

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Обґрунтування параметрів та розробка мобільної
витяжки для зварювальної дільниці**»

Виконав: студент VI курсу групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Юрій ІВАСИКІВ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н., доцент Олексій ШВЕЦЬ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти – другий магістерський
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Івасиківу Юрію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів та розробка мобільної витяжки для зварювальної дільниці»

Керівник роботи _____
к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 28 квітня 2023 року №133/к-с

2. Строк подання студентом роботи до “ ____ ” _____ 20__ року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики вентиляційних установок, каталоги вентиляторів, фільтрів та вентиляційних каналів, типові технологічні процеси зварювання, методики розрахунку систем вентиляції виробничих приміщень, інструкції з охорони праці.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Аналіз стану питання; 4.2. Аналіз конструктивних схем витяжних систем для зварювальних постів; 4.3. Проектування системи вентиляції; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічне обґрунтування проекту.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. УПБВ			

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Аналіз стану питання	02.06.23	
2	Аналіз конструктивних схем витяжних систем для зварювальних постів	25.08.23	
3	Проектування системи вентиляції	29.09.23	
4	Охорона праці	27.10.23	
5	Економічне обґрунтування проекту	24.11.23	
6	Оформлення пояснювальної записки	29.12.23	
7	Оформлення графічної частини	19.01.24	

Студент _____
(підпис)

Івасиків Ю.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Швець О.П.
(прізвище та ініціали)

Івасиків Ю.В. «Обґрунтування параметрів та розробка мобільної витяжки для зварювальної ділянки». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 68 с.

Проведено вплив зварювальних апаратів на мікроклімат у виробничому приміщенні, існуючі способи та системи вентиляції виробничих приміщень та вимог до них. Проаналізовано основні конструктивні схеми витяжок для зварювальних цехів та теоретичні залежності визначення їх основних параметрів.

Обґрунтовано спосіб вентилявання повітря та розроблено схему системи вентиляції ділянки електродугового зварювання та теплової обробки металів, підбрано необхідне обладнання та розраховано продуктивність вентиляторів та можливі втрати тисків.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій електродугового зварювання.

Визначено затрати на створення запропонованої системи вентиляції та її експлуатації впродовж року.

Табл. 9; рис. 30; бібліогр. джерел 25.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	8
1.1 Основні поняття виробничого мікроклімату	8
1.2 Вплив зварювальних апаратів на мікроклімат	9
1.3 Організація вентиляції зварювальних цехів	10
1.3.1 Загальні вимоги до систем вентиляції	10
1.3.2 Види систем вентиляції	11
1.3.3 Аналіз конструкцій та роботи мобільних витяжних пристроїв	16
1.4 Рекомендації до проектування витяжних систем для зварювання	21
2 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ВИТЯЖНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПОСТІВ	24
2.1 Витяжні вентиляційні ковпаки	24
2.2 Місцеві відсмоктувачі для електрозварювальних робіт	27
2.3 Теоретичні залежності визначення параметрів вентиляційного обладнання для зварювальних робіт	29
2.4 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції мобільними установками	34
3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	36
3.1 Загальна характеристика ділянки	36
3.2 Характеристика обладнання ділянки	37
3.3 Характеристика системи вентиляції	38
3.4 Розробка схеми вентиляції	41
3.4.1 Розрахунок системи вентиляції у зоні металургійної печі	41
3.4.2 Розрахунок системи вентиляції у зоні зварювальних апаратів	47
3.4.3 Розрахунок системи вентиляції у зоні плазморіза	53
3.4.4 Вибір та розміщення повітряних фільтрів	55
3.5 Висновки за результатами проектування	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Санітарно-гігієнічні характеристики зварювального виробництва	

	57	
4.2	Характеристика мікроклімату і вентиляції робочої зони	58
4.3	Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання	59
5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	63
5.1	Вартість розробки системи вентиляції	63
5.2	Вартості монтажу обладнання системи вентиляції	63
5.3	План пусконаладжувальних робіт	64
5.4	Затрати на технічне обслуговування системи вентиляції за період експлуатації	64
5.5	Загальна вартість розробки	65
	ВИСНОВКИ	66
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	67

ВСТУП

Для комфортного самопочуття та високого рівня працездатності кожній людині необхідне свіже та чисте повітря. Забезпечити циркуляцію свіжого повітря у приміщенні здатна система вентиляції. У сучасному світі вентиляція є неодмінним атрибутом практично будь-якої промислової будівлі.

В промисловості вентиляція виробничих приміщень – це комплекс заходів, обладнання та організації його обслуговування, який має на меті підтримання стабільного повітрообміну та переміщення повітряних потоків у приміщеннях. Вентиляційні системи встановлюються для підтримки нормативних метеорологічних параметрів у приміщеннях. Вентиляція виробничих приміщень має вирішальне значення для оптимізації робочої обстановки та мінімізує ризик розвитку захворювань персоналу, пов'язаних із шкідливими викидами.

Для того, щоб система вентиляції функціонувала належним чином, ще на етапі проектування будівлі спеціалістами здійснюється підбір обладнання, найбільш оптимальної системи та майбутнє розташування ключових приладів: вентиляторів, повітроводів, фільтрів тощо.

Об'єктом дослідження є дільниця електродугового зварювання та теплової обробки металів.

Предмет дослідження: система вентиляції дільниці електродугового зварювання та теплової обробки металів.

Мета роботи – розробка та обґрунтування параметрів вентиляції зварювальної дільниці з мобільними елементами.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати та вивчити вимоги технічної та нормативно-правової документації до мікроклімату виробничих приміщень, рекомендації щодо проектування вентиляційних систем;

- проаналізувати існуючі системи вентиляції виробничих приміщень;

- розробити проект припливно-витяжної системи вентиляції дільниці.

- визначити економічну вартість проекту.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Основні поняття виробничого мікроклімату

Мікроклімат виробничих приміщень – це клімат їх внутрішнього середовища, який визначається поєднанням температури, вологості та швидкості руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь, та діють на організм людини [14]. Основними показниками мікроклімату є показники повітряного середовища.

Мікроклімат у виробничих приміщеннях виробництва чинить значний вплив на самопочуття робітників та їх продуктивність. Виробничі та технологічні процеси впливають на фізико-хімічний стан повітряного середовища виробничого приміщення та можуть призводити до відхилення його параметрів від нормативних вимог. До факторів, які зумовлюють такі зміни, належать інтенсивне виділення тепла та вологи, забруднення парами та газами хімічних речовин, запиленість.

Створення на робочому місці комфортних умов праці підвищує ефективність виробничих процесів, дозволяє запобігти впливу несприятливого мікроклімату на самопочуття та здоров'я працівника, забезпечує нормальне та надійне функціонування виробничого обладнання.

Оптимальні умови мікроклімату – це поєднання кількісних його показників, які при постійному впливі на робітника забезпечують збереження нормального теплового стану його організму без напруження механізмів терморегуляції.

Допустимі умови мікроклімату – це поєднання його кількісних показників, які за постійної дії на робітника можуть викликати зміни теплового стану організму, які потім швидко нормалізуються та що супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, які не виходять за межі фізіологічних можливостей людини [5]. Такі умови не викликають ушкодження або порушень здоров'я працівника.

1.2 Вплив зварювальних апаратів на мікроклімат

Зварювальне виробництво характеризується викидом у повітря робочої зони великої кількості шкідливих речовин та теплоти. Ці викиди відбуваються нерівномірно, і максимальна їх концентрація спостерігається безпосередньо на робочих місцях.

Усі процеси зварювання супроводжуються виділенням інфрачервоного випромінювання, що викликає підвищення температури у робочій зоні [12]. Інтенсивність інфрачервоного (теплого) випромінювання від зварюваних виробів та зварювальної ванни визначається їх температурою, габаритами та конструкцією, а також температурою та розмірами зварювальної ванни. За відсутності засобів індивідуального захисту вплив теплового випромінювання, яке перевищує допустимий рівень, призводить до порушення терморегуляції та теплового удару. Контакт із нагрітим металом може спричинити опіки.

Під час зварювальних робіт у повітря робочої зони потрапляє значна кількість шкідливих речовин, які можуть призвести до виникнення та розвитку професійних захворювань у зварювальників. Ці шкідливі речовини утворюють зварювальні аерозолі, до складу яких входить тверда та газоподібна складові [2].

У складі твердої фази зварювальних аерозолів містять оксиди різних металів (марганцю, хрому, нікелю, міді, титану, алюмінію, заліза, вольфраму та ін.). До складу газової фази входять токсичні гази (окис вуглецю, озон, фтористий водень, оксиди азоту та ін.) [12]. Кількість та склад зварювальних аерозолів, а також їх токсичність залежать від хімічного складу зварювальних матеріалів та металу зварних деталей, а також виду технологічного процесу.

Вплив на організм шкідливих речовин може бути причиною гострих та хронічних професійних захворювань та отруєнь. Про це свідчать результати медичних обстежень, які показують, що серед професійних захворювань зварювальників біля 80% складають бронхолегеневі захворювання, спричинені дією зварювальних аерозолів. Дія зварювальних аерозолів на органи дихання,

за деякими даними, може підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань [13].

Приміщення, в яких під час експлуатації зварювальних апаратів можливе утворення шкідливих газів та аерозолів, повинні бути обладнані пристроями загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції з наступним очищенням видаленого повітря. При використанні або утворенні речовин першого та другого класів небезпеки у виробничих приміщеннях має передбачатися також аварійна вентиляція для випадків можливого раптового перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони. У стандарті [25] встановлено, що ГДК зварювального аерозолію в повітрі робочої зони зварювального цеху не має перевищувати 4мг/м^3 .

1.3 Організація вентиляції зварювальних цехів

1.3.1 Загальні вимоги до систем вентиляції

Вентиляція – це процес повітрообміну у виробничих цехах, який забезпечує та підтримує нормовані значення параметрів повітря, як складової мікроклімату.

Під час проектування вентиляції виробничого цеху слід дотримуватися таких вимог:

1. Вентиляція повинна забезпечувати чистоту повітря та параметри мікроклімату в приміщенні відповідно до ГОСТ 12.1.005-88.

2. Загальнообмінна вентиляція має забезпечувати баланс між об'ємами видаленого та поданого в приміщення повітря.

3. Вентиляція не повинна створювати додаткових шкідливих і небезпечних факторів (занадто низька або висока температура, шум, вібрації, пожежна безпека тощо).

4. Вентиляційне обладнання не повинно перешкоджати переміщенню внутрішньоцехового транспорту, знижувати продуктивність праці, впливати на показники якості зварювання.

5. Вентиляція повинна бути економічною та надійною в експлуатації.

1.3.2 Види систем вентиляції

Існуючі системи вентиляції класифікують за такими ознаками:

- за способом організації повітрообміну (природна, механічна, змішана);
- за способом подачі та видалення повітря (припливна, витяжна, припливно-витяжна);
- за призначенням (загальнообмінна, місцева);
- за тривалістю роботи (робоча, аварійна).

При природній вентиляції повітрообмін в приміщенні здійснюється під дією природних сил різниці густини повітря всередині приміщення (теплого) та зовнішнього (холодного). Природна вентиляція може бути неорганізованою, якщо вона здійснюється через відчинені вікна та двері, та організованою і регульованою. Організовану природну вентиляцію називають ще аерацією. Її застосовують у приміщеннях з малим аеродинамічним опором і вимагають значних витрат припливного зовнішнього повітря без попередньої його обробки.

Процес аерації забезпечується завдяки встановленню вітрозахисних щитів, які запобігають дії лобового повітряного потоку на потік вентилязованого повітря.

Перевагами природної вентиляції є простота її конструктивного виконання та експлуатації, а також висока економічність через відсутність потреби у електроенергії. До її недоліків можна віднести залежність ефективності вентилявання від температури та швидкості руху зовнішнього повітря та складністю очищення та зміни параметрів припливного повітря.

Механічна вентиляція складається з комплексу вентиляторів і повітропроводів, за допомогою яких забезпечується постійний повітрообмін у виробничому приміщенні незважаючи на метеорологічні умови поза приміщенням. При потребі до неї можуть входити пристрої для обробки повітря.

При механічній вентиляції різниці тисків всередині та зовні приміщення створюються вентиляторами. Під їх дією забезпечується рух повітря. Механічна

вентиляція може бути припливною, витяжною, припливно-витяжною, загальнообмінною та місцевою.

Як вже було сказано раніше, рух повітря у системах механічної вентиляції забезпечують вентилятори – повітродувні машини (осьового або відцентрового типів) або ежекторами. В залежності від складу повітря вентилятори для вентиляції можуть виготовлятися різноманітних конструкцій та з різних матеріалів. Під час вибору вентиляторів потрібно знати їх продуктивність, створюваний ними тиск, а в деяких випадках і їх конструктивне виконання.

Припливна система вентиляції (рис. 1.1, а) призначена для забору зовнішнього повітря вентилятором через очисний фільтр, калорифер або кондиціонер [23]. Оброблене повітря подається в середину приміщення, чим створюється його надлишковий тиск. Під дією цього тиску забруднене повітря виходить назовні через двері, вікна, ліхтарі та щілини неочищеним. Припливні системи застосовуються для вентиляції приміщень, в яких не допускається попадання забрудненого повітря з надвору чи суміжних приміщень.

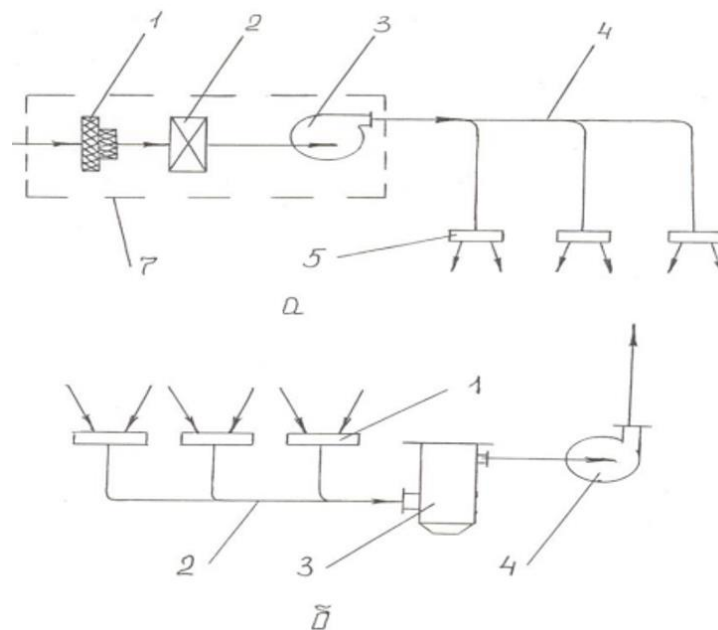


Рисунок 1.1. Схеми механічної вентиляції:

- а) припливна: 1 – пилоочисний фільтр; 2 – калорифер; 3 – вентилятор;
4 – магістральний повітровід; 5 – вентиляційні нагнітальні насадки;
- б) витяжна: 1 – вентиляційні забірні насадки; 2 – магістральний повітровід;
3 – очисник забрудненого повітря; 4 – вентилятор

Витяжна система вентиляції (рис. 1.1, б) видаляє забруднене повітря через мережу повітроводів за допомогою вентилятора. Відсмоктане повітря перед викидом в атмосферу очищається. При цьому в приміщенні буде створюватися знижений тиск, внаслідок чого повітря буде засмоктуватися з за меж приміщення через вікна, двері та інші нещільності.

Припливно-витяжна система вентиляції поєднує дві окремі системи – припливну та витяжну. Така система є найбільш поширеною у промисловості.

Об'єм припливу повітря в середину приміщення має відповідати об'єму видаленого. Різниця не повинна перевищувати 10...15%. При організації повітрообміну свіже повітря необхідно подавати в ту частину приміщення з мінімальною концентрацією шкідливих речовин, а відбирати з найбільш забрудненої.

Перевагами механічної вентиляції є можливість обробки повітря, подача та відбір повітря з будь-якої точки приміщення. Недолік цієї системи є висока енергоємність, металоємність та вищі експлуатаційні витрати[1].

Загальнообмінна вентиляція забезпечує заміну забрудненого повітря на чисте у всьому приміщенні. Її застосовують в тому випадку, коли шкідливі виділення поширюються безпосередньо у повітря робочого приміщення, а також коли робочі місця розташовані по всьому периметру цеху. Загальнообмінна вентиляція може бути природною, механічною і змішаною.

Більшість виробничих цехів обладнують загальнообмінною механічною вентиляцією. Її застосовують тоді, коли неможливо застосувати місцеву вентиляцію. На машинобудівних підприємствах її виконують у вигляді припливно-витяжних систем.

Коли виробниче приміщення має значні об'єми, в ньому перебуває мала кількість працівників та наявні постійні робочі місця, то технічно обґрунтовано та економічно доцільно в таких цехах створювати комфортні умови мікроклімату безпосередньо на робочих місцях за допомогою місцевої вентиляції - витяжної чи припливної.

