

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Технічні засоби охорони повітряного басейну” для студентів напряму підготовки 0921 – “Будівництво” /Уклад. Г.С. Ратушняк, Н.М. Слободян., – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 36с.

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. Г.С. Ратушняк

Рецензенти: А.Ф. Пономарчук, доктор технічних наук, професор  
С.Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

## ЗМІСТ

1	Загальна частина	4
1.1	Анотована характеристика курсового проекту	5
1.2	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
4	Приклади моделювання викидів шкідливих речовин в атмосферу	16
4.1	Визначення кількості шкідливих речовин, що уловлюються	16
4.2	Розрахунок викидів основних шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел, зв'язаних з роботою двигунів внутрішнього згорання	20
4.3	Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин від малярних цехів (ділянок) підприємств	22
4.4	Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу при зарядці автомобільних свинцевих акумуляторів	25
	Додаток А	27
	Додаток Б	29
	Додаток В	32
	Додаток Г	33
	Додаток Д	34
	Список літератури	35

## 1 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 пиловловлювального 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 атмосферу.

Метою виконання студентами курсового проекту із захисту атмосферного повітря від забруднення є вивчення основ проектування і розрахунку повітрязахисних 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 пиловловлювального 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 групах 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 пиллом 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  $C_m$   $мг/м^3$ , 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  $T_a$ ,  $^{\circ}C$ ;  $V_1$  – 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  $52^{\circ}$  північної широти;

180 – у зоні від 50° до 52° північної широти.; 200 – південніше 50° східної широти.

При визначенні значення  $\Delta T$ , °C варто брати температуру навколишнього атмосферного повітря  $T_e$ , °C, 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:

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

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f \geq 100. \quad (2.8)$$

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:

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

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

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

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  $C$ ,  $mg/m^3$ , 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:

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

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

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

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:

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

## 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 установлення 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 опорі, ефективності вловлювання тощо.

Розрахунок проводиться в такій послідовності.

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

$$\rho_2 = \rho_0 \frac{273 \cdot (P_{бар} - P_v)}{(273 + t_2) \cdot P_{бар}}, \quad (3.1)$$

де  $\rho_0$  – щільність газу при нормальних умовах,  $\text{кг/м}^3$ ;

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

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



$$V_2 = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho_2 \cdot 3600} \quad (3.2)$$

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

$$D = \frac{V_2}{0,785 \cdot \omega_{opt}} \quad (3.3)$$

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

$$\omega_u = \frac{V_2}{0,785 \cdot D^2} \quad (3.4)$$

Якщо при розрахунку отриманий діаметр циклону більший ніж  $D=0,8...1,0$ м, 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 Г).

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 проектованої житлової забудови, санаторіїв, зон відпочинку міст, взаємного розта-

шування промислових площадок і селітебних територій.

ГДВ (г/с) установлюється 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 установлюється 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 установлюються 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 сумачії 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:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_\phi) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D}, \quad (3.7)$$

Значення ГДВ для джерела з прямокутним отвором визначається за тими ж формулами, але при

$$D = D_E \quad i \quad V_1 = V_{1E}.$$

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 вико-

ристанням значень  $M$  и  $V$ , 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:

$$Z = C + \Pi, \quad (3.9)$$

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 видаляючого 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:

$$C = C_{ел} \cdot K, \quad (3.10)$$

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

$$C_e = 0,45 \text{ грн./кВт год};$$

$E$  – 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:

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

де  $L$  – витрата повітря,  $m^3/god$ , яку необхідно очищати від пилу;

$\Delta P$  – аеродинамічний опір пиловловлювача, Па;  $\eta_v$  – коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) вентилятора, в розрахунках може бути прийнятим  $\eta_v = 0,8$ ;  $\eta_n$  – 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  $1000 m^3/god$  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:

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

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 промідприємства, в парку, в лісі і т.п.

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

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

де  $n_{ш}$  – густина населення, осіб/га.

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

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

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

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

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

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, °C, тобто

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

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, т/рік, яка визначається за формулою:

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

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

$M$  – валовий викид речовин, т/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:

формулою:

$$M_C = L \cdot C_{\text{вих.}}, \quad (3.26)$$

де  $M_C$  – концентрація шкідливих речовин на виході із очисного обладнання,  $\text{мг/м}^3$ , яка визначається за формулою:

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

де  $C_{\text{вх}}$  – концентрація шкідливої речовини на вході в пилоочисне обладнання,  $\text{мг/м}^3$ ;  $L$  – коефіцієнт очистки пилоочисного обладнання і 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 наведених 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.

