

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний морський технічний університет
імені адмірала Макарова

**РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН
В АТМОСФЕРУ**

Рекомендовано Методичною радою УДМТУ
як методичні вказівки

Миколаїв 2002

УДК 697.941

Рижков С.С., Харитонов Ю.М., Благодатний В.В. Розрахунок викидів шкідливих речовин в атмосферу: Методичні вказівки. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 44 с.

Кафедра екології

Описано методики розрахунку викидів шкідливих речовин в основних видах виробництв, при згорянні палива та зберіганні нафтопродуктів. Наведено приклади визначення кількості забруднень, що потрапляють в атмосферу при роботі технологічного обладнання.

Рекомендується для курсового і дипломного проектування студентів зі спеціальності "Екологія і охорона навколишнього середовища".

Рецензент канд. техн. наук, доц. Ф.О.Чегринцев

© Український державний
морський технічний
університет, 2002

© Видавництво УДМТУ, 2002

ВСТУП

У вирішенні завдань захисту повітряного середовища суттєву роль відіграє регламентація гранично допустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин для підприємств різних галузей господарства. При розробці нормативів ГДВ постає завдання визначення кількості шкідливих речовин, що виділяються в процесі експлуатації технічного обладнання. Для цього може бути застосовано кілька методів.

При наявності достовірних статистичних даних щодо кількості та якісного складу газових викидів і забруднення навколишнього середовища викиди можна оцінювати за допомогою питомих показників виділення забруднюючих речовин на одиницю продукції, витраченого матеріалу або сировини і т. ін. Якщо накопичено велику кількість даних про об'єми приточного, витяжного та рециркуляційного повітря, склад і концентрацію шкідливих речовин, що надходять від обладнання, доцільно застосувати метод газоповітряних балансів. Нарешті, можливе теоретичне визначення виділень шкідливих речовин у атмосферу з усіх елементів обладнання за допомогою термодинамічних та теплофізичних залежностей.

Кожен з названих методів має свою сферу застосування. За допомогою питомих показників здебільшого робляться прогнольні розрахунки викидів шкідливих речовин. Другий метод, як правило, застосовується при проведенні інвентаризації джерел викидів шкідливих речовин в *атмосферне повітря*. Розрахунковий метод доцільно використовувати при обчисленні викидів від ємностей, трубопроводів, через *нещільності з'єднань та ущільнень* і т. ін.

До складу сучасних великих підприємств, крім цехів основного виробництва, як правило, входять котельні, гаражі, гальванічні, зва-

рювальні, фарбувальні, деревообробні, а в деяких випадках – металургійні цехи та цехи з виготовлення пластмас. Це робить необхідним виконання комплексних розрахунків виділень шкідливих речовин у повітря із застосуванням усіх наведених вище типів методик. За даними обчислень складається зведена таблиця виділень, за якою визначаються максимально можливі концентрації у приземному шарі атмосфери як на території підприємства, так і довкола нього та порівнюються з гранично допустимими концентраціями для цих забруднювачів.

1. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ ГОРІННІ ПАЛИВА В ПРОМИСЛОВИХ ТА КОМУНАЛЬНИХ КОТЛОАГРЕГАТАХ І ПАРОГЕНЕРАТОРАХ

Основними забруднюючими речовинами, які викидаються в атмосферу внаслідок згоряння палива, є летюча зола з частинками палива, що не згоріли, оксиди сірки, вуглецю та азоту.

При продуктивності зазначених агрегатів не більше 30 т/год викиди шкідливих речовин в атмосферу визначаються за такими формулами:

викиди аерозолей з димовими газами при спаленні твердого та рідкого палива

$$G_{\text{тв}} = BA^p f (1 - \eta_3),$$

де B – витрати натурального палива, т/год, г/с; A^p – зольність палива у робочому стані (табл.1); η_3 – частка твердих частинок, що видаляються у золоуловлювачах; f – коефіцієнт, що залежить від виду палива і типу топки (табл.2);

викиди оксидів сірки SO_2 і SO_3 в перерахунку на SO_2 при спаленні твердого або рідкого палива

$$G_{\text{SO}_2} = 0,02 BS^p (1 - \eta'_{\text{SO}_2})(1 - \eta''_{\text{SO}_2}) + 1,88 C_{\text{H}_2\text{S}} B,$$

де S^p – вміст сірки в паливі (див. табл.1); η'_{SO_2} – частка оксидів сірки, що зв'язуються летючою золою палива, береться для вугілля рівною 0,1, для мазуту 0,02; η''_{SO_2} – частка оксидів сірки, що видаляється в золоуловлювачі: для сухих пилоуловлювачів дорівнює нулю, для мокрих залежить від витрат і лужності зрошувальної води та приве-

деної сірності палива $S^n = S^p/Q_n^p$, кг/МДж (рис.1); Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг (див. табл.1); C_{H_2S} – вміст сірководню у паливі. Кількість оксиду вуглецю, що викидається за одиницю часу при спаленні палива, г/м³, визначається за формулою

$$G_{CO} = 0,001 C_{CO} B (1 - q_4)$$

або

$$G_{CO} = 0,001 B Q_n^p k_{CO} (1 - q_4),$$

де C_{CO} – вихід СО при спаленні, кг/т, кг/(10³·м³); k_{CO} – кількість оксиду вуглецю, що утворюється на одиницю тепла при горінні (див. табл.2); q_4 – втрати теплоти внаслідок механічної неповноти згоряння палива (див. табл.2).

Таблиця 1. Характеристики деяких видів палива

Тип, марка палива	W^p	A^p	S^p	Q_n^p , МДж/кг
	%			
Вугілля Донбасу:				
ДР	13,0	28,0	3,5	18,50
Д концентрат	14,0	10,0	3,0	23,74
ГР	10,0	28,0	3,5	20,47
Г концентрат	10,0	11,0	3,0	25,95
Г промпродукт	12,0	40,0	3,3	15,05
ЖР	6,0	25,0	3,0	23,36
Ж концентрат енергетичний	10,0	16,0	3,5	25,12
ОСР	5,0	25,0	3,0	24,20
Ж,К,ОС промпродукт	12,0	39,0	3,2	17,00
ТР	6,0	25,0	2,7	24,07
ПАРШ	5,0	26,0	2,2	24,03
АШ, АСШ	8,5	30,0	1,9	16,39
Вугілля Львівсько-Волинського басейну:				
ГР, ГСШ	10,0	23,0	3,4	21,44
ГЖР, ГЖ, ГСШ	8,0	30,0	3,3	20,89
Вугілля Дніпровського басейну:				
розріз Стрижевський БІР	55,0	31,0	4,4	6,45
шахта Стрижевська БІР	55,6	22,5	3,9	7,91
шахта Козацька БІР	54,0	23,8	5,0	8,12
шахта Ватутінська БІР	54,0	20,5	3,9	8,96
Олександрівське:				
розріз Головинівський БІР	56,7	34,2	4,6	4,98
розріз Балахівський БІР	54,6	22,5	4,5	7,45

Продолж. табл. 1

Тип, марка палива	W^p	A^p	S^p	Q_n^p , МДж/кг
	%			
розріз Морозівський БІР	50,0	36,0	4,1	7,16
шахта Світлопольська БІР	57,5	19,7	4,3	7,79
шахта Верболозівська БІР	56,1	11,7	4,3	9,59
Новодмитрівське родовище БІР	50,0	18,0	3,3	10,05
Дрова	—	0,6	—	10,24
Стабілізована нафта	—	0,1	2,9	39,90
Мазут:				
малосірний	—	0,1	0,5	40,30
сірний	—	0,1	1,9	39,85
високосірний	—	0,1	4,1	38,89
Дизельне паливо	—	0,02	0,3	42,75
Солярове мастило	—	0,02	0,3	42,46
Моторне паливо	—	0,05	0,4	41,49
Сланці Карпат	5,0	75,0	3,0	7,12
Газ природний:				
Гоголеве–Полтава	—	—	—	31,0
Шебелинка–Дніпропетровськ	—	—	—	37,3
Угерська–Львів	—	—	—	35,2
Середня Азія – Центр	—	—	—	37,5

Значення C_{CO} визначаються за формулою

$$C_{CO} = q_3 R Q_n^p,$$

де q_3 – втрати теплоти внаслідок хімічної неповноти згоряння палива (див. табл.2); Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг (див. табл.1); R – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти, зумовлені присутністю в продуктах неповного згоряння оксиду вуглецю, для твердого палива береться 0,1, для газу – 0,5, для мазуту – 0,65.

Кількість оксидів азоту (в перерахунку на NO_2), що викидаються за одиницю часу (т/год, г/с), для котлоагрегатів продуктивністю до 30 т/год визначається за формулою

$$G_{NO_2} = 0,001 B Q_n^p k_{NO_2} (1 - \beta) (D_{\phi} / D_n)^{0,25},$$

де k_{NO_2} – параметр, що характеризує кількість оксидів азоту на 1 ГДж (рис.2); β – коефіцієнт, що враховує ступінь зниження викидів окси-

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів f , k_{CO} , α_{CO} , q_3 , q_4

Тип топки	Вид палива	f	k_{CO} , кг/кДж	%			
				α_{CO}	q_3	q_4	
З нерухомими ґратками та ручним закиданням палива	Буре вугілля	0,0023	1,9	1,6	2,0	8,0	
	Кам'яне вугілля	0,0023	1,9	1,5	2,0	7,0	
	Антрацити АМ і АС	0,0030	0,9	1,7	1,0	10,0	
З ланцюговими ґратками	Донецький антрацит	0,0020	0,4	1,5–1,6	0,5	13,5–10,0	
Шахтно-ланцюгові	Торф шматковий	0,0019	1,0	1,3	1,0	2,0	
Шахтні з похилими ґратками	Деревина, подрібнені відходи, торф	0,0019	2,0	1,4	2,0	2,6	
З пневматичним закидувачем і нерухомими ґратками	Буре і кам'яне вугілля	0,0026	0,7	1,4–1,5	0,5–1,0	9,0–7,5	
	Антрацит АРШ	0,0088	0,6	1,6–1,7	0,5–1,0	13,5–10,0	
З пневмомеханічним закидувачем і ланцюговими ґратками прямого ходу	Вугілля кузнєцьке	0,0035	0,7	1,3–1,4	0,5–1,0	5,5–3,0	
	Вугілля донецьке	0,0020	0,4	1,3–1,4	0,5–1,0	6,0–3,5	
	Буре вугілля	0,0095	0,7	1,3–1,4	0,5–1,0	5,5–4,0	
	Деревина	0,0050	14,0	1,3	1	4–2	
Шарові топки побутових парогенераторів	Буре вугілля	0,0011	16,0	1,4	3	3	
	Кам'яне вугілля	0,0011	7,0	1,4	0,5	5	
	Антрацит	0,0011	3,0	1,7	1,0	10	
Парові і водогрійні котли	Мазут	0,02	0,32	1,1	0,5	0,0	
	Газ природний і коксовий	–	0,25	1,1	0,5	0,0	
Камерна топка і побутові парогенератори	Газ природний	–	0,25	1,1	0,5	0,0	
	Доменний газ	–	0,25	1,1	1,5	0,0	

Примітки: 1. Менші значення коефіцієнта надлишку повітря α_{CO} відносяться до парогенераторів паропродуктивністю вище 10 т/год. 2. Менші значення q_4 відносяться до котлів продуктивністю вище 25 т/год або при наявності засобів повернення унесенного палива.

