

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра вагонів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичних занять  
з дисципліни**

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

**Харків – 2018**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до

друку на засіданні кафедри вагонів 19 березня 2018 р.,  
протокол № 8.

Укладачі:

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

Рецензент

доц. В. М. Петухов

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять  
з дисципліни

*«ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
У ВАГОННОМУ ГОСПОДАРСТВІ»*

Відповідальний за випуск Репко В. В.

Редактор Решетилова В. В.

---

Підписано до друку 05.04.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 2,75. Тираж 50. 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.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Джерела забруднення атмосфери. Розрахунок викидів забруднюючих речовин на території вагонного депо.....	5
1.1 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на території вагонного депо від працюючих тепловозів.....	6
1.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на території вагонного депо від роботи автомобілів.....	9
2 Розрахунок виділення забруднюючих речовин в атмосферу при різних технологічних процесах обробки матеріалів.....	18
2.1 Механічна обробка матеріалів.....	18
2.2 Зварювання, наплавлення, паяння, електрогазорізання металів.....	22
2.3 Нанесення лакофарбових матеріалів.....	29
3 Апарати сухого механічного очищення газів від пилу.....	34
3.1 Розрахунок циклонів.....	35
3.2 Розрахунок конструкційних розмірів циклона.....	42
Список літератури.....	47

## ВСТУП

Практичний курс дисципліни «Екологічні технології у вагонному господарстві» призначений для студентів-бакалаврів спеціальності 273 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Вагони та вагонне господарство» всіх форм навчання та передбачає: засвоєння основних закономірностей взаємодії людини, суспільства і природи; вивчення технічних розрахунків для вибору оптимальних параметрів обладнання та інших приладів, що використовуються на підприємствах залізничної галузі з метою запобігання забрудненню території та навколишнього природного середовища; захисту здоров'я робітників.

Транспорт належить до головних забруднювачів атмосферного повітря, водойм і ґрунту. Відбувається деградація і загибель екосистем під впливом транспортних забруднень, особливо інтенсивно на урбанізованих територіях. Гостро стоїть проблема утилізації і переробки відходів, що виникають при експлуатації транспортних засобів, в тому числі і після завершення строку їх служби. Для потреб транспорту у великій кількості споживаються природні ресурси. Знижується якість навколишнього середовища через підвищення рівня шумового впливу транспорту. Це визначає необхідність розробки теоретичних основ і методичних підходів до вирішення екологічних проблем у транспортному комплексі.

Методичні рекомендації для практичного вивчення дисципліни «Екологічні технології у вагонному господарстві» підготовлені відповідно до її програми і призначені для студентів технічних спеціальностей. Вони стануть у пригоді усім практичним робітникам, що займаються питаннями екології на транспортних підприємствах.

# **1 ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ. РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ТЕРИТОРІЇ ВАГОННОГО ДЕПО**

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:

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 їхніми токсинами і продуктами життєдіяльності).

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

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. Вони підрозділені на стаціонарні та пересувні.

Зі стаціонарних джерел найбільшої шкоди 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 згорання 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.

### **1.1 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на території вагонного депо від працюючих тепловозів**

При роботі дизельних двигунів тепловозів в атмосферу викидаються забруднюючі речовини: оксиди вуглецю, азоту та сірки, а також сажа. Питомі викиди, кілограм на годину, кг/год, цих забруднюючих речовин для тепловозів основних серій (на 1 секцію) наведені у таблиці 1.1. За класифікацією шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини оксиди азоту та сірки, а також сажа відносяться до третього класу небезпеки (помірно небезпечні), оксид вуглецю – до четвертого класу (мало небезпечні).

Таблиця 1.1 – Питомі викиди забруднюючих речовин дизельних двигунів тепловозів основних серій (на 1 секцію), кг/год

Тип тепловоза	Найменування забруднюючих речовин	Режим роботи двигуна		
		холостий хід	25 %	50 %
2ТЭ10Л, В	оксид вуглецю	0,26	5,47	5,65
	оксид азоту	0,29	14,37	27,32
	оксид сірки	0,081	1,62	3,01
	сажа	0,83	2,39	4,54
2ТЭ116	оксид вуглецю	0,36	1,94	3,45
	оксид азоту	0,298	8,82	22,42
	оксид сірки	0,16	1,15	5,48
	сажа	0,3	1,23	3,38
2М62	оксид вуглецю	0,23	2,57	5,85
	оксид азоту	1,41	16,2	24,98
	оксид сірки	0,31	1,22	1,87
	сажа	0,01	0,14	0,23
ТЭМ2	оксид вуглецю	0,163	1,89	2,23
	оксид азоту	0,11	4,67	15,53
	оксид сірки	0,18	0,99	2,26
	сажа	0,003	0,09	0,28
ЧМЭ3	оксид вуглецю	0,06	0,53	2,06
	оксид азоту	3,90	9,80	10,60
	оксид сірки	0,27	1,18	2,76
	сажа	0,004	0,095	0,31

На території вагонного депо тепловози працюють у трьох режимах:

- при 25 %-му режимі роботи двигуна,
- при 50 %-му режимі роботи двигуна;
- на холостому ході.

Річний викид  $i$ -ї забруднюючої речовини в атмосферу від  $m$  працюючих тепловозів  $M_i$ , кг/р., розраховується окремо для кожного режиму за формулою

$$M_i = \sum_{i=1}^m g_i \cdot t_p \cdot k \cdot n, \quad (1.1)$$

де  $g_i$  – питомий викид  $i$ -ої забруднюючої речовини, кг/год.;  
 $n$  – кількість днів роботи двигуна тепловоза за рік;  
 $k$  – кількість тепловозів;  
 $t_p$  – час роботи двигуна за добу у відповідному режимі, год,

$$t_p = \frac{t(a; b \text{ або } c)}{100}, \quad (1.2)$$

де  $a, b, c$  – відсоток часу роботи тепловоза при окремому режимі.

Сумарний валовий (річний) викид при всіх режимах по кожній забруднюючій речовині визначається за формулою

$$M_i = M_i^a + M_i^b + M_i^c. \quad (1.3)$$

#### Задача 1.1

На території вагонного депо може працювати два типи тепловозів. Визначити валовий викид кожної забруднюючої речовини від обох типів тепловозів окремо. Провести аналіз отриманих даних і зробити висновок про ступінь небезпеки викидів забруднюючих речовин при роботі тепловозів кожного типу. Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Вихідні дані						
	Тепловози		Час роботи тепловозів		Відсоток часу роботи тепловоза при окремому режимі		
	тип	кількість	за добу, $t$ , год	кількість днів за рік, $n$	$a$ , % часу	$b$ , % часу	$c$ , % часу
1	2ТЭ10В	1	20	350	50	20	30
	ТЭМ2	3			60	20	20
2	2ТЭ10Л	2	18	330	70	20	10
	2ТЭ116	1			60	20	20
3	2ТЭ10В	1	16	310	50	20	30
	ЧМЭЗ	3			50	30	20



