;
 $Z_{\text{м}}$ - втрати тиску на місцеві опори, Па.

Величина $H_{\text{тр}}$ може бути знайдена із співвідношення

$$H_{\text{тр}} = R \cdot l, \text{ Па} \quad (2.5)$$

де R - втрати тиску на тертя на один погонний метр повітроводу, Па/м;
 l - довжина ділянки повітровода, м.

Величину R для круглих труб можна визначити за номограмою (Рис. Б.1, дод. Б), наприклад, якщо ми маємо діаметр труби $d = 160$ мм, а швидкість руху повітря $v = 14$ м/с, то $R \approx 15,5$ Па.

Зазначеною номограмою можна також користуватися і для визначення інших наближених параметрів вентиляційної мережі. Так, наприклад, з номограми можна знайти, що для розглянутого випадку ($d = 160$ мм, $v = 14$ м/с) витрата повітря по повітроводу складе 1000 м³/год. Можливо розв'язання і оберненої задачі, наприклад, при відомій витраті повітря і швидкості руху повітря можна визначити діаметр повітровода. Так з номограми видно, що при витраті повітря 2000 м³/год і швидкості повітря $v = 18$ м/с діаметр повітровода повинен бути 200 мм.

Величина місцевих опорів $Z_{\text{м}}$, Па, може бути визначена за формулою

$$Z_{\text{м}} = \sum \varepsilon_{\text{м}} \cdot \rho \frac{v^{\phi^2}}{2}, \text{ Па} \quad (2.6)$$

де $\xi_{\text{м}}$ - коефіцієнт місцевого опору, який визначається за довідковими даними;

v^{ϕ} - швидкість руху повітря, м/с;

ρ - густина повітря, кг/м³, для розрахунків можна прийняти значення 1,2 кг/м³.

Значення деяких місцевих опорів вентиляційної мережі наведені в додатку В.

8. Знаючи загальну витрату повітря вентиляційної мережі ΣL , м³/год і втрати тиску в мережі ΣH , Па, по графічним характеристикам [5, 6] обирають вентилятор і розраховують потужність електродвигуна вентилятора, N , кВт,

за формулою

$$N = \frac{\Sigma L \cdot \Sigma H \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot \eta_v}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де ΣL - загальна витрата повітря вентиляційної мережі, м³/год;

ΣH - сумарні втрати тиску у вентиляційній мережі, Па;

η_v - ККД вентилятора, знаходиться за графічними характеристиками [6]

Приклад. Розрахувати вентиляційну систему місцевих витяжних відсмоктувачів для ділянки ливарного цеху, на якому розташовані такі види обладнання: Вибивні грати площею 1,3 м², дві електродугові печі, крім того, повітря що видаляється піддається сухому очищенню в пиловловлюючому пристрої - циклоні ЦН-15.

Розв'язання

1. Вибираємо конструкцію місцевого відсмоктування для джерел пиловиділення (табл. А.1, дод. А):

а) Вибивні грати. Приймаємо конструкцію місцевого відсмоктування у вигляді суцільного кожуха з бічними завантажувальними дверима.

б) Електродугові печі. Приймаємо конструкцію місцевого відсмоктування в вигляді зонта.

2. Визначаємо кількість повітря, яке видаляється від кожного місцевого відсмоктування, з урахуванням конструкції відсмоктування (табл. А.1, дод. А):

а) Вибивні грати. Відповідно до табл. 1 і з урахуванням площі вибивної ґратки кількість повітря, що видаляється складе, L , м³/год:

$$L = 1,3 \cdot 15000 = 19500$$

б) Електродугові печі. Відповідно до таблиці А.1 додатка А кількість повітря, що видаляється від кожної печі складе 20000 м³/год, для двох печей обсяг видаляемого складе, L , м³/год:

$$L = 20000 \cdot 2 = 40000$$

3. Визначаємо структуру вентиляційної мережі і кількість повітря, що проходить по кожній ділянці вентиляційної мережі.