дів азоту внаслідок вживання технічних заходів; D_{ϕ} , D_n – відповідно фактична і номінальна паропроодуктивність, т/год.

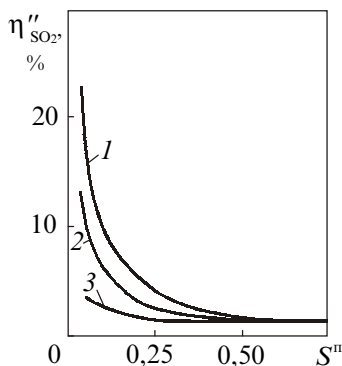


Рис.1. Ступінь уловлювання оксидів сірки η''_{SO_2} у мокрих золоуловлювачах в залежності від приведенної сірності палива S'' (питома витрата води в пилоуловлювачах 0,1...0,15 л/м³):

1–3 – лужність води, яка дорівнює відповідно 10, 5 та 0 мг-екв/л

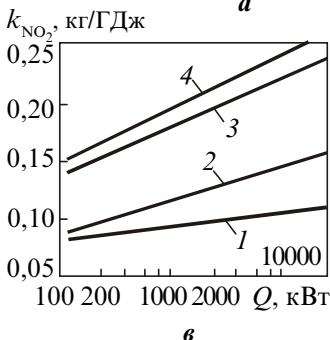
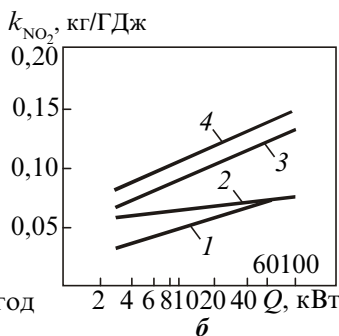
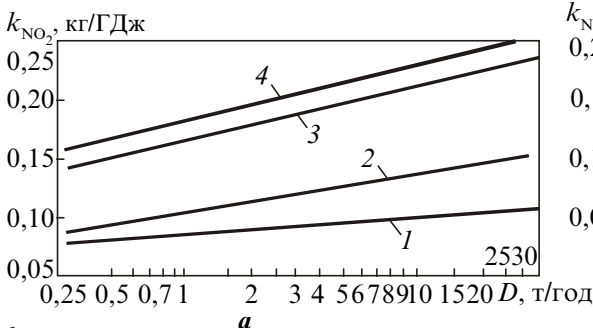


Рис.2. Залежність параметру k_{NO_2} від паропроодуктивності котлів D (а) та теплової потужності котлоагрегатів Q (б, в):

1 – природний газ, мазут; 2 – антрацит; 3 – буре вугілля; 4 – кам'яне вугілля

Для котлоагрегатів продуктивністю більше 30 т/год кількість оксидів азоту в перерахунку на NO_2 , що викидаються з димовими газами, обчислюється за формулою

$$G_{NO_2} = 3,04 \cdot 10^{-5} k B Q_n^p (1 - q_4) \beta_1 (1 - \beta_2 r) \beta_3.$$

Тут B виражено у т/год або 1000 м³/год; Q_n^p – відповідно у кДж/кг або кДж/м³; β_1 – поправковий коефіцієнт на якість палива (вміст N₂ і засоби видалення шлаку) і вихід оксидів азоту (табл.3); β_2 – коефіцієнт, що характеризує ефективність впливу рециркуляції газів на вихід NO₂ (табл.4); β_3 – коефіцієнт, що враховує конструкцію пальників і дорівнює для вихрових пальників 1,0, а для прямоточних 0,85; r – ступінь рециркуляції димових газів; k – коефіцієнт; для котлоагрегатів паропродуктивністю більше 70 т/год для газу й мазуту при високотемпературному спаленні твердого палива з навантаженням вище 75 % від номінального

$$k = 12 D_{\phi} / (200 + D_n);$$

для котлоагрегатів паропродуктивністю менше 70 т/год

$$k = D_{\phi} / 20;$$

для водогрійних котлів

$$k = \frac{2,9 \cdot 10^3 Q_{\phi}}{20 + 1160 Q_n},$$

де Q_{ϕ} , Q_n – фактична і номінальна теплопродуктивність котла, кВт.

Таблиця 3. Значення коефіцієнта β_1

Паливо	Вміст азоту, %	Видалення шлаку	
		тверде	рідке
Донецький АРШ, сланці	< 1,0	0,55	0,8
Донецький Т, ПАШ, Львівсько-Волинський, ПрП	1,0...1,4	0,7	1,0
Донецький Д, Г, ГСШ ПР, Кузнецький Г, Р, ОК Екібастузький СС	1,4...2,0	1,0	1,4
Кузнецький Д, Г, ІСС, фрезерний торф	> 2,0	1,4	2,0

Таблиця 4. Значення коефіцієнта β_2

Засіб рециркуляції	β_2
Спалення газу і мазуту та введення рециркуляційного газу:	
під топку	0,002
крізь шлиці під пальниками	0,015
по зовнішньому каналу пальників	0,020
між двома повітряними потоками	0,030
у повітряному дутті	0,025
Спалення твердого палива і введення рециркуляційного газу:	
в первинну аеросуміш	0,010
у вторинне повітря	0,005

При високотемпературному спаленні твердого палива з навантаженням нижче 75 % у формули підставляють замість $Q_{\text{ф}}$, $Q_{\text{н}}$ відповідно $0,75 D_{\text{н}}$ і $0,75 Q_{\text{н}}$, а при низькотемпературному – $D_{\text{н}}$ і $Q_{\text{н}}$.

При спаленні мазуту в атмосферу з димовими газами потрапляють також оксиди ванадію, для визначення кількості яких, г/с, т/год (у перерахунку на п'ятиоксид ванадію) використовують формулу

$$G_{V_2O_5} = 10^{-6} q_{V_2O_5} B (1 - \eta_{\text{ос}})(1 - \eta_y),$$

де $\eta_{\text{ос}}$ – коефіцієнт осадження оксидів ванадію на поверхні нагріву котлів, якщо вона очищується при зупинці котла (з проміжним пароперегрівачем дорівнює 0,07, без нього – 0,05); η_y – частка твердих частинок, що уловлюється у засобах очищення); $q_{V_2O_5}$ – вміст оксидів ванадію в рідкому паливі в перерахунку на V_2O_5 , г/т,

$$q_{V_2O_5} = 95,4 \cdot 10^{-2} S^p - 31,6.$$

Приклад 1

Визначити кількість шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферне повітря при спаленні кам'яного вугілля марки ОС у котлоагрегаті паропродуктивністю 3 т/год. Витрати палива $B = 300$ кг/год. Топка з нерухомими ґратками та ручним закиданням палива. За топкою встановлено мокрий золоуловлювач з промиванням водою лужністю 5 кг-екв/л та ефективністю уловлювання твердих частинок $\eta_3 = 80$ %.

Розв'язання. За табл.1 визначаємо характеристики палива ОС: зольність $A^p = 39,0$ %, сірнистість $S^p = 3,2$ %, теплота згоряння $Q_{\text{н}}^p = 17,0$ МДж/кг. За табл.2 знаходимо значення коефіцієнтів для топки з нерухомими ґратками та ручним закиданням палива при згорянні кам'яного вугілля $f = 0,0023$; кількість оксиду вуглецю на одиницю тепла $R_{\text{со}} = 1,9$ кг/кДж; коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,6$ %; втрати теплоти відповідно від механічної неповноти згоряння палива $q_3 = 2,0$ %; $q_4 = 8,0$ %. Частка оксидів сірки, що зв'язується летючою золою палива, для вугілля Донбасу $\eta'_{\text{so}_2} = 0,1$; приведена сірнистість палива

$$S^{\text{п}} = 3,2/17,0 = 0,19 \text{ кг/МДж.}$$

Частка оксидів сірки, що уловлюється у золоуловлювачі, при лужності 5 мг-екв/л згідно з рис.1 $\eta''_{\text{so}_2} = 3,2$ %.

За рис.2,*a* для кам'яного вугілля і паропроодуктивності 3 т/Г $k_{\text{NO}_2} = 0,208$ кг/ГДж.

Кількість твердих частинок, що виділяються при згорянні,

$$G_{\text{тв}} = 300 \cdot 39 \cdot 0,0023(1 - 0,85) = 4,04 \text{ кг/год.}$$

Кількість оксидів сірки, що виділяється з димовими газами,

$$G_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot 300 \cdot 3,2(1 - 0,1)(1 - 0,03) = 16,76 \text{ кг/год.}$$

Кількість оксидів вуглецю, що викидається в атмосферу,

$$G_{\text{CO}} = 0,001 \cdot 300 \cdot 17,0 \cdot 1,9(1 - 0,08) = 8,91 \text{ кг/год.}$$

Кількість оксидів азоту ($\beta = 0$)

$$G_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 300 \cdot 17,0 \cdot 0,208 = 1,06 \text{ кг/год.}$$

2. РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ВІД АВТОТРАНСПОРТУ

При роботі двигунів внутрішнього згоряння в атмосферу викидаються оксиди вуглецю, сірки та азоту, свинець, вуглеводні, в тому числі формальдегід, акролеїн, бенз(а)пірен та інші речовини.

Викиди i -ї забруднюючої речовини G_i при роботі бензинового двигуна визначаються за формулами:

при збагаченій суміші

$$G_i = c_i \mu_i (0,0345 G_{\text{пл}} + 0,0228 G_{\text{пв}});$$

при збідненій суміші

$$G_i = c_i \mu_i (0,0345 G_{\text{пл}} - 0,0369 G_{\text{пв}}),$$

де c_i – об'ємна кількість i -ї забруднюючої речовини в сухих відпрацьованих газах; μ_i – молекулярна маса цієї речовини, кг/кмоль; $G_{\text{пл}}$ і $G_{\text{пв}}$ – відповідно витрати палива і повітря, кг/год.

Для двигунів, що працюють на дизельному паливі, формула для обчислення G_i має вигляд

$$G_i = C_i \left(1 - \frac{0,9758 G_{\text{пл}}}{G_{\text{пв}}} \right) \frac{G_{\text{пл}}}{\rho_{\text{пв}}} \rho_i,$$

де ρ_r , $\rho_{\text{пв}}$ – густина забруднюючої речовини і повітря при робочих параметрах, кг/м³.

