

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра вагонів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання контрольної роботи**

**з дисципліни**

***«ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
У ВАГОННОМУ ГОСПОДАРСТВІ»***

**Харків 2020**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 23 березня 2020 р., протокол № 8.

Методичні вказівки рекомендовано для студентів заочної форми навчання.

Укладачі:

старш. викл. В. А. Гребенюк,  
асист. В. В. Репко

Рецензент

доц. В. Г. Равлюк

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Забруднення атмосфери. Джерела викидів шкідливих речовин в атмосферу на залізничному транспорті.....	5
2 Розрахунок виділення забруднюючих речовин в атмосферу при різних технологічних процесах обробки матеріалів.....	8
2.1 Механічна обробка матеріалів.....	8
2.2 Зварювання, наплавлення, електрогазорізання, паяння металів.....	10
2.3 Нанесення лакофарбових матеріалів.....	14
3 Завдання на контрольну роботу.....	16
Список літератури.....	26

## ВСТУП

Контрольна робота з дисципліни «Екологічні технології у вагонному господарстві» призначена для студентів-бакалаврів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Вагони та вагонне господарство» заочної форми навчання.

Контрольна робота – це вид самостійної роботи студентів, спрямована на закріплення і конкретизацію теоретичних знань з дисципліни, яка вивчається. У процесі виконання роботи студенти повинні засвоїти основні закономірності взаємодії людини, суспільства і природи; набути досвіду застосування своїх знань для розв'язання інженерних питань, що пов'язані з технічними розрахунками кількості забруднюючих речовин, які виділяються у атмосферу при різних технологічних процесах обробки матеріалів на дільницях та у відділеннях підприємств залізничної галузі, з метою захисту здоров'я робітників, запобігання забрудненню території та навколишнього природного середовища; розвинути навички користування спеціальною літературою.

Контрольна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, яка повинна містити 20-25 аркушів. Вона має складатися з таких основних розділів:

- 1) вихідні дані до задач (за варіантом у розділі 3);
- 2) вступ, у якому необхідно відзначити: вплив забруднень повітря на здоров'я людини, якість продукції, прискорене спрацювання устаткування, важливе значення розрахунків кількості забруднюючих речовин, які виділяються у атмосферу при різних технологічних процесах обробки матеріалів, для правильного підбору обладнання очищення вентиляційних викидів промислових підприємств від шкідливих речовин;
- 3) розрахунок виділення забруднюючих речовин в атмосферу при різних технологічних процесах обробки матеріалів. За завданням викладача виконуються дві задачі з тих, що розглядаються у методичних вказівках;
- 4) дати відповідь на запитання, номер якого задається викладачем з переліку у методичних вказівках. Перелік питань охоплює всі теми курсу дисципліни, що вивчається;
- 5) список використаних джерел. У списку обов'язково вказуються літературні та електронні джерела.

Контрольна робота виконується з дотриманням вимог студентської навчальної звітності. Всі величини, прийняті у розрахунках, повинні мати посилання на джерело, з якого вони взяті. Особливу увагу необхідно звернути на застосування у розрахунках **єдиної системи одиниць**, щоб виключити помилки.

## **1 ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ. ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Забруднення атмосфери – це привнесення в атмосферне повітря нових, не характерних для нього фізичних, хімічних і біологічних забруднюючих речовин або зміна їх концентрації.

За характером забруднюючих речовин забруднення атмосфери буває трьох видів [3]:

фізичне – механічне (пил, тверді частки), радіоактивне (радіоактивне випромінювання та ізотопи), електромагнітне (різні види електромагнітних хвиль, у тому числі радіохвилі), шумове (різні голосні звуки та низькочастотні коливання) і теплове забруднення (наприклад, викиди теплого повітря та ін.);

хімічне – забруднення газоподібними речовинами та аерозолями. На сьогоднішній день основні хімічні забруднювачі атмосферного повітря: оксид вуглецю (IV), оксиди азоту, оксид сірки (IV), вуглеводні, альдегіди, важкі метали (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr), аміак, атмосферний пил і радіоактивні ізотопи;

біологічне – в основному забруднення мікробної природи (забруднення повітря вегетативними формами та спорами бактерій і грибів, вірусами, а також їх токсинами і продуктами життєдіяльності).

Забруднення атмосфери походить від двох видів джерел: природних і антропогенних (штучних) [9].

До природних забруднень відносяться: пил рослинного, вулканічного та космічного походження; пил від ерозії ґрунту; туман, дими і гази від лісових і степових пожеж; випари різних біологічних середовищ і т.д. Рівень забруднення атмосфери від природних джерел є природним фоном забруднення і незначно змінюється з часом.

Антропогенні (штучні) забруднення відрізняються більшим різноманіттям видів і кількістю джерел. Найпоширенішими джерелами забруднення атмосфери є машинобудівні підприємства (ливарні, термічні, прокатні, ковальсько-пресові, зварювальні, гальванічні та лакофарбові цехи), енергетичні установки, автотранспорт, ракетні двигуни, топки, котельні, сільське господарство, добувні галузі та ін. Найпоширенішими речовинами, що забруднюють атмосферу, є: оксид вуглецю CO, двоокис вуглецю CO<sub>2</sub> і сірки SO<sub>2</sub>, оксиди азоту NO<sub>x</sub>, летучі вуглеводні, пил; різні заводи викидають пари кислот, лугів, органічних розчинників, ртуті і т.д.

