

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання курсового проекту  
з дисципліни “Технічні засоби охорони повітряного басейну”  
для студентів спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція”  
*(скорочений варіант для магістрів 2021-22 р. навчання)*

Вінниця ВНТУ 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту

з дисципліни “Технічні засоби охорони повітряного басейну”  
для студентів спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція”

Затверджено Методичною радою Вінницького національного технічного університету як методичні вказівки для студентів спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція”

Протокол №6 від 24 березня 2020р.

Вінниця ВНТУ 2021

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технічні засоби охорони повітряного басейну” для студентів спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція”/ Уклад. Г.С. Ратушняк, Н.М. Слободян. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 37с.

Рекомендовано до видання Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Призначено для студентів спеціальності “Теплогазопостачання і вентиляція” всіх форм навчання. Метою курсового проекту є отримання знань про сучасну організацію вивчення забруднення і змін в біосфері, прогнозування стану довкілля і запобігання його погіршенню.

Укладачі: Георгій Сергійович Ратушняк

Наталія Михайлівна Слободян

Редактор О. Д. Скалоцька

Відповідальний за випуск зав. каф. ТГП Г.С. Ратушняк

Рецензенти: А.Ф. Пономарчук, доктор технічних наук професор

С.Й. Ткаченко, доктор технічних наук професор

## ЗМІСТ

1	Загальна частина.....	4
	Анотована характеристика курсового проекту.....	5
	Обґрунтування повноти та достовірності вихідних даних.....	5
2	Визначення параметрів розсіювання шкідливих речовин.....	6
3	Організаційні заходи та технічні засоби охорони повітряного басейну.....	9
3.1	Вибір технічних засобів очищення викидів та визначення параметрів його роботи.....	9
3.2	Пропозиції щодо нормативів гранично допустимих та тимчасово погоджених викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря.....	10
3.3	Еколого-економічне оцінювання заходів з охорони повітряного басейну.....	12
	Додаток А.....	28
	Додаток Б.....	30
	Додаток В.....	33
	Додаток Д.....	34
	Додаток С.....	35
	Список літератури.....	36

## ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Охорона навколишнього середовища є однією з найважливіших проблем сучасності. Майже кожне промислове виробництво супроводжується викидами шкідливих речовин, що створює кризову екологічну ситуацію. Істотний внесок у забруднення вносять вентиляційні викиди промислових підприємств.

Ефективне, з екологічної точки зору, планування промислових підприємств, обґрунтовані санітарні норми й оптимальний вибір пилоуловлювального устаткування значно знижують шкідливі наслідки забруднення атмосферного повітря. Тому, відповідно до Закону України "Про охорону атмосферного повітря", підприємствами, установами та організаціями в обов'язковому порядку розробляються проекти нормативів гранично допустимих викидів шкідливих речовин у атмосферне повітря (далі—проект нормативів ГДВ). Головна мета розробки проекту ГДВ — оцінювання впливу існуючого або планового до будівництва об'єкту на навколишнє середовище з метою проходження екологічної експертизи і встановлення нормативів ГДВ шкідливих речовин в атмосфері.

Метою виконання студентами курсового проекту із захисту атмосферного повітря від забруднення є вивчення основ проектування і розрахунку повітрозахисних заходів. В результаті виконання курсового проекту студент розроблює інженерне рішення основних питань природоохоронних заходів. Всі принципові положення проекту ГДВ повинні бути ув'язані з вимогами чинних норм і технічно обґрунтовані.

Курсовий проект виконується аналогічно розробці проекту нормативів ГДВ і складається з двох частин: пояснювальної записки та графічної розробки. Перша частина є більш розширеною і містить розділи. Характеристика об'єкту як забруднювача навколишнього середовища. Метеорологічні умови розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Перелік шкідливих речовин, які викидаються в атмосферне повітря (базовий рік). Приклад визначення параметрів критичної точки на місцевості при розсіюванні шкідливої речовини. Визначення санітарно-захисної зони (СЗЗ) з урахуванням рози вітрів.

Друга частина курсового проекту присвячена розробці технічних заходів та перевірці ефективності їх впровадження і складається з розділів.

Визначення висоти викиду, що задовольняє умову екобезпечного розсіювання. Вибір пилоуловлювального обладнання та визначення параметрів його роботи.