Для автомобільного парку даного міста сумарний викид i -ї забруднюючої речовини

$$G_i^{\Sigma} = \sum_j \sum_k m_{ijk} Z_{ik} k_1 k_2,$$

де i – кількість груп автомобілів; m_{ijk} – питомий викид i -ї шкідливої речовини автомобілем j -ї групи з двигуном k -го типу на розрахунковий період, г/км; Z_{ik} – пробіг автомобілів i -ї групи з двигуном k -го типу за розрахунковий період, млн км; k_1 , k_2 – відповідно коефіцієнти впливу технічного стану і віку автомобілів на викиди забруднюючої речовини (табл.5).

Таблиця 5. Вплив середнього віку і рівня технічного стану автотранспорту на викиди шкідливих речовин

Група автомобілів	Викиди					
	оксиду вуглецю		вуглеводнів		оксидів азоту	
	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
Вантажні і спеціальні з бензиновими ДВЗ	1,33	1,69	1,20	1,86	1,0	0,80
Вантажні і спеціальні дизельні	1,33	1,80	1,20	2,0	1,0	1,0
Автобуси з бензиновим ДВЗ	1,32	1,62	1,20	1,86	1,0	0,80
Автобуси дизельні	1,27	1,80	1,17	2,0	1,0	1,0
Легкові службові і спеціальні	1,28	1,63	1,17	1,83	1,0	0,85
Легкові індивідуального використання	1,28	1,62	1,17	1,78	1,0	0,90

Для гаражів, де характерним є режим холостого ходу, викиди обчислюють за формулою

$$G_1 = gNkC,$$

де g – питома кількість шкідливої речовини на один виїзд з приміщення автомобіля з двигуном умовною потужністю 1 к.с. (табл.6); N – потужність двигуна, к.с.; k – кількість виїздів автомобілів за 1 год; C – коефіцієнт, що враховує інтенсивність руху автомобілів (табл.7).

Таблиця 6. Питомі викиди шкідливих речовин при виїзді автомобіля з приміщення, г/(к.с.·виїзд)

Найменування приміщень	Тип двигуна	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі та автобуси	
		Оксид вуглецю	Оксиди азоту	Оксид вуглецю	Оксиди азоту
Зберігання автомобілів	Карбюраторний Дизельний	1,20	0,020	1,7 0,5	0,03 0,20
Пост технічного обслуговування, поточного ремонту автомобілів	Карбюраторний Дизельний	0,20	0,016	1,0 0,4	0,024 0,160
Пост миття автомобілів	Карбюраторний Дизельний	0,27	0,006	0,3 0,12	0,01 0,07

Таблиця 7. Коефіцієнт C , що враховує інтенсивність руху автомобілів

Найменування приміщень	Кількість виїздів за один рік	C
Пост технічного обслуговування та ремонту	1	0,5
Так само	2	0,6
—"—	3	0,7
—"—	4	0,8
—"—	Більше 4	1,0
Поточні лінії обслуговування автомобілів з переміщенням на конвеєрі	На всю кількість виїздів	0,3
Зберігання автомобілів	Так само	1,0

3. ВИКИДИ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У МЕТАЛУРГІЇ

Основними забруднюючими речовинами, що викидаються в атмосферу підприємствами чорної металургії, є тверді частинки, SO_2 , CO та NO_x . Найбільша кількість викидів відбувається в агломераційному виробництві та при роботі енергетичних установок, а також у доменному та сталеплавильному виробництві.

Кількість забруднюючих речовин, що містяться у викидах в атмосферу, кг/с, в загальному випадку розраховується за формулою

$$M = VC_r,$$

де V – об'єм димових газів, м³/с; C_r – концентрація забруднюючої речовини у газі, кг/м³.

Об'єм димових газів від продуктів згоряння палива визначається за формулою

$$V = GV_r K,$$

де G – витрати палива, кг/с, м³/с; V_r – об'єм продуктів згоряння на одиницю палива (табл.8); K – коефіцієнт підсосу повітря по тракту (для цегляних лежаків – 5 % на 10 м, для металічних – 1 %; для мартенівських виробництв – до 2 %). При розрахунках V_r величина підсосу повітря на горіння α береться 1,05...1,20. Концентрація забруднюючої речовини визначається видом виробництва.

Таблиця 8. Об'єм продуктів згоряння

Паливо	Формула для обчислення V_r
Донецьке вугілля:	
Д	$5,86 + 5,44 (\alpha - 1)$
Г	$5,48 + 5,07 (\alpha - 1)$
АШ	$6,92 + 6,74 (\alpha - 1)$
Підмосковне вугілля Б	$3,62 + 3,03 (\alpha - 1)$
Мазут малосірний	$6,36 + 6,00 (\alpha - 1)$
Мазут високосірний	$11,08 + 10,46 (\alpha - 1)$
Природний газ:	
дашавський	$10,64 + 9,63 (\alpha - 1)$
ставропольський	$10,49 + 9,49 (\alpha - 1)$
шебелинський	$10,46 + 9,52 (\alpha - 1)$
Доменний газ	$1,64 + 0,79 (\alpha - 1)$
Коксовий газ	$4,67 + 3,99 (\alpha - 1)$

Виділення пилу в доменних цехах відбувається в основному при випуску чавуну та шлаку і складає над головним жолобом 1460 м²/м, над ковшем для чавуну 1500...4200 кг/м³, над люткою для верхнього шлаку 154 м²/м³, над ковшем для шлаку 145...173 м²/м³, над жолобом для нижнього шлаку 154 м²/м³. Швидкість природного підняття газів складає 1,5...3,0 м/с, а витрати газів визначаються в залежності від площі відкритої частини устаткування.

У сталеплавильних цехах інтенсивність виділення пилу змінюється в залежності від стадії технологічного процесу, різко зростаючи при продуванні ванни киснем. Дані про питомі виділення забруднюючих речовин у мартенівському виробництві наведено в табл.9.

Таблиця 9. Питомі викиди забруднюючих речовин від мартенівських печей

Номінальний тонаж печей, т	Площа поду, м ²	Максимальна кількість димових газів, м ³ /(т/рік)	Викиди на 1 столі за 1 рік (в середньому)					
			пилу, кг, при витратах кисню для продування ванни, м ³ /(т/рік)				оксидів азоту, кг	оксидів сірки, г
			0	5	10	15		
200	70	400	0,20	0,40	0,90	2,3	0,15	16
	75	450	0,25	0,55	1,25	2,8	0,20	35
300	75	300	0,15	0,28	0,70	1,9	0,12	12
	90	345	0,20	0,4	1,00	2,4	0,18	30
400	80	280	0,12	0,25	0,60	1,6	0,11	10
	90	320	0,17	0,35	0,80	1,9	0,16	25
500	82	240	0,10	0,20	0,50	1,4	0,09	8
	100	280	0,15	0,30	0,70	1,6	0,15	22
600	120	210	0,90	0,18	0,45	1,2	0,08	6
	130	240	1,20	0,25	0,55	1,5	0,12	18
900	160	200	0,80	0,15	0,40	1,0	0,07	4
	160	220	1,10	0,20	0,6	1,3	0,10	15

Примітка. Дані у верхньому рядку для кожної з печей відповідають її опаленню природним газом, у нижньому – газомазутному опаленню.

Сумарний винос пилу за плавку у конверторному виробництві визначається за формулою

$$M_{\Sigma} = k_{\Sigma} M_{\text{Fe}} n \frac{100}{\text{Fe}_{\text{заг}}} t,$$

а максимальний –

$$M_{\text{max}} = k_m M_{\text{Fe}} n \frac{100}{\text{Fe}_{\text{заг}}},$$

де k_{Σ} , k_m – коефіцієнти, що залежать від питомої інтенсивності продування $\Theta_{\text{пит}}$ (при $\Theta_{\text{пит}} = 3 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{хв})$ $k_m = 1,8$, $k_{\Sigma} = 1,3$; при $\Theta_{\text{пит}} = 6 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{хв})$ $k_m = 8$, $k_{\Sigma} = 2,8$); M_{Fe} – середня інтенсивність виносу оксидів заліза з однієї реакційної зони (рис.3), кг/хв; n – кількість реакційних зон (сопел); $\text{Fe}_{\text{заг}}$ – вміст заліза у конверторному пилу на виході з горловини, %; t – тривалість продувки, хв.

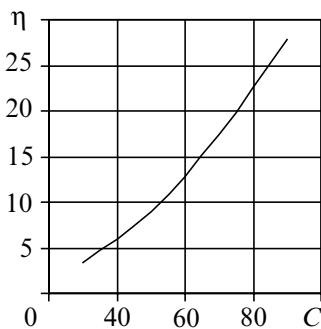


Рис.3. Залежність викидів заліза з пилом у конверторному виробництві η від витрати кисню на сопло C

Крім того, значне виділення пилу відбувається від неорганізованих джерел, таких, як завалочні вікна мартенівських печей, заливка чавуну та завантаження скрапу, а також при інших допоміжних операціях.

Оксид сірки в металургійних виробництвах утворюється при спіканні руди на аглострічках чи її випаленні при згрудкуванні, спалюванні палив, що містять сірку, а також при переробці доменних шлаків.

Кількість сірнистого ангідриду, що виділяється при роботі агломераційних машин (кг/год), обчислюється за формулою

$$M_{\text{SO}_2} = \sum_{i=1}^n G_i S_i K_{D_i} \mu_{\text{SO}_2} / \mu_{S_i},$$

де G_i – витрати складових частин шихти, кг/год; S_i – вміст сірки у компонентах шихти; μ_{SO_2} , μ_{S_i} – молекулярні маси відповідно SO_2 та компонентів шихти, що містять сірку; K_{D_i} – коефіцієнт десульфурзації складових шихти (для сульфідних руд 0,90...0,95 %, для сульфатних – 0,4...0,7 %).

У доменному виробництві оксид сірки виділяється переважно при випуску чавуну та шлаку. Його кількість, кг/т чавуну,

$$G_{\text{SO}_2} = 0,445 S_k - 0,18,$$

де S_k – вміст сірки у коксі.

Оксид вуглецю виділяється практично в усіх видах металургійного виробництва. В коксохімічному виробництві основним джерелом забруднення цим газом є димові труби коксових батарей, викиди яких при опаленні димовим газом містять до 1 % CO. В агломераційних машинах вміст CO у газах залежить від площі спікання:

площа спікання	–	50...57	62...75	75...85	252...312
вміст CO, % (об)	–	0,4...2,5	0,2...0,8	0,2...1,0	1,0

У доменному виробництві оксид вуглецю в основному викидається при засипці печей в залежності від надлишкового тиску на колошнику:

надлишковий тиск, МПа	–	0,218	0,223	0,230	0,252
вміст CO, т/м³ печі	–	0,635	0,690	0,720	0,825

Оксид азоту утворюється здебільшого внаслідок окислення ки-

снем азоту повітря при спаленні палива у нагрівальних печах та коксових батареях. Його орієнтовна концентрація наведена у табл.10.