Продовження таблиці 1.2

Варіант	Тепловози		Час роботи тепловозів		Відсоток часу роботи тепловоза при окремому режимі		
	тип	кількість	за добу, $t$ , год	кількість днів за рік, $n$	$a$ , % часу	$b$ , % часу	$c$ , % часу
4	2ТЭ10Л	1	14	340	55	20	25
	2М62	2			65	20	15
5	2ТЭ10В	1	12	320	60	30	10
	ЧМЭЗ	3			50	30	20
6	2ТЭ10Л	2	19	350	55	25	20
	2ТЭ116	1			70	10	20
7	2ТЭ10В	1	17	340	65	20	15
	2М62	2			50	35	15
8	2ТЭ10Л	1	15	330	55	20	25
	ТЭМ2	3			50	20	30
9	2ТЭ10В	2	13	320	60	20	20
	2ТЭ116	1			65	25	10
10	2ТЭ10Л	1	11	310	70	10	20
	ЧМЭЗ	3			55	25	20
11	2ТЭ10В	1	20	350	50	30	20
	2М62	2			65	20	15
12	2ТЭ10Л	1	19	320	55	30	15
	2М62	2			50	25	25
13	2ТЭ10В	1	18	310	60	15	25
	ТЭМ2	3			70	20	10
14	2ТЭ10Л	1	16	330	55	20	25
	ЧМЭЗ	3			65	15	20
15	2ТЭ10В	2	15	340	60	30	10
	2ТЭ116	1			50	20	30
16	2ТЭ10В	1	14	345	55	10	35
	ТЭМ2	3			60	20	20
17	2ТЭ10Л	2	13	335	70	20	10
	2ТЭ116	1			60	20	20
18	2ТЭ10В	1	12	315	50	20	30
	ЧМЭЗ	3			50	30	20
19	2ТЭ10Л	1	11	345	55	20	25
	2М62	2			65	20	15

Продовження таблиці 1.2

Варіант	Вихідні дані						
	Тепловози		Час роботи тепловозів		Відсоток часу роботи тепловоза при окремому режимі		
	тип	кількість	за добу, $t$ , год	кількість днів за рік, $n$	$a$ , % часу	$b$ , % часу	$c$ , % часу
20	2ТЭ10В	1	12	325	60	30	10
	ЧМЭЗ	3			50	30	20
21	2ТЭ10Л	2	15	336	55	25	20
	2ТЭ116	1			70	10	20
22	2ТЭ10В	1	14	346	65	20	15
	2М62	2			50	35	15
23	2ТЭ10Л	1	20	333	55	20	25
	ТЭМ2	3			50	20	30
24	2ТЭ10В	2	18	323	60	20	20
	2ТЭ116	1			65	25	10
25	2ТЭ10Л	1	16	313	70	10	20
	ЧМЭЗ	3			55	25	20
26	2ТЭ10В	1	11	343	50	30	20
	2М62	2			65	20	15
27	2ТЭ10Л	1	13	327	55	30	15
	2М62	2			50	25	25
28	2ТЭ10В	1	20	317	60	15	25
	ТЭМ2	3			70	20	10
29	2ТЭ10Л	1	19	337	55	20	25
	ЧМЭЗ	3			65	15	20
30	2ТЭ10В	2	17	347	60	30	10
	2ТЭ116	1			50	20	30

### 1.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин на території вагонного депо від роботи автомобілів

Для автомобілів з карбюраторними двигунами розраховується викид оксиду вуглецю CO, вуглеводню (CH), оксиду азоту NO<sub>2</sub>, оксиду сірки SO<sub>2</sub> і з'єднань свинцю Pb, а для автомобілів з дизельними двигунами – викид оксиду вуглецю CO, вуглеводню (CH), оксиду азоту NO<sub>2</sub>, сажі С та оксиду сірки SO<sub>2</sub>.

Питомі викиди забруднюючих речовин легковими та вантажними автомобілями наведені у таблицях 1.3 та 1.4 відповідно.

Таблиця 1.3 – Питомі викиди забруднюючих речовин легковими автомобілями

Вид викиду	Період року	Забруднюючі речовини				
		CO	CH	NO <sub>2</sub>	C	SO <sub>2</sub>
Питомий викид при прогріванні, г/хв		5,0	0,7	0,05	0,05	0,13
Питомий викид при роботі двигуна на холостому ходу, г/хв		4,5	0,4	0,05	0,05	0,12
Пробіговий викид зі швидкістю 10-20 км/год, г/км	холодний	21,3	2,5	0,3	0,3	0,09
	теплий	17,0	1,7	0,4	0,2	0,07
Примітка – в перехідний період пробігові викиди CO, CH і C повинні множитися на коефіцієнт 0,7, викиди SO <sub>2</sub> – на 0,9 від значень холодного періоду, викиди NO <sub>2</sub> дорівнюють викидам в холодний період						

Таблиця 1.4 – Питомі викиди забруднюючих речовин вантажними автомобілями

Вид викиду	Вантажопідйомність вантажних автомобілів	Період року	Забруднюючі речовини			
			CO	CH	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Питомий викид при прогріванні, г/хв	до 1000 кг		4,5	0,4	0,05	0,012
	1000-3000 кг		8,1	1,6	0,1	0,016
	3000-6000 кг		18,1	2,9	0,2	0,029
	понад 6000 кг		23,4	3,3	0,2	0,035
Питомий викид при роботі двигуна на холостому ходу, г/хв	до 1000 кг		4,5	0,4	0,05	0,012
	1000-3000 кг		8,1	1,6	0,1	0,016
	3000-6000 кг		18,1	2,9	0,2	0,029
	понад 6000 кг		23,4	3,3	0,2	0,035

Продовження таблиці 1.4

Вид викиду	Вантажопідйомність вантажних автомобілів	Період року	Забруднюючі речовини			
			CO	CH	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Пробіговий викид зі швидкістю 10-20 км/год, г/км	до 1000 кг	холодний	24,3	4,2	0,3	0,1
	1000-3000 кг		34,4	6,0	0,5	0,13
	3000-6000 кг		59,3	10,3	0,8	0,22
	понад 6000 кг		68,8	11,9	0,9	0,28
	до 1000 кг	теплий	19,6	3,5	0,4	0,08
	1000-3000 кг		27,6	4,9	0,6	0,1
	3000-6000 кг		47,4	8,5	1,0	0,18
	понад 6000 кг		55,3	9,9	1,2	0,24

Примітка – в перехідний період пробігові викиди CO, CH і SO<sub>2</sub> повинні множитися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду, викиди NO<sub>2</sub> дорівнюють викидам в холодний період

Питомі викиди забруднюючих речовин залежать від періоду року – холодний, теплий, перехідний. Він умовно визначається за величиною середньомісячної температури. Місяці, у яких середньомісячна температура нижче  $-5^{\circ}\text{C}$ , відносяться до холодного періоду, місяці із середньомісячною температурою вище  $+5^{\circ}\text{C}$  – до теплого періоду, а з температурою від  $-5$  до  $+5^{\circ}\text{C}$  – до перехідного. Вплив періоду року враховується тільки для автомобілів, що виїжджають.

Швидкість руху автомобілів по території стоянки становить 10-20 км/год.

Викид  $i$ -ї речовини, грам, г, одним автомобілем  $k$ -ї групи в день при виїзді з території стоянки  $M_{ik}^I$  і поверненні  $M_{ik}^{II}$  для кожного періоду визначається за формулами

$$M_{ik}^I = m_{\text{пр}ik} \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_i + m_{\text{тс}ik} \cdot L_1 + m_{\text{хх}ik} \cdot t_{\text{хх}1} \cdot K_i, \quad (1.4)$$

$$M_{ik}^{II} = m_{\text{тс}ik} \cdot L_2 + m_{\text{хх}ik} \cdot t_{\text{хх}2} \cdot K_i, \quad (1.5)$$

де  $m_{\text{пр}ik}$  – питомий викид  $i$ -ї речовини при прогріві двигуна автомобіля  $k$ -ї групи, г/хв;

$m_{\text{тсик}}$  – пробіговий викид  $i$ -ї речовини при русі автомобіля по території стоянки з відносно постійною швидкістю, г/км;

$m_{\text{ххик}}$  – питомий викид  $i$ -ї речовини при роботі двигуна на холостому ходу, г/хв;

$t_{\text{пр}}$  – час прогріву двигуна, хв;

$K_i$  – коефіцієнт зниження викидів при контролі токсичності вихлопних газів автомобілів. При відсутності контролю  $K_i = 1$ ;

$L_1, L_2$  – пробіг автомобіля по території стоянки за день, км, (задається);

$t_{\text{хх1}}, t_{\text{хх2}}$  – час роботи двигуна на холостому ходу при виїзді (поверненні) на територію або в приміщення гаража, хв.

