

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
*Кафедра екології та технологій
захисту навколишнього середовища*

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ.

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

студентами спеціальностей
101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро
НГУ
2017

Техноекологія. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / Д.В. Кулікова, О.С. Ковров. – Дніпро: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2017. – 67 с.

Автори:

Д.В. Кулікова, канд. техн. наук;

О.С. Ковров, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичними комісіями з спеціальностей 101 «Екологія» (протокол №3 від 13.11.17) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол №3 від 13.11.17) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол №3 від 13.10.2017).

У методичних рекомендаціях представлено методики виконання практичних робіт з розрахунків викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автотранспортом та при горінні нафти і нафтопродуктів; подано контрольні завдання, питання для самоконтролю, довідковий матеріал у вигляді схем, рисунків, таблиць, список рекомендованої літератури.

Видання має на меті допомогти студентам у засвоєнні теоретичного матеріалу, а також у набутті практичних навичок щодо оцінки забруднення складових біосфери від різних промислових виробництв та технологічних процесів; вміння оцінювати екологічний вплив основних технологічних процесів.

Рекомендовано до використання в навчальному процесі підготовки студентів за спеціальностями 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, д-р техн. наук, доц. А.В. Павличенко.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Техноекологія» призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі а також для формування практичних навичок щодо оцінки впливу сучасних технологій та виробництв на складові довкілля.

Мета методичних рекомендацій полягає в закріпленні теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі «Техноекологія», а також у отриманні практичних навичок з оцінки впливу на навколишнє середовище різних технологічних процесів та виробництв.

Методичні рекомендації містять 6 практичних робіт, тексти яких викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою, приклад розв'язування типової задачі, контрольне завдання та питання для самоконтролю.

В результаті виконання практичних робіт студент повинен:

- Оволодіти навичками розрахунку обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автотранспортом;
- Оцінювати рівень забруднення ґрунту вздовж автодороги;
- Розраховувати обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу при горінні нафти та нафтопродуктів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ АВТОТРАНСПОРТОМ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ СУБ'ЄКТАМИ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ЗНАХОДИТЬСЯ У ПРИВАТНІЙ ВЛАСНОСТІ НАСЕЛЕННЯ

Мета роботи: визначити об'єм викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що експлуатується суб'єктами господарської діяльності, а також об'єм викидів забруднюючих речовин від автотранспорту, що знаходиться у приватній власності населення.

Методика розрахунку. Для роботи автотранспорту, що експлуатується суб'єктами господарської діяльності, використовується бензин, дизельне паливо, зріджений нафтовий газ і стиснутий природний газ.

Основними забруднюючими речовинами, по яких ведеться розрахунок, є оксид вуглецю (CO), окисли азоту (NO_x), вуглеводні (C_nH_m), двоокис сірки (SO₂), свинець та тверді домішки.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від окремих видів палива суб'єктами господарської діяльності здійснюється за формулою:

$$B_{jk}^i = M_k^i \cdot КПВ_{jk}^i \cdot КТС_{jk}^i \quad (1)$$

де B_{jk}^i – кількість викиду j -ої забруднюючої речовини від спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту (крім свинцю); M_k^i – об'єм спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту; $КПВ_{jk}^i$ – усереднені питомі викиди j -ої забруднюючої речовини з одиниці палива i -го виду (крім свинцю) автомобілями суб'єктів господарської діяльності; $КТС_{jk}^i$ – коефіцієнт впливу технічного стану на питомі викиди j -ої забруднюючої речовини k -ою групою автотранспорту.

Витрати палива на пробіг і транспортну роботу даються в одиниця об'єму. Для їх перекладу у вагові одиниці застосовуються такі коефіцієнти, як КПВ і КТС.

Значення КПВ і КТС представлено у табл. 1, 2 і 3.

Розрахунок об'єму спожитого палива за групами автомобілів у вагових одиницях здійснюється за формулою:

$$M_k^i = Q_k^i \cdot K^i, \quad (2)$$

де M_k^i – об'єм спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності у вагових одиницях (кг, тонни); Q_k^i – кількість спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності в одиницях об'єму (л, тис. м³); K^i – коефіцієнт (питома вага) палива i -го виду (кг/л, кг/м³).

Таблиця 1 – Значення усереднених питомих викидів забруднюючих речовин автомобілями під час міських перевезень (КПВ)

Групи автомобілів	Вид палива	CO	C _n H _m	NO _x	тверді домішки	SO ₂	Pb
Вантажні автомобілі	бензин	225,7	54,8	17,46	-	0,6	0,23
	дизпаливо	40,4	6,8	30,0	3,85	5,0	-
	газ зріджений	225,7	54,8	17,46	-	0,6	-
	газ стиснутий	91,1	29,13	24,07	-	-	-
Пасажирські автобуси	бензин	233,0	56,9	16,37	-	0,6	0,23
	дизпаливо	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	-
	газ зріджений	233,0	56,9	16,37	-	0,6	-
	газ стиснутий	92,0	30,8	23,2	-	-	-
Пасажирські легкові автомобілі	бензин	225,7	32,3	17,46	-	0,6	0,5
	дизпаливо	40,4	6,8	30,0	3,85	5,0	-
	газ зріджений	225,7	32,3	17,46	-	0,6	-
	газ стиснутий	91,1	29,13	24,07	-	-	-
Спеціальні автомобілі легкові	бензин	225,7	32,3	17,46	-	0,6	0,5
	дизпаливо	40,4	6,8	30,0	3,85	5,0	-
	газ зріджений	225,7	32,3	17,46	-	0,6	-
	газ стиснутий	91,1	29,13	24,07	-	-	-
Спеціальні автомобілі нелегові	бензин	225,7	54,8	17,46	-	0,6	0,23
	дизпаливо	40,4	6,8	30,0	3,85	5,0	-
	газ зріджений	225,7	54,8	17,46	-	0,6	-
	газ стиснутий	91,1	29,13	24,07	-	-	-

Значення коефіцієнта K^i :

- для бензину – 0,74 кг/л;
- для дизельного палива – 0,85 кг/л;
- для газу зрідженого – 0,55 кг/л;
- для газу стиснутого – 0,59 кг/м³.

Викиди свинцю визначаються тільки для етилованого бензину. Викиди свинцю (для етилованого бензину) визначаються за формулою:

$$B_k^{Pb} = M_k^{нал-ем} \cdot КПВ_{jk}^i \cdot КТС_{jk}^i, \quad (3)$$

де B_k^{Pb} – кількість викиду свинцю від спожитого бензину k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності; $M_k^{нал-ем}$ – об'єм споживання етилованого бензину k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності.