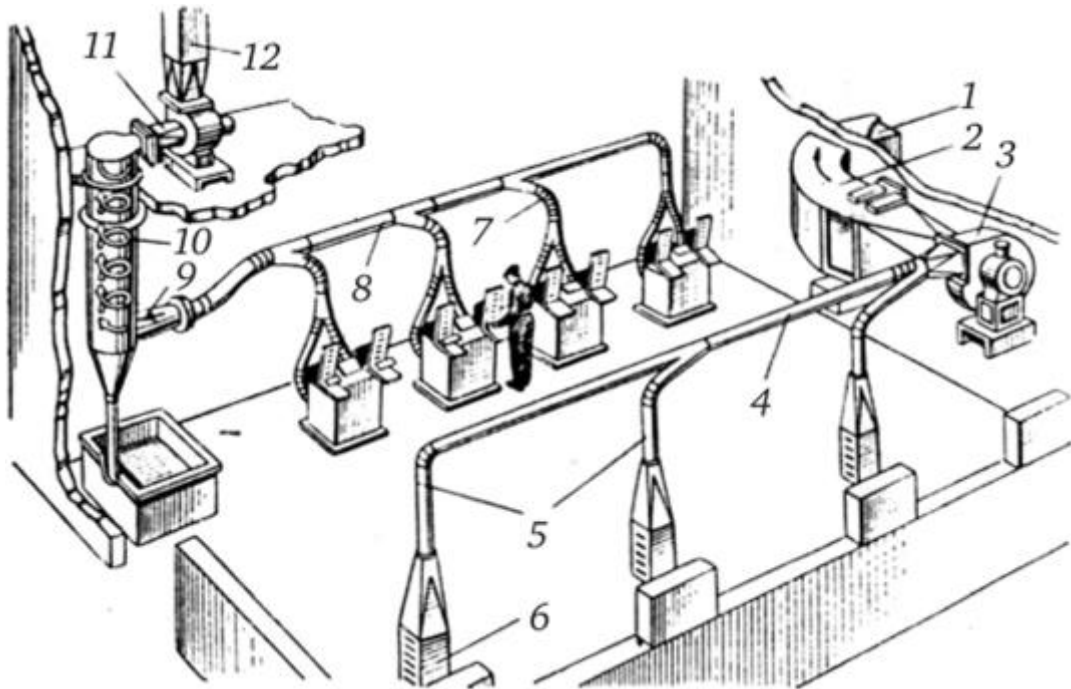


Рисунок 1.2 - Схема будови припливно-витяжної вентиляції механічного цеху машинобудівного підприємства

1 - повітрязабірний пристрій чистого повітря; 2 - калорифери для підігріву повітря; 3 - припливний вентилятор; 4 - магістральний повітропровід системи подачі чистого повітря до робочих місць; 5 - відгалуження повітропроводу до робочих місць; 6 - розподільні припливні насадки для рівномірної та спокійної подачі чистого повітря; 7 - місцеві відсмоктувачі; 8,9 - магістральний повітропровід витяжної установки; 10 - пиловловлювач; 11 - витяжний вентилятор; 12 - шахта (трубопровід) викиду очищеного повітря в атмосферу

Витяжна (локалізована) система вентиляції застосовується для видалення шкідливих речовин в місці їх утворення. Цим запобігається їх поширення по усьому приміщенню. Конструкції відсмоктувачів можуть бути повністю закритими, напіввідкритими або відкритими. До найбільш ефективних закритих відсмоктувачів належать кожухи та відсмоктуючі камери, які герметично закривають обладнання. Якщо такі конструкції застосовувати неможливо, то використовують напіввідкриті та відкриті витяжні зонти, панелі та інші пристрої.

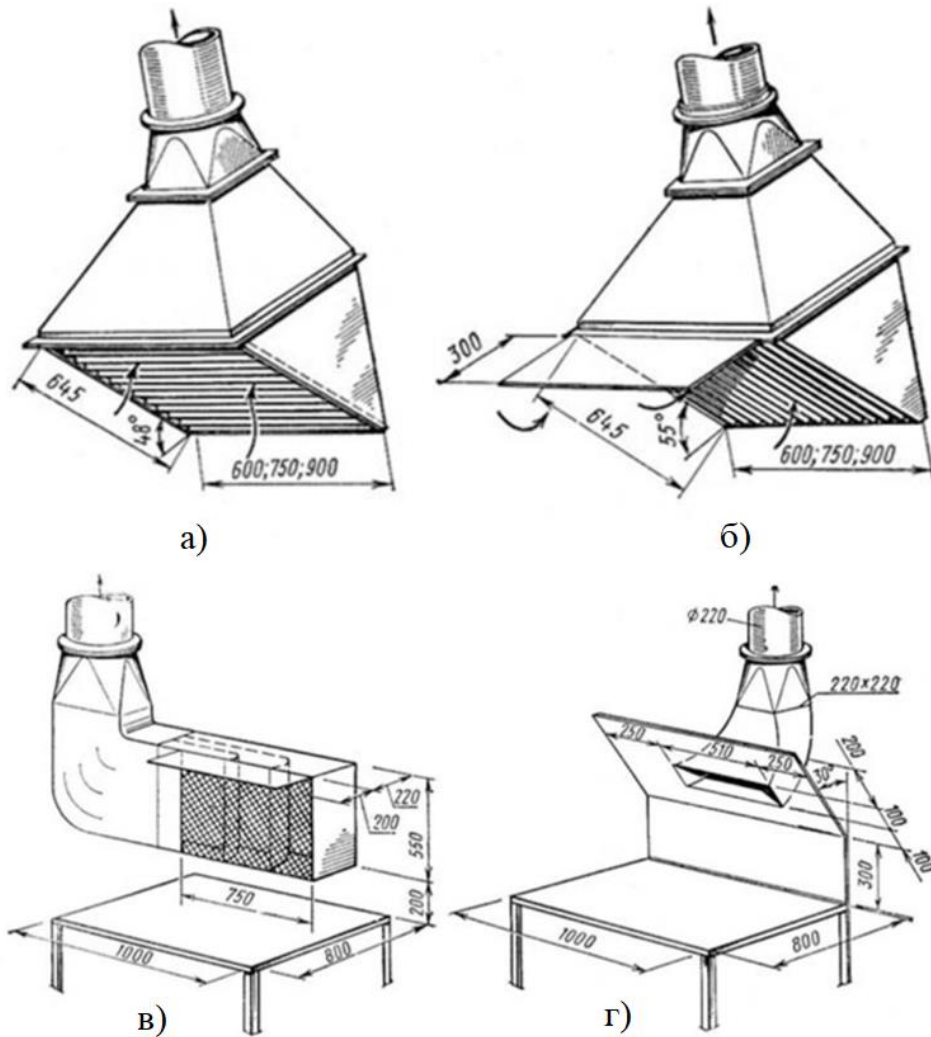


Рисунок 1.3 – Похилі (а, б) та бічні (в, г) витяжні панелі

На постійних робочих місцях для ручного електродугового та напівавтоматичного зварювання, зокрема в захисних газах, які мають питому вагу більшу від повітря, рекомендується застосовувати спеціальні стаціонарні столи з вмонтованою похилою панеллю рівномірного верхнього та нижнього відсмоктування (рис. 1.4). Такі зварювальні захисні гази як вуглекислий газ, аргон та їх суміші накопичуються в нижній частині робочої зони. В столах вони витягуються через нижню решітку. Легші за повітря гази та аерозолі відхиляються від обличчя зварника направленим потоком повітря і відсмоктується верхньою або похилою панеллю. Продуктивність вентилявання такою системою місцевої вентиляції має становити 1500...1800 м³/год [1].

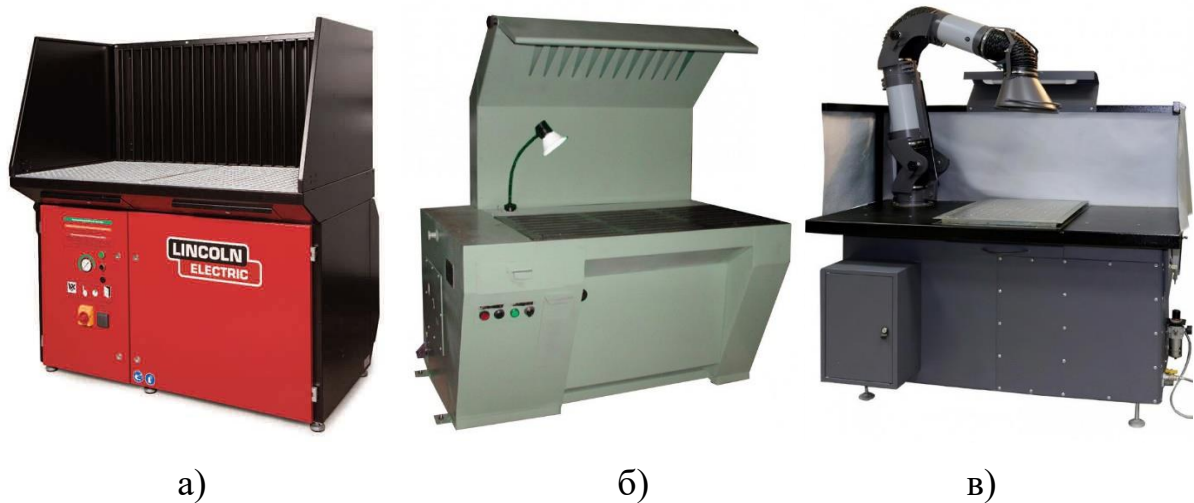


Рисунок - 1.4. Столи зварні з вмонтованою вентиляцією
 а – DOWNFLEX 200-M; б – ССН -3; в - ССФ-1600

Для технологічних процесів, під час яких джерело забруднення змінює своє місце розташування, застосовують новітні систем місцевої вентиляції. До них належать:

- підйомно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, з'єднані з централізованою вентиляційною системою;
- підйомно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, які очищають та повертають повітря назад в приміщення;
- консольно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, під'єднані до загального фільтра, які повертають очищене повітря в приміщення;
- переносні вентиляційні агрегати (вентилятори з гнучкими шлангами);
- пересувні фільтрувально-вентиляційні агрегати;
- портативні пересувні фільтрувально-вентиляційні агрегати;
- витяжні пристрої, вмонтовані в зварювальне обладнання.

Розглянемо перелічені вище системи вентиляції детальніше.

1.3.3 Аналіз конструкцій та роботи мобільних витяжних пристроїв

Вибір конструкції місцевої витяжки, об'єму відсмоктуваного повітря, способу його очищення, а також її оптимальна вартість залежать від способу зварювання, виду і марки матеріалів, які використовуються під час зварювання,

форми зварюваного виробу, об'єму приміщення цеху, кількості зварювальних постів та інших факторів.

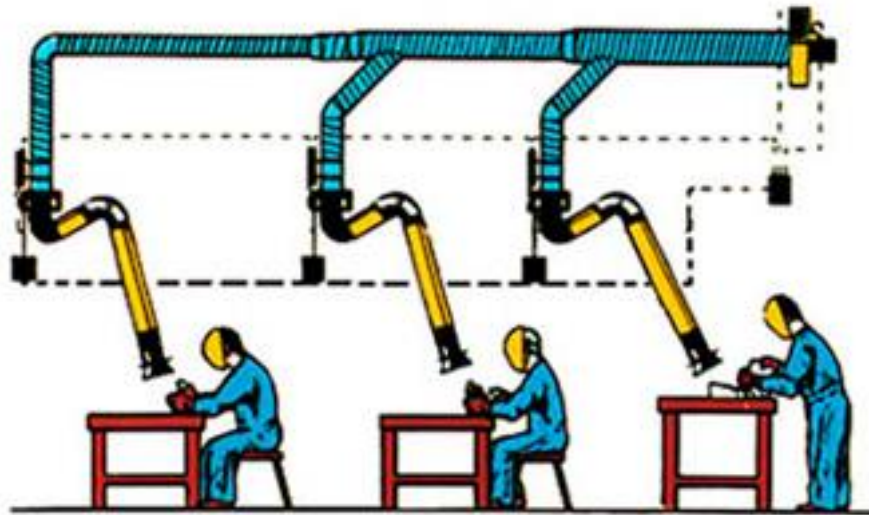


Рисунок 1.8 – Приклад організації зварювальної дільниці з місцевою витяжною вентиляцією

Основними складовими частинами усіх систем для місцевої вентиляції на зварювальних постах є вентилятор, повітровід, повітроприймальна лійка та очисний фільтр.

Вентилятори, які застосовуються в установках місцевої вентиляції, мають велику продуктивність, достатньо високий тиск повітря і низькі затрати електроенергії. Для пристроїв вентиляції використовують одно- або трифазні електродвигуни потужністю від 0,37 до 2,2 кВт. Вентилятори, які ними приводяться в рух забезпечують продуктивність від 1000 до 5000 м³/год.

Повітроводами для систем місцевого відсмоктування та пересувних фільтрувально-вентиляційних агрегатів (ФВА) виготовляють з гнучких шлангів діаметром 120...250 мм з вогнестійких матеріалів. Внутрішні ланки повітроводів та коліна виготовляють з алюмінієвих труб. Для переносних ФВА можуть використовуватись тонші шланги [18].

Існує багато варіантів установлювання для місцевого відсмоктування, які відрізняються конструкцією спеціальних опор і важелів, які дозволяють розташовувати приймальну лійку в потрібних положеннях.

Місцева витяжна вентиляція з настінними гнучкими повітроводами призначена для видалення шкідливих речовин з місця їх утворення (рис. 1.9).

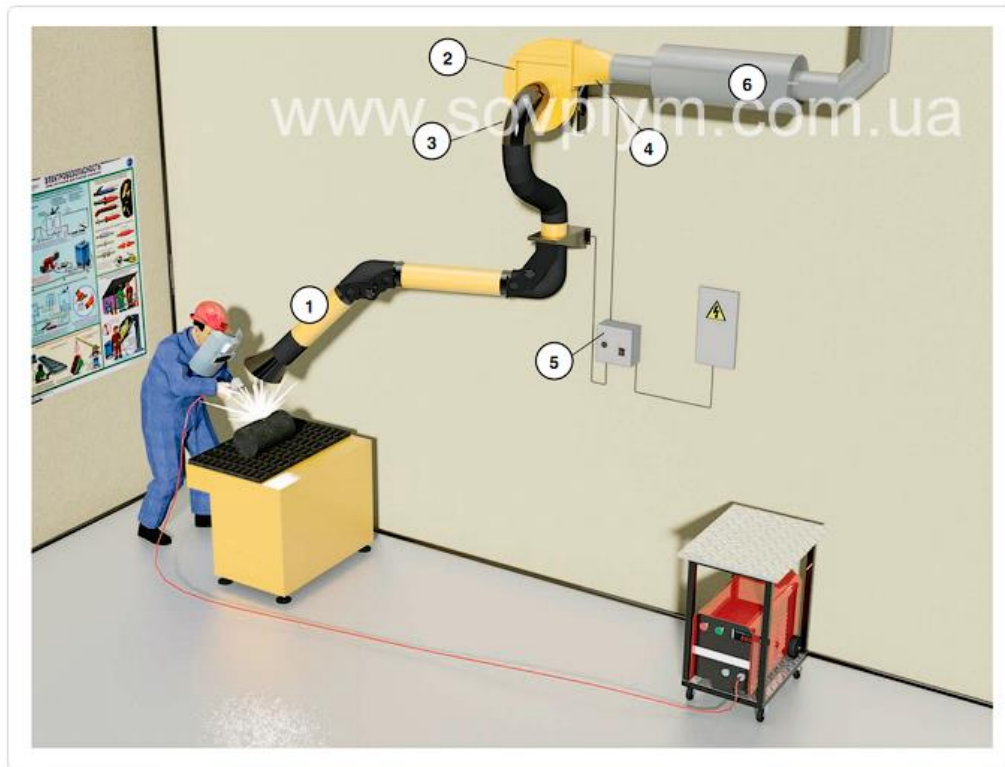


Рисунок 1.9 – Загальна компоновка витяжки робочого місця зварювальника
 1 - підйомний поворотний витяжний пристрій; 2 - відцентровий вентилятор ;
 3 – відвод; 4 – напірний перехідник вентилятора; 5 - пульт керування;
 6 - шумоглушник

Гнучкі повітроводи, які в ній застосовуються дозволяють розташовувати приймальну лійку на мінімальній відстані від точки зварювання (місця горіння зварювальної дуги). Для забезпечення ефективного вловлювання усіх шкідливих речовин такою витяжкою на відстані 25...50 см витрата повітря, яке всмоктується через лійку діаметром 125...160 мм повинна становити 600...1000 м³/год. Перевагою такої вентиляції є висока ефективність уловлювання нею шкідливих речовин при відносно малому об'ємі відсмоктаного повітря.

Ефективність засобів місцевої витяжної вентиляції зростає при їх підєднанні до загального фільтруючого пристрою. Це забезпечує рециркуляцію очищеного повітря і відповідного зменшення необхідного об'єму повітря, яке вентилюється та підігрівається.

Недоліком описаної вище вентиляції є необхідність розташування її приймальної лійки на відстані 25...50 см від місця зварювання. До того ж, таку систему не можна використовувати у великому приміщенні зі значною відстанями розташування зварювальних столів від стін. Частково цю проблему дозволяють вирішити місцеві витяжні пристрої типу «Ліана» (рис. 1.10).

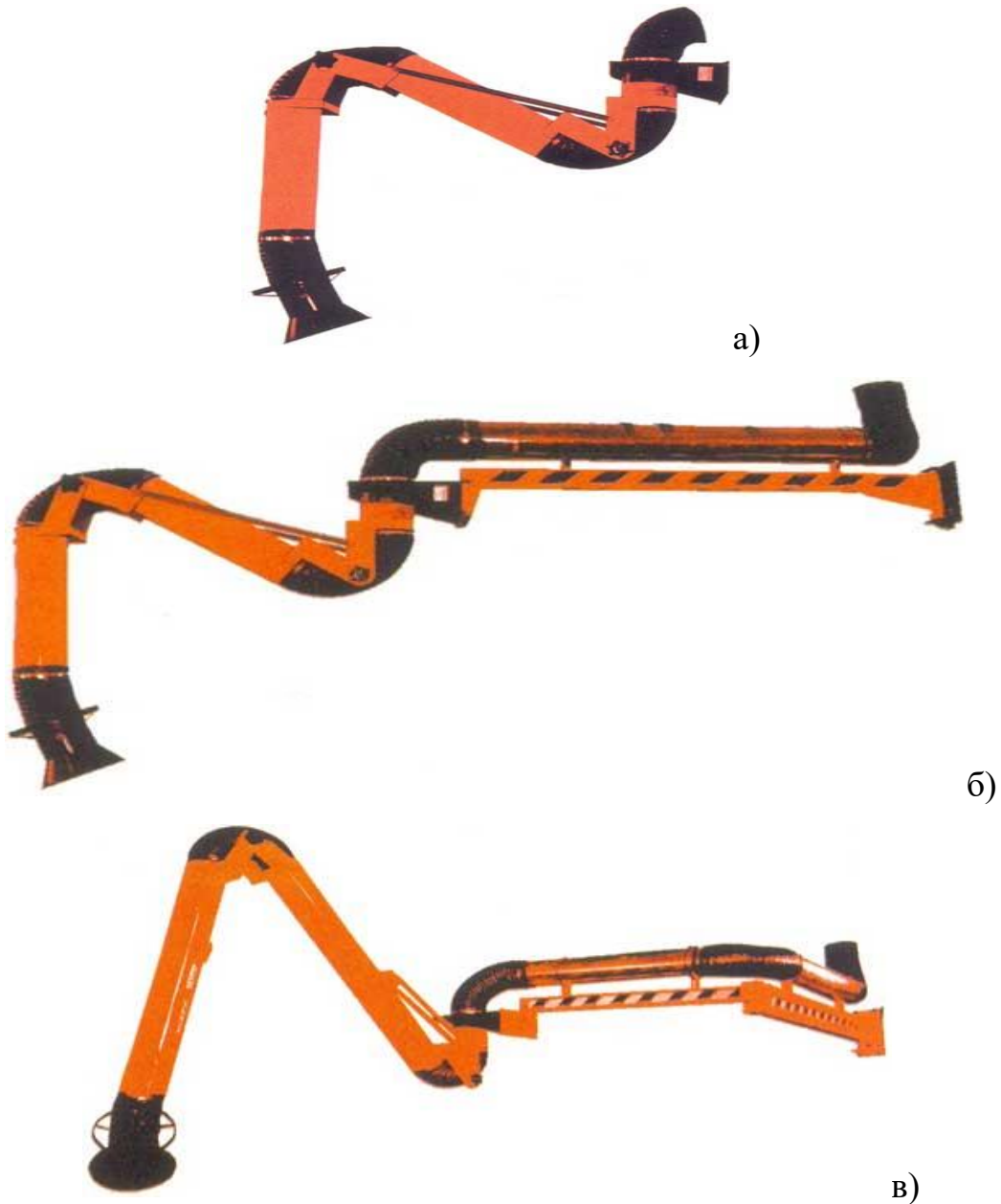


Рисунок 1.10 – Витяжний пристрій «Ліана» (а), «Ліана з консоллю» (б) та «Грум» (в)

Використання консолей, телескопічних пристроїв і шарнірів дозволяє легко переміщати і встановлювати повітроприймач в потрібному положенні.