Таблиця 10. Орієнтований вміст азоту у продуктах згоряння палива, мг/м³

Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря α	Газ			Мазут
		коковий	доменний	природний	
Нагрівальні печі	1,05	140	50	180	180
	1,10	260	90	210	230
	1,15	330	100	260	330
	1,20	390	120	290	390
	1,60	140	50	200	200
Коксові батареї	1,20	390	120	290	–

Розрахунок викидів бенз(а)пірену в атмосферу, що відбуваються в основному з коксових батарей та установок тушіння коксу, проводиться за формулами:

$$M_{\text{бп}} = C_{\text{бп}} V_0 t n k N / 10^6; \quad V_0 = V_T 273 P / [(273 + T_T) \cdot 7453]; \quad V_T = S \omega_0.$$

Тут S – площа перетину димового факела, м²; ω_0 – швидкість підйому факела, м/с; T_T – температура газів, °С; t – тривалість викиду, с; n – кількість джерел викидів за одну операцію; k – коефіцієнт обертання однієї кокової печі за добу; N – кількість коксових печей у батареї; V_0 , V_T – об'єм газовиділень за одну технологічну операцію від одного джерела на одній камері коксування відповідно при нормальних умовах та при температурі факела викидів; P – атмосферний тиск, Па.

Викиди шкідливих речовин у кольоровій металургії характеризуються великою різноманітністю кількості пилу та його хімічного і дисперсного складу, а також кількості та об'ємного складу відхідних газів. Це зумовлено великою різницею у технологічних процесах отримання окремих кольорових металів. Кількість викидів шкідливих речовин тут визначається як добуток об'єму відхідних газів на концентрацію речовини. Ці дані наведено у спеціальній літературі. Так, при виробництві глинозему об'єм відхідних газів від агрегату складає 10...71 м³/год для печей кальцинації та 100...200 м³/год для печей спікання, а концентрація пилу в газі відповідно 200...700 та 40...150 г/м³. Виробництво алюмінію супроводжується викидами фторидів у кількості 8,9 кг/т Al (за відсутності засобів газоочищен-

ня). При виробництві міді, цинку, свинцю та нікелю викидається значна кількість сірнистого газу (в залежності від вмісту сульфідів у руді), а також пилу, до складу якого входять кольорові метали (табл.11).

Таблиця 11. Питомі викиди токсичних металів у кольоровій металургії, кг/т металу

Елемент	Первинне виробництво			Вторинне виробництво	
	Cu–Ni	Zn–Co	Pb	Cu	Pb
Миш'як As	3,0	0,591	0,363	–	–
Кадмій Cd	0,2	0,500	0,005	0,004	0,0025
Мідь Cu	2,5	0,140	0,072	0,15	–
Ртуть Hg	–	0,0042	0,002	–	–
Нікель Ni	8,0	–	0,085	–	–
Свинець Pb	3,09	2,54	0,36	0,134	0,77
Сурма Sb	–	–	–	0,003	–
Селен Se	–	0,0041	–	–	–
Цинк Zn	0,845	15,72	0,11	1,61	0,30

Приклад 2

Визначити кількість викидів оксидів азоту від коксової батареї, що опалюється доменним газом (витрати $V = 22000 \text{ м}^3/\text{год}$, температура $250 \text{ }^\circ\text{C}$). Коефіцієнт підсосу повітря по тракту $k = 1,1$.

Розв'язання. За табл.10 визначаємо вміст оксидів азоту у продуктах згоряння $C_{\text{NO}_x} = 120 \text{ мг/м}^3$, а коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$.

Об'єм продуктів згоряння визначаємо за формулою (див. табл.8)

$$V_r = 1,64 + 0,79(\alpha - 1) = 1,64 + 0,79(1,2 - 1) = 1,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Об'єм димових газів

$$V = 22000 \cdot 1,8 \cdot 1,1 \frac{250 + 273}{250} = 91026 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Викиди оксидів азоту складають:

$$G_{\text{NO}_x} = 91026 \cdot 120 \cdot 10^{-6} = 10,9 \text{ кг/год}.$$

4. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН, ЩО ПОТРАПЛЯЮТЬ В АТМОСФЕРУ ВІД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Склад речовин, що потрапляють в атмосферне повітря в гальванічних цехах, значною мірою залежить від технологічного процесу (цинкування, кадміювання, хромування, нікелювання). Особливо токсичними речовинами є розчини ціаністих солей, хромової, азотної кислот та ін.

Маса шкідливих речовин, що виносяться у повітря при роботі гальванічних ванн, г/год,

$$m = AV_s \delta c,$$

де A – площа поверхні деталей, що оброблюються, м²/год; V_s – питома вага розчину, л/(м²·мкм): при декоративному і твердому хромуванні дорівнює 0,05; при молочному – 0,1; для ціанідних електролітів – 0,0015, кислих – 0...0,005; лужних – 0,01...0,02 л/м² (без урахування товщини покриття); нижня межа – винос без нагріву та перемішування розчину, верхня – при їх наявності; δ – товщина покриття, мкм; c – концентрація речовини у розчині, г/л (на автоматичних лініях дорівнює 0,8, для барабанних ванн – 1,5, для колоколів, що заповнюються електролітом після кожного циклу, – 1,8).

Об'єм водню, що виділяється при електролізі, л/год,

$$V_{H_2} = V_n \frac{T}{273} \frac{101,325}{P},$$

де T, P – температура, К, і тиск, Па, повітря; $V_n = V_e E_s A \delta c (1 - c_1 - c_2)$ – об'єм водню, приведений до нормальних умов, г/год; $V_e = 0,418$ л – електрохімічний еквівалент водню; E_s – питома витрата електрики, А·год/(м²·мкм), при 100%-му виході за струмом та осадженні міді з ціаністих електролітів дорівнює 3,75, міді з кислих електролітів – 7,5; нікелю – 7,35; хрому – 21,9; цинку – 5,82; кадмію – 4,1; свинцю – 2,92; олова з кислих електролітів – 3,3, а з лужних – 6,6; срібла – 2,61; золота – 2,63; заліза – 7,58; латуні (70 % Cu + 30 % Zn) – 4,93; c_1 – коефіцієнт, що враховує вихід за струмом основної речовини; c_2 – коефіцієнт, що враховує витрати на процес катодно-анодного переходу.

Якщо площу поверхні деталей і товщину покриття не визначено, то

$$V_n = IV_e (1 - c_1 - c_2) t_{rel},$$

де I – сила струму, А; t_{rel} – відносний час знаходження ванни під струмом.

Кількість шкідливих речовин, що випаровуються з відкритих ванн з бортовими відсосами, визначається на основі закону лінійного стоку:

$$G = 0,93 C_t D (C_{рід} - C_{пв}) V^{0,9} B^{0,1} \Psi^{-0,9} A,$$

де C_t – коефіцієнт, що залежить від різниці температур речовини та повітря:

$t_{рід} - t_{пв} -$	10	20	30	40	50
$C_t -$	0,614	0,58	0,54	0,48	0,44

$D = D_0 (T/273)^2 101325/P_{пв}$ – коефіцієнт дифузії пари речовини у повітря; D_0 – коефіцієнт дифузії за нормальних умов (для H_2O $D_0 = 0,047$ м²/год; HCl – 0,047 м²/год; HCN – 0,062 м²/год; HNO_3 – 0,033 м²/год; NO – 0,052 м²/год; NO_2 – 0,043 м²/год); $C_{рід}$, $C_{пв}$ – концентрації парів речовини відповідно на поверхні розчину та у повітрі, кг/м³, що визначаються за формулою

$$C = \mu_p / \mu_{пв} P_p (P_{пв} - P_p) \rho_{пв};$$

P_p , $P_{пв}$ – парціальний тиск відповідно парів речовини та повітря, кПа; $\rho_{пв}$ – густина повітря при температурі поверхні випаровування, кг/м³; T – температура повітря, К; V – витрати повітря у бортовому відсосі, м³/год; B – ширина ванни, м; Ψ – просторовий кут підтікання повітря до щілини, рад (якщо відсос розташований біля стіни або поруч з підсосом суміжної ванни, $\Psi = 0,5\pi$; якщо відсос поруч з ванною, що не має відсосу, $\Psi = \pi$; для ванни, що стоїть окремо, $\Psi = 1,5\pi$); A – площа поверхні випаровування, м; μ_p , $\mu_{пв}$ – молярні маси відповідно речовини та повітря, кг/кмоль.

Виділення від ванн речовини при випаровуванні у загальному випадку, кг/год, може бути визначено за залежністю

$$G = (40,35 + 30,75 W) p \sqrt{\mu_p} A \cdot 10^{-6},$$

W – швидкість руху повітря над поверхнею випаровування, м/с;

$p = Np_0/(N + n)$ – пружність парів рідини, Па; p_0 – пружність парів над розчином даної концентрації, Па; n – кількість молей розчиненої речовини, N – кількість молей розчинника.

У травильних цехах виділяються здебільшого аерозолі кислот, а також водень, водяна пара, хлористий водень і т. ін. Емпірична формула для визначення виділення аерозолі сірчаної кислоти з сірчано-кислотних ванн має вигляд

$$G = 8c + 4,5t - 240,$$

де G – кількість H_2SO_4 , мг/(хв·м²); c – концентрація кислоти у травильній ванні, %; t – температура травильного розчину, °С.

Приклад 3

Визначити кількість парів азотної кислоти, що виділяється при травленні деталей у 70 % розчині HNO_3 при температурі 30 °С, якщо площа випаровування $A = 0,75$ м², $C_{\text{пв}} = 0$; $P_{\text{пв}} = 99$ кПа, різниця температур між речовиною та повітрям складає 10 °С, витрати повітря $V = 580$ м³/год, ширина ванни, що розташована біля стіни, $B = 0,5$ м. Парціальний тиск парів HNO_3 складає 0,4 кПа

Розв'язання. Приймаємо температуру поверхні розчину рівною 27 °С. Молярна маса HNO_3 $\mu_{\text{HNO}_3} = 73,02$, $\mu_{\text{пв}} = 29$, коефіцієнт дифузії за нормальних умов $D_0 = 0,033$ м²/год; для повітря $P_{\text{пв}} = 26$ кПа; $\rho_{\text{пв}} = 1,15$ кг/м³. Для $t_{\text{рід}} - t_{\text{пв}} = 10$ °С величина $C_l = 0,614$. Ванна розташована біля стіни, тому $\Psi = 0,5\pi$.