Викиди свинцю визначаються тільки для етилованого бензину. Частка етилованого бензину ($K_{ем}$) від загальної кількості спожитого бензину надається щорічно в обласні управління статистики Держкомстату України.

Таблиця 2 – Значення усередненнях питомих викидів забруднюючих речовин автомобілями під час перевезень у сільській місцевості (КПВ)

Групи автомобілів	Вид палива	CO	C _n H _m	NO _x	тверді домішки	SO ₂	Pb
Вантажні автомобілі	бензин	169,8	39,2	25,8	-	0,6	0,23
	дизпаливо	32,0	5,65	32,8	3,85	5,0	-
	газ зріджений	169,8	39,2	25,8	-	0,6	-
	газ стиснутий	84,2	16,29	30,8	-	-	-
Пасажирські автобуси	бензин	177,92	41,45	24,6	-	0,6	0,23
	дизпаливо	33,2	5,81	32,38	3,85	5,0	-
	газ зріджений	177,92	41,45	24,6	-	0,6	-
	газ стиснутий	85,2	18,15	29,86	-	-	-
Пасажирські легкові автомобілі	бензин	177,92	24,42	24,62	-	0,6	0,5
	дизпаливо	32,0	5,65	32,8	3,85	5,0	-
	газ зріджений	177,92	24,42	24,62	-	0,6	-
	газ стиснутий	84,2	16,29	30,8	-	-	-
Спеціальні автомобілі легкові	бензин	177,92	24,42	24,62	-	0,6	0,5
	дизпаливо	32,0	5,65	32,8	3,85	5,0	-
	газ зріджений	177,92	24,42	24,62	-	0,6	-
	газ стиснутий	84,2	16,29	30,8	-	-	-
Спеціальні автомобілі нелегкові	бензин	169,8	39,2	25,8	-	0,6	0,23
	дизпаливо	32,0	5,65	32,8	3,85	5,0	-
	газ зріджений	169,8	39,2	25,8	-	0,6	-
	газ стиснутий	84,2	16,29	30,8	-	-	-

Об'єм споживання етилованого бензину суб'єктами господарювання визначається за формулою:

$$M_k^{нал-ем} = Q_k^i \cdot K_{ем}, \quad (4)$$

де Q_k^i – загальний об'єм бензину, використаного k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності, кг; $K_{ем}$ – частка етилованого бензину за даними Держкомстату України.

Загальна кількість викидів j -ої забруднюючої речовини автомобілями суб'єктів підприємницької діяльності визначається як сума викидів j -ої забруднюючої речовини від споживання усіх видів палива за всіма групами автотранспорту.

Основним видом палива, що використовується автотранспортом, який знаходиться у приватній власності населення, є бензин. Частка споживання стиснутого природного газу і дизельного палива незначна. Тому при розрахунку викидів забруднюючих речовин від приватного автотранспорту враховуються викиди шкідливих речовин від спалювання бензину.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнтів впливу технічного стану автомобілів на питомі викиди забруднюючих речовин (КТС)

Групи автомобілів	Вид палива	CO	C _n H _m	NO _x	тверді домішки	SO ₂	Pb
Вантажні автомобілі	бензин	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	дизпаливо	1,5	1,4	0,95	1,8	1,0	1,0
	газ зріджений	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	газ стиснутий	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
Пасажирські автобуси	бензин	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	дизпаливо	1,5	1,4	0,95	1,8	1,0	1,0
	газ зріджений	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	газ стиснутий	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
Пасажирські легкові автомобілі	бензин	1,5	1,5	0,9	-	1,0	1,0
	дизпаливо	1,5	1,4	0,95	1,8	1,0	1,0
	газ зріджений	1,5	1,5	0,9	-	1,0	1,0
	газ стиснутий	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
Спеціальні автомобілі легкові	бензин	1,5	1,5	0,9	-	1,0	1,0
	дизпаливо	1,5	1,4	0,95	1,8	1,0	1,0
	газ зріджений	1,5	1,5	0,9	-	1,0	1,0
	газ стиснутий	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
Спеціальні автомобілі нелегові	бензин	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	дизпаливо	1,5	1,4	0,95	1,8	1,0	1,0
	газ зріджений	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0
	газ стиснутий	1,7	1,8	0,9	-	1,0	1,0

Розрахунок викидів оксиду вуглецю, вуглеводнів, окислів азоту, двоокису сірки в атмосферне повітря міст, селищ міського типу і сільської місцевості автотранспортом, що знаходиться у власності громадян, виконується за формулою:

$$V_j = B \cdot K_j \cdot Km_j, \quad (5)$$

де V_j – кількість викиду j -ої забруднюючої речовини (крім свинцю); B – об'єм спожитого бензину (етилованого і неетилованого); K_j – усереднений питомий викид j -ої забруднюючої речовини (крім свинцю) для автомобілів індивідуальних власників із двигунами внутрішнього згорання, що працюють на бензині з врахуванням міської або сільської місцевості; Km_j – коефіцієнт впливу технічного стану автомобілів на питомі викиди j -ої забруднюючої речовини.

Значення K_j и Km_j представлені в табл. 4.

Викиди свинцю визначаються за формулою:

$$V_j = B \cdot K_j \cdot Km_j \cdot K_j^3, \quad (6)$$

де V_j – кількість викиду свинцю; B – об'єм спожитого етилованого бензину; K_j^3

– частка етилованого бензину від загальної кількості спожитого бензину.

Таблиця 4 – Значення усереднених питомих викидів забруднюючих речовин та коефіцієнти впливу технічного стану автомобілів

Найменування показників	CO	NO _x	C _n H _m	SO ₂	Pb
Автомобілі індивідуальних власників із двигунами внутрішнього згорання, що працюють на бензині в міській місцевості (кг/тонн палива)	202,22	20,98	28,43	0,6	0,5
Автомобілі індивідуальних власників із двигунами внутрішнього згорання, що працюють на бензині в сільській місцевості (кг/тонн палива)	177,92	22,91	24,42	0,6	0,5
Коефіцієнт впливу технічного стану автомобілів на питомі викиди забруднюючих речовин (K _T)	1,5	0,9	1,5	-	-

Розрахунок об'єму спожитого бензину автотранспортом, що знаходиться у власності громадян у містах, селищах міського типу і сільській місцевості виконується за формулою:

$$B = K_a \cdot B_{авт} \cdot K_{ГМ} \cdot K_M, \quad (7)$$

де B – річне споживання бензину автотранспортом, що знаходиться у приватній власності громадян у містах, селищах міського типу і сільській місцевості; K_a – кількість автомобілів, що знаходяться у приватній власності громадян у містах, селищах міського типу і сільській місцевості; $B_{авт}$ – витрати палива одним автомобілем, що знаходиться у приватній власності громадян протягом року (для міської місцевості, селищ міського типу цей показник дорівнює 626 кг, для сільської місцевості – 411 кг); $K_{ГМ}$ – коефіцієнт втрати палива на роботу в умовах гірської місцевості: при висоті над рівнем моря від 500 до 1500 м – 1,05, а від 1501 до 2000 м – 1,1; K_M – коефіцієнт втрати палива на роботу в умовах міста: з населенням від 0,5 до 1,0 млн. чол. – 1,1, а з населенням понад 1 млн. чол. – 1,5.