На залізничному транспорті джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу є об'єкти виробничих підприємств і рухомого складу [10]. Вони підрозділені на стаціонарні та пересувні.

Зі стаціонарних джерел найбільшу шкоду навколишньому середовищу завдають котельні: залежно від застосовуваного палива при його згорянні виділяються різні кількості шкідливих речовин. При спалюванні твердого палива в атмосферу виділяються оксиди сірки, вуглецю, азоту, летуча зола, сажа. Мазути при згорянні в котельних агрегатах виділяють із димовими газами оксиди сірки, діоксид азоту, тверді продукти неповного згоряння ванадію.

До пересувних джерел відносяться колійна техніка, тепловози, вантажні та легкові автомобілі, які при спалюванні палива з вихлопними газами виділяють оксиди сірки, вуглецю, азоту, альдегіди, вуглеводень, з'єднання свинцю.

Одним із джерел забруднення атмосфери на залізниці є вагонні депо. При технологічних процесах ремонту вагонів і їх вузлів на різних дільницях та відділеннях депо в повітря виділяється досить велика кількість забруднюючих речовин.

Основу більшості виробничих процесів обробки матеріалів у механічних відділеннях вагонних депо становлять процеси різання (гостріння, фрезерування, свердління, стругання), що пов'язане з утворенням поряд із стружкою досить дрібних пилових часток, абразивної обробки (обдирання, заточення, шліфування, полірування), а також ряд інших, пов'язаних з виготовленням виробів з неметалічних матеріалів.

При механічній обробці матеріалів джерелами утворення та виділення шкідливих речовин в атмосферу є різні металорізальні та абразивні верстати, що працюють із охолодженням і без нього, окремі типи допоміжного устаткування. При роботі цього обладнання в повітря виділяються шкідливі речовини у вигляді пилу, аерозолів і туманів мастил та інших охолоджувальних рідин, різних газоподібних компонентів.

При обробці на заточувальних і шліфувальних верстатах поряд з пилом металевим, що має склад оброблюваного матеріалу (або оксидів оброблюваного матеріалу), виділяється також пил абразивний, за складом аналогічний матеріалу заточувального або шліфувального кола.

У зварювальних відділеннях при обробці металу виділяють багато пилу, туману кислот і мастил токсичні газу. При зварюванні утворюється дрібнодисперсний пил, що до 99 % складається із субмікронних часток. Також атмосферне повітря забруднюється зварювальним аерозолем, у складі якого залежно від виду зварювання, марок електродів і флюсу знаходяться шкідливі для здоров'я оксиди металів (заліза, марганцю, хрому, ванадію, вольфраму, алюмінію, титану, цинку, міді, нікелю та ін.), газоподібні (фтористі з'єднання, оксиди вуглецю, азоту, озон).

Вентиляційне повітря з відділень, що обладнані нагрівальними печами, містить пари мастила, аміаку, ціаністого водню та інших шкідливих речовин. Із дробоструминних камер після очищення металу від окалини з газом, що відходить, викидається до  $10 \text{ г/м}^3$  твердих часток.

Лакофарбові дільниці при нанесенні фарби, ґрунтовок, розчинників на поверхні виробів значно забруднюють навколишнє середовище. У цьому випадку в атмосферу з повітрям, що викидається, надходять пари розчинників, фарб,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , пари бензину, толуолу, ксилолу, пил та ін.

## **2 РОЗРАХУНОК ВИДІЛЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ ПРИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ**

В основному в атмосферу надходять газоподібні речовини, які можна розглядати як продукт обміну між виробництвом і повітряним басейном. Більшою чи меншою мірою такий обмін характерний для будь-якого промислового підприємства.

Нарівні з газоподібним забрудненням велику проблему при очищенні газів і охороні повітряного басейну створюють дрібні частинки твердих речовин та краплини туману.

Склад і валове надходження шкідливих речовин при різних технологічних процесах визначається видом, характером і специфічними особливостями конкретного процесу, обладнанням, що використовується, фізико-хімічними характеристиками використовуваних речовин, масштабом, продуктивністю і програмою виробництва.

### **2.1 Механічна обробка матеріалів**

У механічних відділеннях вагонних депо проводиться заточення, різання, шліфування металевих виробів, вузлів і деталей вагонів [11].

Характерною рисою процесів механічної обробки матеріалів є виділення твердих часток (пилу), а при обробці матеріалів із застосуванням мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) – додаткове виділення аерозолі МОР (нафтові мінеральні мастила та різні емульсії, що зменшують виділення пилу на 85-90 %).

При обробці металів і сплавів найгіршим варіантом, який використовується для подальших розрахунків і встановлення нормативів забруднення атмосфери, вважається той, при якому хімічний склад пилу ідентифікується як оксиди відповідних металів.

При обробці на заточувальних і шліфувальних верстатах поряд з пилом металевим, що має склад оброблюваного матеріалу (або оксидів оброблюваного матеріалу), виділяється



також пил абразивний, за складом аналогічний матеріалу заточувального (шліфувального) кола.

Максимально разове виділення (у грамах за секунду, г/с) забруднюючої речовини (пилу) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих верстатів визначається за формулою

$$G = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{MOP}} / 3600, \quad (2.1)$$

де  $g_i$  – питоме виділення забруднюючої речовини при роботі на  $i$ -му верстаті, г/год;

$m$  – кількість одночасно працюючих верстатів;

$k_i^{\text{MOP}}$  – коефіцієнт, що враховує застосування ( $k_i^{\text{MOP}}=0,15$ ) або відсутність ( $k_i^{\text{MOP}}=1$ ) МОР на  $i$ -ому верстаті.