Викиди забруднюючих речовин при прогріві та роботі двигуна на холостому ходу автомобілями відповідають ситуації, коли на стоянці не проводиться робота з контролю токсичності відпрацьованих газів відповідно до стандарту. При проведенні екологічного контролю питомі викиди забруднюючих речовин автомобілями знижуються.

Валовий викид  $i$ -ї речовини автомобілями, тонн на рік, т/р., розраховується роздільно для кожного періоду року за формулою

$$M^{ji} = \sum \alpha_v \cdot (M_{ik}^I + M_{ik}^{II}) \cdot N_k \cdot D_p \cdot 10^{-6}, \quad (1.6)$$

де  $\alpha_v$  – коефіцієнт випуску;

$N_k$  – кількість автомобілів  $k$ -ї групи в господарстві;

$D_p$  – кількість днів роботи в розрахунковому періоді (холодному, тепловому, перехідному);

$j$  – період року (Т – теплий, П – перехідний, Х – холодний).

Кількість робочих днів у розрахунковому періоді ( $D_p$ ) залежить від режиму роботи гаража та тривалості періодів року.

Для визначення загального валового викиду ( $M_i$ ) валові викиди однойменних речовин за періодами року підсумовуються:

$$M_i = M_i^T + M_i^X + M_i^P. \quad (1.7)$$

При роботі автомобілів із двигуном на етильованому бензині тетраетилсвинець руйнується, утворюючи токсичні з'єднання свинцю. Ці з'єднання викидаються з газами, що відпрацювали, у вигляді аерозолів.

Викид з'єднань свинцю одним автомобілем  $k$ -ї групи при виїзді з території стоянки та поверненні визначається за формулою

$$M_{ck}^I = 0,7 \cdot d_c \cdot (q_{прк} \cdot t_{пр} \cdot K_i + q_{тск} \cdot L_1 + q_{ххк} \cdot t_{хх1} \cdot K_i), \quad (1.8)$$

$$M_{ck}^{II} = 0,7 \cdot d_c (q_{тск} \cdot L_2 + q_{ххк} \cdot t_{хх2} \cdot K_i), \quad (1.9)$$

де  $d_c$  – вміст свинцю в одному літрі бензину (АИ-93 – 0,37 г/л, А-76 – 0,17 г/л);

$q_{прк}, q_{ххк}$  – витрата бензину при прогріві та роботі двигуна на холостому ході, л/хв;

$q_{тск}$  – витрата палива при русі по території стоянки, л/км;

$K_i$  – коефіцієнт зниження викидів при проведенні робіт з контролю токсичності вихлопних газів.

Питомі витрати палива вантажним автомобілем при прогріві, роботі двигуна на холостому ході та русі по території стоянки наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Питомі витрати палива вантажним автомобілем

Вантажо- підйомність вантажних автомобілів	Питомі витрати палива				
	при прогріві двигуна, $q_{прк}$ , л/хв	при роботі двигуна на холостому ході $q_{ххк}$ , л/хв	при русі по території стоянки, $q_{тск}$ , л/км		
			теплий	пере- хідний	холодний
до 1000 кг	0,023	0,063	0,152	0,171	0,19
1000-3000 кг	0,047	0,063	0,199	0,224	0,249
3000-6000 кг	0,063	0,063	0,290	0,327	0,364
понад 6000 кг	0,063	0,063	0,342	0,385	0,428

При проведенні контролю на токсичність  $q_{npk}$  і  $q_{ххк}$  знижуються, що враховується коефіцієнтом  $K_i$ : при відсутності контролю  $K_i=1$ , при організації контролю при виїзді  $K_i=0,79$ ).

Валовий викид з'єднань свинцю, тонн на рік, т/р., розраховується роздільно для кожного періоду року

$$M_c^j = \sum \alpha_v \cdot (M_{ck}^I + M_{ck}^{II}) \cdot N_k \cdot D_p \cdot 10^{-6} . \quad (1.10)$$

Отримані результати потім підсумовуються, т/р.

$$M_c = M_c^T + M_c^X + M_c^{II} . \quad (1.11)$$

### Задача 1.2

У вагонному депо є легковий і вантажний автомобілі, пробіг яких на день становить: при виїзді –  $L_1$  км і поверненні на територію підприємства  $L_2$  км. Автомобілі працюють всі періоди року, час прогріву двигунів  $t_{пр}$  хв. Час роботи двигунів на холостому ході при виїзді  $t_{хх1}$  хв і поверненні  $t_{хх2}$  хв. Для вантажного автомобіля використовується бензин марки А-76. Швидкість руху машин по території – 15 км/год. Контроль токсичності вихлопних газів автомобілів не проводиться.

Визначити річний викид забруднюючих речовин в атмосферу з автотранспорту на території вагонного депо. Зробити висновки щодо викидів забруднюючих речовин при роботі автотранспорту. Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Пробіг при виїзді, L<sub>1</sub>, км</b>															
легковий автомобіль	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,5
вантажний автомобіль	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4
<b>Пробіг при поверненні, L<sub>2</sub>, км</b>															
легковий автомобіль	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4
вантажний автомобіль	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2
<b>Час прогріву двигуна, хв</b>															
легковий автомобіль	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7
вантажний автомобіль	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6
<b>Коефіцієнт випуску, α<sub>ε</sub></b>															
легковий автомобіль	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94
вантажний автомобіль	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Час роботи двигуна на холостому ходу, хв:</b>															
<b>при виїзді, t<sub>хх1</sub></b>															
легковий автомобіль	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6
вантажний автомобіль	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7
<b>при поверненні, t<sub>хх2</sub></b>															
легковий автомобіль	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7
вантажний автомобіль	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8
<b>Кількість робочих днів у періоді року:</b>															
холодному	110	105	100	115	120	110	95	110	115	125	100	115	120	110	95
теплову	140	145	150	155	145	130	140	140	155	140	150	155	145	130	140
перехідному	115	115	115	95	100	125	115	115	95	100	115	95	100	125	115
Вантажопідйомність вантажних автомобілів, т	3	5,5	2	3,5	1	4	1,5	2,5	4,5	5	1	4	1,5	2,5	3