Визначення кількості приватного автотранспорту в містах, селищах міського типу і сільській місцевості, K_a , здійснюється за формулою:

$$K_a = \frac{N_i \cdot K_{CA}}{1000}, \quad (8)$$

де K_a – кількість автомобілів, що знаходяться у приватній власності громадян у містах, селищах міського типу і сільській місцевості; N_i – середньорічна кількість наявного населення в містах ($N_{місто}$), селищах міського типу ($N_{сmt}$) і сільській місцевості ($N_{село}$) за даними форми №А-1; K_{CA} – середня кількість приватного автотранспорту, що приходить на 1000 чоловік населення району.

Показник K_a округляється до цілого числа.

Для визначення середньої кількості автомобілів, що знаходиться у приватній власності населення й приходить на 1000 жителів району, міста обласного або республіканського підпорядкування, $K_{СКА}$, використовують формулу:

$$K_{CA} = \frac{K_{ПА}}{N_{району}} \cdot 1000, \quad (9)$$

де K_{CA} – середня кількість приватного автотранспорту, що приходить на 1000 чоловік населення району, міста обласного або республіканського підпорядкування; $K_{ПА}$ – кількість приватного автотранспорту по району, місту обласного або республіканського підпорядкування за даними ДАІ; $N_{району}$ – середньорічна кількість наявного населення в районі за даними форми № А-1.

Розрахунок викидів усіх забруднюючих речовин в атмосферне повітря в містах, селищах міського типу і сільській місцевості здійснюється за формулою:

$$B_{заг} = \sum_{j=1}^4 B_j, \quad (10)$$

де $B_{заг}$ – кількість викидів усіх забруднюючих речовин від автотранспорту, що знаходиться у приватній власності населення в містах, селищах міського типу і сільській місцевості; B_j – кількість викиду j -ої забруднюючої речовини від автотранспорту, що знаходиться у приватній власності населення в містах, селищах міського типу і сільській місцевості.

Приклад розв'язування типової задачі

Задача 1. Визначити об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що експлуатується суб'єктами господарської діяльності.

Вихідні дані: Кількість спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності в одиницях об'єму Q_k^i (л, тис. м³) представлено в табл. 5.

Таблиця 5 – Кількість спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності

Вид автомобілю	Величина Q_k^i (л, тис. м ³) за видами палива			
	бензин	дизельне паливо	зріджений нафтовий газ	природний стиснутий газ
Пасажи́рські автобуси	7,83	-	-	-
Вантажні автомобілі	-	60,72	-	-
Пасажи́рські легкові автомобілі	14,92	-	8,26	37,33
Спеціальні легкові автомобілі	6,31	-	15,39	46,24
Спеціальні нелегкові автомобілі	-	23,61	9,94	-

Примітка. Автомобілі здійснюють перевезення в межах міста (міські перевезення).

Розв'язування

1. Визначаємо об'єм спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності у вагових одиницях M_k^i (кг) за формулою (2):

$$M_{ПА}^B = Q_{ПА}^B \cdot K^B = 7,83 \cdot 0,74 = 5,79 \text{ кг};$$

$$M_{ПЛА}^B = Q_{ПЛА}^B \cdot K^B = 14,92 \cdot 0,74 = 11,04 \text{ кг};$$

$$M_{СЛА}^B = Q_{СЛА}^B \cdot K^B = 6,31 \cdot 0,74 = 4,67 \text{ кг};$$

$$M_{ВА}^{ДП} = Q_{ВА}^{ДП} \cdot K^{ДП} = 60,72 \cdot 0,85 = 51,61 \text{ кг};$$

$$M_{СНА}^{ДП} = Q_{СНА}^{ДП} \cdot K^{ДП} = 23,61 \cdot 0,85 = 20,07 \text{ кг};$$

$$M_{ПЛА}^{ЗНГ} = Q_{ПЛА}^{ЗНГ} \cdot K^{ЗНГ} = 8,26 \cdot 0,55 = 4,54 \text{ кг};$$

$$M_{СЛА}^{ЗНГ} = Q_{СЛА}^{ЗНГ} \cdot K^{ЗНГ} = 15,39 \cdot 0,55 = 8,47 \text{ кг};$$

$$M_{СНА}^{ЗНГ} = Q_{СНА}^{ЗНГ} \cdot K^{ЗНГ} = 9,94 \cdot 0,55 = 5,47 \text{ кг};$$

$$M_{ПЛА}^{ПСГ} = Q_{ПЛА}^{ПСГ} \cdot K^{ПСГ} = 37,33 \cdot 0,59 = 22,03 \text{ кг};$$

$$M_{СЛА}^{ПСГ} = Q_{СЛА}^{ПСГ} \cdot K^{ПСГ} = 46,24 \cdot 0,59 = 27,28 \text{ кг}.$$

Результати розрахунку представлено у табл. 6.

Таблиця 6 – Об'єм спожитого палива за групами автомобілів

Вид автомобілю	Величина M_k^i (кг) за видами палива			
	бензин (Б)	дизпаливо (ДП)	зріджений нафтовий газ (ЗНГ)	природний стиснутий газ (ПСГ)
Пасажи́рські автобуси (ПА)	5,79	-	-	-
Вантажні автомобілі (ВА)	-	51,61	-	-
Пасажи́рські легкові автомобілі (ПЛА)	11,04	-	4,54	22,03
Спеці́альні легкові автомобілі (СЛА)	4,67	-	8,47	27,28
Спеці́альні нелегкові автомобілі (СНА)	-	20,07	5,47	-

2. Визначаємо кількість B_{jk}^i (тонни) викиду j -ої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту за формулою (1):

- пасажирськими автобусами

$$B_{CO}^B = M_{ПА}^B \cdot КПВ_{CO}^B \cdot КТС_{CO}^B = (5,79 \cdot 233,0 \cdot 1,7) \cdot 10^{-3} = 2,29 \text{ тонн};$$

$$B_{C_nH_m}^B = M_{ПА}^B \cdot КПВ_{C_nH_m}^B \cdot КТС_{C_nH_m}^B = (5,79 \cdot 56,9 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 0,593 \text{ тонн};$$

$$B_{NO_x}^B = M_{ПА}^B \cdot КПВ_{NO_x}^B \cdot КТС_{NO_x}^B = (5,79 \cdot 16,37 \cdot 0,9) \cdot 10^{-3} = 0,085 \text{ тонн};$$

$$B_{SO_x}^B = M_{ПА}^B \cdot КПВ_{SO_x}^B \cdot КТС_{SO_x}^B = (5,79 \cdot 0,6 \cdot 1,0) \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ тонн.}$$

Аналогічним чином розраховуються викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від спожитого палива *i*-го виду іншими суб'єктами господарської діяльності. Результати розрахунку представлено в табл. 7.