Графічна частина роботи включає.

1. План підприємства в системі координат з позначенням:
  - а) джерел викидів та СЗЗ (нормативної та з урахуванням рози вітрів);
  - б) атмосферо - екологічної зони впливу викидів шкідливих речовин від підприємства (СЗЗ з урахуванням викидів шкідливих

речовин в атмосферу та рози вітрів).

2. Креслення очисної установки (загальний вигляд у двох проекціях, основні розміри).

Початкові дані до виконання курсового проекту студент бере з додатку А за двозначним шифром, який складається з двох останніх цифр залікової книжки або видається викладачем.

### **1.1 Анотована характеристика курсового проекту**

В анотації до курсового проекту вказується головна мета його виконання з точки зору навчального завдання та практичного значення проектів нормативів гранично допустимих викидів.

Величини викидів шкідливих речовин на практиці встановлюються прямими інструментальними вимірюваннями та розрахунковими методами на базі вихідних даних, прийнятих за технологічними кресленнями та специфікаціями обладнання, а також за довідкою про витрати матеріалів та сировини. Для курсового проекту ці та інші початкові данні отримуються за шифром завдання.

В анотації також коротко описуються етапи роботи, які виконуються у практичній діяльності і які далі реалізуються при виконанні курсового проекту, наприклад: „В результаті натурних обстежень проведена інвентаризація встановленого технологічного обладнання, яке є джерелами виділень шкідливих речовин; виконана систематизація обладнання по групам за ознакою подібності з екологічної точки зору; встановлені індивідуальні та загальні величини викидів шкідливих речовин та проведена їх класифікація за інгредієнтами...”

Результати розрахунків розсіювання викидів дають інформацію про характер їх впливу на забруднення приземного шару атмосфери. Перевищення концентрації у приземному шарі атмосфери спостерігаються за пилом цементу тощо (робиться перелік речовин). Аналіз розмірів СЗЗ та граничних концентрацій шкідливих речовин на межі розповсюдження дозволяє зробити висновок про їх забруднення.

### **1.2 Обґрунтування повноти та достовірності вихідних даних**

На підставі інвентаризації встановленого технологічного обладнання, прямих інструментальних вимірювань та розрахунків за існуючими методиками на базі вихідних даних, прийнятих за технологічними кресленнями та специфікаціями обладнання, а також за довідкою про витрати матеріалів та сировини беруться для подальших розрахунків значення секундних і річних викидів шкідливих речовин в атмосферу.

В курсовому проекті студент за шифром завдання вибирає значення  $M$ , г/с максимального викиду забруднюючої речовини, що відповідає максимальній продуктивності існуючого обладнання, і використовує його в

розрахунках розсіювання.

Розрахунковий середньорічний  $M_{cp}$ ,  $г/с$ , викид речовини в атмосферу визначається за формулою:

$$M_{cp} = M / k_n, \quad (1.1)$$

де  $k_n$  — коефіцієнт нерівномірності, викиду  $г/с$ , що обумовлюється різними експлуатаційними причинами (перенавантаження обладнання, стрибок напруги, нерівномірність подачі сировини тощо).

Річний викид шкідливої речовини  $M_p$ ,  $т/рік$ , може бути визначений за формулою:

$$M_p = 0,0036 M_{cp} / T, \quad (1.2)$$

де  $T$  — термін роботи обладнання протягом року,  $год/рік$ .

## 2 Визначення параметрів розсіювання шкідливих речовин

Під критичною точкою розуміють точку на місцевості в якій максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_m$ ,  $мг/м$ , при викиді газоповітряної суміші з одиничного джерела з круглим отвором досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані  $X_m$ ,  $м$ , від джерела і визначається за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (2.1)$$

де  $A$  — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;  $M$  — маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу,  $г/с$ ;  $F$  — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;  $m$  і  $n$  — коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;  $H$  — висота джерела викиду над рівнем землі (для наземних неорганізованих джерел при розрахунках приймається  $H=2м$ ),  $м$ ;  $\eta$  — безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, у випадку рівної або малопересіченої місцевості з перепадом висот, що не перевищують  $50м$  на  $1км$ ,  $\eta=1$ ,  $\Delta T$  — різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається  $T_s$ , і температурою навколишнього атмосферного повітря  $T_e$ ,  $^{\circ}C$ ;  $V_1$  — витрата газоповітряної суміші,  $м^3/с$ , визначена за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (2.2)$$

де  $D$  — діаметр гирла джерела викиду,  $м$ ;  $\omega_0$  — середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду,  $м/с$ .