Продовження таблиці 1.6

Вихідні дані	Варіант																													
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30															
Пробіг при виїзді, $L_1$ , км																														
легковий автомобіль	1,4	1,3	1,4	1,5	1,3	1,6	1,7	1,5	1,4	1,6	1,7	1,5	1,4	1,3	1,4															
вантажний автомобіль	1,3	1,6	1,7	1,5	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,3	1,4	1,5															
Пробіг при поверненні, $L_2$ , км																														
легковий автомобіль	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4															
вантажний автомобіль	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2															
Час прогріву двигуна, хв																														
легковий автомобіль	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7															
вантажний автомобіль	2,7	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6	2,5	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6															
Коефіцієнт випуску, $\alpha_6$																														
легковий автомобіль	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94															
вантажний автомобіль	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
Час роботи двигуна на холостому ходу, хв,:																														
при виїзді, $t_{xx1}$																														
легковий автомобіль	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6															
вантажний автомобіль	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7															
при поверненні, $t_{xx2}$																														
легковий автомобіль	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7															
вантажний автомобіль	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8															
Кількість робочих днів у періоді року:																														
холодному	110	105	110	115	125	120	110	95	110	115	125	110	105	100	115															
теплому	140	145	140	155	140	145	130	140	140	155	140	140	145	150	155															
перехідному	115	115	115	95	100	100	125	115	115	95	100	115	115	115	95															
Вантажопідйомність вантажних автомобілів, т	5,5	2	3,5	1	4	2	3,5	1	4	1,5	2,5	4,5	5	3	1,5															

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

### 2.1 Механічна обробка матеріалів

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

Характерною рисою процесів механічної обробки матеріалів є виділення твердих часток (пилу), а при обробці матеріалів із застосуванням мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) – додаткове виділення аерозолу 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, грам на секунду, г/с, забруднюючої речовини (ЗР) (пилу) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих верстатів визначається за формулою

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

де  $g_i$  – питома виділення ЗР при роботі на  $i$ -му верстаті, г/год;

$m$  – кількість одночасно працюючих верстатів;

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

Валове виділення, тонн на рік, т/р., ЗР (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, грам на секунду, г/с, аерозолі МОР від групи з  $n$  штук одночасно працюючих верстатів

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

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, тонн на рік, т/р. аерозолі МОР від групи з  $n$  штук верстатів визначається за формулою

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

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.

### Задача 2.1

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

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

Вихідні дані для розрахунків наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – 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	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
Кількість 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 на день, год	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5	12	14	7	4,5	6
днів на рік	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 на день, год	12	14	7	4,5	6	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5
днів на рік	90	107	133	190	150	189	245	300	127	198	164	127	203	134	122	178

## Продовження таблиці 2.1

Вихідні дані	Варіант																													
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																
Тип металорізальних верстатів	токарні															свердлильні														
Потужність двигуна, кВт	2	2,5	2,7	3,2	5	5,5	2,8	4,4	6,8	8	10	3	7	10																
Максимальне число верстатів, що працюють одночасно, шт.	11	23	20	7	14	22	18	16	14	13	12	15	24	18																
Питоме виділення металевого пилу, 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																
Число верстатів, які можуть працювати з МОР, шт	3	17	15	6	10	12	12	9	14	5	10	4	21	4																
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 на день, год	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7	6,5	5	12	14	7																
днів на рік	189	245	300	127	198	164	127	203	134	122	178	90	107	133																
Тип шліфувальних верстатів	плоскошліфувальні															бесцентрошліфувальні														
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 на день, год	12	14	7	4,5	6	3	4	2,5	8	5	3,5	6	4	7																
днів на рік	90	107	133	190	150	189	245	300	127	198	164	127	203	134																

## 2.2 Зварювання, наплавлення, паяння, електрогазорізнання 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.

Зварювальний аерозоль і аерозоль, що виділяється при газовому різанні, переважно складаються з оксидів металів, які 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.

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

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

де  $g_i$  – питома виділення ЗР  $i$ -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 ЗР при роботі  $i$ -ї електроконтактної машини, грам на годину, на 50 кВт номінальної потужності машини;

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

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

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

де  $g_i$  – питоме виділення ЗР  $i$ -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, грам на секунду, г/с, ЗР (компонентів аерозолі та супутніх газів) від групи з  $m$  штук одночасно працюючих газових різаків

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

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

Валове забруднення, тонн на рік, т/р., ЗР від групи з  $l$  штук зварювальних постів (машин електроконтактного зварювання)

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

де  $g_i$  – питоме виділення ЗР  $i$ -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/р.;

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

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

Валове виділення, тонн на рік, т/р., ЗР від групи з  $l$  штук газових різаків

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

де  $g_i$  – питоме виділення ЗР  $i$ -го різака, г/год;

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

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

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

## Задача 2.2

Розрахувати валове і максимально разове виділення забруднюючих речовин, що потрапляють в повітряне середовище при зварюванні, паянні, електрогазорізання матеріалів на технологічних ділянках за варіантами, наведеними в таблицях 2.2, 2.3, 2.4 та 2.5.



Таблиця 2.2 – 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	ЦД-17	ЦД-17	ИАТ-1	ОЗЛ-7	ОЗЛ-7	ОЗС-4	ОЗС-4	ОЗС-6	ОЗС-6	ЦД-17	ЦД-17
середня витрата за рік на 1 пост, кг	710	710	1300	1300	2350	2350	750	380	380	710	710	1300	1300	2350	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 2.3 – 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 на рік	-	-	230	-	-	220	289	-	-	257	245	-	-	270	264
днів на рік	120	290	-	167	189	-	-	220	240	-	-	156	139	-	-
годин на день	3	4	-	4	6	-	-	7	3	-	-	5	6	-	-

Таблиця 2.4 – 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 на рік	930	995	-	-	-	590	800	-	-	860	790	-	-	-	640													
днів на рік	-	-	185	129	233	-	-	136	215	-	-	197	223	164	-													
годин на день	-	-	2	3	3,5	-	-	3	2	-	-	2	3,5	3	-													

Таблиця 2.5 – 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	Газозварювання														
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 на рік	630	470	-	-	-	590	700	-	-	660	445	-	-	567	720
днів на рік	-	-	189	213	203	-	-	135	225	-	-	175	163	-	-
годин на день	-	-	2	3	3,5	-	-	2	2	-	-	3	3	-	-

## 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.).

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 ЛФМ і розчинників.

При розпилюванні ЛФМ утворюється аерозоль фарби, початковий склад якого ідентичний складу суміші ЛФМ з розчинником (розчинником), що наноситься. Через певний час розчинник з рідких крапель аерозолю переходить в газоподібну фазу, і аерозоль фарби є сумішшю повітря з твердими частинками сухого залишку ЛФМ. Від способу розпилення залежить частка виносу фарби у вигляді аерозолю (нанесення покриття за допомогою кисті, методом занурення, обливом і подібним їм процесом не супроводжується утворенням аерозолю фарби).

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

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 ЗВ на дільницях (у цехах) фарбування ведеться окремо для фарбувального аерозолю (сухого залишку) і компонентів розчинників, для ґрунтовки, ручного фарбування і пошарового нанесення багат шарових покриттів ЛФМ, 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 ЛФМ, 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, тонн на рік, т/р., аерозолу фарби в процесі фарбування визначається за формулою

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

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

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

$\delta_{\text{аер}}$  – частка ЛФМ, витраченого у вигляді аерозолу, %.

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, тонн на рік, т/р.,  $i$ -го летючого компонента:

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 ЛФМ до необхідної в'язкості, т/р.;

$\psi_i^{\text{ф}}$  ( $\psi_i^{\text{роз}}$ ) – частка  $i$ -го компонента в летючій частині вихідного ЛФМ (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, грам на секунду, г/с, ЗВ визначається для найбільш напруженого часу роботи дільниці (печі), коли витрачається найбільша кількість ЛФМ, за формулою

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

де  $M_{\text{max}}$  – 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.