Схема вентиляційної мережі представлена на рис. 2.1

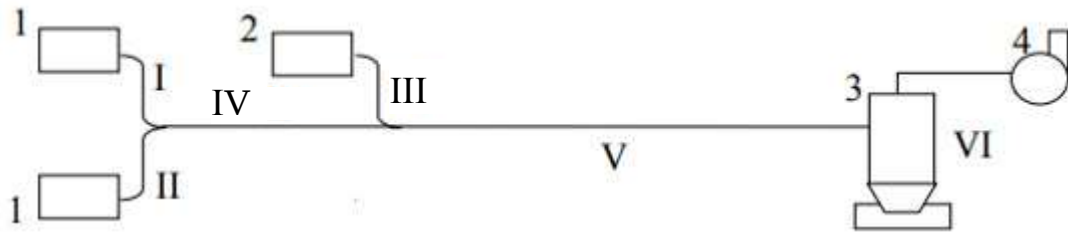


Рисунок 2.1 – Схема вентиляційної мережі

1 – витяжний зонт; 2 – укриття вибивної решітки; 3 – циклон ЦН-15;
4 – відцентрований вентилятор;
I, II, III, IV, V, VI – ділянки вентиляційної мережі

Кількість повітря на ділянці, де відбувається злиття вентиляційних потоків, визначається простим підсумовуванням. Так на ділянках I і II проходить по 20 000 м³/год, на ділянці IV протікає 40 000 м³/год, на ділянці V до цієї кількості додається повітря від укриття вибивної ґратки, таким чином, на ділянці V обсяг повітря що проходить становить, L_V, м³/год:

$$L_V = 40000 + 19500 = 59500 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість повітря на ділянках мережі, м³/год, і довжини ділянок, м, наведені в таблиці 2.1.

4. Призначаємо швидкість руху повітря на всіх ділянках вентиляційної мережі. На паралельних ділянках I, II, III приймаємо швидкість рівну 13 м/с. На ділянці IV приймаємо швидкість 13,5 м/с, на ділянці V приймаємо швидкість 14 м/с.

Таблиця 2.1 – Кількість повітря L, м³/год і довжина ділянок l, м

№ ділянки	I	II	IV	III	V	VI
Параметр						
L, м ³ /год	20000	20000	19500	40000	59500	59500
l, м	8	8	5	9	50	-

5. Визначаємо діаметр повітроводів, d, м, на всіх ділянках вентиляційної мережі за формулою 2.2

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{L}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4L}{\pi \cdot v \cdot 3600}}, \text{ м}$$

Тоді

$$d_I = d_{II} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20000}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,74, \text{ м}$$

$$d_{III} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19500}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,73, \text{ м}$$

$$d_{IV} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40000}{3,14 \cdot 13,5 \cdot 3600}} = 1,02, \text{ м}$$

$$d_V = \sqrt{\frac{4 \cdot 59500}{3,14 \cdot 14 \cdot 3600}} = 1,23, \text{ м}$$

6 Приймаємо стандартні діаметри повітроводів, виходячи з номограми (рис. Б.1, дод. Б): $d_I = d_{II} = 710 \text{ мм}$, $d_{III} = 710 \text{ мм}$, $d_{IV} = 1000 \text{ мм}$, $d_V = 1120 \text{ мм}$.

7 Визначаємо швидкість руху повітря, v , м/с, по ділянках вентиляційної мережі з урахуванням стандартизованих діаметрів повітропроводів за формулою 2.3

$$v^\Phi = \frac{L}{900 \cdot d^2 \cdot \pi}, \text{ м/с}$$

$$v_{I,II}^\Phi = \frac{20000}{900 \cdot 0,71^2 \cdot 3,14} = 14,0 \text{ м/с}$$

$$v_{III}^\Phi = \frac{19500}{900 \cdot 0,71^2 \cdot 3,14} = 13,7 \text{ м/с}$$

$$v_{IV}^\Phi = \frac{40000}{900 \cdot 1,0^2 \cdot 3,14} = 14,1 \text{ м/с}$$

$$v_V^\Phi = \frac{59500}{900 \cdot 1,12^2 \cdot 3,14} = 16,8 \text{ м/с}$$

Розрахункові значення швидкості повітря на послідовних ділянках вентиляційної мережі повинні зростати, починаючи з кінцевої ділянки мережі, тобто

$$v_I^\Phi < v_{III}^\Phi < v_V^\Phi$$

8 Визначаємо втрати тиску у вентиляційній мережі. Розрахунок проводимо послідовно для всіх ділянок вентиляційної мережі, починаючи з найбільш віддаленого.