Значення коефіцієнта  $A$ , що відповідає несприятливим метеорологічним

умовам, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, приймається для України:

160 — для джерел висотою менше 200м у зоні північніше 52° північної широти;

180 — у зоні від 50° до 52° п. ш. , 200 — південніше 50° східної широти.

При визначенні значення  $\Delta T$ , °С варто брати температуру навколишнього атмосферного повітря  $T_e$ , °С, рівну середній максимальній температурі зовнішнього повітря найтеплішого місяця року (за параметром  $A$  — для теплого періоду року, за параметрами  $B$  — для холодного періоду року).

### Примітки:

1. Для котелень, що працюють за опалювальним графіком, дозволяється при розрахунках брати значення  $T_e$  рівними середнім температурам зовнішнього повітря для найхолоднішого місяця за СНіП 2.01.01 - 82.

2. При відсутності даних  $T_e$  у СНіП 2.01.01-82 їх запитують у територіальному управлінні Держкомгідромету за місцем розташування підприємства.

Значення безрозмірного коефіцієнта  $F$  встановлюється:

а) для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу тощо, швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) — 1;

б) для дрібнодисперсних аерозолів (крім зазначених вище) при середньому експлуатаційному коефіцієнті вловлювання викидів не менше 90% — 2; від 75 до 90% — 2,5; менше 75 % і при відсутності очищення - 3.

Значення коефіцієнтів  $m$  і  $n$  визначаються в залежності від параметрів  $f$ ,  $v_m$ ,  $v_m^1$  і  $f_m$ , які в свою чергу визначаються за формулами:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (2.3)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (2.4)$$

$$v_m^1 = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (2.5)$$

$$f_e = 800 \cdot (v_m^1)^3. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт  $m$  визначається в залежності від  $f$  за графіком або за формулами:

$$m = \frac{1}{0,67 + 1,47 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f < 100; \quad (2.7)$$

$$m = \frac{1}{\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f \geq 100.$$



(2.8)

Для  $f_e < f < 100$ , значення коефіцієнта  $m$  обчислюється за формулами при  $f = f_e$

Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  визначається в залежності від  $v_m$  по графіку або за формулами:

$$n = 1 \quad \text{при } v_m \geq 2; \quad (2.9)$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,31 \cdot v_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (2.10)$$

$$n = 4,4 \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (2.11)$$

Для  $f > 100$  (або  $\Delta T \approx 0$ ) і  $v_m \geq 0,5$  (холодні викиди) при розрахунку  $C_m$  використовується формула

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (2.12)$$

де 
$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{\omega_0 \cdot V_1}}, \quad (2.13)$$

причому  $n$  визначається за формулами (2.10) - (2.12) при  $v_m = v_m^1$ .

Аналогічно при  $f < 100$  і  $v_m < 0,5$  або  $f \geq 100$  і  $v_m^1 < 0,5$  (випадки гранично малих небезпечних швидкостей вітру) розрахунок  $C_m$  проводиться за формулою

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m^1 \cdot \eta}{H^{7/3}}, \quad (2.14)$$

де

$$m^1 = 2,86m \quad \text{при } f < 100, v_m < 0,5; \quad (2.15)$$

$$m^1 = 0,9 \quad \text{при } f > 100, v_m^1 < 0,5; \quad (2.16)$$

Відстань  $X_m, m$  від джерела викидів, на якому приземна концентрація  $C, \text{ мг/м}^3$ , при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення  $C_m$ , визначається за формулою:

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2.17)$$

де безрозмірний коефіцієнт  $d$  при  $f < 100$  визначаються за формулами:

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}), \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.18)$$

$$d = 4,95 \cdot v_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}), \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.19)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } v_m > 2. \quad (2.20)$$

При  $f > 100$  або  $\Delta T \approx 0$  значення  $d$  визначається за формулами:

$$d = 5,7 \text{ при } v_m^1 \leq 0,5; \quad (2.21)$$

$$d = 11,4 \cdot v_m^1 \text{ при } 0,5 < v_m^1 \leq 2; \quad (2.22)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v_m^1} \text{ при } v_m^1 > 2. \quad (2.23)$$