### Задача 2.3

Розрахувати валове і максимально разове виділення забруднюючих речовин, що потрапляють в повітряне середовище при нанесенні лакофарбових матеріалів (ЛФМ) на технологічних дільницях за варіантами, наведеними у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – 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					МЛ-029					МЛ-197					ГФ-017					ГФ-021				
склад:																									
сухий залишок, %	34	34	34	33	33	33	38	38	38	38	22	22	22	25	25	25									
летюча частина																									
- бутиловий спирт, %	15	15	15	12	12	12	20	20	20	20	10	10	10	15	15	15									
- уайт-спірит, %	85	85	85	88	88	88	80	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					№ 649					№ 647					уайт-спірит				
склад, %:																									
ксилол	50	50	50	45	45	45	50	50	50	50	50	50	50	-	-	-									
ізобутиловий спирт	20	20	20	15	15	15	10	10	10	10	20	20	20	-	-	-									
етилцелозольв	30	30	30	40	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														





### 3 АПАРАТИ СУХОГО МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ ВІД ПИЛУ

Очищення вентиляційних викидів від шкідливих речовин є одним з основних заходів щодо захисту повітряного басейну. Завдяки очищенню викидів перед їх надходженням в атмосферу запобігається забрудненню атмосферного повітря.

Основним елементом систем пилоочищення є апарат очищення повітря від пилу. Вибір обладнання при формуванні системи пиловловлювання залежить від конкретних вимог виробництва. Все обладнання для санітарного очищення газів і повітря від зважених дисперсних часток підрозділяється на дві категорії: апарати сухого очищення і апарати мокрого очищення.

Широкого застосування для сухого очищення газів від пилу набули циклони різних типів. На даний час в промисловості застосовується близько двадцяти типів циклонів, в більшості випадків циліндричні (серія ЦН) і конічні (серія СК) циклони НДІОГАЗ (науково-дослідний інститут з промислового та санітарного очищення газів). Найбільш часто застосовуються циліндричні циклони марок ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24 і конічні циклони марок СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М, СДК-ЦН-33.

Циліндричні циклони серії ЦН призначені для уловлювання сухого пилу аспіраційних систем. Їх рекомендується використовувати для попереднього очищення газів при початковій запиленості до  $400 \text{ г/м}^3$  і встановлювати перед фільтрами і електрофільтрами.

Конічні циклони серії СК призначені для очищення газів від сажі. Вони володіють підвищеною ефективністю в порівнянні з циклонами типу ЦН за рахунок більшого гідравлічного опору. Вхідна концентрація сажі не повинна перевищувати  $50 \text{ г/м}^3$ .

Циклони НДІОГАЗ підрозділяються на вискоелефективні і високопродуктивні.

Циклони СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, ЦН-11 відносяться до вискоелефективних циклонів. Циклони діаметрами менш 1м забезпечують ступінь очищення  $\eta=0.85 \dots 0.95$  при уловлюванні часток діаметром більше 5 мкм. Циклони типу ЦН-24 відносяться до високопродуктивних, вони можуть надійно і без забивання працювати при високій вхідній запиленості. Циклони типу ЦН-15

займають середнє положення і забезпечують декілька менший ступінь очищення, ніж циклони ЦН-11, але володіють більшою надійністю при роботі в умовах підвищеної запиленості.

Циклони складаються з корпусу, вхідного патрубку, вихлопної труби і бункера.

Відмінною особливістю циліндричних циклонів серії ЦН є наявність подовженої циліндричної частини, нахил кришки і вхідного патрубка  $\alpha$  відповідно  $11^\circ$ ,  $15^\circ$  і  $24^\circ$  і однакове (у всіх цих циклонів) співвідношення діаметра вихлопної труби  $d$  до діаметра циклона  $D$ :  $d/D=0,59$ . Допустима запиленість газів, що очищаються залежить від діаметра циклона.

Конічні циклони серії СК відрізняються подовженою конічною частиною, спіральним вхідним патрубком у вигляді равлика і малим відношенням діаметрів вихлопної труби  $d$  до діаметра циклонів  $D$ :  $d/D=0,33$  і  $0,34$  відповідно.

Вибір типу і розміру циклона проводиться на підставі заданої витрати газів, фізико-хімічних властивостей пилу, необхідного ступеня очищення, габаритів установки, експлуатаційної надійності і вартості очищення.

### 3.1 Розрахунок циклонів

Розрахунок циклонів ведуть методом послідовних наближень.

Щоб розрахувати циклон необхідно мати такі вихідні дані:

- обсяг газу, що очищається,  $Q$ , м<sup>3</sup>/с;
- щільність газу при робочих умовах  $\rho_g$ , кг/м<sup>3</sup>;
- в'язкість газу при робочій температурі  $\mu$ , Па·с;
- дисперсний склад пилу  $d_p$ , мкм;
- вхідна концентрація пилу  $C_{вх}$ , г/м<sup>3</sup>;
- дисперсність часток пилу  $lg\sigma_p$ ;
- щільність часток  $\rho_c$ , кг/м<sup>3</sup>;
- необхідна ефективність очищення  $\eta$ .

Прийнято такий ряд внутрішнього типового діаметра циклонів  $D$ , мм: 150; 200; 300; 400; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2400; 3000.

Розрахунок циклона проводять за таким порядком.

Задаються типом циклона і визначають оптимальну швидкість руху газу  $w_{\text{опт}}$  в залежності від типу циклону (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Оптимальна швидкість руху газу  $w_{\text{опт}}$  в залежності від типу циклону

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
$w_{\text{опт}}$ , м/с	4,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

Розраховують діаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot N \cdot w_{\text{опт}}}}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  – обсяг газу, що очищається, м<sup>3</sup>/с;

$w_{\text{опт}}$  – оптимальна швидкість руху газу в циклоні, м/с;

$N$  – кількість циклонів.

Отримане значення діаметра  $D$  округляють до найближчого типового значення внутрішнього діаметра циклона  $D_{\text{ц}}$ . Якщо значення  $D$  перевищує максимальне типове значення, то необхідно застосовувати два або більше паралельно встановлених циклони.

Відповідно до обраного діаметра циклона знаходимо дійсну швидкість потоку газу в циклоні

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot N \cdot D^2}. \quad (3.2)$$

При цьому дійсна швидкість в циклоні не повинна відхилятися від оптимальної більш ніж на 15 %:

$$100 \cdot \left| \frac{w - w_{\text{опт}}}{w_{\text{опт}}} \right| \leq 15\%.$$

При відхиленні більш ніж 15 % вибирають інший тип циклона і повторюють розрахунок.

Розраховуємо значення гідравлічного опору

$$\Delta P = P_{\text{вх}} - P_{\text{вих}} = \frac{1}{2} \cdot R \cdot \rho_{\text{г}} \cdot w^2, \quad (3.3)$$

де  $R$  – коефіцієнт гідравлічного опору;

$\rho_{\text{г}}$  – щільність газу при робочих умовах, кг/м<sup>3</sup>.

Розраховуємо коефіцієнт гідравлічного опору

$$R = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{500} + k_3, \quad (3.4)$$

де  $k_1$  і  $k_2$  – поправочні коефіцієнти, що залежать від  $D$ ,  $C_{\text{вх}}$  та типу циклона (таблиці 3.2 та 3.3);

$R_{500}$  – коефіцієнт гідравлічного опору циклона при  $D=500$  мм (таблиця 3.4);

$k_3$  – поправочний коефіцієнт групової ув'язки циклонів (враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з компонованням циклонів), для одиночних циклонів  $k_3=0$ , при прямокутному компонованні  $k_3=35$ , при круговому компонованні  $k_3=60$ .