Валове виділення (у тоннах на рік, т/р.) забруднюючої речовини (пилу) від групи з  $m$  штук верстатів

$$M = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{MOP}} \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{MOP}} \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}, \quad (2.2)$$

де  $T_i$  – сумарний час роботи на  $i$ -му верстаті за рік, год/р.;

$N_i$  – кількість днів роботи на  $i$ -му верстаті за рік;

$t_i$  – час роботи на  $i$ -му верстаті за день, год.

Максимально разове виділення аерозолі МОР від групи з  $n$  штук одночасно працюючих верстатів, г/с,

$$G^{\text{MOP}} = \sum_{i=1}^n g_i^{\text{MOP}} \cdot W_i / 3600, \quad (2.3)$$

де  $g_i^{\text{MOP}}$  – питоме виділення аерозолі МОР при роботі на  $i$ -му верстаті, г/(кВт·год);

$W_i$  – потужність електродвигуна  $i$ -го верстата, кВт.

Валове виділення аерозолі МОР від групи з  $n$  штук верстатів визначається за формою, т/р.,

$$M^{\text{MOP}} = \sum_{i=1}^n g_i^{\text{MOP}} \cdot W_i \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^n g_i^{\text{MOP}} \cdot W_i \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}, \quad (2.4)$$

де  $T_i$  – сумарний час роботи на  $i$ -му верстаті за рік, год/рік;

$N_i$  – кількість днів роботи на  $i$ -му верстаті за рік;

$t_i$  – час роботи на  $i$ -му верстаті за день, год.

## **2.2 Зварювання, наплавлення, електрогазорізання, паяння металів**

Процеси зварювання, наплавлення та теплового різання металів супроводжуються виділенням зварювального аерозолу та газів, кількість яких пропорційна витраті зварювальних матеріалів (електродів, зварювального дроту і т.д.), а при контактному електрозварюванні – номінальній потужності застосовуваного обладнання [11].

Зварювальний аерозоль і аерозоль, що виділяється при газовому різанні, переважно складаються з оксидів металів, що зварюються (розрізаються), або компонентів сплавів (заліза, марганцю, хрому, титану і т.д.).

Застосування для нагріву деталей тепла від спалювання горючих газів (ацетилену, пропан-бутанової суміші і т.д.) веде до виділення оксидів азоту та вуглецю у кількості, що залежить від виду процесу нагріву та витрати горючого газу.

На дільницях зварювання та різання металів склад та маса викидів шкідливих речовин залежить від виду та режимів технологічного процесу, властивостей зварювальних речовин.

В процесі ручного електродугового зварювання сталі за витрати 1 кг електродів утворюється до 40 г пилу, 2 г фтористого водню, 1,5 г оксидів вуглецю та азоту; в процесі зварювання чавунів – до 45 г пилу і 1,9 г фтористого водню. В процесі напівавтоматичного та автоматичного зварювання загальна маса шкідливих речовин, що утворюються, менша в 1,5-2 рази, а для зварювання під флюсом – в 4-6 раз. Зварювальний пил на 99 % складається з часток розміром від 10-3 до 1 мкм, близько 1 % пилу вміщують частки розміром 1-5 мкм. Хімічний склад шкідливих речовин, які виділяються в процесі зварювання, обумовлений в основному складом зварювальних матеріалів

(дроту, покриття, флюсів) та практично не залежить від складу зварювальних металів.

Кількість забруднюючих речовин, що виділяються при зварюванні, залежить від марки електрода і марки зварюваного матеріалу, типу швів та інших параметрів зварювального виробництва.

В процесі різання металів хімічний склад пилу визначається головним чином маркою матеріалу, що розрізається, а розмір часток не перевищує 2 мкм. Так, в процесі ручного дугового зварювання сталей штучними електродами марки ЗА606/11 на один кілограм зварювальних матеріалів у середньому виділяється 14 г/кг зварювального аерозолу, в тому числі 0,6 г/кг  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  і 0,68 г/кг Mn та його сполук, а також газів: 1,3 г/кг  $\text{NO}_2$  1,4 г/кг CO.

В основу визначення величин викидів забруднюючих речовин, що входять до складу аерозолу, який утворюється в конкретних технологічних умовах, покладені значення питомих викидів цих речовин та тривалість процесу.

Максимально разове виділення забруднюючих речовин (компонентів зварювального аерозолу та супутніх газів) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих зварювальних постів (машин електроконтактного зварювання) визначається за формулою, г/с,

$$G = \sum_{i=1}^m g_i \cdot p / (T_{\text{пер}} \cdot 3600), \quad (2.5)$$

де  $g_i$  – питома виділення забруднюючої речовини  $i$ -го поста, г/кг;  
 $p$  – кількість використаного зварювального матеріалу за час безперервної роботи (цикл)  $i$ -го поста, кг/цикл;  
 $T_{\text{пер}}$  – тривалість циклу зварювання  $i$ -го поста, год/цикл,

або

$$G = \sum_{i=1}^m g_i \cdot W_i / (50 \cdot 3600), \quad (2.6)$$

де  $g_i$  – питоме виділення забруднюючої речовини при роботі  $i$ -ї електроконтактної машини, г/год, на 50 кВт номінальної потужності машини;

$W_i$  – номінальна потужність  $i$ -ї електроконтактної машини, кВт.