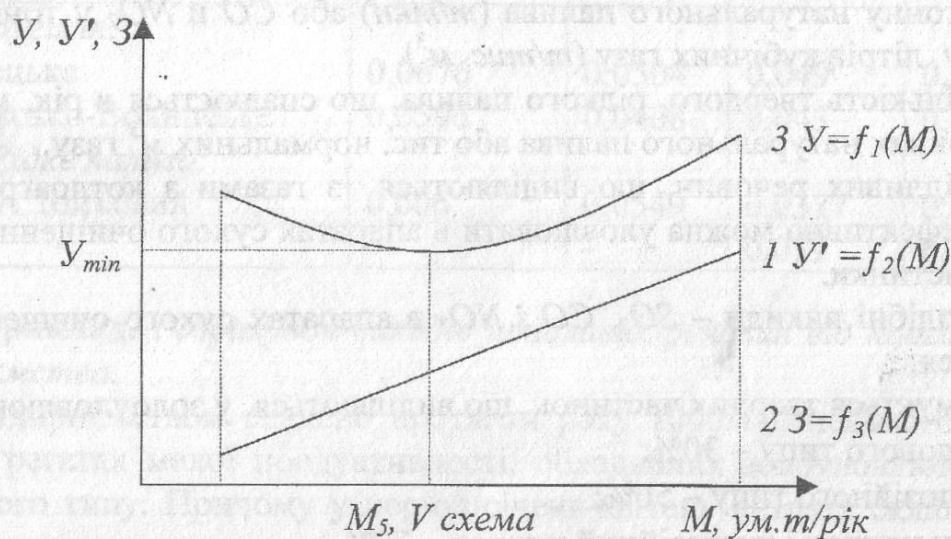


Рисунок 3.1 – Графічне відображення зміни збитків від забруднення атмосфери шкідливими викидами: 1 – приведені витрати на компенсацію збитків внаслідок промислового забруднення атмосфери ( $U'$ );

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.

#### 4 Приклади моделювання викидів шкідливих речовин в атмосферу

##### 4.1 Визначення кількості шкідливих речовин, що уловлюються

Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферу  $M_e$  (окремо твердих частинок, сірчистого ангідриду  $SO_2$ ; окису вуглецю  $CO$ , окислів азоту  $NO_2$ ) визначається за формулою:

$$M_e = M_o - M_y, \text{ т/рік}, \quad (4.1)$$

де  $M_o$  – кількість шкідливих речовин палива, що відходять з газами при спалюванні,  $\text{т/рік}; \text{г/с}$ .

$M_y$  – кількість шкідливих речовин, що уловлюються в очисній системі котлоагрегату і т. п.,  $\text{т/рік}; \text{г/с}$ .

Кількість шкідливих речовин, що виділяються при спалюванні палива твердого, рідкого, газоподібного,  $M_o$  визначається за формулою:

$$M_o = \Pi \cdot B, \text{ т/рік}, \quad (4.2)$$

де  $\Pi$  – питомі показники викидів шкідливих речовин (твердих частинок; окису вуглецю  $CO$ ; сірчистого ангідриду  $SO_2$ ; окислів азоту  $NO_2$ ), в тоннах на тону натурального палива ( $\text{т/тнп}$ ) або  $CO$  і  $NO_2$  у тоннах на одну тисячу літрів кубічних газу ( $\text{т/тис. м}^3$ ).

$B$  – кількість твердого, рідкого палива, що спалюється в рік, місяць, за добу в тоннах натурального палива або тис. нормальних  $\text{м}^3$  газу.

Зі шкідливих речовин, що виділяються з газами з котлоагрегатів, найбільше ефективно можна уловлювати в апаратах сухого очищення тільки тверді частинки.

Газоподібні викиди –  $SO_2$ ,  $CO$  і  $NO_2$  в апаратах сухого очищення не уловлюються.

Затримується твердих частинок, що виділяються, у золоуловлювачах:

- осадового типу – 30%;
- жалюзійного типу – 50%;
- типу циклон і жалюзійний циклон – 70%.