Таблиця 7 – Кількість викиду забруднюючих речовин за групами автомобілів

Вид автомобілю	Вид палива	Величина викиду <i>j</i> -ої забруднюючої речовини B_{jk}^i (тонни) в атмосферне повітря				
		СО	С _n Н _m	NO _x	тверді домішки	SO ₂
Пасажирські автобуси (ПА)	бензин (Б)	2,29	0,593	0,085	-	0,004
Вантажні автомобілі (ВА)	дизельне паливо (ДП)	3,13	0,491	1,47	0,358	0,258
Пасажирські легкові автомобілі (ПЛА)	бензин (Б)	3,74	0,535	0,174	-	0,007
	зріджений нафтовий газ (ЗНГ)	1,537	0,22	0,071	-	0,003
	природний стиснутий газ (ПСГ)	3,412	1,155	0,477	-	-
Спеціальні легкові автомобілі (СЛА)	бензин (Б)	1,581	0,226	0,073	-	0,003
	зріджений нафтовий газ (ЗНГ)	2,868	0,41	0,133	-	0,005
	природний стиснутий газ (ПСГ)	4,225	1,43	0,591	-	-
Спеціальні нелегкові автомобілі (СНА)	дизельне паливо (ДП)	1,216	0,191	0,572	0,139	0,1
	зріджений нафтовий газ (ЗНГ)	2,099	0,54	0,086	-	0,003
Всього за всіма групами автомобілів та видами палива		26,1	5,791	3,732	0,497	0,383

Кількість викиду *i*-ої забруднюючої речовини в атмосферне повітря автотранспортом, що використовується суб'єктами господарської діяльності за видами палива представлено в табл. 8.

Таблиця 8 – Кількість викиду забруднюючих речовин за видами палива

Вид палива	Величина викиду j -ої забруднюючої речовини B_{jk}^i (тонни) в атмосферне повітря				
	CO	C _n H _m	NO _x	тверді домішки	SO ₂
бензин	7,611	1,354	0,332	-	0,014
дизельне паливо	4,346	0,682	2,042	0,497	0,358
зріджений нафтовий газ	6,504	1,17	0,29	-	0,011
природний стиснутий газ	7,637	2,585	1,068	-	-

Аналіз проведених розрахунків свідчить, що в найбільшій кількості в атмосферне повітря надходять такі забруднюючі речовини як оксид вуглецю (26,1 тонна), вуглеводні (5,791 тонна) і оксид азоту (3,732 тонни).

Вантажні автомобілі, що працюють на дизельному паливі, на відміну від всіх інших груп автотранспорту, викидають в атмосферне повітря тверді домішки і найбільшу кількість двоокису сірки.

Проаналізувавши розраховану кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря за видами палива, можна відзначити, що найбільша кількість викидів оксиду вуглецю надходить в атмосферу, коли в якості палива використовується стиснутий природний газ (7,637 тонн), бензин (7,611 тонн) і зріджений нафтовий газ (6,504 тонни). Найбільша кількість вуглеводнів надходить в атмосферне повітря, коли в якості палива використовується стиснутий природний газ (2,585 тонн), оксиду азоту і двоокису сірки – дизельне паливо (2,042 і 0,358 тонни відповідно).

Таким чином, стиснутий природний газ є основним джерелом забруднення атмосферного повітря вуглеводнями, дизельне паливо – оксидом азоту, двоокисом сірки і твердими домішками, і усі види палива в більшій або меншій мері є джерелами забруднення атмосфери оксидом вуглецю.

Задача 2. Визначити об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що знаходиться у приватній власності населення.

Вихідні дані:

Визначити кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста, селища міського типу і сільської місцевості автомобільним транспортом, що знаходиться у приватній власності населення. Чисельність населення обраного району становить $N_{району}=70500$ чоловік. Чисельність населення міста $N_{міста}$ та селища міського типу $N_{снт}$ становить 15000 і 7000 чоловік відповідно. Кількість автомобільного транспорту ($K_{ПА}$), що знаходиться у власності населення району, становить 6500 одиниць.

Розв'язування.

1. Визначаємо середню кількість автомобілів, що знаходиться у приватній

власності населення й приходить на 1000 жителів району (K_{CA}), згідно з формулою (9):

$$K_{CA} = \frac{K_{ПА}}{N_{району}} \cdot 1000 = \frac{6500}{70500} \cdot 1000 = 92,2.$$

2. Визначаємо кількість приватного автотранспорту в місті, селищі міського типу і сільській місцевості, K_a , за формулою (8). При цьому показник K_a округляється до цілого числа.

$$K_a^{місто} = \frac{N_{місто} \cdot K_{CA}}{1000} = \frac{15000 \cdot 92,2}{1000} = 1383 \text{ автомобіля};$$

$$K_a^{смт} = \frac{N_{смт} \cdot K_{CA}}{1000} = \frac{7000 \cdot 92,2}{1000} = 645,4 \approx 646 \text{ автомобіля};$$

$$K_a^{село} = \frac{N_{село} \cdot K_{CA}}{1000} = \frac{(N_{району} - N_{місто} - N_{смт}) \cdot K_{CA}}{1000} = \frac{(70500 - 15000 - 7000) \cdot 92,2}{1000} = 4471,7 \approx$$

≈ 4472 автомобіля.