Одна така установка може обслуговувати зону зварювання радіусом до 8 м від місця кріплення пристрою [20].

Пересувні ФВА дозволяють видаляти забруднене повітря на мінімальній відстані від місця зварювання, очищати і повертати його в приміщення або викидати за його межі. Для використання таких ФВА не має потреби виконувати монтажні роботи. Їх можна переміщати в будь-яке місце цеху, а лійку повітроводу в зону зварювання шляхом його згинання і повертання завдяки спеціальному фіксуєчому механізму (рис. 1.11).



Темп-2000

Mobiflex 200-M.

Рисунок 1.11 – Пересувні фільтрувально-вентиляційні агрегати для зварювального посту

Витяжні пристрої, вмонтовані в зварювальне обладнання є новими та ефективними засобами місцевої вентиляції. Їх використовують під час зварювання в важкодоступних місцях або якщо конструкція виробу не дозволяє використовувати інші способи вентиляції. Найбільшого поширення набули аспіраційні пристрої до пальників для механізованого (напівавтоматичного) зварювання в середовищі захисних газів (рис. 1.12). Під час проектування таких пристроїв слід забезпечувати не тільки ефективність відсмоктування шкідливих речовин, а й враховувати взаємодію потоку відсмоктуваних газів з струменем захисного газу, оскільки це впливає на ефективність захисту зварювальної ванни. Швидкість руху відсмоктуваного повітря, яке створюється такою

системою біля місця виділення зварювального аерозолю не повинна становити 0,3...0,5 м/с.



Рисунок 1.12 – Пальники для напівавтоматичного зварювання з аспіраційною системою

Аерозоль, який утворюється під час зварювання, всмоктується аспіраційним пристроєм, розміщеним на певній відстані від зрізу сопла подачі захисного газу. Транспортування забрудненого аерозолем повітря відбувається гнучким шлангом діаметром 28...38 мм, з'єднаним з всмоктуючим вентилятором, централізованою витяжною системою вентиляції високого вакууму або окремим фільтрувально-вентиляційним агрегатом, які створюють розрідження 18...20 кПа.

1.4 Рекомендації до проектування витяжних систем для зварювання

Згідно з санітарними нормами N 1009-73 до пристрою місцевої вентиляції висувається ряд вимог:

- на стаціонарних і нестаціонарних зварювальних постах обов'язково повинні бути встановлені місцеві відсмоктувачі;
- при ручному зварюванні робоче місце повинно бути доповнено поворотно-підйомними панелями, низ яких повинен знаходитися не вище 350 мм від зварювального апарату;

- при зварюванні середніх виробів необхідно встановити витяжну шафу, що є різновидом місцевих відсмоктувачів;

- швидкість повітря при використанні ручного зварювання та апарата, що працює від вуглекислого газу, повинна становити не менше 0,5 м/с і 0,3 м/с при зварюванні в інертних газах;

- витяжні шафи повинні локалізувати до 90% шкідливих речовин з повітряних мас, інші види місцевої вентиляції - до 75%;

- 10-25% шкідливих компонентів, що знаходяться в повітрі повинні усуватися за допомогою загальнообмінної вентиляційною системою.

Відповідно до СНіП2-33-75 вентиляційна система зварювального цеху повинна бути механічного типу, та облаштована спеціальними вентиляторами. Подача свіжого повітря повинна здійснюватися повітророзподільниками, встановленими на відстані 6 м від підлоги при подачі потоку вниз по вертикалі або на відстані 4 м при подачі потоку в горизонтальному положенні. Також слід врахувати і швидкість потоку повітряних мас, яка не може бути менше 0,1 м/с.

При обладнанні вентиляції з паралельними потоками умови для виконання робіт і очищення повітря створюються найоптимальніші, так як відпрацьовані повітряні маси, що містять шкідливі гази і аерозолі рухаються в одному напрямку з подаються повітрям. Маса подаються потоків повинна бути менше кількості видаляється забрудненого повітря. Цей принцип дозволяє істотно підвищити ефективність системи [16].

Вентиляційна решітка, розмір якої становить 23,5x43,5 мм з діаметром отворів 50 мм, забезпечує подачу свіжого повітря зі швидкістю 4,5 м/с. Повітряні маси, розсікаючи при проходженні решітки, піднімаються вгору по вертикалі і захоплюють все приміщення. Швидкість руху повітря в цеху відповідає 0,1 м/с, що дозволяє усунути всі шкідливі компоненти, що знаходяться в повітрі. Обмін повітря в приміщенні забезпечується за коштами встановлених під підлогою вентиляторів, загальною продуктивністю 3400 м³/год. Усувається відпрацьоване повітря за коштами встановлених на даху вентиляторів, загальною продуктивністю 6600 м³/год. При 20 хвилинної роботі

системи усувається все забруднені повітряні маси, а концентрація шкідливих речовин в повітрі знижується до 2 мг/м^3 .

Якщо на 1 м^3 приміщення витрачається менше $0,2 \text{ м/год}$ зварювальних матеріалів облаштування загальнообмінної вентиляції може не виконуватися.

Швидкість подачі свіжого потоку не може перевищувати $0,9 \text{ м/с}$ [21].

При відсутності місцевої вентиляційної системи механічна вентиляція повинна забезпечувати усунення $2/3$ повітряних мас знизу і $1/3$ зверху.

Якщо зварювальні роботи виконуються всередині виробу (ємності, бочки) швидкість повітря повинна становити більше $0,7 \text{ м/с}$ при температурних показниках не нижче 20 градусів.

Розрахунок продуктивність вентиляційної системи для зварювального цеху повинен виконуватися в залежності від кількості застосовуваних за 1 робочу годину електродів:

- ручний метод зварювання - на 1 кг електродів необхідно забезпечити продуктивність до $4500 \text{ м}^3/\text{год}$;

- напівавтоматичний метод зварювання - на 1 кг електродів необхідно забезпечити продуктивність до $2 \text{ м}^3/\text{год}$.

При роботі напівавтоматичним методом один робітник може використовувати більше 5 кг електродів, відповідно продуктивність збільшується кратно використуваного матеріалу.

Для ефективності вентиляційної системи потрібна установка потужних вентиляторів, які фіксуються за межами цеху. Вентиляційні канали встановлюються за допомогою металевих труб. Вентиляційні решітки повинні знаходитися поблизу робочого місця зварника.

При облаштуванні витяжної системи дозволяється встановлювати спеціальні фільтри, які дозволяють використовувати рециркуляцію повітря в цеху. Там самим усувається викид шкідливих зварювальних газів в атмосферу.

Вентиляційна система зварювального цеху повинна забезпечувати свіжим повітрям цех і усувати відпрацьоване повітря. Вона проектується на початковому етапі будівництва.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ВИТЯЖНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПОСТІВ

2.1 Витяжні вентиляційні ковпаки

Приймачі місцевих відсмоктувачів, які мають форму усічених пірамід або конусів, які розташовуються над джерелами виділення шкідливих речовин або збоку від них, називаються ковпаками. Витяжні вентиляційні ковпаки знайшли широке застосування в системах вентиляції виробничих цехів.

Характерним для витяжних ковпаків є наявність розриву між джерелом шкідливих викидів та ковпаком. Внаслідок цього розриву навколишнє повітря може вільно підтікати до джерела викидів та при відповідному напрямку та швидкості виносити їх з приймального перерізу ковпака. Через це витяжні ковпаки вимагають для ефективного видалення зварювальних аерозолів набагато більшого об'єму повітря, яке ними видаляється, ніж місцеві відсмоктувачі інших типів.

На рисунку 2.1 показано конструктивні схеми виконання витяжних вентиляційних ковпаків.

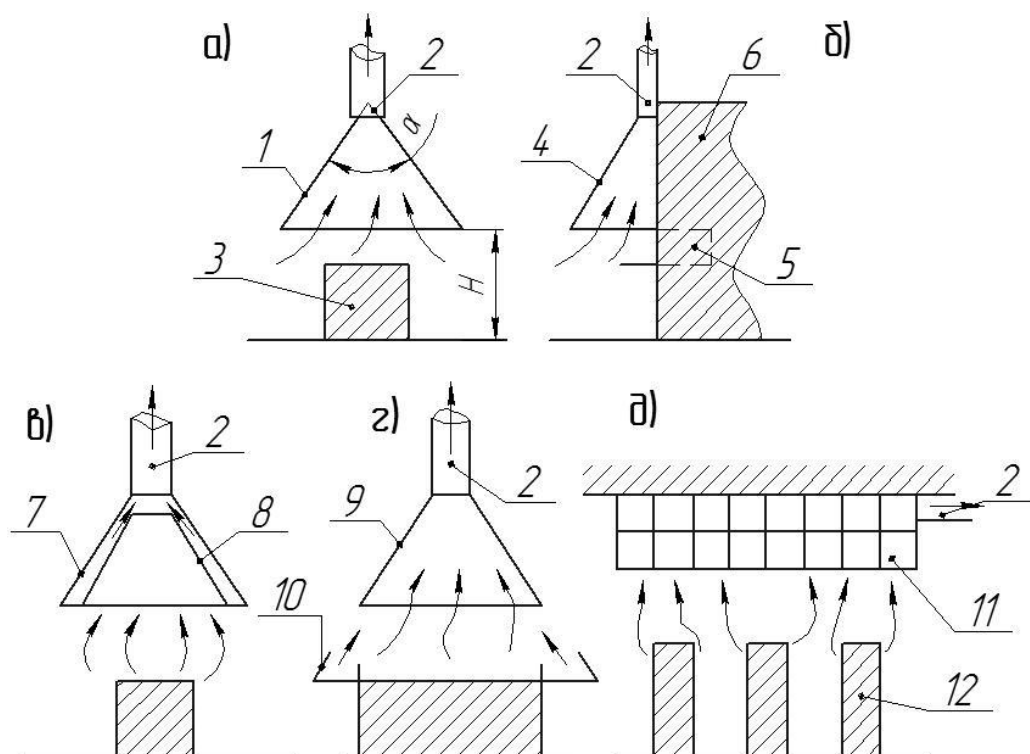


Рисунок 2.1 – Конструктивні схеми встановлення витяжних ковпаків

Витяжні вентиляційні ковпаки бувають простими або активними, індивідуальними та груповими. На рис. 2.1,а показаний простий індивідуальний ковпак; на рис. 2.1,б – ковпак-дашок над завантажувальним отвором 5 нагрівальної печі 6; на рис. 2.1,в – активний ковпак 7 зі щілинами 8 по периметру; на рис. 2.1,г – активна ковпак 9 з піддувом повітря через повітророзподільник 10; на рис. 2.1,д – груповий ковпак з кількох секцій, підвішених до перекриття приміщення над групою джерел викидів 12.

Для того щоб під час роботи витяжного вентиляційного ковпака потік повітря, який ним видаляється, не відривався від стінок ковпаки центральний кут розкриття ковпаки α не повинен бути більше 60° .

Витяжні вентиляційні ковпаки можуть виконуватися як із природною, так і з механічною витяжкою.

Ефективна робота ковпаки досягається тільки в тому випадку, якщо швидкості всмоктування повітря в просторі між приймальним отвором ковпаки і джерелом викидів є достатніми, щоб захопити їх під парасольку. Приймальний отвір витяжного ковпаки має розташовуватися безпосередньо над тепловим джерелом і відповідати його конфігурації. Розміри витяжного ковпаки приймають дещо більшими, ніж розміри джерела викиду газів у плані.

Витяжні вентиляційні ковпаки зазвичай розташовують на висоті H рівній 1,8...2 метри від рівня підлоги, щоб люди не зачіпали їх головою.

Використання витяжних ковпаків не рекомендується у випадку, якщо над джерелами викидів відсутні висхідні конвективні потоки, а також при наявності в приміщенні горизонтальних повітряних потоків, здатних виносити зварювальні аерозолі та дим з-під ковпаки.

У загальному вигляді витрата повітря, яка має видалятися шляхом відсмоктування від витяжного вентиляційного ковпаки, визначається за такою формулою:

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

де v - середня швидкість всмоктування повітря в приймальному перерізі витяжного ковпаки, яка при видаленні не токсичних речовин, тобто теплоти та газів, може прийматися рівною $v = 1 \dots 1,2$ м/с.

F – площа приймального перерізу витяжного вентиляційного ковпака, м^2 .

З метою зменшення об'єму повітря, яке видаляється за допомогою витяжного вентиляційного ковпака та відповідної експлуатаційних витрат, виконують витяжні вентиляційні ковпаки зі звісами (рис. 2.2).

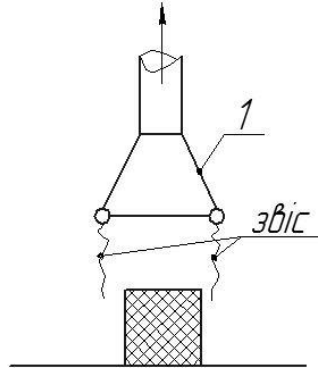


Рисунок 2.2– Схема витяжного ковпака з обвісами

1 - витяжна ковпак над джерелом прямокутного перерізу в плані.

Обвіси можуть виконуватися з 1, 2, 3, 4 ступок ковпака. Матеріал обвісів – щільна гумова тканина.

Для витяжних вентиляційних ковпаків з одним зв'ісом, тобто відкритих із трьох сторін, швидкість всмоктування повітря приймається в межах 0,9...1,0 м/с. Для парасольок із двома обвісами, тобто відкритих із 2-х сторін, швидкість всмоктування приймається 0,8...0,9 м/с. Для ковпаків зі зв'ісами, відкритими з одного боку, швидкість всмоктування 0,5...0,8 м/с.

З метою зниження об'ємів повітря, яке видаляється витяжним вентиляційним ковпаком, можуть застосовуватися витяжні ковпаки з конічними вставками, рис. 2.3.

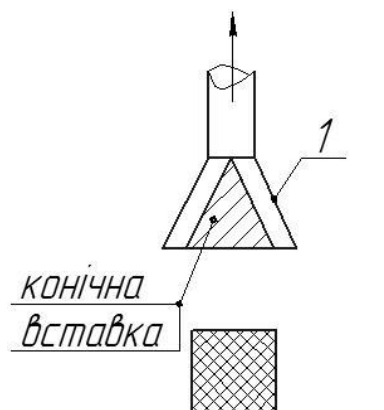


Рисунок 2.3 – Схема ковпака з конічними вставками

2.2 Місцеві відсмоктувачі для електрозварювальних робіт

Нині у промисловості застосовують кілька видів зварювання, під час яких в навколишнє середовище виділяється велика кількість тепла, газів та зварювальних аерозолів.:

Під час ручного електродугового зварювання метали, які зварюються, нагріваються до температури плавлення. Спосіб базується на виникненні електричної дуги між деталлю та електродом і може бути ручним, напівавтоматичним чи автоматичною. В автоматичному зварюванні під флюсом електрична дуга прихована під шаром флюсу. Зварювання електричною дугою супроводжується виділенням у повітря теплоти, газів та пилу. При цьому над електричною дугою виникає конвективний потік повітря, який містить пил та газ.

При контактному зварюванні метали нагріваються до стану розм'якшення. Воно може бути точковим, роликним, газопресовим. При достатній чистоті поверхонь зварюваних деталей процес зварювання супроводжується лише виділенням теплоти.

Під час ручного електродугового зварювання на стаціонарних зварювальних постах, включаючи зварювання в кабінах, найбільш ефективним способом вентиляції є місцева витяжна вентиляція, яка виконується у вигляді повітроприймачів відповідної конструкції.

Враховуючи, що в більшості випадків зварювальникові доводиться працювати, нахилившись над електричною дугою, місцева витяжка шкідливих речовин від зварювального посту повинна, перш за все, (рис. 2.4,а) відхилити електрозварювальний факел від зони дихання зварювальника. Витяжні вентиляційні ковпаки (рис. 2.4,б) з вертикальним напрямом повітряних потоків в даному випадку є не ефективними, так як при їх використанні повітря, яке видаляється, містить пил і гази та неминуче проходить через зону дихання зварювальника.

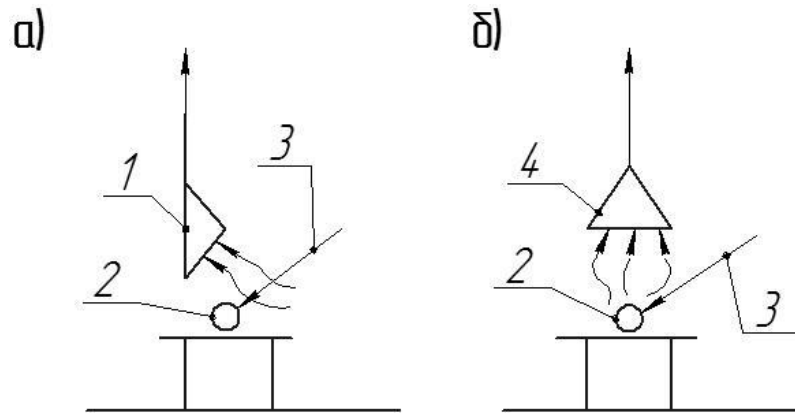


Рисунок 2.4—Схема відхилення потоку аерозолію

1 – бічний витяжний ковпак; 4 – вертикальний витяжний ковпак; 2 – зварювані деталі; 3 – зварювальник.