Кількість твердих частинок, що уловлюються за розрахунковий період, у залежності від типу пилозолоуловлювача, визначається за формулою:

$$M_y = \frac{M_o \cdot \eta_z}{100}, \text{ т/рік} \quad (4.3)$$

де  $M_o$  – кількість твердих частинок, що виділяються при згорянні твердого палива в котлоагрегатах, обладнаних золоуловлювачами даного

При використанні на підприємстві декількох котлоагрегатів загальна кількість уловлюваних твердих частинок визначається як сума твердих частинок, що уловлюються, які виділяються з усіх котлоагрегатів. У зв'язку з тим, що енергетичні котлоагрегати, водогрійні котли, ковальські горна і т. п. на підприємствах працюють протягом року з нерівномірним навантаженням, слід максимальний разовий викид визначати в період найбільшої витрати палива (в г/с) прямим методом вимірювання концентрації шкідливих речовин і об'ємів газоповітряної суміші після газоочисних установок або в місцях безпосереднього виділення речовин в атмосферу. При неможливості прямого вимірювання можна даними таблиці користуватися для спрощеного розрахунку викидів від ковальських горен, водогрійних котелів, термічних печей і т. п.

При неможливості застосування прямих методів слід величину максимального разового викиду  $M_v^p$  кожної шкідливої речовини визначати в добу найбільших навантажень роботи, як описано вище за формулами 4.1, 4.2, 4.3.

Таблиця 4.1 – Питомі показники викидів шкідливих речовин від палива, спаленого в котлоагрегатах у  $t/t_{\text{пн}}$  і в  $t/1000 \text{ н м}^3$  газу

Вид палива	Питомі показники шкідливих речовин			
	Тверді частинки $T$	Діоксид сірки $SO_2$	Оксид вуглецю $CO$	Діоксид азоту $NO_2$
<i>Вугілля:</i>				
Донецьке	0,0676	0,0504	0,049	0,00221
Львівсько-Волинське	0,0596	0,0468	0,043	0,00208
<i>Рідке паливо:</i>				
Мазут топковий	0,006	0,0549	0,0377	0,00246
Газ	-	-	0,019	0,00215

**Приклад.** Розрахунок викидів шкідливих речовин від котлоагрегатів підприємства.

Підприємством спалено протягом року 1000т донецького вугілля у котлоагрегатах малої продуктивності, обладнаних золоуловлювачами жалюзійного типу. Причому у період січень-квітень витрата склала 60% від річної витрати палива.

Потрібно визначити кількість викидів в атмосферу основних забруднюючих речовин за рік, а також максимальні разові викиди в період найбільшого навантаження в роботі котлоагрегатів:

- твердих частинок  $T$ ,  $t/\text{рік}$ ;
- оксиду вуглецю  $CO$ ,  $t/\text{рік}$ ;
- діоксиду сірки  $SO_2$ ,  $t/\text{рік}$ ;
- діоксиду азоту  $NO_2$ ,  $t/\text{рік}$



### Розрахунок

Визначаємо кількість викидів з котлоагрегатів шкідливих речовин за формулою:

$$M_o = \Pi \cdot B, \text{ m/рік},$$

де  $\Pi$  – знаходимо за таблицею 4.1 питомі показники викидів від спалювання донецького вугілля:

$$\Pi_T = 0,0676, \text{ m/m};$$

$$\Pi_{SO_2} = 0,0504, \text{ m/m};$$

$$\Pi_{CO} = 0,0490, \text{ m/m};$$

$$\Pi_{NO_2} = 0,00221, \text{ m/m};$$

$B$  – об'єм спаленого вугілля:

– за рік – 1000 т,

200, 200, 900, 800

– в період максимальних навантажень – 600 т;

а) маса твердих частинок при спалюванні палива

$$M_{oT} = 0,0676 \cdot 1000 = 67,6 \text{ m/рік};$$

б) маса відходів діоксиду сірки

$$M_{oSO_2} = 0,0504 \cdot 1000 = 50,4 \text{ m/рік};$$

в) маса оксиду вуглецю, що відходить

$$M_{oCO} = 0,0490 \cdot 1000 = 49,0 \text{ m/рік};$$

г) маса діоксиду азоту, що відходить

$$M_{oNO_2} = 0,00221 \cdot 1000 = 22,1 \text{ m/рік}.$$

Маса викиду твердих частинок, що уловлюється золоуловлювачами жалюзійного типу при спалюванні палива визначається за формулою:

$$M_{yT} = \frac{M_{oT} \cdot \eta_z}{100} \text{ m/рік}, \quad (4.4)$$

де  $M_{om} = 67,6 \text{ m/рік}$ ;  $\eta_z$  – для уловлювачів жалюзійного типу 50%.