Таблиця 3.2 – Значення  $k_1$  при різних  $D$  та типах циклонів

Тип циклона	$D$ , мм				
	150	200	300	400; 450	>500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,0
ЦН-15, ЦН-24	0,85	0,9	0,93	1,0	1,0
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 і 34м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблиця 3.3 – Значення  $k_2$  при різних  $C_{\text{вх}}$  та типах циклонів

Тип циклона	$C_{\text{вх}}$ , Г/М <sup>3</sup>						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	–
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34м	1	0,99	0,97	0,95	–	–	–

Таблиця 3.4 – Значення  $R_{500}$  залежно від типів циклонів

Тип циклона	Вихлоп		Тип циклона	Вихлоп	
	в атмосферу	гідр. мережу		в атмосферу	гідр. мережу
ЦН-11	245	250	СДК-ЦН-33	520	600
ЦН-15	155	163	СК-ЦН-34	1050	1150
ЦН-24	75	80	СК-ЦН-34м	–	2000

При виборі значень параметра  $R_{500}$  для непарних варіантів завдання прийняти умови – «при вихлопі в атмосферу», для парних варіантів завдання – «при вихлопі в гідравлічну мережу».

Для кожного типу циклона відношення його опору  $\Delta P$  до щільності газу  $\rho_{\Gamma}$  при робочих умовах повинно мати певне оптимальне значення.

Для циклонів типу:

ЦН-11  $\Delta P/\rho_{\Gamma} = 800-1400 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;

ЦН-15  $\Delta P/\rho_{\Gamma} = 500-1000 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;

ЦН-24  $\Delta P/\rho_{\Gamma} = 300-600 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;

СДК-ЦН-33  $\Delta P/\rho_{\Gamma} = 1200-2400 \text{ м}^2/\text{с}^2$ ;

СК-ЦН-34-34м  $\Delta P/\rho_{\Gamma} = 1200-2400 \text{ м}^2/\text{с}^2$ .

Якщо ці співвідношення витримані, отже, циклон обраний правильно, якщо ні - необхідно вибрати наступний циклон і повторити розрахунок.

Далі визначають ступінь ефективності очищення газу в циклоні

$$\eta = 0,5 \cdot (1 + \Phi(x)), \quad (3.5)$$

де  $\Phi(x)$  – це повний коефіцієнт очищення газу, виражений в частках.

Значення нормальної функції розподілу  $\Phi(x)$  визначають за величиною параметра  $x$ .

Розрахунок параметра  $x$  здійснюють за формулою

$$x = \frac{\lg\left(\frac{d_{50}}{d_{T50}}\right)}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{Tп} + \lg^2 \sigma_{ч}}}, \quad (3.6)$$

де  $d_{50}$  і  $d_{T50}$  – діаметри часток реально осаджених з ефективністю 50 % при робочих умовах і умовах роботи типового циклона відповідно;

$\lg\sigma_{Tп}$  – дисперсність пилу при роботі типового циклона (приймається за таблицею 3.5);

$\lg\sigma_{ч}$  – задана дисперсність пилу.

Визначаємо параметр  $d_{50}$  – діаметр часток реально осаджених з ефективністю 50 % при робочих умовах

$$d_{50} = d_{T50} \cdot \sqrt{\frac{D}{D_T} \cdot \frac{\rho_{чT}}{\rho_{ч}} \cdot \frac{\mu}{\mu_T} \cdot \frac{w_T}{w}}, \quad (3.7)$$

де  $\rho_{ч}$  – щільність частки, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – в'язкість середовища, Па·с;

$w$  – швидкість потоку, м/с;

$D_T=600$  мм;

$\rho_{чT}=1930$  кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_T=22,2 \cdot 10^{-6}$  Па·с;

$w_T=3,5$  м/с.

Індекс «Т» відповідає умовам роботи типового циклона.

Значення параметрів пилу  $d_{T50}$  для кожного типу циклона наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Значення  $d_{T50}$  і  $\lg\sigma_{п}$  залежно від типів циклонів

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34м
$d_{T50}$	8,5	4,5	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg\sigma_{Tп}$	0,308	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

Отримане значення  $d_{50}$  має бути менше  $d_{п}$  (заданого дисперсного складу пилу, мікромметр, мкм. Якщо ця умова не

виконується, необхідно вибрати інший циклон з меншим значенням  $d_{T50}$  і повторити розрахунок.

Залежно від однієї з дотримуваних умов  $\Phi(x)$  обчислюють за однією з формул:

- якщо  $0 \leq x \leq 0,6$ , то значення нормальної функції розподілу  $\Phi(x)$  визначають за формулою

$$\Phi(x) = 0,3762 \cdot x + 0,5; \quad (3.8)$$

- якщо  $x > 0,6$ , то значення нормальної функції розподілу  $\Phi(x)$  визначають за формулою

$$\Phi(x) = 1 - \frac{1}{5,8x + 0,5}. \quad (3.9)$$

Розрахункове значення ступеня ефективності очищення газу  $\eta$  в циклоні неодмінно має бути рівним або бути більше необхідного за умовами розв'язуваної задачі. Лише в такому разі можна стверджувати, що циклон підібраний правильно.

Якщо розрахункове  $\eta$  менше потрібного, то необхідно вибрати інший циклон з більшим коефіцієнтом гідравлічного опору  $R$ .

Для орієнтовних розрахунків необхідного (потрібного) значення  $R_T$  рекомендується така залежність:

$$R_T = R_P \cdot \left( \frac{1 - \eta_P}{1 - \eta_T} \right)^2 \cdot \frac{w_P}{w_T} \cdot \frac{D_T}{D_P}, \quad (3.10)$$

де індекси Т і Р відповідають двом різним циклонам – потрібному і розрахунковому.

Збільшення діаметра циклона призводить до зниження його ефективності, внаслідок чого циклони типу ЦН діаметром понад 1000 мм застосовувати не рекомендується.

У разі недосягнення необхідного значення очищення слід використовувати передочищення газу перед подачею в циклон



або доочищення. Для цього на вході або виході циклона можуть бути встановлені фільтри.

Розрахунок потужності привода подачі газу. Величина гідравлічного опору і об'ємна витрата  $Q$  газу, що очищається, визначають потужність  $N$  привода пристрою для подачі газу в циклон, Вт,

$$N = \frac{K_3 \cdot \Delta P \cdot Q}{\eta_M \cdot \eta_B}, \quad (3.11)$$

де  $\Delta P$  – гідравлічний опір циклона, Па;

$Q$  – обсяг газу, що очищається,  $Q$ , м<sup>3</sup>/с;

$K_3$  – коефіцієнт запасу потужності,  $K_3 = 1,2$ ;

$\eta_M$  – ККД передачі потужності від електродвигуна до вентилятора,  $\eta_M = 0,8$ .

$\eta_B$  – ККД вентилятора  $\eta_B = 0,8$ .

Визначення концентрації пилу на виході з циклона

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{ВХ}} (1 - \eta), \quad \frac{\text{г}}{\text{м}^3}. \quad (3.12)$$

### Задача 3.1

Підібрати циклон, що забезпечує ступінь ефективності очищення газу від пилу не менше заданої  $\eta$  відповідно до варіанта завдання за таблицею 3.6.

Необхідно зробити висновки про забезпечення підібраним циклоном необхідного ступеня очищення газу від пилу.