### **Визначення висоти викиду, що задовольняє умову екобезпечного розсіювання**

Розв'язання оберненої задачі з визначення висоти викиду  $H_m$ , що відповідає заданому рівню максимальної приземної концентрації  $C_m = C_{ГДК} - C_\phi$ , при інших фіксованих параметрах викиду, виконується за формулою:

$$H = \left( \frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8 \cdot V_1 \cdot (C_{ГДК} - c_\phi)} \right)^{3/4}, \text{ м.} \quad (2.24)$$

## **3 Організаційні заходи та технічні засоби охорони повітряного басейну**

### **3.1 Вибір технічних засобів очищення викидів та визначення параметрів його роботи**

Вибір пиловловлювачів визначається надійністю й ефективністю їхньої роботи, що значною мірою залежить від фізико-хімічних властивостей пилу і від основних параметрів газових потоків.

З пиловловлювачів найбільше поширення одержали циклони, що пояснюється насамперед простотою їхньої конструкції і більш високою, ніж в інших інерційних апаратах, ефективністю пиловловлення.

У курсовому проекті передбачається установа циклонів в одиничному або груповому виконанні, основними перевагами яких є порівняно високий ступінь очищення повітря від пилу при невисокому аеродинамічному опорі, простота конструкції і незначні експлуатаційні витрати.

При розрахунку циклонів визначається їхня кількість за продуктивністю, схема компонування, після чого проводиться розрахунок основних параметрів роботи: аеродинамічного опору, ефективності вловлювання тощо.

Розрахунок проводиться в такій послідовності.

1. Визначається щільність газу при робочих умовах,  $кг/м^3$  за формулою:

$$\rho_z = \rho_0 \frac{273 \cdot (P_{бар} - P_u)}{(273 + t_z) \cdot P_{бар}},$$

(3.1)

де  $\rho_0$  — щільність газу при нормальних умовах,  $кг/м^3$ ;

$t_2$  — температура газу,  $^{\circ}C$ ;

2. Витрата газу,  $м^3/с$  при робочих умовах визначається за формулою:

$$V_z = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho_z \cdot 3600}, \quad (3.2)$$

3. Діаметр циклона при оптимальній швидкості в поперечному перерізі визначається за формулою:

$$D = \frac{V_z}{0,785 \cdot \omega_{opt}}. \quad (3.3)$$

Приймається найближчий діаметр циклону і визначається дійсна швидкість газу,  $м/с$  за формулою:

$$\omega_{\eta} = \frac{V_z}{0,785 \cdot D^2}. \quad (3.4)$$

Якщо при розрахунку отриманий діаметр циклону більший ніж  $D=0,8-1,0м$ , то варто підібрати два або більше циклони менших діаметрів за еквівалентною площею. При виборі циклонів дійсна швидкість не повинна відрізнятись від оптимальної більше ніж на 15%.

Коефіцієнт аеродинамічного опору циклону  $\zeta$ , гідравлічні втрати  $\Delta P$ , а також ступінь очищення повітря  $\eta$  %, в установці, визначається виходячи з типу прийнятих до встановлення циклонів.

При отриманому ступені очищення повітря від пилу в установці, кількість пилу,  $г/с$ , що буде викидатися в атмосферне повітря після встановлення циклонів, визначається за формулою

$$M_{\eta} = M \cdot (1 - \eta). \quad (3.5)$$

### **3.2 Пропозиції щодо нормативів гранично допустимих та тимчасово погоджених викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря**

У разі достатньої ефективності атмосферозахисних заходів виконуються розрахунки нормативів гранично допустимих та тимчасово погоджених викидів речовин в атмосферне повітря.

Розрахунок гранично допустимих викидів речовин даного підприємств виконується відповідно до методики, викладеної в ОНД-86 [2].

Гранично допустимий викид шкідливих речовин в атмосферу (ГДВ) встановлюється для кожного джерела забруднення таким чином, що

викиди шкідливих речовин від кожного джерела і від сукупності джерел міста або іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері не створюють концентрацію, що перевищує їх ГДК для населення, рослинного і тваринного світу (додаток Д).