Максимально разове виділення забруднюючої речовини (продуктів горіння) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих пальників при зварюванні, наплавленні, паянні або газорізанні металів визначається за формулою, г/с,

$$G = \sum_{i=1}^m g_i \cdot r / (T_{\text{пер}} \cdot 3600), \quad (2.7)$$

де  $g_i$  – питоме виділення забруднюючої речовини  $i$ -го пальника, г/кг;

$r$  – кількість використаного горючого газу за час безперервної роботи (цикл)  $i$ -го пальника, кг/цикл;

$T_{\text{пер}}$  – тривалість циклу зварювання  $i$ -го пальника, год/цикл.

Максимально разове виділення забруднюючої речовини (ЗР) (компонентів аерозолі та супутніх газів) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих газових різаків, г/с,

$$G = \sum_{i=1}^m g_i / 3600, \quad (2.8)$$

де  $g_i$  – питоме виділення ЗР при роботі  $i$ -го різака, г/год.

Валове виділення забруднюючої речовини від групи з  $l$  штук зварювальних постів (машин електроконтактного зварювання), т/р,

$$M = \sum_{i=1}^l g_i \cdot P_i \cdot 10^{-6}, \quad (2.9)$$

де  $g_i$  – питоме виділення забруднюючої речовини  $i$ -го поста, г/кг;

$P_i$  – загальна кількість зварювального матеріалу або горючого газу, використаного  $i$ -м постом за рік, кг/р.,

або

$$M = \sum_{i=1}^l g_i \cdot W_i \cdot T_i \cdot 10^{-6} / 50 = \sum_{i=1}^l g_i \cdot W_i \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6} / 50, \quad (2.10)$$

де  $T_i$  – сумарний час зварювання на  $i$ -й машині за рік, год/рік;

$t_i$  – час зварювання на  $i$ -й машині за день, год;

$N_i$  – кількість днів роботи на  $i$ -й машині за рік.

Валове виділення забруднюючої речовини від групи з  $l$  штук газових різаків, т/р.,

$$M = \sum_{i=1}^l g_i \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^l g_i \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}, \quad (2.11)$$

де  $g_i$  – питома виділення забруднюючої речовини  $i$ -го різака, г/год;

$T_i$  – сумарний час роботи на  $i$ -му верстаті за рік, год/рік;

$t_i$  – час зварювання на  $i$ -му верстаті у день, год;

$N_i$  – кількість днів роботи на  $i$ -му верстаті за рік.

### 2.3 Нанесення лакофарбових матеріалів

Для нанесення на виріб захисних і декоративних покриттів використовують різні шпаклівки, ґрунтовки, емалі і лаки, що містять плівкоутворювальну основу (мінеральні та органічні пігменти, плівкоутворювачі і наповнювачі) і розчинники або розріджувачі (переважно суміші легколетких вуглеводнів ароматичного ряду, ефірів, спиртів і т.д.) [11].

Формування покриття на поверхні виробів полягає, як правило, в нанесенні лакофарбового матеріалу (ЛФМ) і його сушінні. При цьому в повітря виділяються аерозоль фарби і пари компонентів розчинника, кількість яких залежить від технології забарвлення, продуктивності обладнання, що застосовується, складу лакофарбового матеріалу і розчинників.

При розпилюванні лакофарбового матеріалу утворюється аерозоль фарби, початковий склад якого ідентичний складу суміші лакофарбового матеріалу з розчинником, що наноситься.

Через певний час розчинник з рідких крапель аерозолі переходить в газоподібну фазу, і аерозоль фарби є сумішшю повітря з твердими частинками сухого залишку лакофарбового матеріалу. Від способу розпилення залежить частка виносу фарби у вигляді аерозолі (нанесення покриття за допомогою кисті, методом занурення, обливом і подібним до них процесом не супроводжується утворенням аерозолі фарби).

Вихідний склад лакофарбового матеріалу може розбавлятися розчинниками (розріджувачами) до певної в'язкості відповідно до вимог технології конкретного способу нанесення лакофарбового матеріалу.

У зв'язку з незначним вмістом розчинників у шпаклівці враховувати їх окремо недоцільно, а рекомендується включати у витрати розчинників при фарбуванні і сушінні.

Розрахунок виділення забруднюючої речовини на ділянках (у цехах) фарбування ведеться окремо для фарбувального аерозолі (сухого залишку) і компонентів розчинників, для ґрунтовки, ручного фарбування і пошарового нанесення багатшарових покриттів лакофарбового матеріалу, а також для фарбування і для сушіння.

Загальне валове виділення летючих компонентів розчинників відповідно до матеріального балансу повинне дорівнювати витраті розчинників, розріджувачів і летючої частини вихідних лакофарбового матеріалу, використаних на даній ділянці за відповідний період часу (місяць, рік). Загальний валовий викид летючих компонентів в атмосферу всіх вентиляційних систем дорівнює різниці між їхнім загальним валовим виділенням і сумарним уловом цих компонентів в діючих газоочисних установках на даній ділянці (цеху).

Валове виділення аерозолі фарби в процесі фарбування визначається за формулою, т/р.,

$$M_{\text{аер}} = z_{\text{ф}} \cdot \Delta_{\text{сух}} \cdot \delta_{\text{аер}} \cdot 10^{-4}, \quad (2.12)$$

де  $Z_{\text{ф}}$  – кількість витраченого вихідного лакофарбового матеріалу, т/р.;

$\Delta_{\text{сух}}$  – частка сухого залишку в вихідному лакофарбовому матеріалі, %;

$\delta_{\text{аер}}$  – частка лакофарбового матеріалу, втраченого у вигляді аерозолю, %.