Маса твердих частинок, що уловлюються, складе:

$$M_{yT}^{рік} = \frac{67,6 \cdot 50}{100} = 33,8 \text{ m/рік}.$$

Тоді маса викиду твердих частинок  $M_{oT}^{рік}$  визначається за формулою і складе:

$$M_{oT}^{рік} = M_{oT} - M_{yT}^{рік} = 67,6 - 33,8 \text{ m/рік}.$$

В зв'язку з тим, що газоподібні викиди  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_2$  в апаратах сухого очищення не уловлюються, маса зазначених газів, що попадають в атмосферу, за рік  $M_{oG}^{рік}$  складе:

$$M_{\text{в}}^{\text{рік}} = M_{\text{о}}^{\text{рік}}; \quad (4.5)$$

$$M_{\text{вSO}_2}^{\text{рік}} = 50,4 \text{ т/рік};$$

$$M_{\text{вCO}}^{\text{рік}} = 49,0 \text{ т/рік};$$

$$M_{\text{вNO}_2}^{\text{рік}} = 2,21 \text{ т/рік}.$$

Максимальні разові викиди кожного інгредієнта в період найбільших навантажень у роботі котлоагрегатів визначаються в порядку, викладеному вище, з переведенням розмірності маси і часу відповідно в грами і секунди.

Таким чином, у період січень-квітень місяці (120діб) при спалюванні 600 т вугілля ( $\frac{1000 \cdot 60}{100}$ ) маса максимальних викидів в атмосферу складе:

$$\text{— твердих частинок} \quad M_{\text{вТ}}^{\text{р}} = \frac{M_{\text{от}} - M_{\text{ут}}}{10,368 \cdot 10^6} \text{ г/с,}$$

$$\text{де} \quad M_{\text{от}} = 0,067 \cdot 600 = 40,56 \text{ т,}$$

$$M_{\text{ут}} = M_{\text{от}} \cdot 0,5 = 20,28 \text{ т,}$$

$$M_{\text{вТ}} = M_{\text{от}} - M_{\text{ут}} \cdot 0,5 = 20,28 \text{ т,}$$

$$M_{\text{вТ}}^{\text{р}} = \frac{20,28 \cdot 10^6}{10,368 \cdot 10^6} = 1,956 \text{ г/с,}$$

$$\text{де} \quad (1,368 \cdot 10^6 = 120 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60),$$

$$M_{\text{вSO}_2}^{\text{р}} = \frac{0,0504 \cdot 600}{10,368} = 2,9 \text{ г/с,}$$

$$M_{\text{вNO}_2}^{\text{р}} = \frac{0,00221 \cdot 600}{10,368} = 0,128 \text{ г/с,}$$

$$M_{\text{вSO}_2}^{\text{р}} = \frac{0,0504 \cdot 600}{10,368} = 2,9 \text{ г/с,}$$

$$M_{\text{вNO}_2}^{\text{р}} = \frac{0,00221 \cdot 600}{10,368} = 0,128 \text{ г/с.}$$

## 4.2 Розрахунок викидів основних шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел, зв'язаних з роботою двигунів внутрішнього згоряння

У щоденній практичній діяльності на автотранспортному підприємстві викиди шкідливих речовин в атмосферу від двигунів внутрішнього згоряння зв'язані, головним чином, з паркогаражними роз'їздами автомобілів і їхнім технічним обслуговуванням.

На авторемонтних підприємствах ці викиди зв'язані з роботами двигунів на обкатних, контрольних і іспитових стендах (станціях), а також роботою технологічного транспорту і спецмеханізмів на території підприємства й усередині цехів.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу можуть бути визначені за кількістю використаного палива:

– для АТП за об'ємом, що дозволяється витратити на внутрішньогаражні роз'їзди і технічні недоліки, тобто до 0,5% палива від загальної його кількості споживаного підприємством;

– для ремпідприємств і СТО за кількістю палива виділеного за бондами для його діяльності на рік.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу повинні бути віднесені до відповідних джерел (організованих – за їх номерами на карті-схемі підприємства, неорганізованих – за ділянками території) і визначені кількістю за кожним із основних інгредієнтів за рік у тоннах і максимальні разові викиди, характерні періодові найбільших кількостей, які виділяють в атмосферу забруднюючі речовини в одиницю часу – у г/с.