Встановлення ГДВ провадиться із застосуванням методів розрахунку забруднення атмосфери промисловими викидами та урахуванням перспектив розвитку підприємств, фізико-географічних і кліматичних умов місцевості, розташування промислових площадок і ділянок існуючої і проєктованої житлової забудови, санаторіїв, зон відпочинку міст, взаємного розташування промислових площадок і селітебних територій.

ГДВ (г/с) устанавлюється для умов повного навантаження технологічного і газоочисного устаткування і їхньої нормальної роботи. ГДВ не повинні перевищувати викиду в будь-який 20-хвилинний період часу.

ГДВ устанавлюється окремо для кожного джерела викиду, що є невеликим. Для невеликих джерел доцільно встановлення єдиних ГДВ від їхніх сукупностей, із попереднім об'єднанням групи джерел у більш потужне (із великими значеннями  $C_m$ , ніж в окремо взятих джерелах) площадкове або умовно точкове джерело. Неорганізовані викиди всього підприємства або окремих ділянок його промплощадки зводяться до площадки джерел або до сукупності умовних точкових джерел.

Поряд із ГДВ для одиничних джерел устанавлюються ГДВ для підприємства в цілому. При сталості викидів вони знаходяться як сума ГДВ від одиничних джерел і груп невеликих джерел. При зміні в часі викидів від окремих джерел ГДВ підприємства менше суми ГДВ від окремих джерел і відповідає максимально можливому сумарному викиду від усіх джерел підприємства при нормальній роботі технологічного і газоочисного устаткування.

ГДВ визначається для кожної речовини окремо, у тому числі й у випадках урахування сумації шкідливої дії декількох речовин.

При встановленні ГДВ враховуються фонові концентрації  $C_\phi$ . При визначенні ГДВ для чинних виробництв  $C_\phi$  замінюється на  $C'_\phi$ .

Значення ГДВ (г/с) для одиночного джерела з круглим отвором у випадках  $C_\phi < \text{ГДВ}$  визначається за формулою:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}, \quad (3.6)$$

У випадку  $f > 100$  або  $\Delta T = 0$ , ГДВ визначається за формулою:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_\phi) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D},$$

(3.7)

Значення ГДВ для джерела з прямокутним отвором визначається за тими ж формулами, але при  $D = D_E$  і  $V_1 = V_{1E}$ .

При розробленні ГДВ для підприємства, що реконструюється, розрахунки виконуються для фактичного положення і на перспективу. При розрахунках для фактичного положення використовуються значення  $H$  і  $V$  за даними останньої інвентаризації викидів із внесенням у разі потреби додаткових уточнень. При розрахунках на перспективу їх необхідно робити окремо для кожного з намічених етапів скорочення викидів із використанням значень  $M$  і  $V$ , очікуваних у результаті реалізації намічених заходів.

### 3.3 Еколого — економічне оцінювання заходів з охорони повітряного басейну

Розрахунки проводяться студентами у відповідності до варіанту завдання, який приймається за додатками А, Б. Екологічно-економічне зівставлення проводиться при аналізі збитків, пов'язаних з забрудненням навколишнього середовища, за формулою:

$$Y = Z + Y' \quad (3.8)$$

де  $Y$  — загальні збитки, тис. грн.;

$Z$  — приведені витрати на попередження антропогенного впливу забруднення на повітряне середовище, тис. грн.;

$Y'$  — приведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення повітряного середовища викидами, які неможливо попередити, тис. грн./рік.

Приведені витрати визначаються за формулою:

$$Z = C + П, \quad (3.9)$$

де  $C$  — річні експлуатаційні витрати, тис. грн., які можуть включати:

- витрати на воду, паливо, електроенергію, яка використовується в процесах захисту середовища;
- витрати на хімічні реактиви та інші матеріали, необхідні для очищення видалюючого забрудненого повітря;
- витрати на проведення поточного ремонту обладнання;
- амортизаційні відрахування.