Причому:	<u>спосіб розпилення</u>	<u><math>\delta_{\text{аер}}</math>, %</u>
	пневматичне	30
	безповітряне	2,5
	пневмоелектростатичне	3,5
	електростатичне	0,3

Валове виділення  $i$ -го летючого компонента, т/р.,  
в процесі фарбування

$$M_i^{\text{фар}} = z_{\text{ф}} \cdot (1 - \Delta_{\text{сух}} \cdot 10^{-2}) \cdot \psi_i^{\text{ф}} \cdot \beta^{\text{фар}} \cdot 10^{-4} + z_{\text{роз}} \cdot \psi_i^{\text{роз}} \cdot \beta^{\text{фар}} \cdot 10^{-4}, \quad (2.13)$$

в процесі сушіння

$$M_i^{\text{суш}} = z_{\text{ф}} \cdot (1 - \Delta_{\text{сух}} \cdot 10^{-2}) \cdot \psi_i^{\text{ф}} \cdot \beta^{\text{суш}} \cdot 10^{-4} + z_{\text{роз}} \cdot \psi_i^{\text{роз}} \cdot \beta^{\text{суш}} \cdot 10^{-4}, \quad (2.14)$$

де  $z_{\text{роз}}$  – кількість розчинника, витраченого за рік на розбавлення вихідного лакофарбового матеріалу до необхідної в'язкості, т/рік;

$\psi_i^{\text{ф}}$  ( $\psi_i^{\text{роз}}$ ) – частка  $i$ -го компонента в летючій частині вихідного лакофарбового матеріалу (в розчиннику-розріджувачі), %;

$\beta^{\text{фар}}$  ( $\beta^{\text{суш}}$ ) – частка розчинника, що випаровується за час фарбування (сушіння), %.

Причому:	<u>спосіб розпилення</u>	<u><math>\beta_{\text{фар}}</math>, %</u>	<u><math>\beta_{\text{суш}}</math>, %</u>
	пневматичне	25	75
	безповітряне	23	77
	пневмоелектростатичне	20	80
	електростатичне	50	50

Максимально разове виділення забруднюючої речовини визначається для найбільш напруженого часу роботи дільниці (печі), коли витрачається найбільша кількість лакофарбового матеріалу, за формулою, г/с,

$$G_i^{\text{аер}} = M_{\text{max}} \cdot 10^{-4} / (3600 \cdot n \cdot t), \quad (2.15)$$

де  $M_{\max}$  – валове виділення  $i$ -го компонента розчинника (аерозолю фарби) за місяць найбільш напруженої роботи ( $M_{i\text{фар}}$ ,  $M_{i\text{суш}}$ , або  $M_{i\text{аер}}$ ), т/міс;

$n$  – число днів роботи дільниці (печі) в цьому місяці, дн/міс;

$t$  – середній чистий час роботи (фарбування, сушіння) дільниці (печі) за день в найбільш напружений місяць, год/дн.

### **3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ**

#### **Задача 1**

Розрахувати валове і максимально разове виділення забруднюючих речовин, що потрапляють в повітряне середовище при механічній обробці металів на технологічних дільницях вагонного депо із загальною витяжною системою вентиляції. Мастильно-охолоджуючі рідини (МОР) при обробці деталей не застосовуються.

Визначити, як і на скільки зміняться виділення металевого та абразивного пилю, а також яка кількість забруднюючих речовин буде виділятися додатково при застосуванні МОР на частині верстатів, що працюють на дільниці.

Вихідні дані для розрахунків наведені у таблиці 3.1 за варіантом.

#### **Задача 2**

Розрахувати валове і максимально разове виділення забруднюючих речовин, що потрапляють в повітряне середовище при зварюванні, паянні, електрогазорізанні матеріалів на технологічних дільницях вагонного депо.

Вихідні дані для розрахунків наведені у таблицях 3.2, 3.3, 3.4 та 3.5 за варіантом.

#### **Задача 3**

Розрахувати валове і максимально разове виділення забруднюючих речовин, що потрапляють в повітряне середовище при нанесенні лакофарбових матеріалів (ЛФМ) на технологічних дільницях вагонного депо за варіантами, що наведені у таблиці 3.6.



Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип металорізальних верстатів	токарні								фрезерні							
Потужність двигуна, кВт	2,5	2,7	3,2	5	5,5	2,8	4,4	6,8	8	10	3	7	10	9	5	
Максимальне число верстатів, що працюють одночасно, шт.	11	23	20	7	14	22	18	16	14	13	12	15	24	18	20	14
Питоме виділення металевого пилю, г/год	21,6	22,68	29,88	21,6	22,68	29,88	61,2	50,04	68,4	50,4	57,6	7,2	7,92	7,56	7,2	7,92
Число верстатів, які можуть працювати з МОР, шт.	3	17	15	6	10	12	12	9	14	5	10	4	21	4	16	12
	Питоме виділення емульсолів МОР на 1 кВт потужності двигуна, г/год = 0,0063															
	Питоме виділення масляного туману МОР на 1 кВт потужності двигуна, г / год = 0,2															
Час обробки матеріалу на одному верстаті:																
годин в день, год	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5	12	14	7	4,5	6
днів в році	189	245	300	127	198	164	127	203	134	122	178	90	107	133	190	150
Тип шліфувальних верстатів	круглошліфувальні								плоскошліфувальні							
Потужність двигуна, кВт	3,5	4	5	4	4,5	3,5	4,5	4	3,5	4,5	4	5	4,5	3,5	4	5
Максимальне число верстатів, що працюють одночасно, шт.	14	13	12	11	10	9	8	13	12	11	10	9	8	10	9	8
Питоме виділення абразивного пилю, г/год	46,8	61,2	64,8	72	93,6	108	122,4	50,4	57,6	72	79,2	82,8	90	18	21,6	32,4
Питоме виділення металевого пилю, г/год	72	93,6	104,4	108	140,4	162	187,2	79,2	93,6	108	118,8	129,6	136,8	28,8	46,8	57,6
Число верстатів, які можуть працювати з МОР, шт.	12	6	10	7	5	6	4	10	6	5	7	4	5	8	7	8
	Питоме виділення емульсолів МОР на 1 кВт потужності двигуна, г / год = 0,165															
	Питоме виділення масляного туману МОР на 1 кВт потужності двигуна, г / год = 30,0															
Час обробки матеріалу на одному верстаті:																
годин в день, год	12	14	7	4,5	6	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5
днів в році	90	107	133	190	150	189	245	300	127	198	164	127	203	134	122	178

### Продовження таблиці 3.1

Вихідні дані	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	токарні				свердлильні				фрезерні					
Тип металорізальних верстатів	2	2,5	2,7	3,2	5	5,5	2,8	4,4	6,8	8	10	3	7	10
Потужність двигуна, кВт	11	23	20	7	14	22	18	16	14	13	12	15	24	18
Максимальне число верстатів, що працюють одночасно, шт.	21,6	22,68	29,88	21,6	22,68	29,88	61,2	50,04	68,4	50,4	57,6	7,2	7,92	7,56
Питоме виділення металевого пилу, г/год	3	17	15	6	10	12	12	9	14	5	10	4	21	4
Число верстатів, які можуть працювати з МОР, шт.	Питоме виділення емульсолів МОР на 1 кВт потужності двигуна, г/год = 0,0063													
Час обробки матеріалу на одному верстаті:														
годин в день, год	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5	12	14	7
днів в році	189	245	300	127	198	164	127	203	134	122	178	90	107	133
Тип шліфувальних верстатів	плоскошліфувальні				безцентрошліфувальні				круглошліфувальні					
Потужність двигуна, кВт	3,5	4	5	4	4,5	3,5	4,5	4	3,5	4,5	4	5	4,5	3,5
Максимальне число верстатів, що працюють одночасно, шт.	14	13	12	11	10	9	8	13	12	11	10	9	8	10
Питоме виділення абразивного пилу, г/год	46,8	61,2	64,8	72	93,6	108	122,4	50,4	57,6	72	79,2	82,8	90	18
Питоме виділення металевого пилу, г/год	72	93,6	104,4	108	140,4	162	187,2	79,2	93,6	108	118,8	129,6	136,8	28,8
Число верстатів, які можуть працювати з МОР, шт.	12	6	10	7	5	6	4	10	6	5	7	4	5	8
Питоме виділення емульсолів МОР на 1 кВт потужності двигуна, г / год = 0,165														
Питоме виділення масляного туману МОР на 1 кВт потужності двигуна, г / год = 30,0														
Час обробки матеріалу на одному верстаті:														
годин в день, год	12	14	7	4,5	6	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7
днів в році	90	107	133	190	150	189	245	300	127	198	164	127	203	134

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант																												
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29														
Тип технологічного процесу	Ручне дугове електрозварювання																												
Загальна кількість постів, шт.	12	9	11	14	15	4	6	8	12	10	13	7	5	11	6														
Максимальне число постів, що працюють одночасно, шт.	9	3	7	11	11	3	5	5	4	10	9	6	5	8	4														
Виділяються забруднюючі речовини, г/кг																													
FeO <sub>x</sub>	11,41	11,41	21,00	21,00	21,00	21,00	10,49	10,49	10,49	10,49	11,41	11,41	11,41	21,00	10,49														
MnO	0,86	0,86	0,92	0,92	0,92	0,92	0,11	0,11	0,11	0,11	0,86	0,86	0,86	0,92	0,11														
HF	1,53	1,53	1,83	1,83	1,83	1,83	1,03	1,03	1,03	1,03	1,53	1,53	1,53	1,83	1,03														
Електроди (зварювальний дріт)																													
марка	ОЗС-4	ОЗС-4	ОЗС-6	ОЗС-6	ЦЛ-17	ЦЛ-17	ИАТ-1	ОЗЛ-7	ОЗЛ-7	ОЗС-4	ОЗС-4	ОЗС-6	ОЗС-6	ЦЛ-17															
середня витрата за рік на 1 пост, кг	710	710	1300	1300	2350	2350	750	380	380	710	710	1300	1300	2350															
витрата за цикл зварювання, кг	3	4	3	5	4	5	7	8	3	5	3	4	3	5	4														
тривалість циклу зварювання, год	2	2	3	4	3	4	7	8	4	5	3	2	3	4	4														