Ділянки I, II

1) Питомі лінійні втрати тиску, R , Па/м, знаходимо по номограмі (рис. Б.1, дод. Б). Для $L_{I,II} = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$, $v_{I,II} = 14 \text{ м/с}$, $R_{I,II} = 2,4 \text{ Па/м}$, тоді при довжині ділянки $l_{I,II} = 8 \text{ м}$ втрати тиску, $H_{тр}$, складуть, Па:

$$H_{тр} = R \cdot l = 2,4 \cdot 8 = 19,2 \text{ Па}$$

2) Місцеві опори на ділянці:

а) витяжний зонт. Коефіцієнт місцевого опору приймаємо рівним $\xi = 0,5$

(табл. В.1, дод. В);

б) відведення від зонта з кутом повороту $\alpha = 90^\circ$ і ставленням $R/b = 2$. Для такого відводу (табл. В.2, дод. В) $a = 1,0$; $\kappa = 0,2$; коефіцієнт місцевого опору складе:

$$\xi = 0,73 \cdot a \cdot \kappa = 0,73 \cdot 1,0 \cdot 0,2 = 0,15$$

в) відведення до трійника з $R/b = 2$ і кутом повороту $\alpha = 45^\circ$. З таблиці В.2 додатка В знаходимо: $a = 0,61$; $\kappa = 0,2$; коефіцієнт опору складе:

$$\xi = 0,73 \cdot 0,61 \cdot 0,2 = 0,09$$

г) відгалуження симетричного трійника. При $\beta = 45^\circ$ і $L_o/L_{об} = 0,5$, знаходимо $\xi = 0,55$.

3) Сумарний коефіцієнт місцевого опору для ділянок I, II складе:

$$\sum \xi_{I,II} = 0,5 + 0,15 + 0,09 + 0,55 = 1,29$$

4) Сумарна величина місцевих втрат, $Z_{I,II}$, Па, складе:

$$Z_{I,II} = \sum \xi_{I,II} \cdot \rho \frac{v^2}{2} = \frac{1,29 \cdot 1,2 \cdot 14^2}{2} = 151,7 \text{ Па}$$

5) Повна втрата тиску, $\sum H_{I,II}$, Па, на ділянках I, II складе:

$$\sum H_{I,II} = H_{тр} + Z = 19,2 + 151,7 = 170,9 \text{ Па}$$

Ця величина втрат тиску визначає розмір необхідного розрідження у вихідному перерізі трійника і одночасно величину перепаду тисків для переміщення повітря через паралельно приєднану до ділянки I ділянку II.

Ділянка III

1) Питомі лінійні втрати. Для ділянки III $L_{III} = 19500 \text{ м}^3/\text{год}$, $v_{III} = 13,7 \text{ м/с}$, $R = 2,6 \text{ Па/м}$. Тоді при довжині ділянки 5 м лінійні втрати, $H_{тр}$, складуть, Па:

$$H_{тр} = R_{III} l_{III} = 2,6 \cdot 5 = 13,0 \text{ Па}$$

2) Місцеві опори на ділянці

а) укриття вибивної ґратки. Приймаємо коефіцієнт місцевого опору рівним $\xi = 1,2$;

б) відведення з кутом повороту $\alpha = 90^\circ$ і ставленням $R/b = 2,0$ і відведення з таким же значенням R/b з кутом $\alpha = 45^\circ$. Значення місцевих опорів для таких відводів були визначені вище при розрахунку опорів на ділянці I. Коефіцієнти місцевих опорів цих відводів рівні відповідно 0,15 і 0,09;

в) відгалуження несиметричного трійника. Для трійника з співвідношеннями

$$d_n : d_o = d_{IV} : d_{III} = 1000 : 710 = 1,41 \text{ м}$$

$$v_o^\Phi : v_n^\Phi = v_{III}^\Phi : v_{IV}^\Phi = 13,7 : 14,1 = 0,97 \text{ м/с}$$

при куті приєднання $\alpha = 45^\circ$ (табл. В.2, прилож. В) знаходимо $\xi_o \approx 0,02$.