3. Визначаємо річне споживання бензину автотранспортом, що знаходиться у приватній власності громадян у місті, селищі міського типу і сільській місцевості за формулою (7):

$$B^{місто} = K_a^{місто} \cdot B_{авт} \cdot K_{ГМ} \cdot K_M = (1383 \cdot 626 \cdot 1 \cdot 1) \cdot 10^{-3} = 865,758 \text{ тонн};$$

$$B^{смт} = K_a^{смт} \cdot B_{авт} \cdot K_{ГМ} \cdot K_M = (646 \cdot 626 \cdot 1 \cdot 1) \cdot 10^{-3} = 404,396 \text{ тонн};$$

$$B^{село} = K_a^{село} \cdot B_{авт} \cdot K_{ГМ} \cdot K_M = (4472 \cdot 626 \cdot 1 \cdot 1) \cdot 10^{-3} = 2800,952 \text{ тонн}.$$

4. Визначаємо кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста, селища міського типу і сільської місцевості автомобільним транспортом, що знаходиться у власності громадян, за формулою (5):

$$V_{CO}^{місто} = B^{місто} \cdot K_{CO} \cdot Km_{CO} = (865,758 \cdot 202,22 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 262,61 \text{ тонна};$$

$$V_{C_nH_m}^{місто} = B^{місто} \cdot K_{C_nH_m} \cdot Km_{C_nH_m} = (865,758 \cdot 28,43 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 36,92 \text{ тонн};$$

$$V_{NO_x}^{місто} = B^{місто} \cdot K_{NO_x} \cdot Km_{NO_x} = (865,758 \cdot 20,98 \cdot 0,9) \cdot 10^{-3} = 16,35 \text{ тонн};$$

$$V_{SO_x}^{місто} = B^{місто} \cdot K_{SO_x} \cdot Km_{SO_x} = (865,758 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3} = 0,52 \text{ тонн};$$

$$V_{CO}^{смт} = B^{смт} \cdot K_{CO} \cdot Km_{CO} = (404,396 \cdot 202,22 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 122,67 \text{ тонн};$$

$$V_{C_nH_m}^{смт} = B^{смт} \cdot K_{C_nH_m} \cdot Km_{C_nH_m} = (404,396 \cdot 28,43 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 17,25 \text{ тонн};$$

$$V_{NO_x}^{смт} = B^{смт} \cdot K_{NO_x} \cdot Km_{NO_x} = (404,396 \cdot 20,98 \cdot 0,9) \cdot 10^{-3} = 7,64 \text{ тонн};$$

$$V_{SO_x}^{смт} = B^{смт} \cdot K_{SO_x} \cdot Km_{SO_x} = (404,396 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ тонн};$$

$$V_{CO}^{село} = B^{село} \cdot K_{CO} \cdot Km_{CO} = (2800,952 \cdot 202,22 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 840,2856 \text{ тонн};$$

$$V_{C_nH_m}^{село} = B^{село} \cdot K_{C_nH_m} \cdot Km_{C_nH_m} = (2800,952 \cdot 28,43 \cdot 1,5) \cdot 10^{-3} = 117,8436 \text{ тонн};$$

$$V_{NO_x}^{село} = B^{село} \cdot K_{NO_x} \cdot Km_{NO_x} = (2800,952 \cdot 22,91 \cdot 0,9) \cdot 10^{-3} = 70,0250 \text{ тонн};$$

$$V_{SO_x}^{село} = B^{село} \cdot K_{SO_x} \cdot Km_{SO_x} = (2800,952 \cdot 0,6) \cdot 10^{-3} = 1,6805712 \text{ тонн}.$$

5. Визначаємо кількість викидів усіх забруднюючих речовин в атмосферне

повітря від автомобільного транспорту, що знаходиться у приватній власності населення обраного району за формулою (10):

$$B_{заг}^{місто} = \sum_{j=1}^4 B_j^{місто} = (262,61 + 36,92 + 16,35 + 0,52) = 316,4 \text{ тонни};$$

$$B_{заг}^{смит} = \sum_{j=1}^4 B_j^{смит} = (122,67 + 17,25 + 7,64 + 0,24) = 147,8 \text{ тонн};$$

$$B_{заг}^{село} = \sum_{j=1}^4 B_j^{село} = (490,52 + 67,33 + 37,9 + 1,1) = 596,85 \text{ тонн.}$$

Результати розрахунку представлено у табл. 9.

Таблиця 9 – Кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспорту, що знаходиться у власності громадян

	Величина B_j (тонни) за основними забруднюючими речовинами				$B_{заг}$, тонни
	CO	C _n H _m	NO _x	SO ₂	
Місто	262,61	36,92	16,35	0,52	316,4
Селище міського типу	122,67	17,25	7,64	0,24	147,8
Сільська місцевість	490,52	67,33	37,9	1,1	596,85
Усього по району	875,8	121,5	61,89	1,86	1061,05

За результатом проведених розрахунків можна зробити висновок, що найбільша кількість викидів забруднюючих речовин надходить в атмосферне повітря від автотранспорту, що знаходиться у приватній власності населення, що мешкає у сільській місцевості (596,85 тонн). Автотранспорт, що знаходиться у приватній власності населення міста, викидає в атмосферу в 1,9 разів менше шкідливих речовин (316,4 тонни). Що стосується складу викидів, то в найбільшій кількості при роботі автотранспорту на бензині в атмосферне повітря надходить оксид вуглецю (875,8 тонн), вуглеводні (121,5 тонн) і оксид азоту (61,89 тонн).

Контрольне завдання

1. Визначити кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що експлуатується суб'єктами господарської діяльності. Кількість спожитого палива i -го виду k -ою групою автотранспорту суб'єктів господарської діяльності в одиницях об'єму Q_k^i (л, тис. м³) відповідно до варіанта завдання, наведено в табл. 10.

2. Визначити кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що знаходиться у приватній власності населення, відповідно до варіанта завдання, наведеного в табл. 11.

Таблиця 10 – Вихідні дані для розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що експлуатується суб'єктами господарської діяльності

	Варіант													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Q_k^i , тис. л (тис. м ³):														
Бензин														
пасажирські автобуси	2,2	2,1	2,25	2,16	2,18	2,14	2,15	2,21	2,17	2,22	2,11	2,24	2,12	2,18
пасажирські легкові	8,6	8,37	8,64	8,51	8,45	8,61	8,7	8,59	8,67	8,71	8,63	8,58	8,66	8,48
спеціальні легкові	3,9	4,0	4,11	3,91	4,02	4,13	4,2	3,92	4,15	4,03	4,21	3,93	4,16	4,04
Дизельне паливо														
вантажні	42,16	43,01	44,1	42,5	43,11	45,0	44,0	43,17	42,79	45,2	44,06	43,05	42,34	44,21
спеціальні нелегкові	10,98	11,8	13,0	12,53	10,99	11,9	12,68	11,0	13,2	12,32	11,5	13,3	12,47	11,7
Зріджений нафтовий газ														
спеціальні нелегкові	3,7	3,71	3,81	3,91	4,0	3,72	3,83	3,94	4,06	3,73	3,85	3,97	4,09	3,74
пасажирські легкові	6,4	7,1	8,01	6,53	7,29	8,12	6,42	7,16	8,06	6,69	7,17	8,0	6,82	7,93
спеціальні легкові	7,9	7,99	8,29	7,91	8,41	8,0	7,92	8,22	8,05	7,93	8,3	8,1	7,94	8,37
Природний стислий газ														
пасажирські легкові	21,9	22,0	22,9	21,91	22,1	22,88	21,92	22,2	22,74	21,93	22,3	22,68	21,94	22,25
спеціальні легкові	19,2	21,01	20,0	19,31	21,1	20,06	19,32	19,82	20,09	19,37	19,95	20,15	19,39	19,76
2. Район перевезень	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”

Примітка: „М” – міські перевезення; „С” – перевезення по сільській місцевості.