В інженерній практиці місцеву витяжну вентиляцію виконують у вигляді широких бічних відсмоктувачів, які знаходяться над столами або кондукторами, призначеними для фіксації деталей під час зварювання з боку, протилежному зварювальнику. Бічні відсмоктуючі панелі виконуються у вигляді повітроприймачів рівномірного всмоктування у фронтальній площині в яких є решітки для видалення повітря. На рис.2.5 показана схема похилої панелі рівномірного всмоктування над столом для зварювання деталей (конструкції С.А. Чорнобережського).

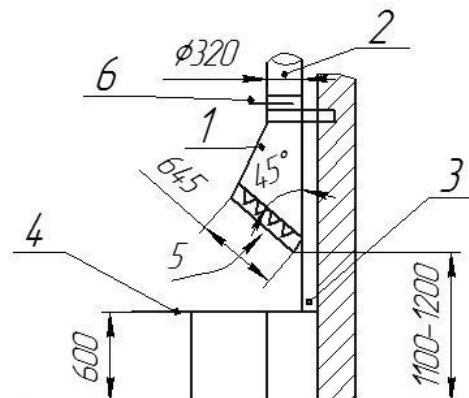


Рисунок 2.5 - Схема похилої панелі рівномірного всмоктування

1 – повітроприймач у вигляді панелі рівномірного всмоктування;
 2 – повітропровід, приєднаний до системи місцевої витяжної вентиляції;
 3 – бічний щиток, який сприяє підвищенню ефективності роботи відсмоктування; 4 – стіл зварювальника; 5 – схема руху повітря по повітроприймачу; 6 – шиберна засувка.

Для забезпечення ефективного видалення повітря від місця зварювання швидкість всмоктування повітря в живому перерізі панелі, яка становить приблизно 25 % від габаритних розмірів панелі, повинна знаходитися в межах 3...4 м/с, при цьому значення буде спостерігатися в зоні знаходження зварювальника на відстані близько 0,7 м від панелі швидкість повітря приблизно дорівнює 0,5 м/с. Експериментально встановлено допустимі концентрації шкідливих речовин на робочих місцях зварювальника при зварюванні електродами з якісним покриттям на відстані від панелі 600...700 мм буде спостерігатися при витраті повітря $L = 3200...3300 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{на } 1 \text{ м}^2$ панелі, яка знаходиться біля стіни (рис. 2.5) та приблизно $L = 5000...7000 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{на } 1 \text{ м}^2$ панелі, яка знаходяться далеко від стіни.

Під час зварювання габаритних деталей, коли зварювальнику в процесі роботи доводиться обходити їх з усіх боків, конструкція місцевої витяжки (рис.2.5) не застосовується. Для цих умов може використовуватися двосторонні відсмоктувачі, які встановлюються на поворотній консолі.

2.3 Теоретичні залежності визначення параметрів вентиляційного обладнання для зварювальних робіт

Системи місцевої витяжної вентиляції у технологічних процесах зварювання та різання металів набули найбільшого поширення у вигляді місцевих відсмоктувачів, які завдяки своїй конструкції є максимально наближеними до джерела виділення шкідливих речовин і розташовуються таким чином, щоб зварювальний пил та газу відхилялися від обличчя зварювальника.

Для оцінки ефективності роботи місцевих відсмоктувачів використовується оціночний коефіцієнт $\eta_{\text{МО}}$:

$$\eta_{\text{МО}} = m_{\text{МО}} / m_{\text{ВР}}, \quad (2.2)$$

де $m_{\text{МО}}$ - кількість виділених шкідливих речовин, які видаляються місцевим відсмоктувачем;

$m_{\text{ВР}}$ - кількість виділених шкідливих речовин;

Для якісної очистки зони зварювання від шкідливих речовин (аерозолів та диму) необхідно забезпечити умову $\eta_{MO} \geq 0,75$. Кількість шкідливих речовин, які залишилися, повинні розбавлятися повітрям до ГДК загальнообмінною вентиляцією.

Витрата повітря, яка видаляється місцевим відсмоктувачем визначається за формулою [15]:

$$L = 3600 \cdot F_o \cdot v_o, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (2.3)$$

де F_o - площа всмоктуючого отвору місцевого відсмоктувача, м^2 ;

v_o - швидкість повітря в цьому отворі, м/с .

Площу F_o і його форму вибирають з конструктивних міркувань в залежності від виду зварювання чи різання, використовуваного обладнання та інших параметрів. Швидкість v_o знаходиться з умов забезпечення заданої швидкості повітря v_x в зоні зварювання на відстані x (в метрах) від центру всмоктуючого отвору.

Величина v_o має бути:

- при ручному зварюванні $\geq 0,5 \text{ м/с}$;
- при зварюванні у вуглекислому газі $\leq 0,5 \text{ м/с}$;
- при зварюванні в інертних газах $\leq 0,3 \text{ м/с}$;
- при плазмовому та газовому різанні титанових сплавів і низьколегованих сталей відповідно $\geq 1,00 \text{ м/с}$ та $\geq 1,4 \text{ м/с}$;
- при плазмовому різанні алюмінієвомагнієвих сплавів і високолегованих сталей $\geq 1,8 \text{ м/с}$;
- при плазмовому напиленні $\geq 1,3 \text{ м/с}$;
- при заточуванні торованих вольфрамових електродів $\geq 1,3 \text{ м/с}$.

Для місцевого відсмоктувача найпростішої форми швидкість v_o визначають за такими формулами:

- для круглих та квадратних отворів без екрана

$$v_o = 16 \cdot v_x \cdot (x/d)^2, \quad (2.4)$$

- для круглих та квадратних отворів з екраном

$$v_o = 8 \cdot v_x \cdot (x/d)^2, \quad (2.5)$$

де d - діаметр круглого отвору або гідравлічний діаметр для квадратного отвору, м;

- для прямокутних отворів щілинної форми шириною b :

$$v_o = 6 \cdot v_x \cdot x/b, \quad (2.6)$$

При $x < 0,5d$ і $x < 0,5b$ для визначення можна використовувати графіки, показані на рис. 2.6, де наведені спектри відносних швидкостей всмоктування $V = v_x / v_o \cdot 100 \%$ для різних всмоктувальних отворів (а і г - круглий і кільцевий отвори; б, в - отвори щілинної форми з співвідношенням сторін 1:10 при горизонтальному розташуванні та у просторі).

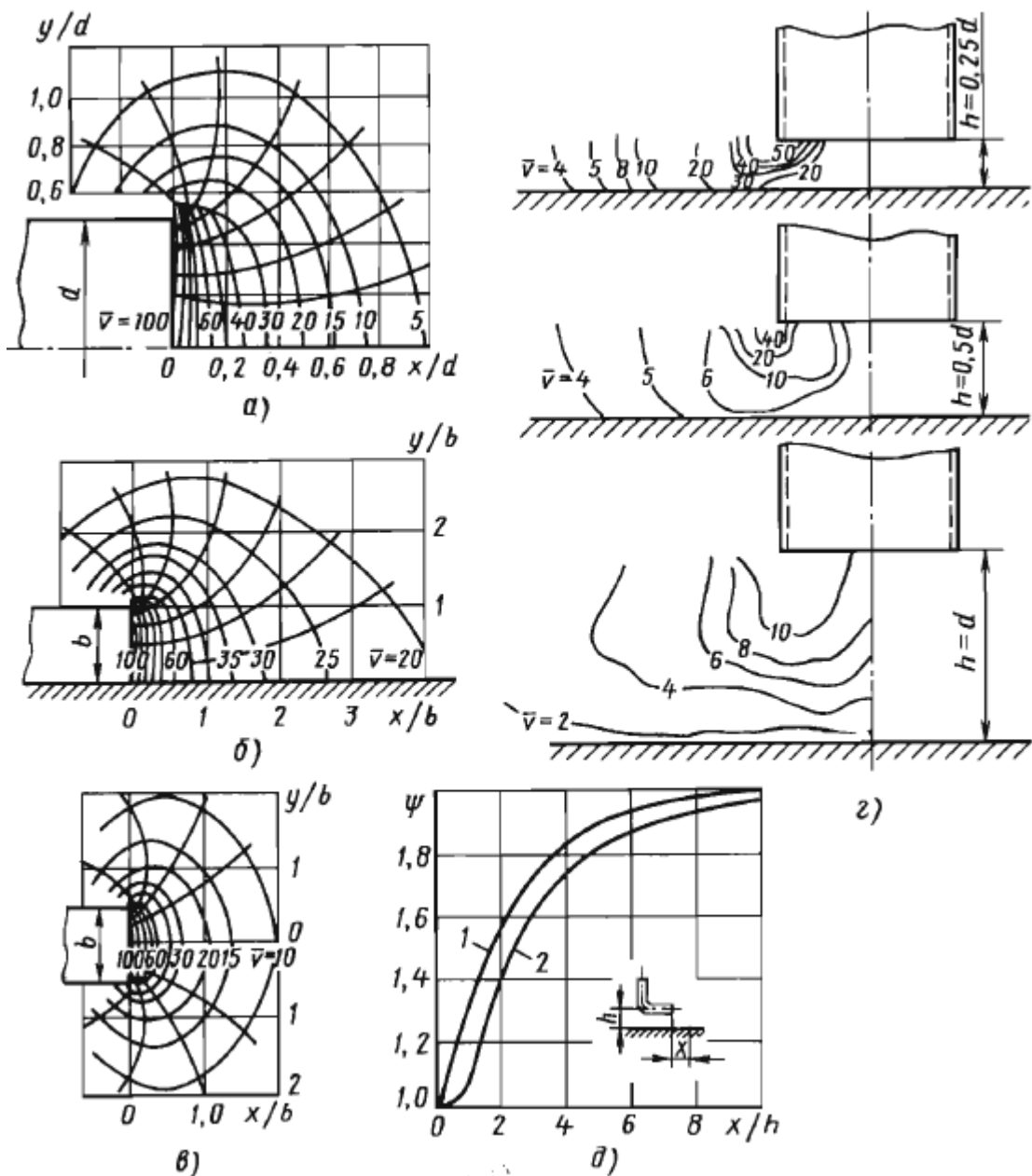


Рисунок 2.6 - Графіки для визначення відносної швидкості всмоктування:

1 і 2 - щілинний і круглий отвори.

У такому випадку

$$v_o = 100 \cdot v_x / V \cdot \psi. \quad (2.7)$$

Для щілинних та круглих отворів, розташованих поблизу обмежувачих поверхонь для формули (2.7) значення ψ вибирають з рис. 2.6,д.

Для механізованого та ручного зварювання дрібних виробів місцева витяжна вентиляція застосовується у вигляді зварювальних столів (С100, ССН-1 та ін.) з вбудованими місцевими відсмоктувачами, які випускаються у двох варіантах: з вбудованим вентилятором (рис. 2.6,а) і для приєднання до цехової системи місцевої витяжної вентиляції.

На стаціонарних зварювальних постах застосовують витяжні панелі (рис. 2.6,б,в). Витрата повітря визначається з розрахунку 3300 м³/год на 1 м² площі панелі.

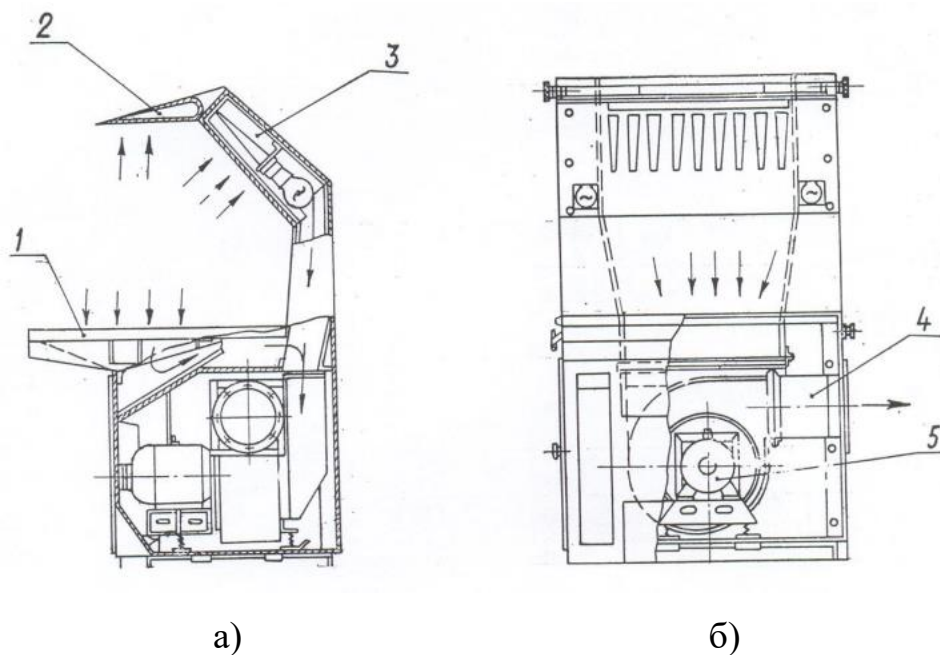


Рисунок - 2.7. Стіл зварника з вмонтованою вентиляцією

а – конструктивна схема; б – загальний вигляд

1 – нижня всмоктувальна решітка; 2 – поворотний дашок; 3 – похила панель рівномірного всмоктування; 4 – патрубок; 5 – вентиляційний агрегат

При зварюванні виробів довжиною до 2...3 м використовують підйомно-поворотні повітроприймачі.

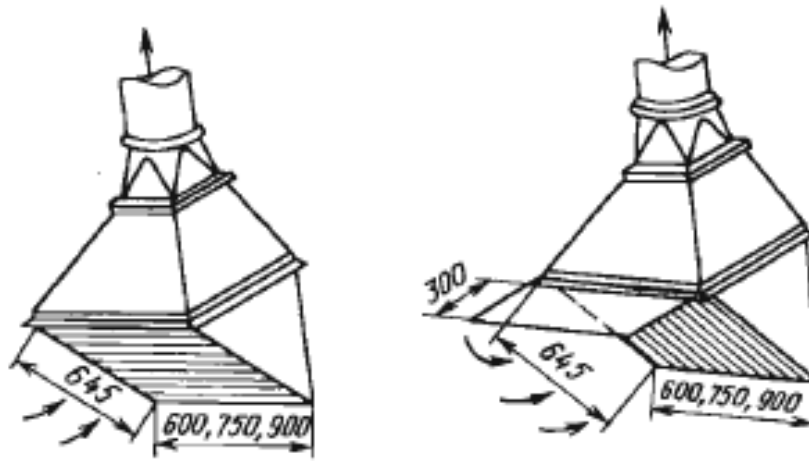


Рисунок 2.8 - Витяжні панелі

При зварюванні в замкнутому просторі витяжка повітря здійснюється через гнучкий шланг, приєднаний до всмоктуючого повітроводу загальноцехової витяжної системи. Допустима подача повітря під маску зварювальника має бути рівною 110...140 л/хв[10].

Під час зварювання під флюсом застосовують щілинні воронкоподібні повітроприймачі (рис. 2.9), які встановлюються на висоті 40...50 мм над поверхнею флюсу.

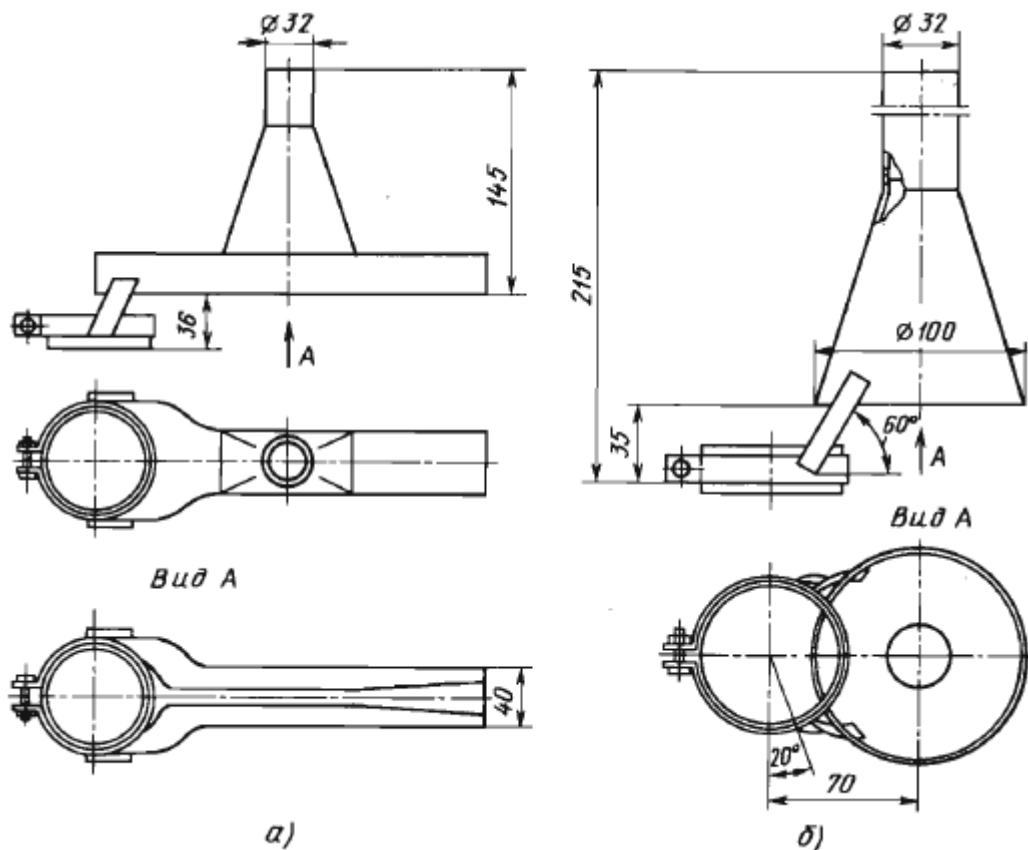


Рисунок 2.9 - Повітроприймачі для зварювання під флюсом

Витрата повітря для таких систем визначається за формулою:

$$L = 123\sqrt{I}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.8)$$

де I - сила зварювального струму, А.