3) Сумарний коефіцієнт місцевих втрат на ділянці III складе:

$$\sum \xi_{III} = 1,2 + 0,15 + 0,09 + 0,02 = 1,46$$

4) Сумарна величина місцевих втрат, Z_{III} , Па, складе:

$$Z_{III} = \sum \xi_{III} \cdot \rho \frac{v^\Phi{}^2}{2} = \frac{1,46 \cdot 1,2 \cdot 13,7^2}{2} = 164,4 \text{ Па}$$

5) Повна втрата тиску, ΣH_{III} , Па, на ділянці IV матиме значення:

$$\Sigma H_{III} = H_{тр} + Z_{III} = 13 + 164,4 = 177,4 \text{ Па}$$

Ділянка IV

1) Питомі лінійні втрати тиску, Па/м, знаходимо по номограмі (рис. Б.1, дод. Б). Для ділянки IV $L_{IV} = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$, $v_{IV} = 14,1 \text{ м/с}$, $R_{IV} = 1,7 \text{ Па/м}$, тоді при довжині ділянки 9 м втрати тиску, $H_{тр}$, складуть, Па:

$$H_{тр} = R_{IV} l_{IV} = 1,7 \cdot 9 = 15,3 \text{ Па}$$

2) Єдиним місцевим опір на ділянці IV є опір проходу в прямому відгалуженні трійника, який слугує для приєднання відгалуження IV

$$d_n : d_o = d_{IV} : d_{III} = 1000 : 710 = 1,41 \text{ мм}$$

$$v_o^\Phi : v_n^\Phi = v_{III}^\Phi : v_{IV}^\Phi = 13,7 : 14,1 = 0,97 \text{ м/с}$$

при куті приєднання $\alpha = 45^\circ$ (табл. В.2, дод. В) знаходимо $\xi_n \approx 0,32$.

3) Сумарна величина місцевих втрат, Z_{IV} , Па, складе:

$$Z_{IV} = \sum \xi_{IV} \cdot \rho \frac{v^\Phi{}^2}{2} = \frac{0,32 \cdot 1,2 \cdot 14,1^2}{2} = 38,2 \text{ Па}$$

4) Повна втрата тиску, ΣH_{IV} , Па, на ділянці IV матиме значення:

$$\Sigma H_{IV} = H_{тр} + Z_{IV} = 15,3 + 38,2 = 53,5 \text{ Па}$$

Ділянка V

1) Питомі лінійні втрати. Для ділянки V $L_V = 59500 \text{ м}^3/\text{год}$, $v_V = 16,8 \text{ м/с}$, $R = 2,1 \text{ Па/м}$. Тоді при довжині ділянки 50 м лінійні втрати, $H_{\text{тр}}$, складуть, Па

$$H_{\text{тр}} = R \cdot l_V = 2,1 \cdot 50 = 105 \text{ Па}$$

2) Місцеві опори на ділянці

Єдиним місцевим опором на ділянці V є опір входу в циклон, коефіцієнт якого становить $\xi_{\text{ц}} = 0,2$.

3) Сумарна величина місцевих втрат, Z_V , Па, складе:

$$Z_V = \sum \xi_V \cdot \rho \frac{v^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 1,2 \cdot 16,8^2}{2} = 33,9 \text{ Па}$$

4) Повна втрата тиску, ΣH_V , Па, на ділянці V матиме значення

$$\Sigma H_V = H_{\text{тр}} + Z_V = 105 + 33,9 = 138,9 \text{ Па}$$

Ділянка VI

1) Місцеве опір. Коефіцієнт місцевого опору циклону приймаємо рівним $\xi_{\text{ц}} = 4$;

2) Сумарна величина місцевих втрат, Z_{VI} , Па, складе:

$$Z_{VI} = \sum \xi_{VI} \cdot \rho \frac{v^2}{2} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 16,8^2}{2} = 677,4 \text{ Па}$$

4) Повна втрата тиску на ділянці VI також матиме значення 677,4 Па.

Всі дані розрахунків по кожній ділянці вентиляційної мережі зведені в таблицю 2.2.

9 Для вибору типу вентилятора необхідно визначити сумарні втрати тиску ΣH , Па, у вентиляційній мережі. При цьому втрати тиску в паралельних ділянках не враховуються. Для даної вентиляційної мережі необхідно підсумувати втрати тиску на ділянках I, III, V, VI. Ділянки II, IV є паралельними, тому втрати тиску на цих ділянках не враховуються. Тоді

$$\Sigma H = 170,9 + 53,5 + 138,9 + 677,4 = 1040,7 \text{ Па}$$

Необхідна витрата повітря складе $59500 \text{ м}^3/\text{год}$. Виходячи з цих параметрів вентиляційної мережі, вибираємо вентилятор типу Ц 4-70 № 16 [5].