Концентрація пари на поверхні рідини

$$C_{\text{рід}} = C_{\text{HNO}_3} = 73,02/29 \cdot 0,4/(39,6 - 0,4) \cdot 1,15 = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ кг/год.}$$

Коефіцієнт дифузії

$$D = 0,033 \left(\frac{297}{293} \right)^2 \cdot \frac{101,315}{99,6} = 3,45 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{год.}$$

Кількість HNO_3 , що випаровується в атмосферу,

$$\begin{aligned} G_{\text{HNO}_3} &= 0,93 \cdot 0,614 \cdot 3,45 \cdot 10^{-2} \cdot 1,16 \cdot 10^{-2} (580)^{0,9} (0,5)^{0,1} \cdot 0,75 = \\ &= 32,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/год} = 32,7 \text{ г/год.} \end{aligned}$$

Приклад 4

Визначити кількість аміаку, що виділяється при кадміюванні. Розмір ванни з бортовими відсосами 700×1500 мм, висота всмоктування $H = 160$ мм. Кількість повітря, що видаляється, $V = 910$ м³/год; $M_{\text{NH}_3} = 17,03$; $P_{\text{NH}_3} = 0,8$ кПа

Розв'язання. Швидкість руху повітря над рідиною

$$W = \frac{V}{SH} = \frac{910}{3600 \cdot 1,5 \cdot 0,16 \cdot 2} = 0,53 \text{ м/с.}$$

Кількість аміаку, що потрапляє в атмосферу,

$$G_{\text{NH}_3} = (40,35 + 30,75 \cdot 0,75) \cdot 800 \sqrt{17,03 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = 0,196 \text{ кг/год.}$$

5. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ НАНЕСЕННІ ФАРБУВАЛЬНИХ І ЛАКОВИХ ПОКРИТЬ

При нанесенні лакових покриттів і фарбуванні розрізняють три періоди виділення летючих речовин: початковий, коли при нанесенні матеріалу на поверхню інтенсивність виділення летючих речовин зростає; основний, коли інтенсивність виділення постійна, та кінцевий, коли матеріал на поверхню не наноситься і інтенсивність виділення летючих речовин зменшується.

Кількість летючих речовин, що потрапляють у повітря з початку фарбування за будь-який проміжок часу, кг/м²,

$$G = BW\tau(1 - e^{-k\tau}),$$

а впродовж початкового та основного періоду, кг,

$$G_{\text{по}} = \frac{BW}{K}(K\tau - 1 + e^{-k\tau}),$$

де B – кількість розчинника, що виділяється при повному висиханні матеріалу з одиниці його поверхні, кг/м²; W – швидкість покриття поверхні лакофарбувальним матеріалом, м²/хв; τ – проміжок часу, хв; K – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність випаровування розчинника при певних метеорологічних умовах, 1/хв.

Коефіцієнт K можна визначити за формулою

$$K = k_{20} k_t k_\phi k_v k_g k_r,$$

де k_{20} характеризує інтенсивність випаровування летючих речовин у нерухомому повітрі при температурі 20 °С, відносній вологості 50 % і звичайній товщині плівки, нанесеної на вертикальну поверхню (табл.12); k_t , k_ϕ , k_v , k_g – поправки на температуру, відносну вологість, рухливість повітря і фактичну товщину шару фарби (відповідно криві 1, 2, 3, 4 на рис.4); k_r – поправка на розташування поверхні, що фарбується (для вертикальної поверхні дорівнює 1, для горизонтальної, направленої вгору, – 0,7, для горизонтальної, направленої вниз, – 1,3).

Таблиця 12. Значення коефіцієнта k_{20}

Матеріал		Марка	k_{20}	Матеріал		Марка	k_{20}	
Грунт	гліфталевий	ГФ020	0,10	Фарби та емалі	пентафталеві	ПФ–115	0,01	
		ГФ138	0,05			ПФ–218	0,04	
	хлорвініловий	ХС04	0,05			ПФ–223	0,05	
		ХС010	0,25			ПФ–837	0,10	
	фенольний	ФЛ03к	0,04		хлорвінілові	ХВ–16	0,16	
полівінілаце- татний	ФЛ03ж	0,04	ХВ–125			0,20		
	Лак	ВЛ–02	0,15			ХО–52	0,10	
		Фарби епоксидні	ВЛ–023			0,16	ХС–54	0,17
			Емаль алкідна			АЛ–70	0,05	ХС–717
бакелітовий		АВС–1				0,12	ХС–720	0,12
гліфталевий	4с	0,05	ХС–510			0,20		
		ЕП–755	0,11			ХС–527	0,075	
				етинолеві	ЕКЕС–40	0,14		
					ЕКА–15			

Кількість парів розчинника, що виділяється при висиханні пофарбованої поверхні, кг/год,

$$G_c = 0,01 \Gamma Д,$$

де Γ – витрати лакофарбувального матеріалу, кг/год; Γ – вміст летючих компонентів у лакофарбувальному матеріалі, %; $Д$ – показник, що враховує величину виділень за певний проміжок часу і залежить від k і τ (рис.5).

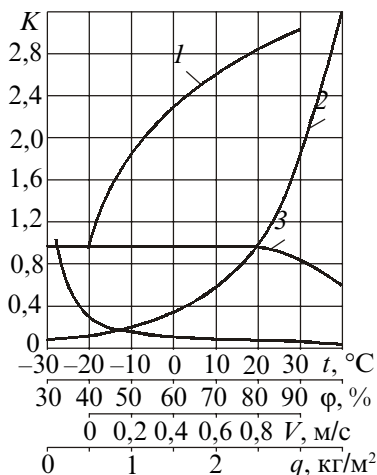


Рис.4. Поправкові коефіцієнти

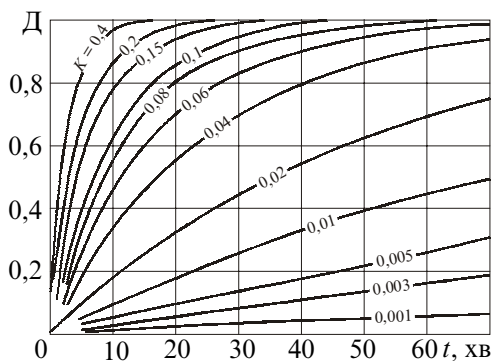


Рис.5. Графік для визначення показника Д

Приклад 5

Визначити кількість шкідливих речовин, що виділяються у повітря фарбувального цеху при фарбуванні вертикальної поверхні фарбою ПФ-115. Тривалість фарбування $\tau_{\phi} = 5$ год. Швидкість фарбування $W = 0,5$ м²/хв. Кількість розчинника, що виділяється з одиниці площини при повному висиханні матеріалу, $B = 0,180$ кг/м². Температура, відносна вологість та рухливість повітря відповідно 22 °С, 80 % та 0,5 м/с.

Розв'язання. За табл.12 визначаємо для ПФ-115 коефіцієнт $k_{20} = 0,01$. Згідно зі значеннями температури, відносної вологості, рухливості повітря та питомих витрат матеріалу по рис.4 знаходимо значення $k_t = 1,12$; $k_{\phi} = 0,96$; $k_v = 2,88$; $k_g = 1,0$. Для вертикальної поверхні $k_r = 1,0$.

Сумарна поправка $k = 0,01 \cdot 1,12 \cdot 0,96 \cdot 2,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,1 \cdot 10^{-2}$.

Кількість летючої речовини, що виділяється впродовж початкового та основного періоду,

$$G_{\text{по}} = \frac{0,18 \cdot 0,5}{3,1 \cdot 10^{-2}} (3,1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 60 - 1 + e^{-3,1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 60}) = 24,1 \text{ кг.}$$

Загальна кількість летючих речовин, що виділились,

$$G_3 = 0,18 \cdot 0,5 (1 - e^{-3,1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 60}) \cdot 5 \cdot 60 = 27,0 \text{ кг.}$$

6. ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБОТАХ

Хімічний склад шкідливих речовин, що потрапляють у повітря при зварюванні, визначається переважно складом зварювальних матеріалів – марок флюсу і електродів, виду зварювання (ручна, автоматична, під флюсом і т.ін.), матеріалу дроту.

Основними забрудниками є газоподібні (фтористі з'єднання, оксиди азоту і вуглецю, озон), а також пилоподібні речовини (оксиди хрому, марганцю, заліза та ін.).

Кількість пилу та газів, що утворюються в процесі зварювання, характеризують валовими виділеннями, віднесеними до 1 кг зварювальних матеріалів, що витрачаються (табл.13). Кількість шкідливої речовини, що потрапляє при цьому в атмосферу, дорівнює добутку питомої ваги відповідної речовини на витрати зварювального матеріалу.

7. ВИКИДИ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ

При механічній обробці металів різанням (точіння, фрезерування, свердління) або абразивними матеріалами (заточування, шліфування, полірування) в атмосферне повітря виділяються пил, аерозолі мінеральних масел або емульсій, а також газоподібні компоненти. Виділення пилу при різанні залежить від швидкості різання, подачі, геометричних параметрів інструмента і деталі та складу матеріалів виробів. При абразивній обробці кількість шкідливих речовин залежить від потужності верстату, глибини обробки і діаметра круга.

Питому кількість аерозолей, що виділяються при деяких видах механічної обробки, наведено у табл.14. При механічній обробці металів виділення пилу суттєво залежить від умов проведення відповідних технологічних процесів, а тому можуть змінюватися у широкому діапазоні.