Схеми повітроприймачів, вбудованих в зварювальні пальники для механізованого зварювання захисних газів показані на рис. 2.10. Джерелами створення відсмоктуючого вакууму в місцевих відсмоктувачах при зварюванні в захисних газах найчастіше є водокільцеві вакуумні насоси типу ВВН.

2.4 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції мобільними установками

Проектний розрахунок передбачає визначення витрати повітря, необхідної для видалення газів від установки для автоматичного зварювання в CO_2 .

Повітроприймач виконаний у вигляді циліндричної воронки з всмоктуючим отвором діаметром $d = 50$ мм ($F_o = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$) і розташований на висоті $h = 50$ мм над зварюваним виробом.

Відстань по горизонталі від точки зварювання до осі приймача $x = 50$ мм. Допустима швидкість повітря біля точки зварювання $v_x = 0,5$ м/с.

Витрату повітря, яке видаляється з зони зварювання, визначаємо за наведеними вище формулами.

Відносна швидкість $V = 5$ м/с при $x/d = 1$ (див. рис. 2.6, а).

Коефіцієнт $\psi = 1,1$ при $x/h = 1$ (див. рис 2.6, д).

Тоді

$$L = 3600 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 0,5 / (5 \cdot 1,1) = 64 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Машини для контактного зварювання потужністю до 150 кВ·А повинні бути обладнані місцевими відсмоктувачами, а машини з безперервним оплавленням потужністю 150...500 кВ·А – витяжними шафами-укриттями.

При ручному або машинному термічному різанні застосовується місцева витяжна вентиляція у вигляді розкрюювальних столів з вбудованими секційними системами відсмоктування газів, розташованими з одного боку при

ширині столу до 1,5 м і з двох боків або всередині, вздовж осі столу, при ширині > 1,5 м.

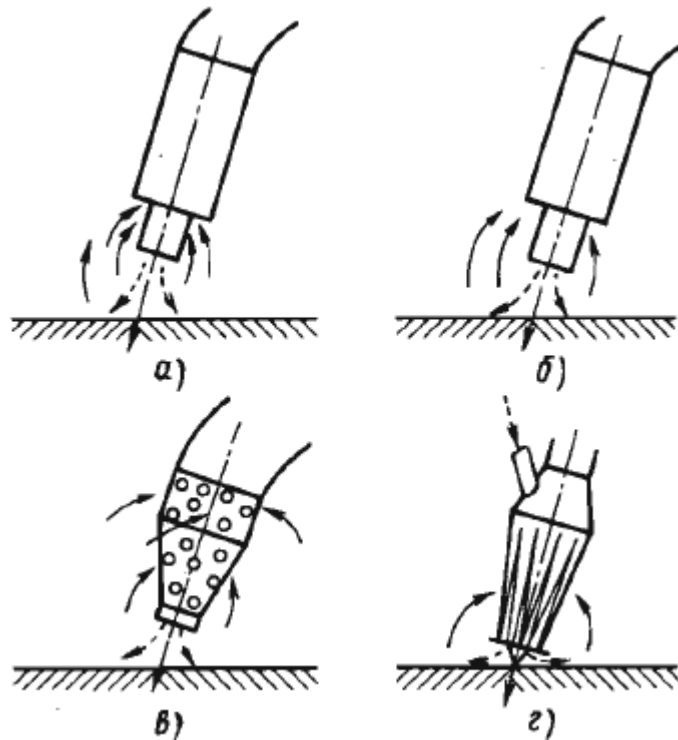


Рисунок 2.10 - Повітроприймачі при зварюванні в захисних газах
 а і б - відповідно кільцевий симетричний та асиметричний;
 в - конічний дірчастий; г - конусно-щільний;
 ---- відсмоктуючий аерозоль; - - - - захисний газ.

Витрата повітря, яке видаляється такою системою визначається за формулою:

$$L = L_1 \cdot F \cdot (n_{\text{вкл}} + 0,1 \cdot n_{\text{викл}}), \quad (2.9)$$

де L_1 - витрата повітря, яка видаляється з 1 м² площі розкрювального столу;

$L_1 = 2500$ м³/год - при газовому різанні;

$L_1 = 4000$ м³/год - при плазмовому різанні;

F - площа столу, яка обслуговується однією секцією відсмоктуючої системи;

$n_{\text{вкл}}$ і $n_{\text{викл}}$ - кількість одночасно включених та відключених секцій відсмоктуючої системи.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1 Загальна характеристика ділянки

В роботі пропонується розробка системи вентиляції для приміщення ділянки електродугового зварювання та теплової обробки металів. Будівля, в якій розташована ділянка, має загальну площу рівну 540 м² (розміри приміщення 18×30 м). Робоча площа будівлі – 340 м².

У будівлі є такі приміщення: робоча зона, зона відпочинку, зона зберігання. Розташування ділянки показано на рис. 3.1. На ділянці одночасно можуть працювати 10 робітників.

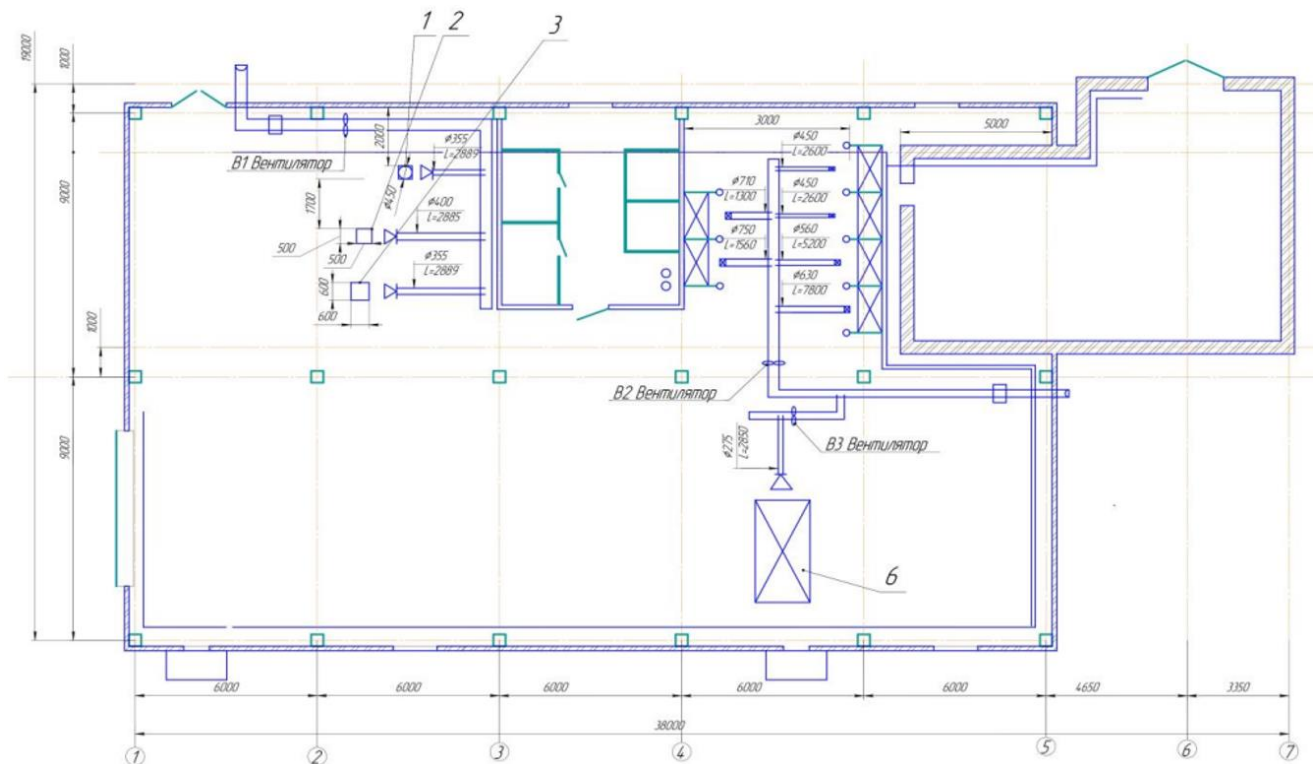


Рисунок 3.1 – План приміщення ділянки електродугового зварювання та теплової обробки металів

У робочій зоні розташоване обладнання для зварювання, різання та нагрівання різних видів металу (зварювальні апарати аргонодугового зварювання в кількості 7 шт., апарат плазмового різання металу з використанням аргону в кількості 1 шт., металургійні печі з температурою нагрівання до 1300°С у кількості 3 шт.). Категорія робіт у приміщенні – Пб,

ТНС-індекс (індекс теплового навантаження середовища, що характеризує поєднання впливу на людину параметрів мікроклімату) – 19,5-23,9; інтенсивність енерговитрат під час виконання робіт – 233-290 Вт.

Для цього виду робіт встановлено такі показники мікроклімату приміщення (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Оптимальні величини показників мікроклімату на робочих місцях виробничих приміщень

Пора року	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	17-19	16-20	60-40	0,2
Тепла	19-21	18-22	60-40	0,2

Опалення здійснюється від центральної теплоцентралі. Освітлення будівлі відбувається за рахунок світлодіодних світильників Smartbuy (потужність 40 Вт, ступінь захисту IP65). Всього в приміщенні розташовано 65 світильників.

3.2 Характеристика обладнання дільниці

У робочій зоні дільниці електродугового зварювання та теплової обробки металів розташовані індивідуальні зварювальні кабінки у кількості 7 шт. У кожній кабінці розташоване зварювальне напівавтоматичне обладнання марки "Logch" серії "TIX". Для зварювання використовують вуглекислий газ та аргон, який зберігаються в балонах. Зварювальні роботи виконуються як з чорними металами, так і з алюмінієм.

У процесі роботи у повітря потрапляє досить велика кількість зварювальних аерозолів, тому над робочими столами зварювальної кабінки встановлені витяжні ковпаки.

В приміщенні встановлено портативну систему для плазмового різання «THERMACUT». При роботі на плазморізі відбувається сильне задимлення повітря за рахунок виділення висока концентрація твердих частинок, тому над

цим обладнанням необхідно встановлювати витяжні ковпаки. Кількість та склад небезпечних речовин залежать від складу заготовки та вибраних параметрів різання. При великих струмах та високих швидкостях різання в одиницю часу проводиться значно більше частинок.

Також в робочій зоні приміщення знаходяться металургійні печі, призначені для теплової обробки металів – печі марок СШОЛ 35/11, ЕКСП-50 та вакуумна електропіч "Татмана".

У процесі роботи на цих апаратах відбувається викид продуктів згоряння, таких як пилу мінерального походження, містять діоксид кремнію, а також оксиди хрому та марганцю, які є канцерогенними речовинами в атмосферу робочого приміщення, тому над ними встановлені витяжні ковпаки.

Вільна зона приміщення використовується для зберігання конструкційних матеріалів та готової продукції.

3.3 Характеристика системи вентиляції

Для описаного в п. 3.1 та 3.2 приміщення з надлишковим виділенням у повітря тепла та пилу, найбільш ефективною системою вентилявання є встановлення механічної (штучної) вентиляційної мережі. У зв'язку з цим проектним рішенням пропонується встановити у будівлі комбіновану припливно-витяжну систему вентиляції. У зоні проведення робіт проектним рішенням пропонується місцеву витяжну вентиляцію для відбору шкідливих викидів безпосередньо з місця їх утворення; по периметру приміщення провести загальну припливну вентиляцію для розрідження концентрації не видалених місцевою вентиляцією шкідливих речовин та забезпечення нормованих показників мікроклімату приміщення.

Для функціонування вентиляційної системи в будівлі пропонується застосування кількох режимів роботи:

- нормальний (під час перебування у приміщенні робітників);
- посилений (під час проведення робіт в приміщенні);
- нульовий (у неробочі зміни);

- реверсивний (для роботи в умовах НС чи аварій).

Для проектування вентиляційної мережі пропонуємо використовувати поперечну схему повітрообміну для припливу чистого повітря відповідно до вимог [2, 5, 22, 23].

Проаналізувавши наявні на ринку вентиляційних систем пропозиції та з урахуванням даних, отриманих у п. 1.3, використовуємо для даного приміщення наступне обладнання:

- Вентиляційна установка Salda RIRS 3000 HW;
- Повітряний фільтр-бокс Shuft з фільтром FBCr 250;
- Вентилятор моделі ВР 280-46-2,5;
- витяжні пристрої – місцеві відсмоктувачі КУА-200-2S.

Вентиляційна установка Salda RIRS 3000 HW призначена для підігріву припливного повітря за допомогою використання тепла вже відпрацьованого повітря, я видаляється вентиляцією. Роторний рекуператор RIRS представляє собою металевий циліндр, у якому розташована шарами спеціальна профільована сталь. Циліндр кріпиться на осі вентиляційного агрегату. У процесі обертання барабана ротор переміщається між припливним та витяжним трактом агрегату. Пластини утилізатора нагріваються витяжним та охолоджуються припливним повітрям. Вентиляційна система RIRS фільтрує, підігріває, здійснює подачу чистого та видалення брудного повітря. Роторний теплообмінник повертає тепло і вологу назад в приміщення приміщення. Технічні характеристики вентиляційної установки наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики вентиляційної установки

Salda RIRS 3000 HW

Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Максимальна продуктивність	м ³ /Год	3000
Маса	кг	410
Потужність	кВт	11,2
Споживана потужність	кВт	2,50
Напруга	В	220
Тип калориферу		водяний

Вентилятор відцентровий ВР 280-46-2,5 призначений для вентиляції повітря в найрізноманітніших за площею та призначенням приміщеннях. Встановлюється у звичайних вентиляційних та опалювальних системах. Використовується у виробничих технологічних установках.

Відцентрові вентилятори цього типу розраховані на переміщення малозапилених повітряних мас та газоповітряних сумішей (з вмістом у них пилу до $0,1 \text{ г/м}^3$), з температурою до 80°C для стандартних вентиляторів та до 120°C – для теплостійких, без волокнистих, липких, вибухонебезпечних компонентів. Технічні характеристики відцентрового вентилятора ВР 280-46-2,5 наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики відцентрового вентилятора
ВР 280-46-2,5

Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Габаритні розміри	мм	460x190x198
Маса	кг	53
Потужність	кВт	7,5
Частота обертання	об/хв	3000
Повний тиск	Па	1600-2000
Максимальна продуктивність	$\text{м}^3/\text{год}$	2000

Повітряні фільтри серії FBC призначені для очищення від пилу зовнішнього та рециркуляційного повітря в системах припливної та витяжної вентиляції. Повітря, що фільтрується, не повинно містити агресивних газів і парів. Корпус фільтра виготовлений з оцинкованої сталі. В якості фільтруючих вставок використаний синтетичний матеріал. Корпус фільтра забезпечений круглими патрубками з гумовими ущільнювачами для приєднання до інших елементів системи. Технічні характеристики повітряного фільтра Shuft з фільтром FBCr 250 наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики повітряного фільтр-боксу

Shuft із фільтром FBCr 250

Характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
Габаритні розміри	мм	390x328x310
Маса	кг	4,5
Перетин	мм	250
Тип фільтра		панельний
Призначення фільтра		повітряний

Витяжний пристрій підвищеної продуктивності KUA-200 призначено для видалення різних видів диму, пилу, газів, аерозолів та інші шкідливі речовини від локального джерела виділення. Витяжний пристрій експлуатується у складі системи витяжної вентиляції, а також може підключатися безпосередньо до індивідуального вентилятора або до фільтра повітря. Температура повітряного середовища, яке переміщається, не повинна перевищувати 70°C.

3.4 Розробка схеми вентиляції

Приймаючи до уваги обрані вище спосіб вентиляції, вентиляційний режим та організацію повітрообміну приміщення, а також розміри приміщення та місця виділення шкідливих речовин, необхідно розробити схему вентиляції.

Для розрахунку параметрів системи вентиляції необхідно збудувати аксонометричну схему даного проекту. Креслення представлено на рис. 3.2. Система вентиляції складається з трьох окремих гілок, для кожної з яких необхідно здійснити розрахунки.

3.4.1 Розрахунок системи вентиляції у зоні металургійної печі

В даній зоні у нас відбувається інтенсивне виділення теплоти та забруднення повітря. Магістраль позначено на схемі а-б-в-г-д.

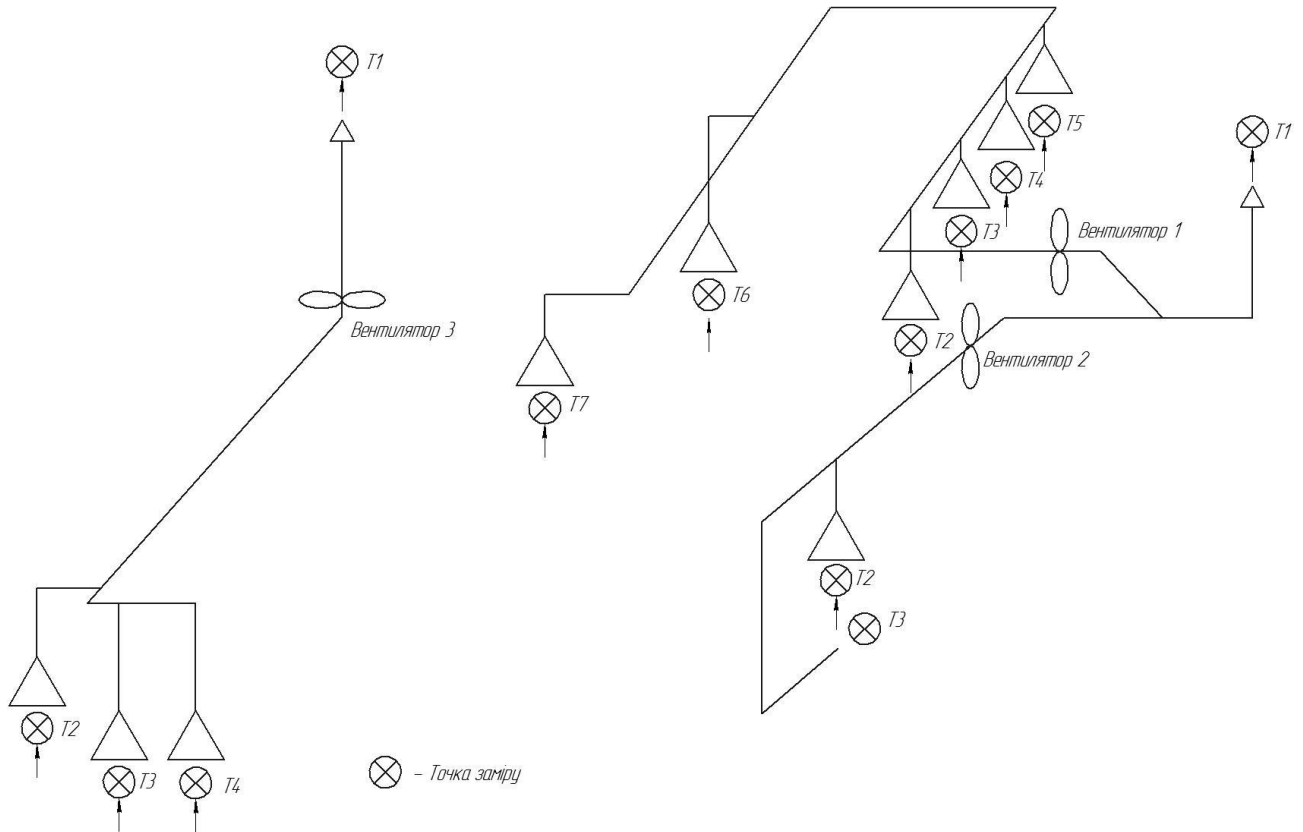


Рисунок 3.2 – Схема вентиляції приміщення

Для визначення повітря при надлишку тепла для його видалення вважають за формулами (3.1-3.10):

$$L = V \cdot F \quad (3.1)$$

де F – площа відкритого отвору, м^2 .

$$A = a + 0,8 \cdot H \quad (3.2)$$

$$B = b + 0,8 \cdot H \quad (3.3)$$

де A та B – розміри ковпака, м;

H - відстань від обладнання до низу ковпака, м;

a та b – розміри джерела шкідливих викидів, м,

$$H \leq 1,5 \sqrt{F} \quad (3.4)$$

Розміри джерела виділення шкідливих речовин дорівнюють $a = 0,4$ м та $b = 0,6$ м.