10 Визначаємо потужність електродвигуна (ККД вентилятора приймаємо $\eta_v = 0,7$)

$$N = \frac{\Sigma L \cdot \Sigma H \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot \eta_v} = \frac{59500 \cdot 1040,7 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,7} = 24,57 \text{ кВт}$$

Висновок: для забезпечення необхідної продуктивності вентиляційної мережі обираємо вентилятор Ц 4-70 №16 з електродвигуном А 02-72-4 потужністю 30 кВт, числом обертів в хвилину 1460.

Таблиця 2.2 - Результати розрахунків параметрів вентиляційної мережі

Номер ділянки	Витрата повітря, м ³ /год	Діаметр труби, мм	Фактична швидкість v^{Φ} , м/с	Довжина ділянки, м	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl + Z, Па
I	20000	710	14,0	8	2,4	19,2	1,29	151,7	170,9
II	20000	710	14,0	8	2,4	19,2	1,29	151,7	170,9
III	19500	710	13,7	5	2,6	13,0	1,46	164,4	177,4
IV	40000	1000	14,1	9	1,7	15,3	0,32	38,2	53,5
V	59500	1120	16,8	50	2,1	105	0,2	33,9	138,9
VI	59500	-	16,8	-	-	-	4	677,4	677,4

2.3. Визначення геометричних параметрів циклону ЦН-15

Геометричні параметри циклону, який використовується для очищення повітряного потоку від пилу, визначають в частках внутрішнього діаметру циклону $D_{\text{ц}}$. За допомогою таблиці

Діаметр циклону розраховують за формулою

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{V_{\text{в}}}{0,785 \cdot 3600 \cdot \omega_{\text{ц}}}}, \quad (2.8)$$

де $D_{\text{ц}}$ - діаметр циклону, м;

$V_{\text{в}}$ - кількість повітря, що підлягає очищенню, м³/год;

$\omega_{\text{ц}}$ - швидкість повітря в даному циклоні, м/с.

Швидкість повітря в циклоні знаходять за формулою

$$\omega_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\zeta_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{т}}}} \quad (2.9)$$

де $\omega_{\text{ц}}$ - швидкість газу у входному патрубку, м/с;

Δp - гідравлічний опір проходження газів, Н/м², гідравлічний опір циклону 700 Н/м²;

$\zeta_{\text{ц}}$ - коефіцієнт гідравлічного опору, для циклону ЦН-15 дорівнює 163;

$\rho_{\text{т}}$ - густина газового середовища в робочих умовах, кг/м³.

Густина газу, що підлягає очищенню при робочих умовах, розраховують за формулою

$$\rho_{\text{т}} = \frac{\rho_0}{1 + T/273} \quad (2.10)$$

де ρ_t - густина газового середовища при необхідній температурі, кг/м³;
 ρ_0 - густина газового середовища в нормальних умовах, кг/м³;
 T - робоча температура, °С.

Приклад. Розрахувати внутрішній діаметр $D_{\text{ц}}$ циклону типу ЦН-15 для очищення 20 тис. м³/год газу, температура якого 300°С, а густина у вологому стані при нормальних умовах $\rho_0 = 1,25$ кг/м³. Гідравлічний опір циклону Δp становить 700 Н/м². Коефіцієнт гідравлічного опору $\zeta_{\text{ц}}$ розраховується циклону дорівнює 165. Знаючи величину внутрішнього діаметра циліндричної частини циклона ЦН-15, визначити його конструктивні розміри за допомогою таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Геометричні розміри циклону ЦН-15 (в частках внутрішнього діаметра $D_{\text{ц}}$)

№ з/п	Параметр	Частка внутрішнього діаметра, δ
1	Кут нахилу вхідного патрубку циклона α , град.	15
2	Зовнішній діаметр вихідного газопроводу d ,	0,6
3	Внутрішній діаметр пилеспускного отвору d_1	0,3...0,4
4	Вхідний патрубок: висота a ширина b	0,66 0,2
5	Висота: циліндричної частини циклона $H_{\text{ц}}$ конуса $h_{\text{к}}$ загальна H вихідної труби $h_{\text{т}}$	2,26 2,0 4,56 1,76
6	Бункер: діаметр $D_{\text{б}}$ висота $h_{\text{б}} + 80$	1,5 2,4
7	Глибина занурення пилевиводящого конуса в бункер $h_{\text{ф}}$	0,24...0,32