		Варіант													
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1. Q_k^j , тис. л (тис. м ³):															
Бензин															
пасажирські автобуси	2,13	2,19	2,23	2,3	2,31	2,26	2,29	2,34	2,25	2,32	2,36	2,28	2,35		
пасажирські легкові	8,62	8,5	8,47	8,73	8,68	8,57	8,49	8,72	8,65	8,56	8,69	8,74	8,59		
спеціальні легкові	3,94	4,17	4,05	4,22	3,95	4,18	4,06	4,23	3,96	4,19	4,07	3,97	4,24		
Дизельне паливо															
вантажні	42,42	43,62	44,27	45,15	42,88	43,25	44,14	45,25	42,73	43,39	44,65	45,17	44,23		
спеціальні нелегові	11,5	12,83	13,23	11,65	13,5	12,61	13,46	11,58	13,18	12,74	11,74	13,6	12,9		
Зріджений нафтовий газ															
спеціальні нелегові	3,86	3,98	4,08	3,75	3,84	3,96	4,05	3,76	3,88	3,91	3,77	3,95	4,04		
пасажирські легкові	8,14	6,33	7,55	8,19	6,95	7,06	8,09	6,57	7,41	8,18	6,48	7,76	8,2		
спеціальні легкові	8,15	7,95	8,2	8,5	7,96	8,23	8,52	7,97	8,25	8,57	7,98	8,22	8,34		
Природний стиснутий газ															
пасажирські легкові	22,73	21,95	22,17	22,93	21,96	22,06	22,94	21,97	22,24	22,99	21,98	22,29	22,85		
спеціальні легкові	20,17	19,88	19,22	20,2	19,78	19,24	20,3	19,91	19,16	20,4	19,67	20,5	19,19		
2. Район перевезень	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”	„С”	„М”		

Примітка: „М” – міські перевезення; „С” – перевезення по сільській місцевості.

Таблиця 11 – Вихідні дані для розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автомобільним транспортом, що знаходиться у приватній власності населення

	Варіант													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. $N_{\text{сміт}}$, чол.	4286	5034	4627	4924	4831	5143	4829	4933	5173	4335	4428	4560	4672	4709
2. $N_{\text{місто}}$, чол.	12137	11333	11627	11720	11560	12069	11965	12000	12341	11893	12208	11977	11649	12301
3. $N_{\text{району}}$, чол.	50927	50300	50864	50527	50779	52664	50679	51933	52053	50635	50824	50991	51266	51305
4. $K_{\text{ПА}}$, одиниць	3598	3779	3801	3962	3999	4052	3847	3958	4121	3507	3669	3794	3827	3906
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
1. $N_{\text{сміт}}$, чол.	4506	4626	4733	4829	4943	5045	5150	4521	4647	4739	4840	4989	5006	
2. $N_{\text{місто}}$, чол.	11635	11728	11834	12069	12154	12241	11698	11753	11881	11906	12207	12314	12565	
3. $N_{\text{району}}$, чол.	51629	51748	51801	52431	52501	52626	51930	50599	50839	51592	51634	50905	51575	
4. $K_{\text{ПА}}$, одиниць	4236	4344	4429	3996	3845	4057	4148	4251	4306	3809	3972	4099	4117	

Питання для самоконтролю

1. Які види палива використовуються для роботи автотранспорту?
2. Які забруднюючі речовини потрапляють в атмосферне повітря при роботі двигунів внутрішнього згорання на тому чи іншому виді палива?
3. Які величини враховуються при розрахунку об'єму використаного палива автотранспортом?
4. Які величини враховуються при розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від окремих видів палива суб'єктами господарської діяльності?
5. Які величини враховуються при розрахунку об'єму використаного бензину автотранспортом, що знаходиться у приватній власності населення?
4. Які величини враховуються при розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автотранспортом, що знаходиться у приватній власності населення?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

РОЗРАХУНОК І ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВЗДОВЖ АВТОДОРОГИ

Мета роботи: розрахувати і надати оцінку рівня забруднення придорожніх земель викидами свинцю та обрати захисні заходи щодо зниження ширини їх розповсюдження за умови реконструкції автодороги або у разі відмови від неї.

Методика розрахунку. При роботі двигунів внутрішнього згорання автомобілів утворюються "умовно тверді" викиди, що складаються з аерозольних і пилоподібних частинок. У найбільших кількостях викидаються з'єднання свинцю й сажа. Найбільшу небезпеку для біосфери представляє накопичення в ґрунті сполук свинцю, що обумовлено високою доступністю його рослинам і переходом по ланках харчового ланцюга у тварин, птахів і людину. Викиди сполук свинцю відбуваються при роботі двигунів внутрішнього згорання автомобілів на етилованому бензині. Близько 20% загальної кількості свинцю розноситься з газами, що відробили, у вигляді аерозолів, а 80% випадає у вигляді твердих частинок і водорозчинних сполук на поверхні прилягаючих до дороги земель.

Потужність емісії свинцю P_E , мг/м добу, при середньодобовій інтенсивності руху за розрахунковий період визначаємо за формулою:

$$P_E = K_{II} \cdot m_p \cdot K_T \cdot K_O \cdot \left(\sum G_i \cdot P_i \cdot N_i \right), \quad (11)$$

де K_{II} – коефіцієнт перерахунку ($K_{II}=0,74$); m_p – коефіцієнт, що враховує дорожні умови (рис. 1); K_T – коефіцієнт, що враховує долю свинцю, який викидається у вигляді твердих частинок від загального об'єму викидів ($K_T=0,8$); K_O – коефіцієнт, що враховує осідання свинцю в системі випуску відробивши газів автомобілів ($K_O=0,8$); G_i – середні експлуатаційні витрати палива для даного типу автомобілів (табл. 12), л/км; N_i – середньодобова інтенсивність

руху автомобілів даного типу, авт./добу; P_i – вміст добавки свинцю в паливі, що застосовується в автомобілі даного типу, г/кг (у бензині марок А-76 і АИ-93 міститься 0,17 г/кг і 0,37 г/кг сполук свинцю, відповідно).