4.2.1 Кількість викидів  $i$ -того інгредієнта в атмосферу  $G_i$  визначається за формулою:

$$G_i = Q_T \cdot B_i \quad (m/\text{рік}; \text{г/с}), \quad (4.6)$$

де  $Q_T$  – кількість фактично витраченого палива (автобензину, диз. палива),  $m/\text{рік}$ ;  $B_i$  – питома кількість речовини при згорянні 1  $m$  палива (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Викид шкідливих речовин при згорянні 1  $m$  палива

Найменування шкідливої речовини	Викид шкідливих речовин двигуном	
	карбюраторними	дизелями
Оксид вуглецю	0,6 $m/m$	0,1 $m/m$
Вуглеводні	0,1 $m/m$	0,03 $m/m$
Діоксид азоту	0,04 $m/m$	0,0 $m/m$
Сажа (аерозоль)	0,58 $m/m$	15,5 $кг/m$
Діоксид сірки	0,002 $m/m$	0,02 $m/m$
Свинець	0,3 $кг/m$	–
Бензин/пірен	0,23 $m/m$	0,31 $г/m$

**Приклад. Розрахунок викидів шкідливих речовин від двигунів внутрішнього згоряння АТП**

В автотранспортному підприємстві річна витрата палива склала:

- автобензину А-76 і АІ-93 – 3 тис. т;
- дизпалива – 800 т.

Визначити за розрахунковий рік разову (г/с) кількість викидів в атмосферу основних інгредієнтів шкідливих речовин, що виділяються з стаціонарних джерел АТП, зв'язаних з роботою автомобільних двигунів.

**Розрахунок**

Фактична витрата палива на внутрішньогаражні роз'їзди і технічні потреби не перевищила дозволеної кількості – 0,5% від загальної витрати по АТП за розрахунковий рік і склала:

- автобензину – 15 т;
- дизпалива – 4 т;

у тому числі:

- автобензину на гаражні роз'їзди (70%) – 10,5 т;
  - на техобслуговування (30%) – 4,5 т;
- дизпалива:
- на гаражні роз'їзди (70%) – 2,8 т;
  - на техобслуговування (30%) – 1,2 т.

Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферу за рік за основними інгредієнтами за результатами розрахунків наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Річна кількість викидів

Найменування речовини	Кількість викидів в атмосферу			
	від карбюраторних двигунів		від дизельних двигунів	
	на роз'їздах	на тех.-обслуг.	на роз'їздах	на тех.-обслуг.
Оксид вуглецю	6,3 т/рік	2,7 т	0,28 т	0,12 т
Вуглеводні	1,05 т	0,45 т	0,084 т	0,036 т
Діоксид азоту	0,42 т	0,18 т	0,11 т	0,048 т
Сажа (аерозоль)	6,09 кг	2,61 кг	43,4 кг	18,6 кг
Діоксид сірки	0,021 т	0,009 т	0,056 т	0,02 т
Свинець	3,15 кг	1,35 кг	–	–
Бензин/пірен	2,415 г	1,035 г	0,868 г	0,372 г

Найбільші викиди в АТП приходяться на період ранкового виходу автотранспорту на лінію за час, характерний для специфіки роботи підприємства.

Для прикладу прийнято, що за 2 години (7200 с) викиди від роз'їздів складають 70 % середньодобової кількості.

Це виражається залежністю:

$$G_i^p = \frac{G_i^{pic} \cdot 10^6 \cdot 0.7}{365 \cdot 7200} \text{ г/с.}$$

Наприклад, максимальний разовий викид оксиду вуглецю

$$G_i^p = \frac{6.3 \cdot 10^6 \cdot 0.7}{365 \cdot 7200} = 1.68 \text{ г/с.}$$

Аналогічно визначаються викиди за іншими основними інгредієнтами.

### 4.3 Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин від малярних цехів (ділянок) підприємств

Склад і маса шкідливих речовин, що надходять у повітряний басейн при виконанні технологічних операцій фарбувальних робіт, залежить від рецептурного складу застосовуваних матеріалів і способу їхнього нанесення.