Розв'язання

1 Визначимо густина газу, що підлягає очищенню при робочих умовах за допомогою формули (2.10)

$$\rho_t = \frac{1,25}{1+300/273} = 0,596 \text{ кг/м}^3$$

2 Розрахуємо швидкість повітря в циклоні за формулою (2.9)

$$\omega_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 700}{165 \cdot 0,596}} = 3,77 \text{ м/с}$$

3 Визначимо для необхідної продуктивності циклону внутрішній діаметр циліндричної частини за формулою (2.8)

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{20000}{0,785 \cdot 3600 \cdot 3,77}} = 1,34 \text{ м}$$

4 Знаючи величину внутрішнього діаметра визначимо його конструктивні параметри за допомогою таблиці 2.3

Висновки. Діаметр циклону ЦН-15 становить 1,34 м, конструктивні параметри циклону представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Геометричні розміри циклону ЦН-15 (в частках внутрішнього діаметра $D_{\text{ц}} = 1,34 \text{ м}$)

№ з/п	Параметр	Геометричні розміри
1	Кут нахилу вхідного патрубку циклона α , град.	20,1
2	Зовнішній діаметр вихідного газопроводу d ,	0,80
3	Внутрішній діаметр пилеспускного отвору d_1	0,40
4	Вхідний патрубок: висота a ширина b	0,88 0,27
5	Висота: циліндричної частини циклона $H_{\text{ц}}$ конуса $h_{\text{к}}$ загальна H вихідної труби $h_{\text{т}}$	3,03 2,68 6,11 2,36
6	Бункер: діаметр $D_{\text{б}}$ висота $h_{\text{б}} + 80$	2,01 3,22
7	Глибина занурення пилевиводящого конуса в бункер $h_{\text{ф}}$	0,06

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСН 3.3.6.042-99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений»
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.
3. Безопасность производственных процессов: справочник / С. В. Белов, [и др.]; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.: ил.
4. ГОСТ 32548-2013 Вентиляція будівель. Повітророзподільні пристрої. Загальні технічні умови.
5. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д. и др. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Теория и практика. – М.: Евроклимат, 2001. – 416 с. 3-е издание.
6. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. под. ред. И.Г. Старовойтова. Изд. 3-е. Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М.,Стройиздат. 1978. 509с. (Справочник проектировщика), Авт.: В.Н. Богословский, И.А. Шепелев, В.М., Эльтерман и др.
7. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель. Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2002. – 256с.
8. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция, кондиционирование.
9. ДСТУ Б А.3.2-12:2009 "Системи вентиляційні. Загальні вимоги"
10. ДСТУ 2264-93 Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Терміни та визначення.
11. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

Додаток А

Таблиці А.1 – Обсяги повітря що відсмоктується від обладнання
ливарних цехів

<i>№ п/п</i>	<i>Технологічне обладнання</i>	<i>Пристрій для відсмоктування повітря</i>	<i>Обсяг повітря що відсмоктується, м³/ч</i>
1	Відцентровані змішувачі мод. 115, 116 і 117	Суцільний кожух з бічною частиною, захищеної брезентом	Відповідно 1500,1800, 25000
2	Вузли пересипання сипучих матеріалів (з транспортера на транспортер)	Суцільний кожух з бічним відсмоктуванням і дверима для пропускання стрічок	За розрахунком, виходячи з площі відкритих прорізів*
3	Плоскі сита	Суцільний кожух з бічної завантажувального дверима	1500 на 1м² поверхні сита
4	Вібраційні вибивні решітки	Суцільний кожух з бічної завантажувального дверима	15000 на 1м² решітки
5	Очисні барабани періодичної дії	Відсмоктування через піввісь	1800
6	Вагранка відкритого типу продуктивністю 10 т/год	Відбір газів вище завалочного вікна	25000 - 30000
7	Електродугова піч	парасоль Кільцевий відсмоктувач	15000-20000 10000-12000
8	Механізовані і автоматизовані пристрої для вибивання відливок і видалення стержнів	Суцільний кожух з отвором	1500 на 1м² площі пристрою
9	Вібраційна машина для вибивання стержнів з виливків	витяжний парасоль	4000 на 1 м довжини парасолі
10	Заливка металу в форми	Панель рівномірного всмоктування	1500 на 1м² панелі
11	Установка для дробометного очищення виливків	аспіраційні укриття	3500
12	Зачисні шліфувальні верстати	Захиснознепилюючий кожух	3000 на 1 коло

Примітка. *Якщо відома площа прорізів F , м², через які видаляється повітря, обсяг повітря, що відсмоктується L , м³/год, може бути визначена за формулою $L = 3600 \cdot F \cdot v$, де v - швидкість руху повітря в отворах, м/с.