Таблиця 12 – Середні експлуатаційні норми витрати палива

Тип автомобілю	Значення G_i , л/км
1. Легкові автомобілі	0,11
2. Малі вантажні автомобілі карбюраторні (до 5 тон)	0,16
3. Вантажні автомобілі карбюраторні (5 тон і більше)	0,33
4. Вантажні автомобілі дизельні	0,34
5. Автобуси карбюраторні	0,37

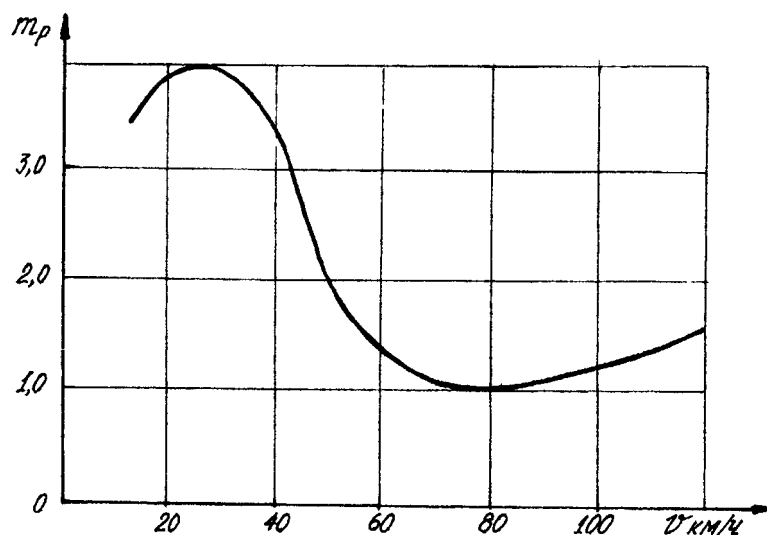


Рис. 1 Залежність коефіцієнта m_p від середньої швидкості транспортного потоку V , км/год.

Величину відкладення свинцю на поверхні землі P_n , мг/м², визначаємо за формулою:

$$P_n = (0,4 \cdot K_l \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F, \quad (12)$$

де K_l – коефіцієнт, що враховує відстань l , м, від краю проїзної частини (табл. 13); φ – коефіцієнт, що залежить від сили і напрямку вітру; T_p – розрахунковий термін експлуатації автодороги за добу ($T_p=20$ років=7300 діб); F – фонове забруднення поверхні землі, мг/м².

Таблиця 13 – Величина K_l від відстані l до краю проїзної частини

l , м	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200
K_l	0,5	0,1	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0002

Рівень забруднення поверхневого шару ґрунту (РЗП) свинцем P_c , мг/кг, на різній відстані від краю проїзної частини автодороги визначаємо за формулою:

$$P_c = \frac{P_{\Pi}}{h \cdot \rho}, \quad (13)$$

де h – товщина ґрунтового шару, м, у якому розподіляються викиди свинцю (на орних землях $h=0,2$ м, на інших видах угідь $h=0,1$ м); ρ – щільність ґрунту, кг/м³.

Результати розрахунку, як для варіанта реконструкції автодороги, так і у разі відмови від неї представляємо графічно в координатах P_c і l та зіставляємо з ГДК свинцю в ґрунті, що дорівнює за загально-санітарним показником 32 мг/кг.

За допомогою побудованого графіка необхідно визначити ширину смуги від краю проїзної частини автодороги, у якій перевищено ГДК_{рб}, для обох варіантів і зробити висновок про вплив реконструкції автодороги на цей екологічний показник.

Якщо ширина забруднення придорожньої смуги свинцем перетинає границю сільгоспугідь, варто розрахувати величину перевищення нормативу ГДК_{рб} в ґрунті у розрахунковій точці на границі сільгоспугідь та передбачити захисні заходи, екологічну ефективність яких оцінюємо за табл. 14.

Величину перевищення нормативу ГДК_{рб} в ґрунті визначаємо за формулою:

$$\Delta = \frac{P_c - \text{ГДК}_{\text{рб}}}{P_c} \cdot 100\%. \quad (14)$$

Таблиця 14 – Заходи щодо зниження концентрації забруднюючих речовин

Заходи	Відсоток зниження концентрації забруднювача, %
1. Один ряд дерев з чагарником висотою до 1,5 м на смузі газону 3-4 м	10
2. Два ряди дерев без чагарнику на газоні 8-10 м	15
3. Два ряди дерев з чагарником на газоні 10-12 м	30
4. Три ряди дерев із двома рядами чагарнику на смузі газону 15-20 м	40
5. Чотири ряди дерев з чагарником висотою 1,5 м на смузі газону 25-30 м	50
6. Суцільні екрани, стіни будинків висотою більш 5 м від рівня проїзної частини	70
7. Земляні насипи, укоси при прокладанні дороги у виїмці при різниці відміток 2-3 м	50
8. Теж, 3-5 м	60
9. Теж, більше 5 м	70

За табл. 14 обираємо найбільш прийнятний захисний захід. Перелік захисних заходів складено у порядку зростання приведених витрат на зведення й утримання об'єктів природоохоронного призначення. При цьому необхідно прагнути до досягнення безпечного РЗП у розрахунковій точці на границі сільгоспугідь, але з найменшими витратами.

У підсумку необхідно зробити висновок за результатами розрахунку й оцінки РЗП свинцем, як для випадку реконструкції автодороги, так і у разі відмови від неї. У випадку погіршення показника РЗП у пришляховій смузі після проведення реконструкції автодороги необхідно відмовитися від неї. У випадку відмовлення від реконструкції автодороги пропонується перелік захисних заходів, що забезпечують безпечний РЗП свинцем.

Приклад розв'язування типової задачі

Задача. Виконати розрахунок і оцінити рівень забруднення пришляхових земель викидами свинцю за вихідними даними (табл. 15) й обрати захисні заходи щодо зменшенню ширини їхнього поширення в умовах: I) реконструкції дороги; II) у випадку відмови від неї.

Виходячи з рози вітрів, коефіцієнт $\varphi=0,8$; фонове забруднення відсутнє; тип земель – орні з $\rho=1500$ кг/м³; шифри типів автомобілів у транспортному потоці відповідають позначенням у табл. 12.