Беручи до уваги дані обладнання та мікроклімату за формулами (3.2-3.4) розрахуємо:

$$H = 1,5 \cdot \sqrt{0,4} \cdot \sqrt{0,6} = 0,73 \text{ м,}$$

$$A = 0,4 + 0,8 \cdot 0,73 = 0,98 \text{ м,}$$

$$B = 0,6 + 0,8 \cdot 0,73 = 1,18 \text{ м.}$$

Дані за розрахунками вносяться до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Дані для розрахунку повітроводу

№ ділянки	l, м	L, м ³ /год	d, мм	V, м/с	Сш	л/d	P _{гр} , Н/м ³	P _{м.с.} , Н/м ³	ζ	P _д , Н/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А	4,57	1442,6	280	6,5	1,070	0,062	7,68	49,43	1,95	57,11
Б	5,5	2885,2	400	6,3	1,068	0,045	10,49	9,52	0,4	20,01
В	1,5	2889,7	355	8,1	1,078	0,043	2,73	-	-	2,73
Г	1,5	2894,2	315	10,3	1,090	0,049	5,09	-	-	5,09
Д	8	2898,7	280	13,1	1,110	0,053	48,45	41,18	0,4	89,63
5	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
4	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
3	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
2	2,57	1442,6	280	6,5	1,070	0,062	7,68	22,81	0,9	30,49

Інтервал для швидкостей магістралі розраховується за формулою:

$$\Delta V_d = \frac{12-6}{5-1} = 1,5 \text{ м/с}$$

За результатом розрахунку приймаємо приблизну швидкість повітря по шляхах магістралі а, б, в, г, д відповідно 6, 7, 5, 9, 10,5, 12 м/с.

Діаметр повітроводу (круглого перерізу) розраховуємо за формулою (3.5):

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{3600 \cdot \pi \cdot V_{pp}}} \text{ м,} \quad (3.5)$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot 1442,6}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,5}} = 0,28 \text{ м,}$$

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot 2885,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,3}} = 0,403 \text{ м,}$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 2889,7}{3600 \cdot 3,14 \cdot 8,1}} = 0,355 \text{ м,}$$

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot 2884,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot 10,3}} = 0,315 \text{ м,}$$

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2898,7}{3600 \cdot 3,14 \cdot 13,1}} = 0,279 \text{ м,}$$

$$d_{5,4,3} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,5}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,056 \text{ м,}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1442,6}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,5}} = 0,28 \text{ м,}$$

Відповідно до ГОСТ 24751-81 підбираємо трубопроводи номінального діаметра, який має бути більшим або дорівнює розрахунковому. Результати представлені у таблиці 3.5.

Фізична швидкість руху повітря у трубопроводі на ділянках наведено у таблиці 3.5.

Для подальших обчислень необхідно визначити поправочний коефіцієнт $C_{ш}$, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні повітропроводів і залежить від швидкості повітря та абсолютної шорсткості стінок K . Стінки повітропроводу будуть вироблятися з оцинкованої сталі. У цьому випадку абсолютна шорсткість стін складе 0,2 мм. Виходячи з цього поправочний коефіцієнт змінюватиметься залежно від розрахункової швидкості повітря від 1,008 до 1,110. Усі значення занесені до стовпчик 6 таблиці 3.5.

Втрати тиску в мережі розраховуємо виходячи з даних таблиці 3.5. Для розрахунків також необхідно визначити умовний коефіцієнт тертя (L/d).

Значення представлені для стандартних умов повітря та занесені до стовпця 7 таблиці 3.5.

Втрати тиску на подолання опору тертя розраховується за формулою (3.4):

$$P_{тра} = 1,070 \cdot 4,57 \cdot 0,062 \cdot 1,2/2 \cdot 6,5^2 = 7,68 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр б} = 1,068 \cdot 5,5 \cdot 0,045 \cdot 1,2/2 \cdot 6,3^2 = 10,49 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр в} = 1,078 \cdot 1,5 \cdot 0,043 \cdot 1,2/2 \cdot 8,1^2 = 2,73 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр г} = 1,090 \cdot 1,5 \cdot 0,049 \cdot 1,2/2 \cdot 10,3^2 = 5,09 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр д} = 1,110 \cdot 8 \cdot 0,053 \cdot 1,2/2 \cdot 13,1^2 = 48,45 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр 5,4,3} = 1,008 \cdot 2 \cdot 0,400 \cdot 1,2/2 \cdot 0,5^2 = 0,12 \text{ Н/м}^2,$$

$$P_{тр 2} = 1,070 \cdot 2,57 \cdot 0,062 \cdot 1,2/2 \cdot 6,5^2 = 7,68 \text{ Н/м}^2.$$

Також необхідно розглянути ділянки з місцевим опором.

На ділянці є такі місцеві опори:

- місцевий відсмоктування з коефіцієнтом місцевого опору $\zeta=1,3$;
- відгалуження під кутом 90° з відношенням $d_r = 1,0$, що має коефіцієнт $\zeta=0,4$;
- індивідуальна заслінка, що має коефіцієнт $\zeta=0,0-100$ в залежно від ступеня відкриття; у робочому режимі коефіцієнт опору приймається рівним $\zeta=0,0$;

- дифузор з поступовим розширенням має коефіцієнт $\zeta=0,25$.

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці дорівнює:

$$\sum \zeta = 1,30 + 0,40 + 0,25 + 0,00 = 1,95.$$

Для ділянки Б визначено такі місцеві опори:

- трійник на вихід із співвідношенням $= 1,0$ з коефіцієнтом на прохід $\zeta=0,0$;

- відгалуження під кутом 90° із співвідношенням $= 1,0$, що має коефіцієнт $\zeta=0,4$;

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці дорівнює:

$$\sum \zeta = 0,4.$$

На ділянках в, г місцевий опір відсутній.

На ділянці д, є такі місцеві опори:

- відгалуження під кутом 90° із ставленням $= 1,0$, що має коефіцієнт $\zeta=0,4$;

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці дорівнює:

$$\sum \zeta = 0,4.$$

Значення сумарних місцевих опорів на відгалуженнях представлені у стовпці 10 таблиці 3.5.

Підрахунок втрат тиску на подолання місцевих опорів на кожній ділянці зробимо за формулою:

$$P_{\text{м.с.а}} = 4,57 \cdot 0,6/2 \cdot 6,5^2 = 49,42 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{м.с.б}} = 5,5 \cdot 0,6/2 \cdot 6,3^2 = 9,52 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{м.с.л}} = 8 \cdot 0,6/2 \cdot 13,1^2 = 41,18 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{м.с.5,4,3}} = 2 \cdot 0,6/2 \cdot 0,5^2 = 0,4 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{м.с.2}} = 2,57 \cdot 0,6/2 \cdot 6,5^2 = 22,81 \text{ Н/м}^2$$

Результати розрахунків занесено до рядка 9 таблиці 3.5. Втрати тиску на кожній ділянці обчислюються за формулою (3.5):

$$P_{\text{д а}} = 7,68 + 49,43 = 57,11 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д б}} = 10,49 + 9,52 = 20,01 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д в}} = 2,73 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д г}} = 5,09 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д д}} = 48,45 + 41,18 = 89,63 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д 3,4,5}} = 0,12 + 0,4 = 0,52 \text{ Н/м}^3$$

$$P_{\text{д 2}} = 7,68 + 22,81 = 30,49 \text{ Н/м}^3$$

Результати розрахунків занесено до рядка 9 таблиці 3.5.

Втрати тиску кожному ділянці обчислюються за такою формулою (10):

$$R_c = \frac{\frac{206,62}{2898,7}}{3600} = 318,85 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$$

З урахуванням коефіцієнта запасу витрати $K_3=1,1$, розрахункова продуктивність вентилятора обчислюється за формулою:

$$L_{в.р.} = 1,1 \cdot 2898,7 = 3188,57 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для вибору вентилятора необхідно побудувати характеристику мережі. За формулою обчислюємо необхідне значення створюваного вентилятором тиску. Розрахунковий тиск дорівнює $P_{в.р.} = 248,7 \text{ Н/м}^2$. Підбираємо вентилятор, який працюватиме при такому навантаженні. Для роботи спиратимемося на робочі характеристики промислового вентилятора низького тиску ВР86-77М-3,15[10]. Характеристика вентилятора представлена рисунку 3.6.

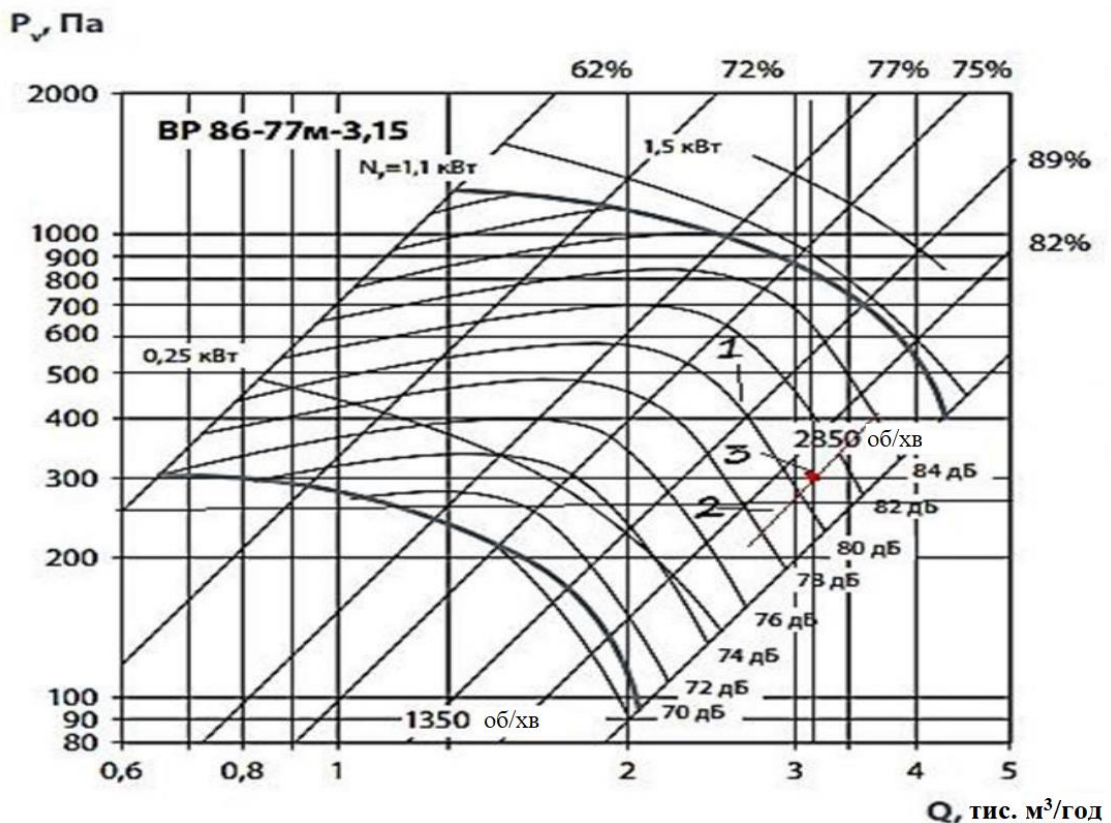


Рисунок 3.6 – Робоча характеристика вентилятора ВР86-77М-3,15:

- 1 – характеристика мережі; 2 – характеристика вентилятора; 3 – розрахунковий режим роботи

Число оборотів вентилятора складе 2000 хв⁻¹. Потужність вентилятора становитиме 0,3 кВт, ККД=80%.

3.4.2 Розрахунок системи вентиляції у зоні зварювальних апаратів

Для вентиляції цієї зони заплановано повітропровід, який об'єднує сім відсмоктувачів. Після забору забрудненого повітря, за допомогою вентилятора загальному трубопроводу він надходить на фільтр очищення і надалі очищене повітря викидається в атмосферу. Результати обчислень зводяться у таблиці 14. При механічному збудженні руху повітря допускається швидкість повітря (V_{max}) у магістральних шляхах до 12 м/с, у відгалуженнях (V_{min}) – до 6 м/с. Приріст швидкості повітря при переході від однієї ділянки до іншої визначають за формулою (3.6):

$$\Delta V_d = \frac{V_{max} - V_{min}}{n-1}, \text{ м/с (3.6)}$$

де n – кількість ділянок магістралі

$$\Delta V_d = \frac{12-6}{7-1} n = 1, \text{ м/с}$$

Таблиця 3.6 - Дані для розрахунку повітропроводу

№ ділянки	l, м	L, м ³ /год	V мм	d, мм/с	Cш	λ/d	Pтр, Н/м ³	Z	Pм.с. Н/м ³	Pуч, Н/м ³
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13
А	5	2600	4,5	450	1,055	0,039	2,49	1,95	11,86	714,35
Б	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
В	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
Г	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
Д	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
Е	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
Ж	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
8-9	0,2	5200	5,8	560	1,064	0,029	0,12	0,6	2,02	2,14
9-10	1,5	7800	7,1	630	1,072	0,022	1,06	0,6	9,07	10,13
10-11	0,2	10400	8,4	670	1,088	0,022	0,20	0,6	12,70	12,90
11-12	1,5	13000	9,3	710	1,085	0,017	1,43	0,6	15,56	16,99
12-13	1,7	15600	9,9	750	1,087	0,017	1,84	0,6	17,64	19,48
12-14	8	18200	10,2	800	1,089	0,017	9,24	2	18,72	20,56

Наближені значення швидкості для ділянок 1-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-21 приймемо відповідно 5, 6, 7, 8, 9, 10 та 11 м/с.

Розрахунковий діаметр трубопроводу визначають за формулою (3.7):

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot L}{3600 \cdot \pi \cdot V_{пр}}}, \text{ м} \quad (3.7)$$

де, L - Витрата повітря на ділянці (рядок 3 таблиці 3.6);

$V_{пр}$ – прийнята швидкість руху повітря дільниці.

$$d_{1-8} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 5}} = 0,43 \text{ м},$$

$$d_{8-9} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6}} = 0,45 \text{ м},$$

$$d_{9-10} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7}} = 0,56 \text{ м},$$

$$d_{10-11} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 8}} = 0,63 \text{ м},$$

$$d_{11-12} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 9}} = 0,67 \text{ м},$$

$$d_{12-13} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,71 \text{ м},$$

$$d_{13-17} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 11}} = 0,8 \text{ м},$$

Відповідно до ГОСТ 24751-81 підбираємо трубопроводи номінального діаметра, який має бути більшим або дорівнює розрахунковому. Результати представлені у стовпці 5 таблиці 3.6. Фізична швидкість руху повітря у трубопроводі на ділянках визначають за формулою (3.8):

$$V = \frac{4 \cdot L}{\pi \cdot 3600 \cdot d^2}, \text{ м/с.} \quad (3.8)$$

$$V_{8-9} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,45^2} = 4,5 \text{ м/с.}$$

$$V_{9-10} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,56^2} = 5,8 \text{ м/с.}$$

$$V_{10-11} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,45^2} = 4,5 \text{ м/с.}$$

$$V_{11-112} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,67^2} = 8,4 \text{ м/с.}$$

$$V_{12-13} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,71^2} = 9,3 \text{ м/с.}$$

$$V_{13-17} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,75^2} = 9,9 \text{ м/с.}$$

$$V_{17-21} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,8^2} = 10,2 \text{ м/с.}$$

Для ділянок б, в, г, д, е і ; значення V приймаємо рівним 4,5 м/с. Значення наведено у стовпці 4 таблиці 3.6. Для подальших обчислень необхідно визначити поправочний коефіцієнт $C_{ш}$, який враховує шорсткість внутрішньої поверхні повітропроводів і залежить від швидкості повітря та абсолютної шорсткості стінок K . Стінки повітропроводу виготовлятимуться з оцинкованої сталі. В цьому випадку абсолютна шорсткість стін складе 0,2 мм. Тому поправочний коефіцієнта змінюватиметься залежно від розрахункової швидкості повітря від 1,053 до 1,090. Усі значення занесені до стовпця 6 таблиці 3.6.

Втрати тиску в мережі розраховуємо виходячи з даних таблиці 3.6 розрахунковим даним стовпців 1, 3, 4 і 7 таблиці 3.6 обчислимо втрати тиску в вентиляційної мережі. Для розрахунків необхідно визначити умовний коефіцієнт тертя (λ/d).