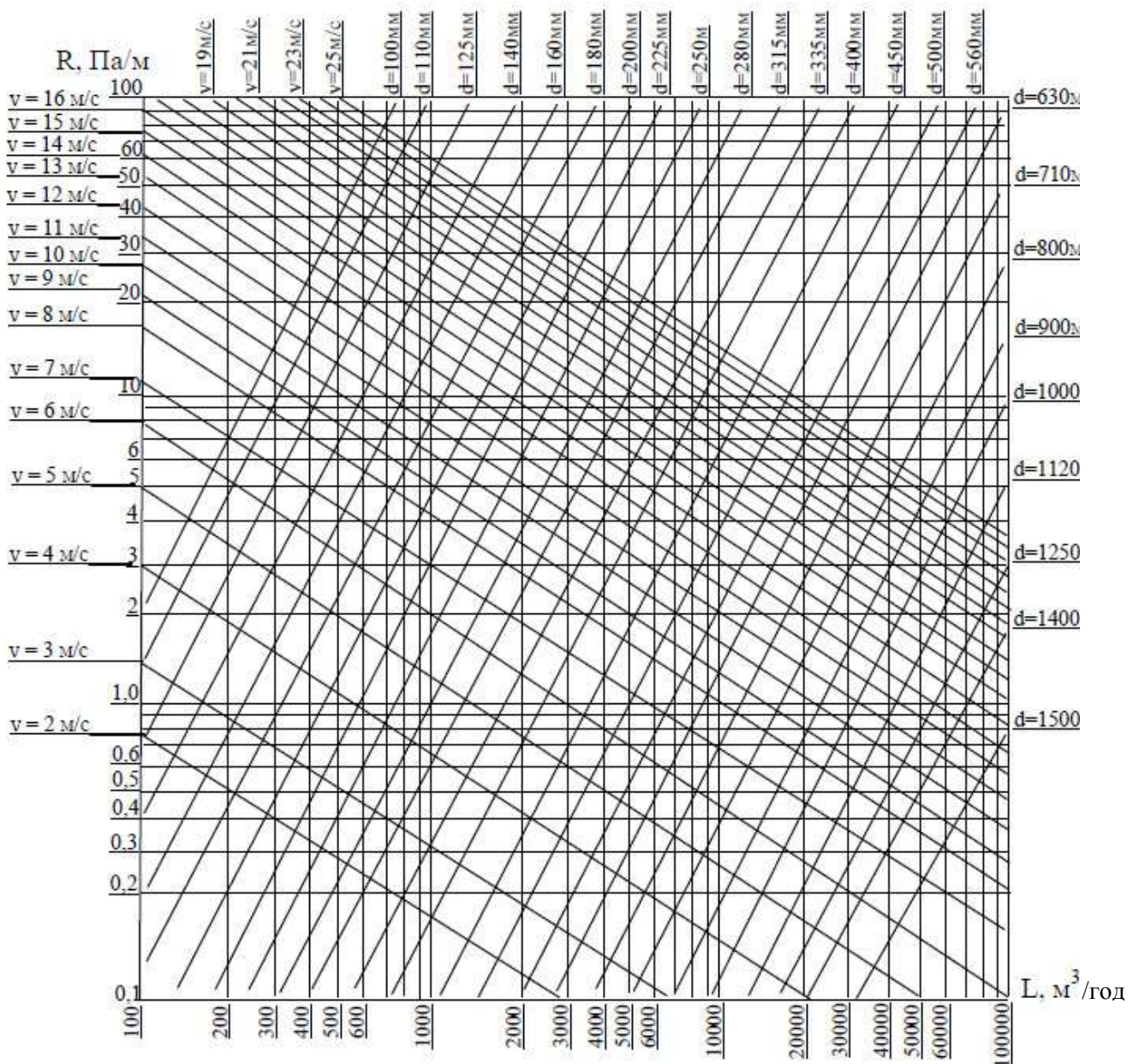


Рисунок Б.1 – Номограма для визначення параметрів повітропроводів

R - питомі втрати тиску в повітроводах вентиляційної мережі, Па/м;