№ Таблиця 13. Виділення шкідливих речовин при зварюванні, г/кг, матеріалу, що витрачається

Вид зварювання	Найменування та марка зварювального матеріалу	Пил						Гази			
		Середня кількість	MnO ₂	CrO ₃	Cr ₂ O ₃	Фториди	Інші	CO	NO ₂	HF	O ₂
Ручне, штучними електродами	Електроди: УОП-13/45	14,0	0,51	–	–	1,4	3’єдн. Si 1,4	–	–	1,0	–
	ЕА-981/15	9,5	0,70	0,72	–	–	–	–	–	0,8	–
	АНО-9	16,0	0,90	–	–	0,13	–	–	–	0,47	–
	ОЗС-3	15,3	0,42	–	–	2,28	–	–	–	–	–
	ВІ-ІМ-1	5,8	0,42	0,12	–	–	Оксиди Ni 0,6	–	–	0,63	–
	ЦМ-6	48,7	4,3	–	–	–	–	–	–	–	–
	ЦТ-15	7,9	0,55	0,35	–	–	Оксиди Ni 0,04	–	–	1,61	–
	ОЗЛ-7	7,6	0,21	0,47	–	–	–	–	–	0,69	–
	МР-1	10,8	1,08	–	–	–	–	–	–	–	–
	БСЦ-4	20,2	0,61	–	–	–	Оксиди Fe 0,43	–	–	1,21	–
Ручне електричне міді, її сплавів і титану	Вольфрамові під захистом He	19,5	–	–	–	–	Мідь 2,1; Вольфрам 0,08	–	–	–	–
	CrM-075	9,2	–	–	–	–	Титан і його оксиди 3,6	–	–	–	–
	Комсомолец 100	20,8	0,27	–	–	–	Мідь 9,8	–	0,76	1,11	–
Так само алюмінію і його сплавів	ОЗА-1	38,1	–	–	–	–	Оксиди Al 20,0	–	–	–	–

Напівавто-матичне сталей	Присадковий дріт ЕП-245	12,4	0,54	–	–	–	Оксиди Fe 11,5	–	–	0,36	–
	ЦСК-3	13,9	1,11	–	–	–	Оксиди Fe 12,26	–	–	0,51	–
	Порошковий дріт ПП-ДСК-1	11,7	0,77	–	–	–	–	–	–	–	–
	ПСК-3	7,7	0,41	–	–	–	–	–	–	0,72	–
Так само без газового захисту	ПП-АЙ-7	14,4	2,18	–	–	–	–	–	–	1,45	–
	Електродний дріт Св-08Г2С	9,7	0,5	0,02	–	–	Оксиди Fe 7,48	14,0	–	–	–
	Св-16Х-16Н25М6	15,0	0,35	0,10	–	–	Оксиди Ni 0,04	2,5	–	–	–
	ЕП-854	7,4	0,7	–	0,6	–	–	2,0	–	–	–
Напівавто-матичне Cu, Ti, Al та їх сплавів	МНЖ-КГ-5-1-0-02-0,2	16,2	0,2	–	–	–	Оксиди Ni 0,5	–	–	–	–
	M1	18,0	0,3	–	–	–	Cu 11,0	–	–	–	–
	КМЦ	8,8	0,59	–	–	–	З'єднання Si та Cu, 0,26/6,3	–	–	–	–
Так само в середовищі азоту	Дріт для алюмінію АМГ	20,6	0,78	–	–	–	Оксиди Al 16,50	–	–	–	0,1
	Електрод, що не плавиться ОЗА-1	38,4	–	–	–	–	Оксиди Al 20,0	–	–	–	–
	Дріт для титанових сплавів	14,7	–	–	–	–	Оксиди титану 4,75	–	–	–	–

Вид зварювання	Найменування та марка зварювального матеріалу	Пил						Гази			
		Середня кількість	MnO ₂	CrO ₃	Cr ₂ O ₃	Фториди	Інші	CO	NO ₂	HF	O ₂
Автоматичне і напівавтоматичне під флюсом	З плавленим флюсом	0,09–0,28	0,01	–	–	0,012	З'єднання Si 0,05	1,4– –1,41	0,006	0,1–0,2	–
	ФЦ-7	0,08	0,01	–	–	–	З'єднання Si 0,04	–	0,003	0,05	–
	АН-64	0,09	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–
Так само сталі	48-ОФ-6	0,11	0,002	–	–	–	–	–	–	0,04	–
	З керамічним флюсом АНК-18	0,45	0,43	–	–	–	–	–	–	0,042	–
	К-11	1,30	0,089	–	–	–	–	–	0,60	0,14	–
Так само алюмінію та його сплавів	З плавленими флюсами АН-А1	52,8	–	–	–	–	Оксиди Al 31,2	–	–	4,16	–
	З керамічними флюсами ЖА-64	0,30	–	–	–	–	Оксиди Al 0,12	–	–	0,076	–

Таблиця 14. Питомі виділення аерозолей масла, емульсолу і парів води при механічній обробці металів з охолодженням

Обладнання	Потужність, кВт	Аерозоль масла, г/год	Аерозоль емульсолу, м ² /год	Пари води, кг/год
Токарні верстати малих і великих розмірів	0,65–14	0,1–2,8	4–88	0,1–2,1
Токарно-револьверні верстати	2,8–14	0,6–2,8	17–88	0,4–2,1
Токарно-карусельні верстати	20–150	4–30	126–945	3–23
Багатошпиндельні токарні напівавтомати	14–28	2,8–5,6	88–146	2,1–4,2
Багатошпиндельні токарні автомати	10–28	2,0–5,6	43–176	1,5–4,2
Вертикально-свердлильні верстати	1–10	0,2–2,0	60–63	0,2–1,5
Радіально-свердлильні верстати	1,7–14	0,3–2,8	11–88	0,3–2,1
Горизонтально-розточувальні верстати	4,5–59	0,9–12	28–372	0,7–8,9
Поздовжньо-фрезерні верстати	7–40	1,4–8,0	40–252	1,1–6,0
Карусельно-фрезерні верстати	14	2,8	88	2,1
Протяжні верстати	10–55	2,0–11	63–346	1,5–8,3
Зубофрезерні верстати	0,6–20	0,1–4,0	4–126	0,1–30
Зуборізні верстати	0,6–7,0	0,1–1,4	4–40	0,1–1,1
Фрезерні верстати	2,8–14,0	0,6–2,8	17–88	0,4–2,1
Круглошліфувальні верстати	1,7–28	51–840	280–4620	0,3–4,2
Плоскошліфувальні верстати	1,7–28	51–840	280–4620	0,3–4,2
Зубошліфувальні верстати	3,1–10	93–300	511–1650	0,5–1,5

8. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН, ЩО ПОТРАПЛЯЮТЬ У ПОВІТРЯ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕРЕВИНИ

Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря при обробці деревини відбуваються в операціях механічної обробки (тирса, стружка, шліфувальний пил), гарячого пресування, намазування, ламінування та сушіння (пари фенолу та формальдегіду), а також при обробленні виробів (пари ароматичних вуглеводнів, ефіри, спирти).

Кількість пилу, що потрапляє в атмосферу від агрегатів механічної обробки деревини після очищення системи пилоуловлювання, кг/год, визначається за формулою

$$G_{\text{пл}} = G_0 k_{\text{п}} k_{\text{ЕМВ}} (1 - k_{\text{ЕУ}}),$$

де G_0 – кількість пиловидних відходів, що поступають від верстату даного типу в середньому за годину, кг/год (табл.15); $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт вмісту пиловидних відходів (див. табл.15); $k_{\text{ЕМВ}}$, $k_{\text{ЕУ}}$ – коефіцієнти ефективності відповідно місцевого відсосу та системи пилоуловлювання.

Кількість фенолу та формальдегіду, що виділяються з лакофарбувальних матеріалів та смол в операціях намазування, склеювання, просочування і т. ін., кг/год, визначається за формулою

$$G_{\text{п}} = G_{\text{см}} k_1 (1 - k_2) k_3,$$

де $G_{\text{см}}$ – витрати смоли, кг/год; k_1 – вміст вільного формальдегіду чи фенолу у смолі (табл.16); k_2 – коефіцієнт, який характеризує кількість вільного формальдегіду та фенолу, що залишаються у готовій продукції (табл.17); k_3 – коефіцієнт розподілення речовини по ділянках виготовлення продукції (див. табл.17).

Кількість шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферне повітря з оброблюваних матеріалів, які містять органічні розчинники, в процесах оброблювання виробів, кг/год, знаходять за формулою

$$G_{\text{об}} = G_{\text{м}} k_k 0,8,$$

де $G_{\text{м}}$ – витрати оброблюваного матеріалу, кг/год; k_k – вміст даної речовини у складі летючої частини оброблюваного матеріалу

Таблиця 15. Кількість відходів, що отримують при обробці деревини на різних етапах.

Тип верстату	Марка верстату	Тип відходів	Середня кількість відходів, кг/год	k_3 , %
Кругло пиляльні	Ц6-2	Пил, тирса	29,7	36
	ЦПА-40		44,0	35
	Ц2К12		35,0	34
	ЦДК-4		78,0	36
	ЦА2		110,0	36
	ЦМР-1		170,0	36
Стругальні	СФ-4	Стружка, пил	97,0	25
	СФ-6		190,0	25
	СФА-4		97,0	25
	СР-3		97,0	25
	СК-15		310,0	25
	С2Р6		445,0	25
	С2Р16		555,0	25
Фрезерні	ФЛ	Стружка, пил	24,0	20
	Ф-4		26,1	20
	ФА-1		44,0	20
	ФС-1		47,5	20
	ВФК-2		27,0	20
	СР-12		335,0	25
	СП-30		600	25
Стрічкопиляльні	ЛО-80	Тирса, пил	29,0	34
	ЛО-40		245,0	34
	ЛС-80-1		36,0	33
Свердлильні та довбальні	СВПА	Тирса, пил	22,0	18
	СВА-2		14,0	18
	2Н		26,0	21
	ДЦА-2		27,0	18
Шліфувальні	ШлПс-5П	Тирса, пил	2,8	100
	ШлНСВ		1,2	100
	ШлДБ		3,2	95
	ШлСЛ		1,8	95
	Шл2Д		4,0	95
	Шл3Ц-2		27,0	95
Шліфувально-дисковий	ШлДБ-4		12,0	67
Шипорізні фрези	—		73,0	16
Шипорізні	ШПА-40		62,3	16

(табл.18); 0,8 – коефіцієнт надходження летючих речовин в атмосферне повітря.

Таблиця 16. Вміст вільного формальдегіду та фенолу в складі смоли k_1 , %

Марка смоли	Вільний формальдегід	Вільний фенол	Марка смоли	Вільний формальдегід	Вільний фенол
МФ	3–4	–	ММПК50	1,4	–
М-60	1,0–1,5	–	МФП	0,5–1,0	–
М-70	1,5–30	–	СПМФ-4	0,5	–
М-19-62	1,0–1,2	–	КФ-МТ	0,3	–
МФПС-1	2,0	–	КФ-Б	0,9	–
МФПС-2	1,0	–	КФ-Ж	1,0	–
ПМФ-1	1,0	–	СФЖ-3014	0,15	0,1
ММПК-25	1,4	–	СФЖ-3013	0,18	0,18
ПМФ-2	1,0	–	СФЖ-3011	1,0	2,5

Таблиця 17. Розподіл вільного формальдегіду та фенолу за технологічними процесами та виробничими ділянками

Процес	k_2	Ділянка процесу	k_3
Намазування та фанерування натурального та синтетичного шпону при виробництві меблів	0,7	Розміщування клеєнамазувальних вальців та гарячих пресів	0,83
		Витримування фанерованих виробів	0,17
Просочування паперу (ламінування)	0,5	Просочування	1,0
Просочування стружки смолою гарячого пресування; охолодження деревостружкових плит	0,6	Розміщення головного конвеєра та преса	0,9
		Приготування зв'язуючих	0,09
		Склад готової продукції	0,01
Намазування, сушіння, склеювання шпону і охолодження фанери після пресів	0,5	Клейові вальці	0,1
		Сушарки для намазування шпону, гарячі преси	0,75
		Камери охолодження	0,15

Приклад 6

Визначити кількість фенолу та формальдегіду, що виділяються на ділянці розміщення головного конвеєра та преса при витратах смоли ФЖ-3014 350 кг/год.