Втрати тиску на подолання опору тертя розраховується за формулою (3.9):

$$P_{тр} = C_m \cdot l \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2, \text{ Н/м}^2 \quad (3.9)$$

де ρ – щільність повітря для нормальних умов, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$

$$P_{тр.а} = 1,055 \cdot 5 \cdot 0,039 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 4,5^2 = 2,49 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.б,в,г,д,е,ж} = 1,055 \cdot 3,5 \cdot 0,039 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 4,5^2 = 1,74 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.8-9} = 1,064 \cdot 5 \cdot 0,029 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 5,8^2 = 0,12 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.9-10} = 1,072 \cdot 1,5 \cdot 0,022 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 7,1^2 = 1,06 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.10-11} = 1,088 \cdot 0,2 \cdot 0,022 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 8,4^2 = 0,2 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.11-12} = 1,085 \cdot 1,5 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,3^2 = 1,43 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.12-13} = 1,087 \cdot 1,7 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,9^2 = 1,84 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{тр.13-14} = 1,089 \cdot 1,5 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 10,2^2 = 9,24 \text{ Н/м}^2$$

Також необхідно розглянути ділянки з місцевим опором. На ділянці є такі місцеві опори:

- місцевий відсмоктування з коефіцієнтом місцевого опору $\zeta=1,3$;
- відгалуження під кутом 90° із ставленням $= 1,0$, що має коефіцієнт $\zeta=0,4$;
- дифузор з поступовим розширенням має коефіцієнт $\zeta=0,25$;
- індивідуальна заслінка, що має коефіцієнт $\zeta=0,0-100$ залежно від ступеня відкриття; у робочому режимі коефіцієнт опору приймається рівним $\zeta=0,0$;

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці, а дорівнює:

$$\sum \zeta = 1,30 + 0,40 + 0,25 + 0,00 = 1,95.$$

Сумарні коефіцієнти ділянок б-ж дорівнюють сумарному коефіцієнту опору ділянки, оскільки ці ділянки мають однакові параметри та схеми роботи.

Для ділянки 8 визначено такі місцеві опори:

- дифузор для переходу трубопроводу $d=450$ мм до труби $d=540$ мм при куті розкриття $\alpha=30^\circ$ та $F1/F2 = 0,69$, коефіцієнт тертя $\zeta=0,2$;
- уніфікований прямий трійник із співвідношенням $= 2$ с коефіцієнтом прохід $\zeta=0,0$;

Сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці 8 дорівнює:

$$\sum \zeta = 0,2 + 0,0 = 0,2.$$

Для ділянки 9-13 визначено такі ділянки місцевого опору:

- уніфікований прямий трійник із співвідношенням $= 2$ з коефіцієнтом на вхід $\zeta=0,0$ та відгалуження $\zeta=0,6$;

Сумарний місцевий опір:

$$\sum \zeta = 0,6 + 0,0 = 0,6.$$

Для ділянки 14-21 визначено такі місця опору:

- уніфікований прямий трійник із співвідношенням $r/d = 2$ з коефіцієнтом відгалуження $\zeta=0,6$;
- два відгалуження під кутом 90° із ставленням $= 0,5$ та коефіцієнтом на опір $\zeta=1,0$;
- направляючі жалюзі для випуску повітря без розсіювання з коефіцієнтом $\zeta=2,0$.

Сумарний місцевий опір:

$$\sum \zeta = 0,6 + 2 \cdot 1,0 + 2,0 = 4,6.$$

Аналіз результатів втрат тиску показав, що на ділянці 14-21 ці втрати дуже великі і становлять 40% від усіх втрат тиску у магістралі.

Щоб зменшити втрати тиску на цій ділянці необхідно внести зміни та розрахувати систему іншим способом.

Замінивши секційні повороти на більш гладкі та збільшивши відношення радіуса до діаметра до 1,5, змінимо значення коефіцієнта тертя, яке складе $\zeta=0,3$. Якщо створити витяжний отвір дифузором із ковпаком, то коефіцієнт тертя у ньому становитиме $\zeta=0,8$. Сума місцевих опорів у цьому випадку дорівнюватиме:

$$\sum \zeta = 0,6 + 2 \cdot 0,3 + 0,8 = 2.$$

Отримані дані занесені в стовпець 11 таблиці 3.6.

Підрахунок втрат тиску на подолання місцевих опорів на кожній ділянці зробимо за формулою:

$$P_{\text{мс.б,в,г,д,е,ж}} = 1,95 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 4,5^2 = 11,86 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.8-9}} = 0,2 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 5,8^2 = 2,02 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.9-10}} = 0,6 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 7,1^2 = 9,07 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.10-11}} = 0,6 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 8,4^2 = 12,7 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.11-12}} = 0,6 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,3^2 = 15,56 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.12-13}} = 0,6 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,9^2 = 17,64 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.13-14}} = 0,6 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 10,2^2 = 17,72 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{мс.14-21}} = 2 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 10,2^2 = 62,42 \text{ Н/м}^2$$

Результати розрахунків занесені до стовпця 12 таблиці 3.6. Втрати тиску на кожній ділянці обчислюються за формулою (3.10):

$$P_{\text{д}} = P_{\text{т.р.}} + P_{\text{м.с.}} \quad (3.10)$$

$$P_{\text{д.а}} = 2,49 + 11,86 + 700 = 714,35 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{\text{д.б,в,г,д,е,ж}} = 1,74 + 11,86 = 13,60 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{\text{д.8-9}} = 0,12 + 2,02 = 2,14 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 9-10} = 1,06 + 9,07 = 10,13 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 10-11} = 0,20 + 12,70 = 12,90 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 11-12} = 1,43 + 15,56 = 16,99 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 12-13} = 1,84 + 17,64 = 19,48 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 13-14} = 1,84 + 18,72 = 20,56 \text{ Н/м}^3,$$

$$P_{д 14-21} = 9,24 + 62,42 = 71,66 \text{ Н/м}^3.$$

Результати обчислень заносимо до стовпця 13 таблиці 3.6. Загальні втрати тиску на магістралі становлять $868,21 \text{ Н/м}^2$. Втрати тиску відгалуженнях дорівнюють $663,60 \text{ Н/м}^2$ для кожного. Повний опір мережі визначається за формулою:

$$R_c = 868,21 \cdot \frac{18200}{3600} \cdot 34,73^2 = 15,56 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$$

З урахуванням коефіцієнта запасу витрати $K_3=1,1$, розрахункова продуктивність вентилятора обчислюється за формулою:

$$L_{в.р.} = 1,1 \cdot 18200 = 20020 \text{ м}^3/\text{год}.$$

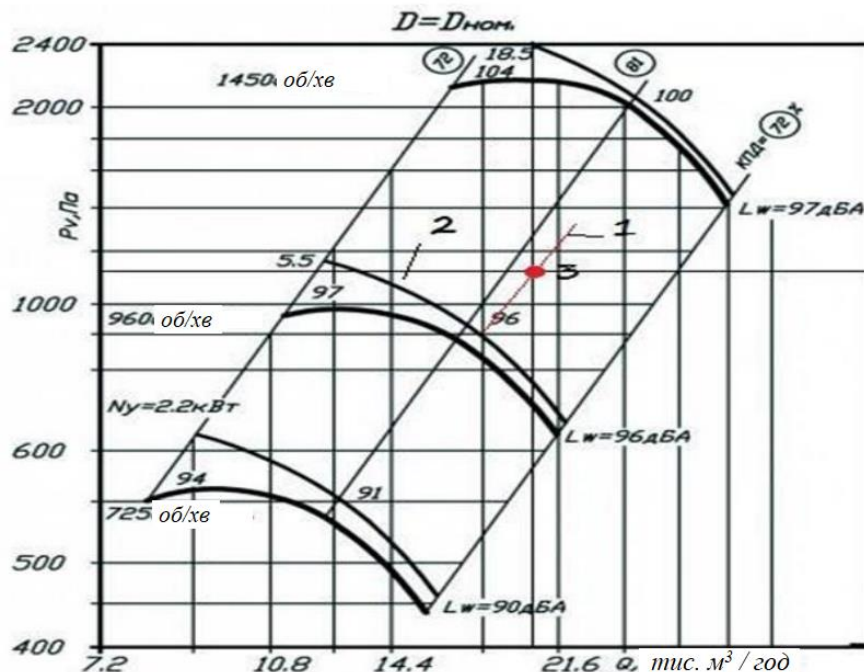


Рисунок 3.7 – Робоча характеристика вентилятора ВР 86-77-8:

- 1 – характеристика мережі; 2 – характеристика вентилятора; 3 – розрахунковий режим роботи

Розрахунковий тиск, створюваний вентилятором, розраховується за формулою. Для вибору вентилятора необхідно побудувати характеристику

мережі. За формулою обчислюємо необхідне значення створюваного вентилятором тиску за формулою. Розрахунковий тиск дорівнює $P_{в.р} = 1073,50 \text{ Н/м}^2$. Підбираємо вентилятор, який працюватиме за такої навантаження. Для роботи спиратимемося на робочі характеристики промислового вентилятора низького тиску ВР 86-77-8 [1]. Характеристика вентилятора представлена рисунку 3.7.

Число оборотів вентилятора складе 1200 хв^{-1} . Потужність вентилятора становитиме 5 кВт , $\text{ККД} = 83\%$. Вентилятор має запас як за продуктивністю, так і по напору.

3.4.3 Розрахунок системи вентиляції у зоні плазморіза

Для провітрювання даної зони заплановано повітропровід з одним місцевим відсмоктувачем. Забруднене повітря йде трубопроводом, проходить очищення на фільтрі та виводиться в атмосферу. Розрахунковий діаметр трубопроводу обчислюється за формулою:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 12}} = 0,275 \text{ м}$$

Відповідно до ГОСТ 24751-81 підбираємо трубопроводи номінального діаметра, який має бути більшим або дорівнює розрахунковому. Діаметр трубопроводу приймемо рівним 280 мм . Фізична швидкість руху повітря визначається за формулою:

$$V = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,28^2} = 11,7 \text{ м/с.}$$

Стіни повітропроводу виготовлятимуться з оцинкованої сталі.

Абсолютна шорсткість стін складе $0,2 \text{ мм}$. В цьому випадку поправочний коефіцієнт дорівнює $C_{ш}=1,1$.

Визначаємо умовний коефіцієнт тертя. Він дорівнює $\lambda = 0,054$. Втрати тиску на подолання опору тертя розраховуються за формулою:

$$P_{тр} = 1,1 \cdot 10 \cdot 0,054 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 11,7^2 = 48,78 \text{ Н/м}^2$$

Також необхідно розглянути ділянки з місцевим опором.

На ділянці є такі місцеві опори:

- місцевий відсмоктування з коефіцієнтом місцевого опору $\zeta=1,3$;
- відгалуження під кутом 90° із ставленням $= 1,0$, що має коефіцієнт $\zeta=0,4$;
- індивідуальна заслінка, що має коефіцієнт $\zeta=0,0-100$ залежно від ступеня відкриття; у робочому режимі коефіцієнт опору приймається рівним $\zeta=0,0$;
- дифузор із парасолькою з коефіцієнтом тертя $\zeta=0,8$.

Сума місцевих опорів у цьому випадку дорівнюватиме:

$$\sum \zeta = 1,3 + 0,4 + 0,8 + 0,0 = 2,5.$$

Підрахунок втрат тиску на подолання місцевих опорів проводиться за формулою:

$$P_{\text{мс.}} = 2,5 \cdot 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 11,5^2 = 198,3 \text{ Н/м}^2$$

$$P_{\text{д}} = 48,78 + 198,3 + 650 = 897,15 \text{ Н/м}^3$$

Повний опір мережі визначається за формулою:

$$R_{\text{с}} = 897,15 / (2600/3600) = 1225,3 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$$

З урахуванням коефіцієнта запасу витрати $K_3=1,1$, розрахункова продуктивність вентилятора, визначена за формулою (11):

$$L_{\text{в.р.}} = 1,1 \cdot 2600 = 2860 \text{ м}^3/\text{год.}$$

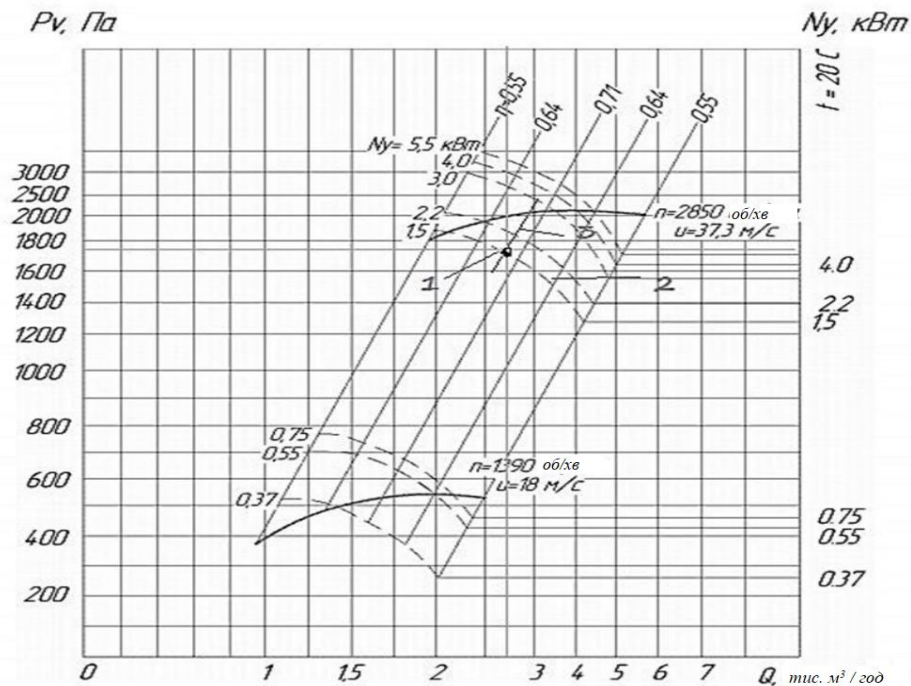


Рисунок 3.8 – Робочі характеристики вентилятора ВР 280-46-2,5:

1 – розрахунковий режим роботи, 2 – характеристика вентилятора,

3 – характеристика мережі

Для вибору вентилятора потрібно побудувати характеристику мережі. За формулою обчислюємо необхідне значення створюваного вентилятором тиску за формулою. Розрахунковий тиск вентилятора має становити $P_{в,р} = 1725,3 \text{ Н/м}^2$. Підбираємо вентилятор, який працюватиме за такої навантаження. Для роботи спиратимемося на робочі характеристики вентилятора ВР 280-46-2,5. Характеристика вентилятора представлена на рисунку 3.8.

Число обертів вентилятора складе 2800 хв^{-1} . Потужність вентилятора складе 1,5 кВт, ККД = 69%.

3.4.4 Вибір та розміщення повітряних фільтрів

Для очищення повітря цеху від шкідливих викидів необхідно встановити фільтрувальні установки на витяжні гілки.

Установка буде проводитися в зоні зварювання та в плазмовій зоні різання.

Так як зварювальний аерозоль складається з дисперсних частинок розміром від 10 до 1 мкм, то як очисний пристрій слід застосовувати фільтри тонкої очистки.

Повітропроводи спроектованої системи вентиляції мають круглий переріз. Залежно від цього необхідно підбирати відповідний фільтр по розміру повітроводів. Фільтр буде встановлений на повітропроводи розмірами 0,280 м у зоні плазмового різання та 0,450 м у зоні зварювання, а також у магістральна гілка вентиляції зварювального виробництва розміром 0,800 м.

Виходячи з перерахованих вище потреб підбираємо відповідний фільтр, який повною мірою відповідатиме всім необхідним вимог. Для цих цілей були вибрані такі фільтри:

- повітроводів в зоні зварювання встановлюється повітряний фільтр-бокс Shuft з фільтром FBCr 250 вагою 4,5 кг;
- для повітроводів у зоні плазмового різання встановлюється повітряний фільтр-бокс Shuft із фільтром FBCr 450 вагою 11 кг.

У місцях з'єднання фільтрів з повітроводом вони мають гумові прокладки, які щільно прилягають до стінок повітроводу, що виключає просочування шкідливих речовин через стики.

3.5 Висновки за результатами проектування

Для створення та підтримки оптимальних показників мікроклімату в цеху електродугового зварювання та теплової обробки металів розроблено систему припливно-витяжної вентиляції. Для кожної її ділянки підібрані відповідні повітроводи та вентилятори:

- ВР 86-77-8, кількість обертів - 1200 об / хв, потужність 5 кВт, ККД = 83%,

- ВР 280-46-2.5, кількість обертів – 2800 об/хв, потужність 1,5 кВт, ККД = 69%,

- ВР86-77м-3.15, кількість обертів – 2000 об/хв, потужність 0,3 кВт, ККД = 80%.

Для очищення повітря від зварювального аерозолу підібраний повітряний фільтруючий бокс Shuft з фільтром FBCr 450 та повітряний фільтр-бокс Shuft з фільтром FBCr 250 тонкого очищення.

Розроблена система припливно-витяжної вентиляції повністю забезпечить необхідний повітрообмін у приміщенні, встановлена система очищення повітря захистить довкілля від забруднення зварювальним пилом.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Санітарно-гігієнічні характеристики зварювального виробництва

Потужне ультразвукове або світлове випромінювання зварювальної дуги впливаючи на очі працівника може призвести до запального захворювання очного яблука (електроофтальмія), а при тривалому впливі - до ураження сітківки очей (кон'юнктивіт). Інфрачервоні короткохвильові промені можуть викликати хронічне захворювання - помутніння кришталика ока (катаракта). Шкідливі впливи променів зварювальної дуги на органи зору можуть чинити вплив в радіусі до 10 метрів [14].

Шкіру захищають звичайним робочим одягом, лице і частина шиї - щитком або шоломом. Очі захищаються спеціальними темними скельцями - світлофільтрами, які вставляють в щиток або шолом. Ці скельця зовсім не пропускають ультрафіолетові промені, а інфрачервоні пропускають в межах від 0,1 до 4%, що не чинить шкідливого впливу на зір зварювальника.

При захворюванні очей від світлової радіації, необхідно негайно звернутися до лікаря, а при неможливості отримання швидкої медичної допомоги слід робити примочки очей слабким розчином питної соди.

Крім опіків променями електричної дуги, зварника можуть бути заподіяні опіки бризками розплавленого металу. Щоб уникнути опіків, необхідно надягати робочий одяг з щільної брезентової матерії. Одяг не повинна мати складок. Штани треба носити тільки на випуск, щоб вони закривали черевики. Щоб запобігти пропалювання спецодягу бризками розплавленого металу, тканина просочується спеціальними речовинами, які підвищують її вогнестійкість.