L - обсяг повітря, що видаляється в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{год}$;

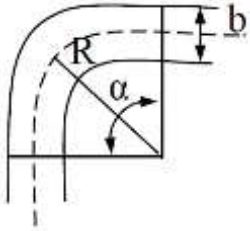
v – швидкість руху повітря, м/с;

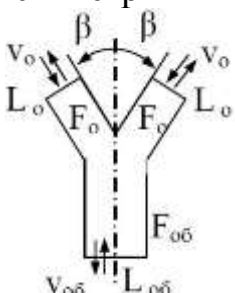
d - діаметр повітропроводів вентиляційної мережі, мм

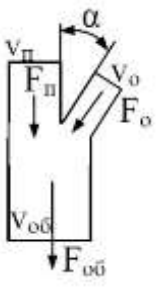
Таблиця В.1 – Коефіцієнти місцевого опору для деяких конструкцій місцевих витяжних відсмоктувачів

№ п/п	Конструкція витяжного відсмоктування	ξ
1	Витяжний зонт (звичайний)	0,4...0,6
2	Тристоронній верхнебоковий кульовий зонт вибивної решітки	1,2...1,3
3	Укриття вибивної решітки, бігунів	0,8...1,2
4	Зонт-козирьок над завалочним вікном печі	0,6...1,1
5	захисно-знепилюючих кожух обдирного верстата	1,2...1,5
6	Бічна панель	0,5...0,8
7	Кільцевий відсмоктувач	1,4
8	Бортовий відсмоктувач	0,8...1,2
9	Вхід в трубу $d = 100$ мм	0,3...0,5
10	Циклон	4...6

Таблиця В.2 – Коефіцієнти місцевих опорів

відведення 		$\xi = 0,73 \cdot a \cdot k$ Значення а, к приймається з таблиці									
α	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	
a	0	0,3	0,56	0,77	0,94	1,06	1,16	1,24	1,32	1,4	
R/b	1		2		3		4		5		10
k	0,3		0,2		0,14		0,11		0,1		0.09

Трійник сiмметрічний 	Кое- фіці- єнт ξ	Кут β	Всмоктування при $2Fo \approx Fo_{\text{об}}$									
			$Lo/Lo_{\text{об}}$									
			1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
		45°	0,60	0,60	0,65	0,65	0,65	0,55	-0,30	-0,40	-3,4	-23
		30°	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,30	-0,5	-1,5	-6,3	-38

трійники несиметр ичні (при всмокту ванні) 	Кут між відгалу ження ми	F _п / F _о	d _п / d _о	ξ _п при v _о /v _п (віднесений до швидкості v _п)								
				0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	45°	1	1	0,65	0,65	0,65	0,60	0,50	0,35	0,20	0,0	0,20
		2	1,41	0,35	0,35	0,35	0,30	0,25	0,15	0,05	-0,10	-0,25
		4	2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,05	0	-0,10	-0,20
		9	3	0,05	0,10	0,10	0,05	0,05	0,0	0	-0,50	-0,15
	ξ ₀ при v _о /v _п (віднесений до швидкості v ₀)											
	45°	1	1	-4,05	-1,30	-0,30	0,15	0,40	0,45	0,55	0,55	0,60
		2	1,41	-4,7	-1,45	-0,40	0,10	0,35	0,45	0,5	0,6	0,6
		4	2	-4,95	-1,60	-0,45	0,05	0,35	0,045	0,55	0,6	0,65
		9	3	-5,1	-0,70	-0,50	0,05	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ
КУРСОВОГО ПРОЕКТУ З КУРСУ «ПРОМИСЛОВА ВЕНТИЛЯЦІЯ
ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ»**

(для студентів за спеціальністю 263 «Цивільна безпека»)

Укладачі: **Шайхлісламова** Ірина Анатоліївна
Муха Олег Анатолійович

В редакційній обробці авторів

Підготовлено й видано
в Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК №1842 від 11.06.2004р.
49005, м Дніпро, пр. Д.Яворницького, 19.