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Тип технологічного процесу	Електроконтактне точкове зварювання														
Загальна кількість постів, шт.	9	16	6	7	11	12	15	7	9	13	8	14	10	11	15
Максимальне число постів, що працюють одночасно, шт.	7	11	3	3	10	9	13	7	8	11	5	10	8	7	12
Номінальна потужність машини, кВт	150	50	100	100	100	100	50	150	150	150	100	50	50	50	150
Виділяються забруднюючі речовини, г/год															
FeO <sub>x</sub>	2,344	2,344	2,344	2,940	2,940	2,940	2,940	2,344	2,344	2,940	2,344	2,344	2,344	2,344	2,344
MnO	0,011	0,011	0,011	0,019	0,019	0,019	0,019	0,101	0,101	0,019	0,101	0,101	0,101	0,011	0,011
HF	0,012	0,012	0,012	0,066	0,066	0,066	0,066	-	-	0,066	-	-	-	0,012	0,012
Середній час роботи одного поста															
годин за рік	-	-	230	-	-	220	289	-	-	257	245	-	-	270	264
днів за рік	120	290	-	167	189	-	-	220	240	-	-	156	139	-	-
годин за день	3	4	-	4	6	-	-	7	3	-	-	5	6	-	-

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант																		
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29				
Тип технологічного процесу	Газозварювання																		
Загальна кількість постів, шт.	5	9	7	11	8	9	6	12	14	10	8	10	11	7	13				
Максимальне число постів, що працюють одночасно, шт.	2	4	4	7	4	6	3	6	5	6	5	7	6	3	8				
Матеріал	Тонколистова сталь вуглецева низьколегована																		
Горюча газова суміш: ацетилен-кисень																			
витрата за цикл зварювання, кг	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3				
тривалість циклу зварювання, год	4	4	4	4	4	2	2	1,5	1,5	1,5	2	2	2	1,5	1,5				
питоме виділення NO <sub>x</sub> , г/кг	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22				
Середній час роботи одного поста																			
годин за рік	930	995	-	-	-	590	800	-	-	860	790	-	-	-	640				
днів за рік	-	-	185	129	233	-	-	136	215	-	-	197	223	164	-				
годин за день	-	-	2	3	3,5	-	-	3	2	-	-	2	3,5	3	-				

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Тип технологічного процесу	Газорізання														
Загальна кількість постів, шт.	4	4	6	5	4	4	3	2	4	6	5	2	6	3	5
Максимальне число постів, що працюють одночасно, шт.	2	4	2	2	4	3	3	2	3	6	3	2	4	2	5
Матеріал	Якісна легована сталь товщиною 10 мм														
Виділяються забруднюючі речовини, г/год															
FeO	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5	145,5
CrO	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68	6,68
HF	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2	55,2
NO <sub>x</sub>	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
Середній час роботи одного поста															
годин за рік	630	470	-	-	-	590	700	-	-	660	445	-	-	567	720
днів за рік	-	-	189	213	203	-	-	-	135	225	-	-	175	163	-
годин за день	-	-	2	3	3,5	-	-	2	2	-	-	3	3	-	-

Таблиця 3.6 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ЛФМ	грунт														
тип	НЦ-25					емаль					ГФ-017				
склад:						МЛ-029					МЛ-197				
сухий залишок, %	34	34	34	33	33	33	38	38	38	22	22	22	25	25	25
летюча частина															
- бутиловий спирт, %	15	15	15	12	12	12	20	20	20	10	10	10	15	15	15
- уайт-спірит, %	85	85	85	88	88	88	80	80	80	90	90	90	85	85	85
Витрачено за рік, т	1,5	1,2	0,6	0,5	4	5	14	16	22	5	6	12	66	45	40
Витрачено за місяць напруженої роботи, т	0,04	0,06	0,2	0,06	1	1	2,4	2,4	4,1	1	1	1,2	12	10	10,1
Розріджувач															
тип	№ 649					№ 646					№ 647				
склад, %:											уайт-спірит				
кислор	50	50	50	45	45	45	50	50	50	50	50	50	-	-	-
ізобутиловий спирт	20	20	20	15	15	15	10	10	10	20	20	20	-	-	-
етилцелозоль	30	30	30	40	40	40	40	40	40	30	30	30	-	-	-
Витрачено за рік, т	0,15	0,2	0,05	0,01	1	0,3	2,8	4,2	5,7	1	1,5	3	14,6	10	10
Витрачено за місяць напруженої роботи, т	0,05	0,02	0,01	0,001	0,2	0,05	0,3	0,4	0,7	0,09	0,4	0,5	3	1,3	1,2
Час роботи дільниці в найбільш напружений місяць															
днів за місяць	21	22	24	20	21	17	23	23	24	21	9	21	19	21	19
середнє за день (фарбування), год	1	5	4	3	3	2	3	7	4	1	1	5	7,5	1	5
середнє за день (сушіння), год	2	8	4	6	4	2	6	5	6	2	2	6	4	2	5
спосіб нанесення	пневмоелектростатичне					безповітряне					електростатичне				