4.3.1 Кількість кожного компонента, що входить у рецептуру фарбових матеріалів, що надходить в атмосферу  $M_K$  можна визначити за формулою:

$$M_K = \frac{\Sigma B_M \cdot K}{100} \text{ т/рік,} \quad (4.7)$$

де  $B_M$  – кількість витраченого матеріалу (розчинника, ґрунтовки, шпаклівки, фарби), т/рік;

$K$  – відсоток вмісту кожного компонента в леткій частині витрачаного матеріалу, %.

Склад леткої частини основних лакофарбових матеріалів, застосовуваних на автопідприємствах, за рецептурою для матеріалів, наведені в додатку Д.

У зв'язку з нерівномірністю роботи малярних цехів протягом року слід визначення максимального разового викиду (г/с) кожного компонента робити за період найбільшої добової витрати лакофарбових матеріалів. Наприклад, під час підготовки автомобілів АТП до річного технічного огляду середньодобове виділення продуктів, які забруднюють атмосферу, зростає в кілька разів.

Маса максимального разового викиду леткого компонента в період найбільшої добової витрати лакофарбових матеріалів  $M_K^p$  визначається за формулою:

$$M_K^p = \frac{\Sigma (B_{МП} \cdot K) \cdot 10^3}{100 \cdot K_c} \text{ г/с,} \quad (4.8)$$

де  $B$  – тривалість зміни малярного цеху в період найбільшої напруженості, год;  $K$  – кількість леткого компонента, %;  $K_c$  – коефіцієнт переведення робочого часу малярного цеху в сек.

$$K_c = t_p \cdot 3600 \text{ с.}$$

Розподіл за джерелами викидів кількості шкідливих речовин, що надходять у повітряний басейн при операціях технологічного процесу фарбування, приймається такий:

- від підготовчих робіт з матеріалами (розлив, підготовка лаків, ґрунтовки, обробка поверхні, шпаклівка і т. п.) – 20%;
- від пульверизаційного покриття (фарбувальні камери) – 20%;
- від сушильних камер (камер витримки) – 50%;
- від верхньої зони приміщення фарбувального цеху (неорганізований викид) – 10%.

#### Примітки:

1. Якщо окремі операції виконуються у різних приміщеннях з автономними вентиляторами, то частина викидів відноситься до відповідного номера організованого джерела. Викиди від роботи поза приміщеннями, обладнаних вентиляцією, відносяться до неорганізованих джерел.

2. Асортимент лакофарбових матеріалів практично дуже великий.

Для вирішення питання забруднення атмосфери розглядається лише легка частина лаків, ґрунтовок і шпаклівок, що складається з багатокомпонентних розчинників – кетонів, ефірів, спиртів, бензолу і його похідних. Розчинники, що масово випускаються під номерами 646, 647, 648 і розчинник під маркою РДВ здатні цілком розчиняти і розбавляти всі товарні лаки і фарби з нітроцелюлозою. Тому дані додатку Д можна застосовувати для розрахунку викидів легких компонентів до всієї нітропродукції. Для гліфталевих пенталфталевих основ застосовуються вуглеводневі розчинники у вигляді скипидару, уайт-спіриту і сольвенту (суміш ароматичних вуглеводнів, які виділяються при перегоні кам'яновугільної смоли). Наведеними даними можна користуватись для розрахунків викидів до всіх модифікацій лакофарбових матеріалів, що відрізняються між собою змістом твердих плівкотвірних і пігментів.

**Приклад.** Розрахунок викидів шкідливих речовин від малярних цехів підприємств.

Підприємство витратило в рік лакофарбових матеріалів для фарбування рухомого складу всього 10,4 т, у тому числі:

- розчинника № 646 – 4 т ;
- нітроемалей НЦ-25 – 5 т ;
- ґрунтовки ГФ-032 – 1 т ;
- шпаклівки НЦ-008 – 0,4 т

з них 70% у період підготовки автомобілів до річного технічного огляду (квітень-травень).

#### Розрахунок

Визначення річної кількості викидів в атмосферу кожного компонента, що входить до складу легкої частини лакофарбових матеріалів, виконується шляхом додавання добутків річної витрати матеріалів ( $B_p, B_z, B_{ш}, B_a$ ) на відсоток змісту компонента в даному матеріалі ( $K_p, K_z, K_{ш}, K_a$ ), зазначеного в додатку Д.