Розв'язання. З табл.16 знаходимо вміст летючих речовин у смолі СФЖ-3014 для фенолу $k_1 = 0,10$, для формальдегіду $k_1 = 0,15$. За

Таблиця 18. Склад речовин оброблюваних матеріалів, %

Тип речовини	Марка	Ацетон	Бензол	Бутілацетат	Бутіловий спирт	Ксилол	Метил етилкетон	Метилізобутилкетон	Сольвент-нафта	Стирол	Уайт-спірит	Формальдегід	Толуол	Хлорбензол	Пропілен карбонат	Циклогексанол	Етилацетат	Етилгіттиколяцетат	Етиловий спирт	Етилцелозоль
Розчинник	P-4	26	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	62	—	—	—	—	—	—	—
	P-6	—	40	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—
	P-12	—	—	30	10	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
	P-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	30
	P-189	—	—	13	—	13	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	—	—
	P-1166	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	20	—	—	15
	P-3160	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—
	РЛ-2788	—	—	—	20	30	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	15	10
	РВЛ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	50
	№645	3	—	18	10	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	9	—	10	—
	РМЛ-218	—	—	9	9	23,5	—	—	—	—	—	—	23,5	—	—	—	16	10	16	3
	РОВ	3	—	18	10	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	9	10	10	—
Грунтовка	P251"Б"	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—
	НЦ-0140	—	—	16	12	—	—	—	—	—	—	—	16	—	—	4	12	—	8	12
	БНК	2,3	12	3,5	5,3	17,8	—	—	—	—	—	—	26	—	—	—	9,4	—	9,4	1,7
Нітрополітура (розподільча речовина)	НЦ-314	—	—	8,1	—	—	—	—	—	—	—	—	8,7	—	—	—	—	—	55,64	13,6
	НЦ-319	—	—	6,4	2	—	—	—	—	—	—	—	3,6	—	—	—	5,2	—	76,7	3
	НЦ-223	—	—	12,06	10,09	16,75	—	—	—	—	—	—	16,75	—	—	—	3,35	—	34,05	8,04
Нітроцелозний лак	НЦ-218	—	—	6,3	6,3	16,45	—	—	—	—	—	—	16,45	—	—	—	11,2	—	11,2	2,1

Тип речовини	Марка	Ацетон	Бензол	Бутилацетат	Бутиловий спирт	Ксилол	Метил етикетон	Метилізобутикетон	Сольвент-нафта	Стирол	Уайт-спірит	Формальдегід	Толуол	Хлорбензол	Пропілен карбонат	Піктогексанол	Етилацетат	Етилгліколяцетат	Етиловий спирт	Етилцеллозол
Нітроцелюлозний лак	НЦ-243	—	—	7,1	11,1	—	—	—	—	—	—	—	37	—	—	—	5,18	—	7,4	5,92
	НЦ-52	—	—	—	33	—	—	—	4	—	—	0,76	—	—	—	—	—	—	1	—
	ПЦ-232	29	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—
	УР-277М	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	—	26	—	—
	ПЦ-251Б	—	—	—	—	1	—	8-11	—	3-5	—	—	1	—	—	8-11	—	—	—	—
Емаль	УР-249"М"	—	—	26	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	—	15	—	—
	НЦ-25	4,62	—	6,6	9,9	—	—	—	—	—	—	—	29,7	—	—	—	—	—	9,9	5,28
	НЦ-258	—	—	6,5	10,4	16,25	—	—	—	—	—	—	13	—	—	3,25	0,75	—	5,85	—
	ХВ-518	19,6	—	7	—	—	—	—	43,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ПФ-115	—	—	—	—	22,5	—	—	—	—	22,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Шпаклівка	ПЦ-276	2-4	—	5	—	—	—	—	—	2-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ПФ-002	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ХВ-005	8,5	—	4,0	—	—	—	—	—	20,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ФЛ-03К	—	—	—	—	15	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	АК-070	—	—	43,5	17,4	—	—	—	—	—	—	—	17,4	—	—	—	8,7	—	—	—

табл.17 визначаємо коефіцієнти кількості вільного формальдегіду і фенолу, що залишається у готовій продукції, $k_2 = 0,6$ та коефіцієнт розподілення для ділянки головного конвеєра та преса $k_3 = 0,9$. Тоді кількість фенолу, що виділяється,

$$G_{\text{фен}} = 350 \cdot 0,001(1 - 0,6) \cdot 0,9 = 0,126 \text{ кг/год},$$

а кількість формальдегіду

$$G_{\text{форм}} = 350 \cdot 0,0015(1 - 0,6) \cdot 0,9 = 0,189 \text{ кг/год}.$$

9. ВИКИДИ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ПЛАСТМАСОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Найбільш поширеними із способів виготовлення виробів з пластмас є пресування, лиття під тиском, екструзія та формування.

Склад і кількість забруднюючих речовин, що виділяються при переробці пластмас, залежать від матеріалу, що перероблюється, способу та режиму переробки, а також форми кінцевого продукту. Так, при пресуванні фенопластів виділяються формальдегід, аміак, ціаністий водень, оксид вуглецю, фенол, аміни, альдегіди, вуглеводні; при формуванні шаруватих пластиків на поліефірному зв'язуючому в атмосферу потрапляють стирол, толуол, фталевий та малеїновий ангідриди, ацетофенол; з поліетиленів виділяються органічні кислоти, оксид вуглецю, формальдегід і т. ін.

Процес гарячого пресування включає в себе попередній підігрів, як правило, струмом високої частоти (СВЧ), та пресування. При цьому відбувається часткова деструкція з виділенням шкідливих речовин, з яких найбільш небезпечним для фенопластів є фенол, а для амінопластів – формальдегід.

Кількість шкідливих речовин, що виділяються при підігріві матеріалу в установці СВЧ, кг/год, лінійно залежить від витрат матеріалу M :

$$G_{\text{СВЧ}} = g_{\text{СВЧ}} M,$$

де $g_{\text{СВЧ}}$ – питома виділення шкідливої речовини при нагріванні матеріалу в установці СВЧ, кг/кг (табл.19).

Кількість шкідливих речовин, що виділяються безпосередньо при пресуванні, кг/год, обчислюється за формулою

$$G_{\text{п}} = g_{\text{п}} M \frac{f t_{\text{п}} - 50}{m \cdot 150},$$

де $g_{\text{п}}$ – питоме виділення шкідливих речовин з одиниці відкритої поверхні виробу, що пресується, кг/м² (див. табл.19); M – витрати прес-матеріалу, кг/год; f – площа відкритої поверхні, м²; m – маса виробу, кг.

Таблиця 19. Питомі вироби забруднюючих речовин при переробці реактопласту

Шкідливі речовини	Матеріал	Марка	Питомі виділення	
			від преса $g_{\text{п}} \cdot 10^2$, кг/м ²	від установки СВЧ $g_{\text{СВЧ}} \cdot 10^3$, кг/кг
Фенол	Фенопласт на основі смоли	СФ090	2	0,15
		СФ010	3	0,20
		СФ337	4	0,25
		СФ301	5	0,30
		СФ330	8	0,40
		СФ342	3	0,20
	Фенопласт спеціального призначення	СФ342	10	0,50
	Скловолокно	АГ-4	6	–
Формальдегід	Амінопласти		2	0,2

При литті під тиском в процесі розм'якшування та нагрівання полімерного матеріалу з нього виділяються водяні пари та газоподібні забруднюючі речовини в залежності від витрат матеріалу, наявності у ньому вільних мономерів, а також частоти сприсків. Питомі виділення найбільш шкідливих речовин для різних термопластів наведено у табл.20.

Таблиця 20. Питомі виділення шкідливих речовин при литті термоплит

Матеріал	Забруднюючі речовини	$g \cdot 10^3$, кг/кг
Полістирол	Стирол	0,4
Сополімери стиролу	Так само	0,1
Поліетилен	Оцтова кислота	1,5
Поліпропілен	Так само	1,7
Етрол	Дибутифталат	0,4
Тефлон	Фенол	0,1
Дакріл	Метилметакрилат	5,0

За допомогою екструзійної переробки (витискування заготовки через спеціальну голівку) полімерів виробляють труби, плівку, гранули і т.п. Найбільш поширеними матеріалами є поліетилен та полівінілхлорид, а найбільш шкідливими забруднюючими речовинами відповідно оксид вуглецю та хлористий вініл. Суттєвим є також виділення води. Питомі значення цих величин наведено у табл.21.

Таблиця 21. Питомі виділення шкідливих речовин g та водяної пари W в процесах екструзії термопластів

Виробництво	Шкідлива речовина	$g \cdot 10^2$	$W \cdot 10^3$
		кг/кг	
Поліетиленової плівки та видувних виробів	Оксид вуглецю	0,45	—
Поліетиленових труб	Оксид вуглецю	0,50	10
Полівінілхлоридних труб	Хлористий вініл	0,35	10

Відпресовані та відлиті пластмасові вироби, як правило, підлягають механічній обробці на токарних, свердлильних, шліфувальних та інших верстатах. При цьому виділяється пил, дисперсний склад якого залежить від виду обробки. Величини питомого виділення пилу при механічній обробці представлено у табл.22.

Таблиця 22. Питомі виділення пилу при механічній обробці пластмас

Вид обробки	$g_p \cdot 10^3$, кг/кг, при масі виробу, що оброблюється, кг	
	до 0,1	від 0,1 до 2,0
Токарні роботи	7,0	11,0
Свердління	8,0	12,0
Зачищення на наждачному колі	—	13,5
Крацювання	2,0	2,5
Полірування	1,0	1,5

Кількість викидів забруднюючих речовин при литті, екструзійній та механічній обробці пластмас визначається як добуток відповідного питомого значення на витрати матеріалу.

При виготовленні склопластиків якісний та кількісний склад забруднюючих речовин визначається, насамперед, рецептурою зв'язуючого. При цьому кількість шкідливих речовин, що виділяються, змінюється з часом: у початковий період виділення зростають, в основний – їх значення постійні, а у кінцевий – виділення зменшуються. Тривалість початкового періоду, хв,

$$\tau_{\text{п}} = \frac{\ln 100 \gamma}{k},$$

де γ – показник періодичності; k – коефіцієнт інтенсивності виділення летючих речовин із зв'язуючих, 1/хв.

Величина γ визначається за тривалістю одного циклу τ_0 , хв:

$$\gamma = \frac{\tau_0}{\tau} \frac{e^{k\tau} - 1}{e^{k\tau_0} - 1},$$

де τ – тривалість формування та полімеризації, хв.

Для безперервного формування $\gamma = 1$ і $\tau_{\text{п}} = 4,6/k$.