Таблиця 3.6 – Вихідні дані

Варіант	$\eta$	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\rho_{\text{ч}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_{\text{ВХ}}$ , г/м <sup>3</sup>	$d_{\text{п}}$ , мкм	$\rho_{\text{г}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\mu \cdot 10^{-6}$ , Па·с	$\lg \sigma_{\text{ч}}$
1	0,76	1,2	1930	10	20	1,29	22,2	0,501
2	0,78	1,5	1800	20	25	1,29	22,1	0,602
3	0,77	1,7	1870	40	15	1,29	22	0,535
4	0,85	1	1000	0	10	1,29	21,9	0,479
5	0,8	1,25	1950	20	23	1,29	21,8	0,697
6	0,79	1,5	1870	10	30	1,29	21,7	0,25

Продовження таблиці 3.6

Варіант	$\eta$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\rho_{\text{ч}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$C_{\text{вх}}, \text{ г}/\text{м}^3$	$d_{\text{п}}, \text{ мкм}$	$\rho_{\text{г}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$\mu \cdot 10^{-6}, \text{ Па} \cdot \text{с}$	$\lg \sigma_{\text{ч}}$
7	0,86	1,2	1300	0	40	1,29	21,6	0,25
8	0,81	1,6	1450	120	50	1,29	21,5	0,301
9	0,79	1,55	1560	150	35	1,29	21,4	0,334
10	0,77	1,5	1920	10	45	1,29	21,2	0,468
11	0,8	1,2	1200	20	15	1,29	21,1	0,345
12	0,81	1,2	1500	0	50	1,29	21	0,652
13	0,78	1,6	1870	40	20	1,29	22,9	0,352
14	0,79	1,65	1860	0	28	1,29	22,8	0,215
15	0,77	1,5	1750	150	44	1,29	22,7	0,506
16	0,77	1,35	1680	120	25	1,29	22	0,21
17	0,82	1,05	1950	0	43	1,29	21,7	0,36
18	0,75	1,2	1380	10	38	1,29	21,6	0,36
19	0,76	1	1830	40	55	1,29	21,2	0,352
20	0,78	1,5	1750	80	41	1,29	22,1	0,486
21	0,8	1,3	1930	120	16	1,29	21,5	0,214
22	0,76	1,2	1950	20	33	1,29	22,2	0,385
23	0,81	1,5	1880	150	47	1,29	22,1	0,486
24	0,86	1,25	1100	10	39	1,29	22	0,312
25	0,75	1,3	1750	20	45	1,29	21,9	0,268
26	0,65	1,1	1930	40	15	1,29	21,8	0,314
27	0,83	1	1800	40	50	1,29	21,7	0,468
28	0,78	1,6	1870	20	20	1,29	21,6	0,214
29	0,8	1,2	1000	80	28	1,29	21,5	0,385
30	0,77	1,5	1950	10	44	1,29	22,1	0,486

### 3.2 Розрахунок конструкційних розмірів циклону

Геометричні розміри циліндричних і конічних циклонів вказуються в частках від внутрішнього діаметра.

Розраховують конструкційні розміри циклона відповідно до діаметра  $D$  обраного циклона

$$x = k \cdot D, \quad (3.13)$$

де  $x$  – параметр циклона (діаметр, ширина, висота);

$k$  – коефіцієнт пропорційності, приймається за таблицею 3.7, в залежності від типу підбраного циклона.

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнта пропорційності  $k$

Параметр	Тип циклона					
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
Кут нахилу кришки і вхідного патрубку, $\alpha$	11°	15°	24°	-	-	-
Внутрішній діаметр вихлопної труби, $d$	0,59			0,334	0,34	0,22
Внутрішній діаметр пилевипускного отвору, $d_1$	0,3–0,4			0,334	0,23	0,18
Діаметр середньої лінії циклона, $d_{cp}$	0,8			-	-	-
Ширина (внутрішній розмір) вхідного патрубку, $b$	0,2			0,264	0,214	0,18
Ширина (внутрішній розмір) вхідного патрубку на вході, $b_1$	0,26			-	-	-
Довжина вхідного патрубку, $l$	0,6					
Висота вхідного патрубку $a$	0,48	0,66	1,11	0,535	0,515	0,4
Висота вихлопної труби (ВТ), $h_T$	1,56	1,74	2,11	-	-	-
Висота заглиблення вихлопної труби (ВТ), $h_T$	-	-	-	0,535	0,515	0,4
Висота зовнішньої частини вихлопної труби (ВТ), $h_B$	0,3	0,3	0,4	0,2–0,3		
Висота циліндричної частини, $H_{ц}$	2,06	2,26	2,11	0,535	0,515	0,4
Висота конуса, $H_k$	2,0	2,0	1,75	3,0	2,11	2,6
Висота установлення фланця, $h_{фл}$	0,1					
Загальна висота циклона, $H$	4,38	4,56	4,26	3,835	2,925	3,3

Радіус равлика для конічних циклонів розраховується за формулами:

для циклона СДК-ЦН-33

$$\rho = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2 \cdot \pi}, \quad (3.14)$$

для циклонів СК-ЦН-34, СК-ЦН-34м

$$\rho = \frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{\pi}, \quad (3.15)$$

де  $b$  – ширина вхідного патрубку;

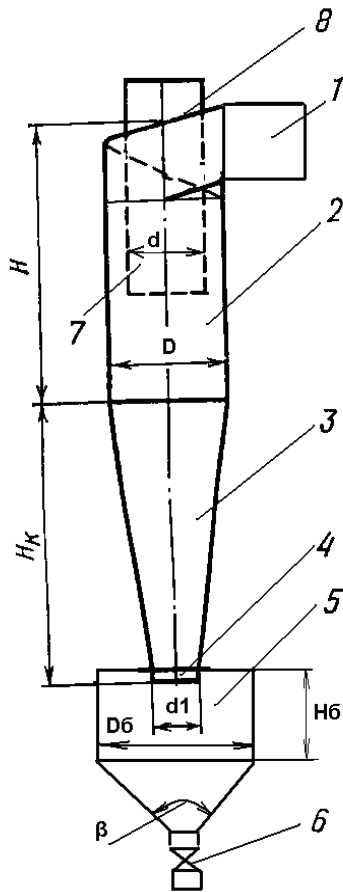
$\varphi = 135^\circ = 2,35$  рад.

Бункери всіх циклонів мають циліндричну форму (рисунок 3.1).

Діаметр бункера  $D_6$ , дорівнює  $1,5D$  для циліндричних і  $1,1-1,2D$  для конічних циклонів. Висота циліндричної частини бункера  $H_6$  становить  $0,8D$ .

Днище бункера виконується з кутом  $\beta = 60^\circ$  між стінками, вихідний отвір бункера має діаметр 250 або 500 мм.

Конуси циклонів опускаються в бункер на глибину, рівну  $0,8$  діаметра отвору в них.