За умовами прикладу річний викид речовин склав

$$1. \text{ Ацетон } M_K = \frac{(4,07 \cdot 7) + (0,4 \cdot 4,5) + (5 \cdot 4,62)}{100} = 0,529 \text{ т/рік.}$$

$$2. \text{ Бутиловий спирт } M_K = \frac{(4,0 \cdot 10) + (0,4 \cdot 1,5) + (5 \cdot 9,9)}{100} = 0,90 \text{ т/рік.}$$

$$3. \text{ Бутилацетат } M_K = \frac{(4,0 \cdot 10) + (0,4 \cdot 9) + (5 \cdot 6,6)}{100} = 0,766 \text{ т/рік.}$$

$$4. \text{ Толуол } M_K = \frac{(4,0 \cdot 50) + (0,4 \cdot 95) + (5 \cdot 29,7)}{100} = 3,521 \text{ т/рік.}$$

$$5. \text{ Ксилол } M_K = \frac{(1,0 \cdot 61)}{100} = 0,61 \text{ т/рік.}$$

$$6. \text{ Етиловий спирт } M_K = \frac{(4,0 \cdot 50) + (0,4 \cdot 95) + (5 \cdot 29,7)}{100} = 3,521 \text{ т/рік.}$$

$$7. \text{ Етилцелозольв } M_K = \frac{(4,0 \cdot 8) + (5 \cdot 5,28)}{100} = 9,584 \text{ т/рік.}$$

#### Максимальний разовий викид

У період підготовки автомобілів АТП до річного технічного огляду, що продовжувався 50 днів, малярний цех працював з найбільшим навантаженням і добова витрата лакофарбових матеріалів за 10 годин склала 145 кг (14,5 кг/год), у тому числі:

	кг/доба	кг/год
- розчинника № 646	- 60 кг	6
- нітроемалей НЦ-25	- 70 кг	7
- ґрунтовки Гоф-032	- 10 кг	1
- шпаклівки НЦ-008	- 5 кг	0,5

#### Розрахунок

За окремими компонентами максимальний разовий викид забруднюючих атмосферу речовин визначається за формулою 4.8:

$$1. \text{ Ацетон } M_K^p = \frac{(6,0 \cdot 7) + (0,5 \cdot 4,5) + (7,0 \cdot 4,62)}{100 \cdot 360} = 0,0021 \text{ г/с;}$$

$$2. \text{ Бутиловий спирт } M_K^p = \frac{(6,0 \cdot 7) + (0,5 \cdot 15) + (7 \cdot 9,9)}{100 \cdot 360} = 0,0036 \text{ г/с}$$

і т. д. для кожного інгредієнта за аналогією з розрахунком річного викиду.

#### 4.4 Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу при зарядці автомобільних свинцевих акумуляторів

Визначення викидів шкідливих речовин при зарядці акумуляторів практично може бути обмежено розрахунком кількості пари сірчаної кислоти, що виділяється,  $M_{H_2SO_4}$ . Водень, що утворюється при реакції зарядки акумуляторів, значною мірою сприяє випаровуванню пари кислоти. Маса викидів сірчаної кислоти залежить від кількості акумуляторів, що заряджаються, їхньої ємності і кількості споживаної енергії. Розрахунок маси викидів виконується в цілому за рік (т/рік) і максимальний разовий викид, грам у секунду (г/с) за формулою:

$$M_{H_2SO_4} = K \cdot q \cdot (l_1 \cdot Q_1 + l_2 \cdot Q_2 + \dots + l_n \cdot Q \cdot n) \cdot 10^{-9} \text{ т/рік}, \quad (4.9)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує середній ступінь споживання енергії при нормальному режимі для повної зарядки акумуляторів (обернений показник ступеня розрядженості акумуляторів); для спрощених розрахунків прийняте експериментальне значення  $K=0,9$  (або 90% розрядженості);

$q$  – питома виділення пари кислоти,  $мг/А \cdot год$  (для свинцевих стартерних акумуляторів прийняте експериментальне значення  $q=1мг/А \cdot год$ );

$Q$  – нормальна ємність акумуляторної батареї типу 1, 2 ...  $n$ ,  $А/год.$ ;

$l$  – кількість акумуляторних батарей типу 1, 2 ...  $n$ , заряджених за звітний період (у рік) або найбільше в день при визначенні максимальних разових викидів,  $од$ .