Продовження таблиці 3.6

Вихідні дані	Варіант															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
ЛФМ	емаль				грунт				емаль							
тип	МЛ-12				НЦ-25				ГФ-017				ГФ-021			
склад:																
сухий залишок, %	35	35	35	34	34	34	22	22	22	22	25	25	25	35	35	35
летюча частина																
- бутиловий спирт, %	10	10	10	15	15	15	10	10	10	10	15	15	15	10	10	10
- уайт-спірит, %	90	90	90	85	85	85	90	90	90	90	85	85	85	90	90	90
Витрачено за рік, т	53	23	26	0,8	11,7	9	7	11	10	10	53	47	62	35	37	48
Витрачено за місяць напруженої роботи, т	6	3	3	0,1	1,3	1,05	0,7	1	0,9	11,5	10,7	13	4	4,5	6	
Розріджувач																
тип	уайт-спірит				№ 646				уайт-спірит				№ 647			
склад, %:																
ксилол	-	-	-	45	45	45	45	-	-	-	-	50	50	50	50	50
ізобутиловий спирт	-	-	-	15	15	15	15	-	-	-	-	20	20	20	10	10
етилцелозоль	-	-	-	40	40	40	40	-	-	-	-	20	30	30	40	40
Витрачено за рік, т	11	4,7	4,7	0,01	0,7	0,6	2,1	9	7	5,3	5,5	3,2	2	4,2	2,9	
Витрачено за місяць напруженої роботи, т	1,5	0,5	0,6	0,001	0,09	0,08	0,4	1,1	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	0,45	0,3	
Час роботи дільниці в найбільш напружений місяць																
днів за місяць	20	21	23	23	21	19	18	24	23	17	20	22	19	21	20	
середнє за день (фарбування), год	4	5	10	4	3	6	12	5	5	3	4	2	5	1,5	6	
середнє за день (сушіння), год	8	5	6	6	5	4	6	6,5	7	4	5	3	6	4	4	
спосіб нанесення	пневмоелектростатичне				електростатичне				безповітряне							



## Перелік питань для відповідей [10]

- 1 Що таке екологічна наука та її завдання.
- 2 Основні принципи та цілі екологічної освіти.
- 3 Інженерна екологія та її основні завдання.
- 4 Види природозберігаючих технологій.
- 5 Види забруднювачів.
- 6 Методи захисту навколишнього природного середовища.
- 7 Основні напрямки екологізації виробництва.
- 8 Біотехнологія як еталон безвідходного виробництва.
- 9 Маловідходна (безвідходна) технологія.
- 10 Захист атмосферного повітря від шкідливих викидів.
- 11 Типи пристроїв, що застосовують для очищення викидів від аерозолів.
- 12 Складові екологічних технологій.
- 13 Ресурсозберігаючі технології. Види ресурсів.
- 14 Основні джерела викидів шкідливих речовин залізничним транспортом.
- 15 Оцінка рівня впливу об'єктів залізничного транспорту на екологічний стан навколишнього середовища.
- 16 Вплив викидів залізничного транспорту на атмосферу.
- 17 Вплив викидів залізничного транспорту на воду та ґрунт.
- 18 Ресурсозбереження в галузі залізничного транспорту.
- 19 Що таке резервування та його види.
- 20 Ресурсозберігаючі технології у вагонному господарстві.
- 21 Класифікація ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті.
- 22 Загальна характеристика потокового виробництва, його основні ознаки.
- 23 Поточковий метод виробництва. Різновиди поточкових ліній.
- 24 Принципи та передумови потокового виробництва.
- 25 Переваги та недоліки потокового виробництва.
- 26 Комплексна автоматизація виробництва. Етапи розвитку автоматизації.
- 27 Класифікація автоматичних ліній.
- 28 Робототехніка. Види виробничих роботів, галузі їх застосування.
- 29 Модернізація пасажирських вагонів та причини її проведення.
- 30 Модернізація вантажних вагонів та їх елементів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Інженерна екологія. Теорія і практика сталого розвитку : підручник для студ. вищ. навч. закл. / В. А. Баженов, В. М. Ісаєнко, Ю. М. Саталікін та ін.; заг. ред. В. П. Бабака. Київ : Книжкове вид-во НАУ, 2006. 492 с.

2 Білявський Г. О. Основи екології : навч. посіб. Київ : Либідь, 2006. 408 с.

3 Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Вид. 4-те, випр. і доп. Суми : Університетська книга, 2018. 315 с.

4 Джигирей, В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 5-те, випр. і доп. Київ : Знання, 2007. 422 с.

5 Основи екології та природокористування : навч. посіб. для студ. вузів / В. Л. Дикань, А. Г. Дейнека, Л. О. Позднякова, І. Д. Михайлов, А. О. Каграманян. Харків : ООО «Олант», 2002. 384 с.

6 Екологія : підручник / С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, М. А. Хвесик та ін. Київ : КНЕУ, 2006. 371 с.

7 Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник / за заг. ред. Л. Г. Мельника та М. К. Шапочки. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 759 с.

8 Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери : навч. посіб. / Л. І. Северин, В. Г. Петрук, І. І. Безвозюк, І. В. Васильківський. Вінниця : ВНТУ, 2012. 388 с.

9 Основи екології: навколишнє середовище і техногенний вплив : підручник / Я. П. Скоробогатий, В. В. Ощатовський, В. О. Василечко, С. Л. Кусковець. Львів : «Новий світ-2000», 2011. 222 с.

10 Гребенюк В. А., Репко В. В. Екологічні технології у вагонному господарстві : конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 122 с.

11 Гребенюк В. А., Репко В. В. Методичні рекомендації до виконання практичних занять з дисципліни «Екологічні технології у вагонному господарстві». Харків : УкрДУЗТ, 2018. 50 с.

12 Тимофєєва, Л. А., Путятіна Л. І. Основи екології : конспект лекцій. Ч. 1. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 46 с.

13 Тимофєєва, Л. А., Путятіна Л. І. Основи екології : конспект лекцій. Ч. 2. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 66 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання контрольної роботи

з дисципліни

*«ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
У ВАГОННОМУ ГОСПОДАРСТВІ»*

Відповідальний за випуск Гребенюк В. А.

Редактор Решетилова В. В.

---

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 1,5. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.