Величина k визначається в залежності від метеорологічних умов і показника k_{20} , як показано у розд.5. Питомі виділення шкідливих речовин також залежать від метеорологічних умов, насамперед від температури. Максимальні питомі виділення за перші дві години:

$$g = g_{20} \frac{m}{m_{20}},$$

де g_{20} – питомі виділення речовини при 20 °С; m, m_{20} – частка виділення забруднюючих речовин відповідно при температурі процесу та 20 °С.

Кількість шкідливих речовин, що надходять у приміщення, кг/год,

$$G_{\text{п}} = gF (1 - \gamma e^{-k\tau}) S,$$

де F – поверхня, що формується за годину, м²/год; S – коефіцієнт, що характеризує спосіб формування (при безперервному контактному формуванні одного шару розміром до 100 м² $S = 1$; загальному контактному формуванні $S = 0,75$; для двошарової конструкції $S = 1,4$; тришарової – $S = 1,8$; чотиришарової $S = 2,65$; при безповітряному напиленні $S = 1,3$)

Значення γ_{20} та k_{20} для найбільш поширених ненасичених поліефірних смол наведено у табл.23.

Приклад 7

Визначити кількість стиролу та толуолу, що виділяються з поверхні склотканини при її просочуванні зв'язуючим НПС-603-26. Швидкість просочування – 4,5 м/хв. Час проходження склотканини – 0,5 хв. Ширина тканини – 1,1 м. Умови стандартні.

Таблиця 23. Характеристики виділення шкідливих речовин при формуванні та полімеризації склопластику

Група зв'язуючих	Смола	Шкідлива речовина	Максимальне виділення шкідливої речовини g_{20} , кг/м ³ , при $t = 20$ °C	Коефіцієнт інтенсивності виділення летючих речовин k_{20} , 1/хв	Тривалість початкового періоду τ_p , хв
Перша	ПН-1	Стирол	100	–	–
	ПН-1с	Стирол	90	–	–
	ПН-3	Стирол	82	0,03	150
Друга	Пн-609-21М	Стирол/толуол	15,0/6,5	0,02	230
	НПС-609-26	Стирол/толуол	14,0/6,5	0,05	90
	ПН-609-27	Стирол/толуол та ксилол	14,0/23,0	0,04	115
	НПС-609-28	Стирол/толуол та ксилол	15,0/23,0	–	–
Третя	НПС-609-29	Стирол/толуол	16,0/6,5	–	–
	ПН-609-21	Толуол	6,5	0,02	230
	НПС-609-21РК	Толуол	6,5	–	–
	НПС-609-27Б	Толуол та ксилол/ацетилацетон	23,0/2,5	0,008	580

Розв'язання. За стандартних умов $k = k_{20}$, $\gamma = \gamma_{20}$. За табл.23 для смоли НПС-609-26 знаходимо $k_{20} = 0,05$ л/хв, для стиролу $\gamma_{20} = 14 \cdot 10^{-3}$ кг/м³, для толуолу $\gamma_{20} = 6,5 \cdot 10^3$ кг/м³.

Продуктивність машини $F = BV_{\text{пр}} = 1,1 \cdot 4,5 = 4,95$ м²/хв = 297 м²/год.

При безперервній праці $\gamma = 1$, для одного шару $S = 1$.

Тоді кількість стиролу, що викидається,

$$G_{\text{ст}} = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 297 (1 - e^{-0,05 \cdot 0,5}) \cdot 1 = 0,103 \text{ кг/год.}$$

Кількість толуолу:

$$G_{\text{ст}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 297 (1 - e^{-0,05 \cdot 0,5}) \cdot 1 = 0,048 \text{ кг/год.}$$

10. РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ПРИ ЗБЕРІГАННІ НАФТОПРОДУКТІВ

Кількість шкідливих речовин, що викидається в атмосферу внаслідок "малого дихання" (витіснення парів з ємності внаслідок зміни їх температури під впливом навколишнього середовища) кг/год, обчислюється за формулою

$$\Delta G_{\text{м.д}} = D_{\text{ср}} \Omega \ln \left(\frac{P_A - P_{\text{вак}} - P_{\text{мін}}}{P_A - P_{\text{к}} - P_{\text{макс}}} \frac{T_{\text{гмакс}}}{T_{\text{гмін}}} \right),$$

де Ω – об'єм газового простору, м³; P_A – барометричний тиск, Па; $P_{\text{вак}}$ – вакуум у газовому просторі, відповідний навантаженню вакуумного клапана, Па; $P_{\text{к}}$ – надлишковий тиск у газовому просторі, відповідний навантаженню клапана тиску, Па; $P_{\text{мін}}$, $P_{\text{макс}}$ – мінімальний і максимальний парціальний тиск парів нафтопродуктів у газовому просторі, Па; $T_{\text{гмін}}$, $T_{\text{гмакс}}$ – мінімальна і максимальна за добу абсолютна температура газового простору, К; $D_{\text{ср}} = (P_{\text{мін}} + P_{\text{макс}}) / R_{\text{п}} (T_{\text{гмін}} + T_{\text{гмакс}})$ – масовий вміст парів, кг/м³; $R_{\text{п}} = 848/M$ – газова постійна парів нафтопродуктів, Дж/(кг·К); M – молекулярна маса парів нафтопродуктів.

При заповненні резервуару та випаровуванні нафтопродуктів внаслідок донасичення газового простору підвищується тиск, спрацьовує "дихальний" клапан і пароповітряна суміш витискується в атмосферу. Кількість витісненої суміші при цьому явищі, так звано-

му "великому диханні",

$$G_{\text{в.д}} = \frac{V_{\text{г}}}{R_{\text{п}} T_{\text{н}}} \{ P_{\text{г}} \ln [(P_{2\text{г}} - P_0) / (P_{2\text{г}} - P'_p)] + P_0 - P'_p \},$$

де $V_{\text{г}}$ – об'єм газового простору перед заповненням резервуару нафтопродуктами, м³; $R_{\text{п}}$ – газова постійна парів нафтопродуктів, Дж/(кг·К); $T_{\text{н}}$ – температура нафтопродукту, К; $P_{\text{г}}$, $P_{2\text{г}}$ – абсолютний тиск у газовому просторі резервуару відповідно на початку і в кінці його заповнення, Па; P_0 – парціальний тиск нафтопродуктів у газовому просторі, Па; P'_p – тиск насичених парів нафтопродуктів, Па.

Втрати нафтопродуктів при вентиляції газового простору $\Delta G_{\text{в}}$, кг/добу, визначаються згідно з формулою

$$\Delta G_{\text{в}} = V_{\text{в}} c V_{\text{п}},$$

де $V_{\text{в}} = 86400 \mu F \sqrt{2 g p / \gamma_{\text{с}}}$ – об'єм парів, що втрачається при вентиляції газового простору, м³/добу; c – концентрація парів нафтопродукту, кг/м³; μ – коефіцієнт витрат отвору; F – площа отвору, м²; $p = H(\gamma_{\text{с}} - \gamma_{\text{п}})$ – тиск, при якому відбувається витікання пароповітряної суміші, Па, що дорівнює різниці стовпів висотою H пароповітряної суміші та повітря питомою вагою відповідно $\gamma_{\text{с}}$ та $\gamma_{\text{п}}$.

Забруднення навколишнього середовища на естакадах зливу – наливу нафтопродуктів визначаються наступним чином:

при наливанні транспортних цистерн бензином, кг,

$$\Delta G_{\text{н}} = k V_{\text{н}} \frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{г}}} \rho,$$

де k – коефіцієнт, що враховує ступінь насичення газового простору і збільшення об'єму витисненої пароповітряної суміші внаслідок її донасичення під час наповнення (у весняно-літній період складає 0,7, а в осінньо-зимовий – 0,36); $V_{\text{н}}$ – об'єм налитого бензину; $P_{\text{с}} = P_{38} [0,034(t - 38)]$ – тиск насичених парів бензину при температурі навколишнього повітря, Па; $P_{\text{г}}$ – тиск у газовому просторі, Па, приймається рівним атмосферному; ρ – густина парів нафтопродукту, кг/м³; P_{38} – тиск насичених парів при температурі 37,8 °С та співвідношенні фаз $\eta = 4:1$;

при зливанні бензину з транспортних цистерн, кг,

$$\Delta G_3 = (P_0 / R_n T) V,$$

де V – об'єм цистерни, м³; $P_0 = P_s[y/(y + 1)]$ – парціальний тиск парів після зливу, Па; $y = nF_{\pi}R_{\pi}T/q$ – безрозмірний параметр, що визначає хід процесу насичення газового простору цистерни; $n = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ – коефіцієнт випаровування бензину; F_{π} – площа поверхні нафтопродукту, м²; q – продуктивність відкачування, м³/год.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.
2. Вентиляция и отопление цехов переработки пластмасс. – Л.: Химия, 1983. – 134 с.
3. *Гутаревич Ю.Ф.* Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей. – К.: Урожай, 1989. – 224 с.
4. *Елинский И.И.* Вентиляция и отопление гальванических цехов машиностроительных предприятий. – М.: Машиностроение, 1989. – 152 с.
5. *Савенко В.С.* Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. – М., 1991. – Т.31. – 212 с.
6. *Старк С.Б.* Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
7. *Тищенко Н.Ф.* Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
8. *Шаприцкий В.Н.* Разработка нормативов ПДВ для защиты атмосферы. – М.: Металлургия, 1990. – 416 с.
9. *Яковлев В.С.* Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1987. – 192 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Розрахунок кількості шкідливих речовин, що виділяються при горінні палива в промислових та комунальних котлоагрегатах і парогенераторах	4
2. Розрахунок викидів шкідливих речовин від автотранспорту	11
3. Викиди шкідливих речовин у металургії	13
4. Розрахунок кількості шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу від гальванічних виробництв	19
5. Розрахунок кількості шкідливих речовин, що виділяються при нанесенні фарбувальних і лакових покриттів	22
6. Шкідливі речовини, що виділяються при зварювальних роботах	25
7. Викиди шкідливих речовин при механічній обробці металів	25
8. Розрахунок кількості шкідливих речовин, що потрапляють у повітря при обробці деревини	30
9. Викиди шкідливих речовин у пластмасовому виробництві	35
10. Розрахунок викидів шкідливих речовин при зберіганні нафтопродуктів	40
Список рекомендованої літератури	42

РИЖКОВ Сергій Сергійович
ХАРИТОНОВ Юрій Миколайович
БЛАГОДАТНИЙ Володимір Валентинович

РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ

Методичні вказівки

Технічний редактор В.М.Крохіна
Комп'ютерна правка і верстка Т.М.Чередніченко
Коректор Н.О.Шайкіна

Підписано до друку 07.06.02. Формат 60×84/16. Папір офсетний. Ум.друк. арк. 2,5.
Обл.-вид. арк. 2,7. Тираж 100 прим. Вид. № 24. Зам. № 227. Ціна договірна.

Видавництво УДМТУ. 54002, м.Миколаїв, вул. Скороходова, 5