Оскільки всі складові річних експлуатаційних витрат врахувати надто складно, достатньо проводити розрахунок  $C$  за кількістю електроенергії, яка витрачається для природоохоронних заходів, з урахуванням корегувального коефіцієнта  $k$ , за формулою:

$$C = C_{ел} K, \quad (3.10)$$

де  $C_{ел}$  — річні експлуатаційні витрати на використання електроенергії, *тис. грн.*, які визначаються за формулою:

$$C_{ел} = E \cdot C_e, \quad (3.11)$$

де  $C_e$  — встановлена норма плати за  $1 \text{ кВт}$  використаної електроенергії для промисловості, *грн/кВт·год*, приймається

$$C_e = 0,71 \text{ грн./кВт год};$$

$E$  — кількість використаної електроенергії для роботи очисного обладнання, *кВт год*, яка визначається за формулою:

$$E = N \cdot t, \quad (3.12)$$

де  $N$  — потужність вентилятора, який використовується в пилоочисній системі і застосовується на подолання опору пилоочисного обладнання, *кВт*. Дана потужність визначається за формулою:

$$N = \frac{L \cdot \Delta P}{3600 \cdot 1020 \cdot \eta_e \cdot \eta_n}, \quad (3.13)$$

де  $L$  — витрата повітря, *м<sup>3</sup>/год*, яку необхідно очищати від пилу;

$\Delta P$  — аеродинамічний опір пиловловлювача, *Па*;

$\eta_e$  — коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) вентилятора, в розрахунках може бути прийнятим  $\eta_e = 0,8$ ;

$\eta_n$  — к.к.д. передачі електродвигуна вентилятора, в розрахунках може бути прийнятим  $\eta_n = 0,95$ ;

$t$  — кількість годин роботи обладнання, *год*.

Річні експлуатаційні витрати електроенергії визначаються за формулою:

$$C = N \cdot t \cdot C_e \cdot k. \quad (3.14)$$

Річний нормативний прибуток  $\Pi$ , *тис. грн.*, визначається за формулою:

$$\Pi = E_n \cdot k, \quad (3.15)$$

де  $E_n$  — нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, в розрахунках приймається  $E_n = 0,16$ ;

$k$  — капітальні витрати на обладнання складових пилоочисної системи, які визначаються за формулою:

$$K = L \cdot K_{num}, \quad (3.16)$$

де  $K_{num}$  — питомі капітальні витрати, віднесені до  $1000 \text{ м}^3/\text{год}$  повітря, яке очищається від пилу.

Капітальні витрати на придбання очисного обладнання можуть включати:

- оптову ціну на придбання обладнання, витрати на його транспортування до об'єкта ;
- витрати на монтаж обладнання, на інші витрати, пов'язані зі створенням основних фондів.

З урахуванням формули (3.16) річний нормативний прибуток  $\Pi$  визначається за формулою:

$$\Pi = E_n \cdot L \cdot K_{num}. \quad (3.17)$$

Приведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення повітряного середовища шкідливими викидами визначаються за формулою:

$$Y^1 = j \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \quad (3.18)$$

де  $j$  — питомі збитки від викидів в повітряне середовище умовної тонни забруднюючої речовини, в розрахунках приймається

$$j = 2,2 \text{ грн./ум.т};$$

$\sigma$  — безрозмірний показник відносної небезпечності забруднення повітря в санітарній зоні пром підприємства, в парку, в лісі і т.п.

Для населеного пункту визначається  $\sigma$  в залежності від густоти населення  $n_{щ}$ , за формулою:

$$\sigma = 0,1 \cdot n_{щ} \quad (3.19)$$

де  $n_{щ}$  — щільність населення, осіб/га.

$f$  — безрозмірний поправочний коефіцієнт на характер розповсюдження шкідливих речовин в атмосфері.

Значення  $f$  залежить від коефіцієнта очищення обладнання  $\eta$ , %:

$$\text{при } 70 \leq \eta \leq 90\% \quad f = \sqrt{\left( \frac{1000}{60 + \varphi \cdot h} \right)} \cdot \frac{4}{1 + u}, \quad (3.20)$$

$$\text{при } \eta > 90\% \quad f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot h} \cdot \frac{4}{1 + u}, \quad (3.21)$$

$$\text{при } \eta < 70\% \quad f = 10, \quad (3.22)$$

де  $h$  — геометрична висота гирла джерела викиду шкідливих речовин, м;

$u$  — середньорічне значення модуля швидкості вітру на рівні флюгера, м/с, в розрахунках приймається  $u = 3$  м/с;

$\varphi$  — безрозмірна поправка на тепловий підйом факела викиду в атмосферу, визначається за формулою:

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75 \quad (3.22)$$

де  $T$  — середньорічне значення різниці температур в гирлі джерела і в навколишньому середовищі на рівні гирла, °С, тобто

$$\Delta T = t_{азу} - t_{exp} \quad (3.23)$$

де  $t_{exp}$  — температура навколишнього повітряного середовища за параметрами  $A$  для теплого періоду року;

$t_{газ}$  — температура газоповітряної суміші.