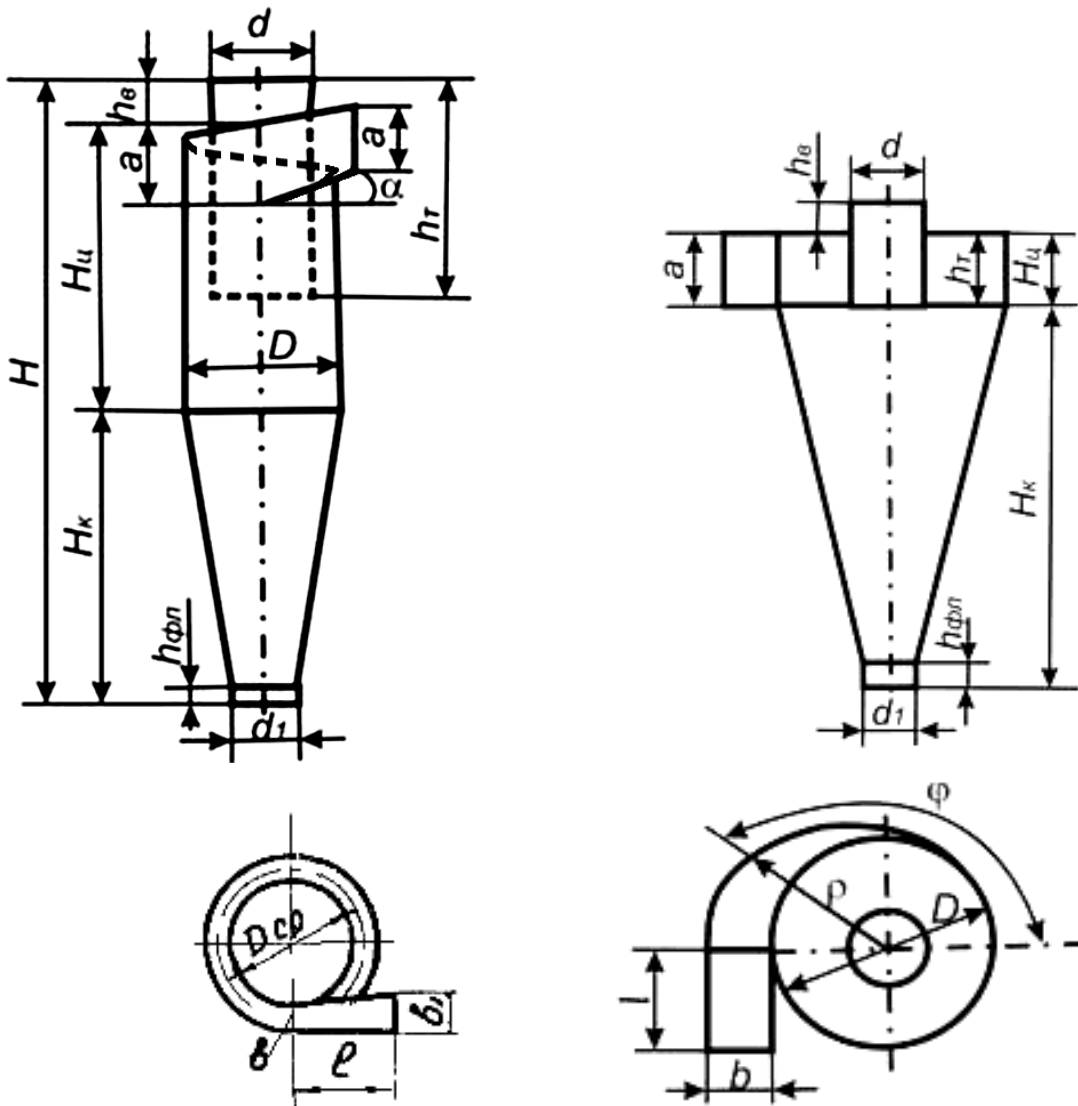
- 1 – вхідний патрубок; 2 – циліндрична частина корпусу;  
 3 – конічна частина корпусу; 4 – пилевипускний отвір;  
 5 – бункер для пилу; 6 – пиловий затвор; 7 – вихлопна труба;  
 8 – похила кришка

Рисунок 3.1 – Схема циклона з бункером

### Задача 3.2

Розрахувати конструкційні розміри циклона відповідно до діаметра  $D$  обраного циклона. Накреслити циклон в масштабі за конструкційними розмірами.

Схеми циліндричних та конічних циклонів наведені на рисунку 3.2.



а – циклони ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24

б – циклони СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34м

Рисунок 3.2 – Схеми циліндричних та конічних циклонів

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Бойчук, Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища [Текст]: навч. посібник / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. – Суми: Університетська книга, 2002. – 283 с.

2 Екологія [Текст]: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, О. К. Аблова [та ін.]. – К.: КНЕУ, 1999. – 152 с.

3 Охрана окружающей природной среды [Текст]: учеб. для вузов / Г. В. Дуганов, М. З. Лавриненко, В. А. Петин, В. В. Чмовж; под ред. Г. В. Дуганова. – К.: Вища школа, 1988. – 304 с.

4 Ветошкин, А. Г. Защита литосферы от отходов [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – 224 с.

5 Ветошкин, А. Г. Защита окружающей среды от энергетических воздействий [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – М.: Высш. шк., 2010. – 382, [1] с.

6 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты газоочистки [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – 232 с.

7 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты гидросферы [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 188 с.

8 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2005. – 210 с.

9 Ветошкин, А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы) [Текст]: учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 325 с.

10 Еремкин, А. И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [Текст]: учеб. пособие / А. И. Еремкин, И. М. Квашнин, Ю. И. Юнкеров. – М.: Издательство АСВ, 2001. – 176 с.

11 Иванов, Н. И. Инженерная экология и экологический менеджмент [Текст] : учебник / Н. И. Иванов, И. М. Фадин. – М. : Логос, 2003 – 528 с.

12 Инженерная экология [Текст] : учебник / под ред. В.Т. Медведёва. – М. : Гардарики, 2002. – 687 с.

13 Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2003. – 273 с.

14 Охрана окружающей среды [Текст] : учебник / под ред. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1991. – 319 с.

15 Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды [Текст] : учеб. для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – М.: Химия, 1989. – 512 с.

16 Систер, В. Г. Экология и техника сушки дисперсных материалов [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Г. Систер, В. И. Муштаев, А. С. Тимонин. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 1999. – 670 с.

17 Штокман, Е. А. Очистка воздуха [Текст] : учеб. пособие / Е. А. Штокман. – Москва: Изд-во АСВ, 1999. – 319 с.

18 Охрана окружающей среды [Текст] : учеб. для техн. спец. вузов / С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Козьяков [и др.]; под ред. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1991. – 319 с.

19 Юсфин, Ю. С. Промышленность и окружающая среда [Текст] : учеб. для вузов / Ю. С. Юсфин, Л. И. Леонтьев, П. И. Черноусов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – 437 с.

20 Тимофеева, Л. А. Основи екології. [Текст] : консп. лекцій / Л. А. Тимофеева, Л. І. Путятіна. – Харків : УкрДАЗТ, 2014. – Ч. 1. – 46 с.

21 Очистка промышленных газов от пыли [Текст] / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков, И. К. Решидов. – М. : Химия, 1981. – 392 с.

22 Пальгунов, П. П. Утилизация промышленных отходов [Текст] / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. – М. : Стройиздат, 1990. – 352 с.

23 Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха [Текст] / А. И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.

24 Рамм, В. М. Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. – М. : Химия, 1976. – 655 с.



25 Эффективность природоохранных мероприятий [Текст] : монография / под ред. Т. С. Хачатурова, К. В. Папенова. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 224 с.

26 Защита атмосферы от промышленных загрязнений [Текст] : справочник в 2-х ч. : пер. с англ. / под ред. С. Калверта, Г. М. Инглунда. – М. : Metallurgia, 1988. – Ч. 1. – 760 с.

27 Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник [Текст] : в 3-х т. / А. С. Тимонин – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – Т. 1-3.

28 Тищенко, Н. Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение [Текст] : справочник / Н. Ф. Тищенко. – М. : Химия, 1991. – 368 с.

29 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Госкомгидромет [Текст]. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

30 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Текст]. – М., 2008.