Під час виконання зварювальних робіт в результаті вигорання обмазки електрода і елементів легування підвищується загазованість робочого місця. Для запобігання цьому необхідно встановлювати пристрої витяжної вентиляції в зоні дихання зварника. Викидати повітря потрібно за межі робочих зон. Для видалення газів і пилу застосовується як місцева вентиляція робочого місця, так

і припливно-витяжна вентиляція всього приміщення. Припливне повітря повинне надходити розсіяно в робочу зону приміщень, в основному на незварювальні ділянки, а також там, де витяжна вентиляція здійснюється за допомогою місцевих відсмоктувачів. Швидкість руху повітря, на робочих місцях повинна бути не більше 0,3 м/с [14].

Для знежирення металу і зварювальних матеріалів від мастильних забруднень не слід застосовувати трихлоретилен, дихлоретан та інші хлоровані вуглеводні, так як при з'єднанні їх з озоном, присутнім в атмосфері під час дугового зварювання, може утворюватися задушливий газ (фосген).

4.2 Характеристика мікроклімату і вентиляції робочої зони

Норми виробничого мікроклімату встановлені системою стандартів безпеки праці ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». У цих нормах окремо нормується кожен компонент мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення: температура, відносна вологість, швидкість повітря в залежності від здатності людини до акліматизації в різні пори року, характеру одягу, інтенсивності праці і характеру тепловиділень в робочому приміщенні.

Шкідливими основними речовинами, які виділяються під час зварювання сталей, є: окис вуглецю, хром, марганець і з'єднання фтору. У таблиці 5.1 представлені класи небезпек шкідливих речовин, які виділяються під час зварювання сталей.

Таблиця 4.1 - Класи небезпек шкідливих речовин, які виділяються під час зварювання сталей

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Марганець	0,05	1	аерозолі
Хром	0,1	1	аерозолі
З'єднання фтору	0,5	2	аерозолі
Окис вуглецю	20	4	пари або газу

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинна перевищувати величин, зазначених в таблиці 4.1.

У зварювальних цехах на стаціонарних робочих постах, а також, де це можливо, на нестаціонарних постах слід встановлювати місцеві відсмоктувачі.

Швидкість руху повітря, створювана місцевими відсмоктувачами біля джерел виділення шкідливих речовин, повинна відповідати нормам, наведеним у таблиці 4.2 [2].

Таблиця 4.2 - Швидкість руху повітря, створювана місцевими відсмоктувачами біля джерел виділення шкідливих речовин

Процес	V, м/с
Зварювання ручне	> 0,5
Зварювання в захисних газах	< 0,3

Кількість шкідливих речовин, локалізованих місцевими відсмоктувачами становить для витяжних шаф не більше 90%, а для місцевих відсмоктувачів інших видів не більше 75%. Решта шкідливих речовин (10 - 20%) має розбавлятися до ГДК за допомогою загальнообмінної вентиляції [26].

У нашому випадку робоче місце зварника за ГДК, відноситься до 2 класу небезпеки.

4.3. Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання

Одним із основних способів моделювання небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф. Цей метод базується на побудові схем, відмов і помилок працівників (операторів) різних систем. Потрібно вести математичну обробку даних, з метою одержання ймовірності виникнення травматичних випадкових подій. Розрахунки спрямовані на зниження нещасних випадків на виробництві.

Вивчаючи модель процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків. Якщо провести дослідження то обов'язково можна знайти подію (явище), що є причиною травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

Розглянемо випадок виробничого травматизму під час механізованого зварювання елементів трубопроводів. У даному випадку може відбутися травма працівника, внаслідок ураження електричним струмом, отруєння шкідливими газами чи отримання опіку. Головну подію розміщують у верхній частині аркуша паперу і зверху донизу розміщують інші події. У побудованій моделі базові події мають форму круга. Нерозкриті базові події зображують у вигляді ромба, прямокутник подія, що виникає як результат дії фактора.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу у вгору починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення подій вказуємо безпосередньо на символи зображення події. Ймовірності виробничих подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія "охорона праці". Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкт. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 20 або 30%, то ймовірність відповідно становить 0,2 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність "не здійснення контролю" становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень.

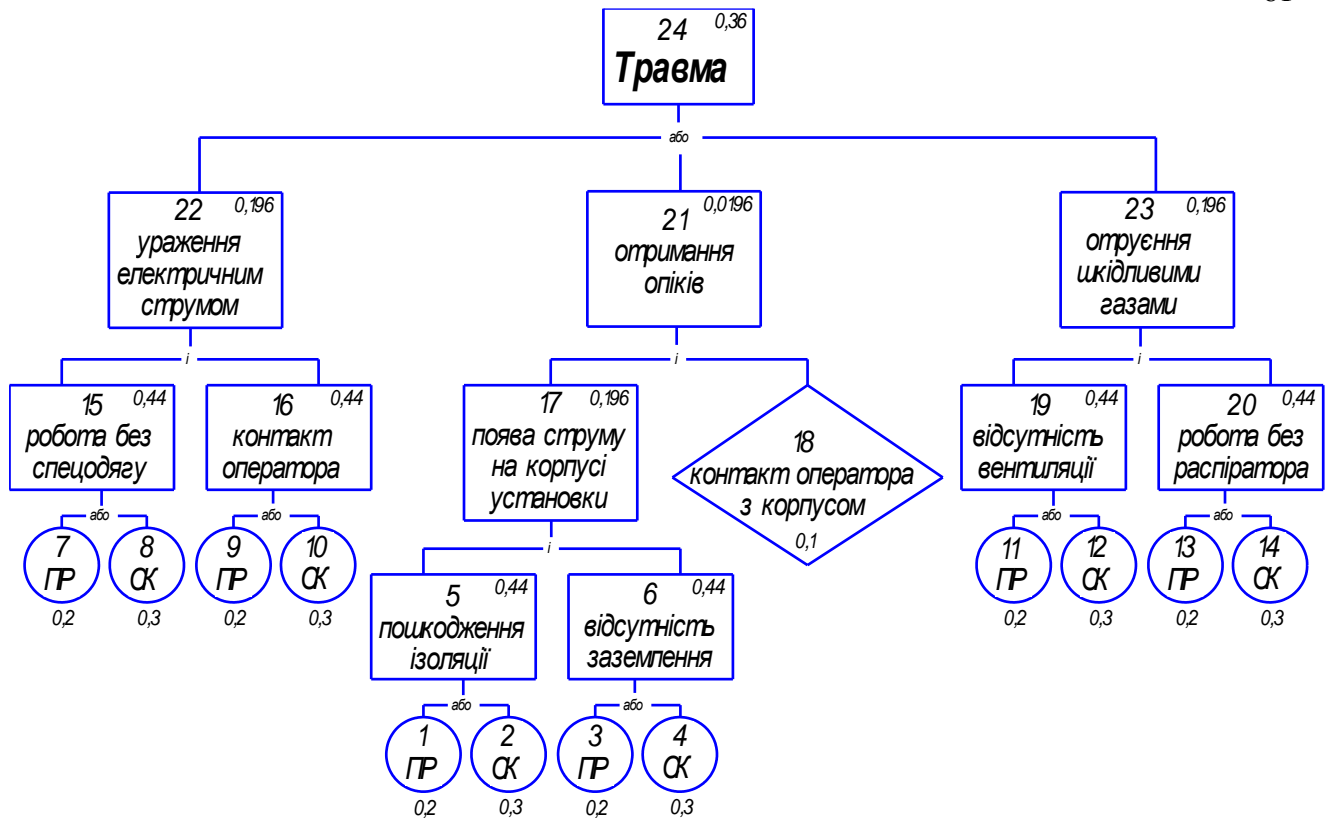


Рисунок 4.1. Модель процесу формування та виникнення травми

На даній схемі графічно відображено математичну обробку даних на виробництві про нещасні випадки.

Ймовірність події P_5 визначаємо наступним чином

$$P_5 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2 + 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,44 \quad (4.1)$$

Ймовірність подій P_6 , P_{15} , P_{16} , P_{19} і P_{20} буде рівною події P_5 , оскільки базові події для них є однаковими.

Ймовірність події P_{17}

$$P_{17} = P_5 \cdot P_6 = 0,44 \cdot 0,44 = 0,194 \quad (4.2)$$

Ймовірність події P_{21}

$$P_{21} = P_{17} \cdot P_{18} = 0,194 \cdot 0,1 = 0,0194 \quad (4.3)$$

Ймовірності подій P_{22} і P_{23} будуть рівною події P_{17} , оскільки події P_5 , P_6 , P_{15} , P_{16} рівні між собою.

Ймовірність події P_{24}

$$P_{24} = P_{21} + P_{22} + P_{23} - P_{21} \cdot P_{22} - P_{21} \cdot P_{23} - P_{22} \cdot P_{23} \quad (4.4)$$

$$P_{24} = 0,0194 + 0,194 + 0,194 - 0,0194 \cdot 0,194 -$$

$$-0,0194 \cdot 0,194 - 0,194 \cdot 0,194 = 0,36$$

Таким чином, на робочому місці під час зварювання елементів трубопроводів системи пневмотранспорту апаратом для механізованого зварювання в середовищі захисних газів за наявності і можливості виникнення існуючих небезпек та небезпечних діяч на 100 робочих місць ймовірність виникнення травмонебезпечної ситуації становить 0,36 (36 %).

Такий високий показник пояснюється великою кількістю небезпечних факторів та високими вимогами щодо кваліфікації працівників, якості виконання технологічного процесу та умов безпеки праці.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Вартість розробки системи вентиляції

Для розрахунку економічних затрат на встановлення вентиляційної системи враховуються вартість вентиляторів та додаткового обладнання, а також витрати на її встановлення. У таблиці 5.1 наведено перелік вибраних вентиляторів та їх вартість.

Таблиця 5.1 - Витрати на придбання обладнання

Номенклатура	Ціна, грн
Повітряний фільтр-бокс Shuft з фільтром FBCr 250	1780
Вентилятор моделі ВР 280-46-2,5	20535
Витяжні пристрої – місцеві відсмоктувачі KUA-200-2S	122400
Фільтр-бокс ShuftFBCr 450	3765
Повітряний фільтр-бокс ShuftFBCr 250	1840
Разом	150320

5.2 Вартості монтажу обладнання системи вентиляції

Для монтування обладнання необхідно залучати до роботи спеціальних монтажників. Приблизні розцінки на оплату роботи робітників-монтажників становлять:

- Монтаж радіального вентилятора - 4400 грн. за шт.;
- Встановлення фільтра - 440 грн. за шт.;
- Монтаж дифузора - 300 грн. за шт.;
- Монтаж повітроводу - 700 грн. за погонний метр;
- Виготовлення отворів у стінах під повітропровід – 1000 грн. за шт.

Разом: 6840 грн.

5.3 План пусконалагоджувальних робіт

План проведення пусконалагоджувальних робіт наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - План пусконалагоджувальних робіт

Найменування робіт	Одиниця вимірювання	Об'єм робіт	Кількість днів
Підготовка та складування матеріалу	-	-	3
Встановлення вентиляторів	шт.	3	1
Встановлення фільтра	шт.	2	1
Встановлення системи рекуперації	шт.	1	1
Встановлення вузлів проходу витяжних вентиляційних шахт	10 шт.	1,7	1
Прокладка повітроводів з листової, оцинкованої сталі класу Н (нормальні) товщиною 0,5 мм	100 м ²	0,8	6
Встановлення ковпаків над шахтами з листової сталі	шт.	3	1
Разом			13

Тривалість робіт становитиме 13 робочих днів в одну зміну, включаючи розвантаження та складування матеріалів.

5.4 Затрати на технічне обслуговування системи вентиляції за період експлуатації

Під час виконання технічних робіт, пов'язаних з обслуговуванням вентиляційних систем, враховується термін експлуатації встановленого обладнання. Чим більший цей період, тим більше ризиків поломок та аварійних ситуацій, відповідно та вартість обслуговування систем вентиляції у такому разі буде вищою, ніж для нового обладнання. Важливо також враховувати, що деякі елементи обладнання складно знайти на вітчизняному ринку, тому

потрібно враховувати можливі витрати на імпорт відповідних запасних частин. У таблиці 5.3 наведено витрати на технічне обслуговування системи вентиляції.

Таблиця 5.3 – Технічне обслуговування системи вентиляції

Найменування	Ціна з врахуванням ПДВ (20%), грн.
Обслуговування припливної установки (за договором)	
Річне технічне обслуговування приточної установки (до 5000 м ³ /год) (2 рази на рік)	7900
Обслуговування витяжної установки (за договором)	
Річне технічне обслуговування витяжної установки (до 5000 м ³ /год) (2 рази на рік)	4700
Додаткові роботи з технічного обслуговування вентиляційної установки	
Чищення фільтра	800
Заміна фільтру (без вартості фільтра)	500
Чищення калорифера без розбирання повітроводів	1700
Чищення грязьового фільтра	1800
Чищення дифузора	150
Чищення решітки	225
Дезінфекція решітки/дифузора	200
Разом	17975

5.5 Загальна вартість розробки

З виконаної роботи випливає висновок, що витрати на розробку та введення інженерного рішення в експлуатацію складають 175135 грн, зокрема:

Витрати на основне обладнання складає 150320 грн.

Витрати монтування устаткування становить 6840 грн.

Розраховано також витрати на технічне обслуговування системи вентиляції, яке складає 17975 грн.

ВИСНОВКИ

Система вентиляції є необхідною складовою зварювальних дільниць для підтримки комфортного мікроклімату у приміщенні. Вона не тільки видаляє забруднене повітря, але також підтримувати заданий рівень вологості та температури повітря. Від стану мікроклімату у приміщенні залежить працездатність і самопочуття робітників.

У промисловості найбільшу ефективність має штучна вентиляція. Її система рекуперації дозволяє повертати тепло відпрацьованого повітря назад у приміщення, тим самим зберігаючи постійну температуру всередині будівлі і дозволяє знизити витрати на нагрівання повітря при опаленні.

Для створення та підтримки оптимальних показників мікроклімату в приміщенні дільниці для електродугового зварювання та теплової обробки металів розроблено систему припливно-витяжної вентиляції з мобільним витяжним пристроєм. Підібрані відповідні повітропроводи та вентилятори:

- ВР 86-77-8, кількість оборотів - 1200 об/хв, потужність 5 кВт, ККД = 83%,
- ВР 280-46-2.5, кількість оборотів - 2800 об/хв, потужність 1,5 кВт, ККД = 69%,
- ВР86-77м-3.15, кількість оборотів - 2000 об/хв, потужність 0,3 кВт, ККД = 80%.

Для очищення повітря від зварювальних аерозолів обраний повітряний фільтр бокс Shuft з фільтром FBCr 450 та повітряний фільтр-бокс Shuft з фільтром FBCr 250 тонкого очищення.

У зоні зварювальних столів запропоновано встановити витяжні пристрої місцевого відсмоктування повітря KUA-200-2S.

Розроблена система вентиляції повністю забезпечить необхідний повітрообмін у приміщенні, встановлена система очищення повітря захистить довкілля від забруднення зварювальним пилом, а система місцевої вентиляції дозволить скоротити забруднення повітря зварювальними аерозолями та покращити умови праці.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Братута Е.Г., Ганжа А.М., Круглякова О.В., Чубарова В.В. Кондиціонування та вентиляція повітря. Харків: НТУ «ХП», 2009. 128с.
2. Граничні норми піднімання і переміщення важких речей жінками. Наказ головного санітарного лікаря України від 10.12.1993 р. №241
3. Голінько В.І., Лебедев Я.Я., Алексеєнко С.О., Марченко В.Г. Методичні рекомендації до практичних занять з розрахунку промислової вентиляції з дисципліни «Охорона праці в галузі» та дипломного проектування для студентів усіх спеціальностей / Донецьк: Державний ВНЗ «НГУ», 2013. 34 с.
4. Гончаров О.В. Розрахунок систем вентиляції методичні вказівки до дипломного проектування. Харків: УДАЗТ, 2012. 54 с.
5. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний з 01.01.2014.
6. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – Наказ МОЗ України від 19.06.96.
7. ДСТУ EN 133-2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
8. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.
9. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006. 336 с.
10. Лавренко А.С., Скуйбіда О.Л., Островська А.Є. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок повітрообміну у виробничих приміщеннях при загально обмінній вентиляції» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. 14с
11. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник для практичних робіт з охорони праці для студентів зварювальних спеціальностей. Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2018. 181 с.
12. Левченко О. Г., Полукаров О. І. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2014. 352 с.

13. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2010. 240 с.
14. Левченко О. Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Основа, 2004. 98 с.
15. Мезенцева І. О., Османова О. В. Методичні вказівки до практичних робіт «Розрахунки загальнообмінної вентиляції та пристроїв місцевої вентиляції технологічних процесів машинобудування» з дисципліни «Безпека виробничих процесів і устаткування» для студентів за спеціальністю «Цивільна безпека» денної і заочної форми навчання / Уклад.. Харків : НТУ «ХПІ», 2022. 28 с.
16. Методи розрахунку систем штучної вентиляції. <https://westudents.com.ua/glavy/3451-2433-metodi-rozrahunku-sistem-shtuchno-ventilyats.html>
17. MOBIFLEX 200M - Мобільний витяжний пристрій LINCOLN ELECTRIC. <https://www.shindaiwa.net/uk/svarka-vytyazhka.html>
18. Основи охорони праці : навч. посібник / за ред. проф. В. В. Березуцького. Харків: Факт, 2005. 480 с.
19. Основи охорони праці / Купчик М.П., Гандзюк М. П., Степанець І. Ф. та ін. Київ: Основа, 2000. 416 с.
20. Промислові витяжки для зварювання LincolnElectric. <https://svarkapro.com.ua/ua/catalogue/svarka-apparat-materialy/vytjazhki-dlja-svarki.html>
21. Розрахунок вентиляції. <https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files>
22. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Державні санітарні норми. ДСН 3.3.6.042-99. Київ, 1999. 29 с.
23. Системи вентиляційні. Загальні вимоги: ДСТУ Б А. 3.2 – 12: 2009 Київ: Мінрегіонбуд України. 2010. 8 с.
24. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та ін. Основи охорони праці/ За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. Київ: Основа, 2006. 448 с.
25. Трахтенберг І. М., Коршун М. М., Чебанова О. В. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ, 1997. 464 с.