$M'$  — приведена маса річного викиду забруднюючої речовини із джерела, умов,  $m/рік$ , яка визначається за формулою:

$$M' = A \cdot M, \quad (3.24)$$

де  $A$  — показник відносної агресивності речовини, ум.  $m/m$  (додаток В);

$M$  — валовий викид речовин,  $m/рік$ .

З урахуванням секундного викиду, кількості годин роботи вентиляційного обладнання в рік, валовий викид визначається за формулою:

$$M = \frac{M_c \cdot 3600 \cdot t}{10^9}, \quad (3.25)$$

де  $M_c$  — секундний викид,  $мг/с$ ;

$t$  — кількість годин роботи в рік.

Секундний викид шкідливої речовини в атмосферу визначається за формулою:

$$M_c = L \cdot C_{вих}, \quad (3.26)$$

де  $M_c$  — концентрація шкідливих речовин на виході із очисного обладнання,  $мг/м^3$ , яка визначається за формулою:

$$C_{вих} = C_{вх} \cdot (1 - \eta) \quad (3.27)$$

де  $C_{вх}$  — концентрація шкідливої речовини на вході в пилоочисне обладнання,  $мг/м^3$ ;

$L$  — коефіцієнт очистки пилоочисного обладнання в долях одиниці.

Екологічне оцінювання очищення вентиляційних пилових викидів виконується для п'яти технологічних схем із таким типом обладнання:

- інерційний пиловловлювач типу *ЦН* (центробіжний циклон);
- пиловловлювач вентиляційний мокрий типу *ПВМ*;
- рукавний фільтр типу *ФР*;
- електрофільтр;
- двоступенева схема очистки, яка включає першу ступінь — інерційний циклон типу *ЦН*, другу ступінь — електрофільтр.

Розрахунки проводяться в табличній формі для раніше приведених п'яти схем очищення вентиляційних пилових викидів.

Оптимальною схемою очищення пилових викидів є схема, яка має мінімальні загальні збитки при дії на навколишнє повітряне середовище залишкових шкідливих викидів.



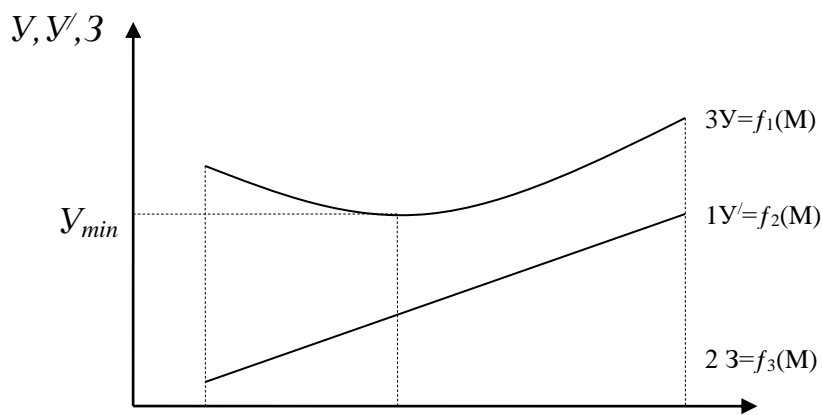


Рисунок 3.1-  $M, V$  схема відомі  $M, \text{ум.т/рік}$  зміни збитків від забруднення атмосфери шкідливими викидами: 1— приведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення атмосфери ( $U'$ ); 2 — приведені витрати ( $Z$ ); 3 — загальні збитки ( $U$ ).

За результатами розрахунків будується графічне зображення залежностей  $U = f_1(M)$ ,  $U' = f_2(M)$  та  $Z = f_3(M)$  для п'яти розрахункових технологічних схем.

За мінімальними значеннями загальних збитків  $U$  визначається оптимальна схема очистки пилових вентиляційних викидів.