**Приклад.** Розрахунок кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу при зарядці автомобільних свинцевих акумуляторів

В АТП експлуатується 500 од. кислотно-свинцевих стартерних акумуляторних батарей, у тому числі за типами і кількістю виконаних за рік зарядок:

Тип	к-ть од.	к-ть зарядок
6СТ-60	100	260
6СТ-75	250	600
6СТ-40	150	400

Акумуляторне господарство знаходиться на централізованому технічному забезпеченні, для чого в парку знаходиться акумуляторний пост, укомплектований чотирма селеновими випрямлячами ВСА-III. Протягом розрахункового періоду пост працював 250 днів на зарядці акумуляторів і виконав 1200 зарядок батарей. Найбільша кількість зарядок була виконана під час підготовки до зими і на період експлуатації в осінньо-зимовий період (70% жовтень-квітень), коли всі зарядні пристрої використовувалися з найбільшим навантаженням. Потрібно визначити річний викид пари сірчаної кислоти  $M_{H_2SO_4}^{рік}$  т/рік, максимальний разовий  $M_{H_2SO_4}^P$  г/с.



### Розрахунок

Річний викид пари сірчаної кислоти при зарядці акумуляторів АТП розраховується за формулою 4.9 і складає:

$$M_{H_2SO_4}^{Pik} = 0,9 \cdot 1 \cdot (250 \cdot 60 + 600 \cdot 75 + 400 \cdot 90) \cdot 10^{-9} = 0,864 \cdot 10 \text{ т/рік},$$

де 0,9 – середній ступінь споживання енергії при нормальному режимі зарядки до номінальної ємності;

1 – питома кількість виділення сірчаної кислоти,  $мг/А \cdot год.$ ;

250, 600, 400 – кількість відповідних за типами акумуляторів, заряджених на протязі розрахункового періоду, од.;

60, 75, 90 – номінальна ємність акумуляторних батарей за відповідними типами п.  $год.$ ;

$10^{-9}$  – переведення вагових одиниць ( $мг$ ) у  $тонни$ .

Як приклад для визначення максимального разового викиду пари сірчаної кислоти  $M_{H_2SO_4}^P$  з/с прийняті умови:

- кількість акумуляторних батарей, що заряджаються одночасно, типу 6СТ-90 (i) – 20 од.;
- номінальна ємність батарей типу 6СТ-90 (Q) – 90 А  $год.$ ;
- ступінь споживання енергії для повного заряду батарей, набраних у групи (тобто рівень розрядженості прийнятий 90%), безрозмірний коефіцієнт – 0,9;
- питома кількість виділення пари сірчаної кислоти під час зарядки (q) – 1  $мг/А \cdot год.$ ;
- зарядка виконується при нормальному 10-годинному режимі з силою струму 0,1 номінальної ємності батареї.

Маса викиду пари кислоти за період зарядки (10 год) визначається за формулою:

$$M_{H_2SO_4} = 0,9 \cdot q \cdot i \cdot Q = 0,9 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 90 = 1620 \text{ мг/10 год.}$$

Отже максимальний разовий викид у з/с складає:

$$M_{H_2SO_4}^P = \frac{1620}{36 \cdot 10^6} = 0,000045 \text{ з/с.}$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інструкція щодо оформлення та змісту проекту нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферу повітря від стаціонарних джерел. – К.: Мінекобезпеки України, 1996. – 20с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНДР-86.–Л.: Госкомгидромет, 1987.
3. Каган В.Н., Акинина А.Г. Теоретические основы очистки воздуха. – Макеевка: Аон ГАСА, 2001. – 130с.
4. Кузнецов и др. Оборудование для санитарной очистки газов. – К.: Техника, 1989. – 304 с.
5. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг атмосферного повітря. – Вінниця: ВНТУ, 1998 – 140с.
6. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг довкілля. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140с.
7. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2002. – 460с.
8. ОКА – 81. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які містяться в викидах підприємств. – Л.: Гідрометеовидав, 1987. – 93с.
9. Ратушняк Г.С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 96с.
10. Ратушняк Г.С., Слободян Н.М. Інженерні методи захисту біосфери. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 115с.
11. Северин Л.І. Захист атмосфери. Ч.1. Вінниця: ВП, 1994. – 77с.
12. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределения в воздухе: Справочник. – М.: Химия, 1991. – 368с.
13. Шпак Г. Моніторинг довкілля та інженерні методи охорони біосфери. – Львів: Львівська політехніка, 1997. – 234с.