Таблиця 15 – Індивідуальні вихідні дані для розрахунку задачі

Показник	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
1. Середня інтенсивність руху автотранспорту у розрахунковий період	N_a	авт./добу	7000
2. Розподіл автомобілів за типами:			
- легкові автомобілі	N_1	%	20
- малі вантажні автомобілі карбюраторні	N_2	%	20
- вантажні автомобілі карбюраторні	N_3	%	20
- вантажні автомобілі дизельні	N_4	%	20
- автобуси карбюраторні	N_5	%	20
3. Середня швидкість руху транспортного потоку:			
- для варіанта реконструкції автодороги	V_1	км/год.	100
- у разі відмови від реконструкції	V_2	км/год.	80

Середня інтенсивність руху в розрахунковий період N_a , авт./добу; середня

швидкість руху транспортного потоку для варіанта реконструкції автодороги V_1 , км/год., і у разі відмови від неї – V_2 , км/год. Легкові автомобілі використовують бензин АИ-93, а вантажні (карбюраторні) – А-76. Сільгоспугіддя починаються на відстані 60 м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги.

Розв'язування.

1. Визначаємо середньодобову інтенсивність руху автотранспорту за типами автомобілів N_i , авт./добу. Результати розрахунку наведено в табл. 16.

Таблиця 16 – Середньодобова інтенсивність руху автотранспорту за типами автомобілів

	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
%	100	20	20	20	20	20
авт./добу	7000	1400	1400	1400	1400	1400

2. Визначаємо потужність емісії свинцю P_E , мг/м добу, при середньодобовій інтенсивності руху за розрахунковий період для варіанта реконструкції автодороги P_E^I або у разі відмови від неї P_E^{II} за формулою (11):

$$P_E^I = K_{II} \cdot m_p^I \cdot K_T \cdot K_O \cdot (\sum G_i \cdot P_i \cdot N_i) =$$

$$= 0,74 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot (0,11 \cdot 0,37 \cdot 1400 + 0,16 \cdot 0,17 \cdot 1400 +$$

$$+ 0,33 \cdot 0,17 \cdot 1400 + 0,34 \cdot 0,17 \cdot 1400 + 0,37 \cdot 0,17 \cdot 1400) = 0,592 \cdot 342,58 =$$

$$= 202,81 \text{ мг/м добу.}$$

$$P_E^{II} = K_{II} \cdot m_p^{II} \cdot K_T \cdot K_O \cdot (\sum G_i \cdot P_i \cdot N_i) =$$

$$= 0,74 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot (0,11 \cdot 0,37 \cdot 1400 + 0,16 \cdot 0,17 \cdot 1400 +$$

$$+ 0,33 \cdot 0,17 \cdot 1400 + 0,34 \cdot 0,17 \cdot 1400 + 0,37 \cdot 0,17 \cdot 1400) = 0,4736 \cdot 342,58 =$$

$$= 162,25 \text{ мг/м добу.}$$

3. Визначаємо величини відкладення свинцю на поверхні землі P_n , мг/м², на відстанях від зовнішнього краю проїзної частини автодороги, зазначених у табл. 13, для варіанта реконструкції автодороги P_{II}^I за формулою (12):

- на відстані 10 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{10} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 236882,08$$

$$\text{мг/м}^2;$$

- на відстані 20 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{20} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 47376,42 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 30 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{30} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,06 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 28425,85$$

$$\text{мг/м}^2;$$

- на відстані 40 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{40} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,04 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 18950,57 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 50 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{50} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,03 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 14212,93 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 60 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{60} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,02 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 9475,28 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 80 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{80} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,01 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 4737,64 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 100 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{100} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,005 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 2368,82$$

мг/м²;

- на відстані 150 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{150} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,001 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 473,76 \text{ мг/м}^2;$$

- на відстані 200 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_{II}^I = (0,4 \cdot K_{200} \cdot \varphi \cdot T_p \cdot P_E) + F = 0,4 \cdot 0,0002 \cdot 0,8 \cdot 7300 \cdot 202,81 = 94,75 \text{ мг/м}^2.$$

Аналогічним чином розраховуються величини відкладення свинцю на поверхні землі на відстанях від зовнішнього краю проїзної частини автодороги, зазначених у табл. 13, для варіанта відмови від реконструкції автодороги P_{II}'' . Результати розрахунку представлено у табл. 17.

4. Визначаємо рівень забруднення поверхневого шару ґрунту свинцем P_C (мг/кг) на відстанях від зовнішнього краю проїзної частини автодороги для варіанта реконструкції автодороги P_C^I за формулою (13):

- на відстані 10 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{236882,08}{0,2 \cdot 1500} = 1579,21 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 20 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{47376,42}{0,2 \cdot 1500} = 315,84 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 30 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{28425,85}{0,2 \cdot 1500} = 189,51 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 40 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{18950,57}{0,2 \cdot 1500} = 126,34 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 50 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{14212,93}{0,2 \cdot 1500} = 94,75 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 60 м від краю проїзної частини автодороги

$$P_C^I = \frac{P_{II}^I}{h \cdot \rho} = \frac{9475,28}{0,2 \cdot 1500} = 63,17 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 80 м від краю проїзної частини автодороги

$$P'_C = \frac{P''_{II}}{h \cdot \rho} = \frac{4737,64}{0,2 \cdot 1500} = 31,58 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 100 м від краю проїзної частини автодороги

$$P'_C = \frac{P''_{II}}{h \cdot \rho} = \frac{2368,82}{0,2 \cdot 1500} = 15,79 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 150 м від краю проїзної частини автодороги

$$P'_C = \frac{P''_{II}}{h \cdot \rho} = \frac{473,76}{0,2 \cdot 1500} = 3,16 \text{ мг/кг};$$

- на відстані 200 м від краю проїзної частини автодороги

$$P'_C = \frac{P''_{II}}{h \cdot \rho} = \frac{94,75}{0,2 \cdot 1500} = 0,63 \text{ мг/кг}.$$

Аналогічним чином розраховується рівень забруднення поверхневого шару ґрунту свинцем на відстанях від зовнішнього краю проїзної частини автодороги для варіанта відмови від реконструкції автодороги P''_C . Результати розрахунку представлено у табл. 17.

Таблиця 17 – Значення величин відкладення свинцю на поверхні землі та рівень забруднення поверхневого шару ґрунту свинцем для варіанта реконструкції автодороги або у разі відмови від неї

$l, \text{ м}$	P''_{II}	P''_{II}	P'_C	P''_C
10	236882,08	189508	1579,21	1263,39
20	47376,42	37901,6	315,84	252,68
30	28425,85	22740,96	189,51	151,61
40	18950,57	15160,64	126,34	101,07
50	14212,93	11370,48	94,75	75,8
60	9475,28	7580,32	63,17	50,54
80	4737,64	3790,16	31,58	25,27
100	2368,82	1895,08	15,79	12,63
150	473,76	379,02	3,16	2,53
200	94,75	75,8	0,63	0,51

Результати розрахунку, як для варіанта реконструкції автодороги, так і у разі відмови від неї представляємо графічно на рис. 2 в координатах P_C і l та зіставляємо з ГДК свинцю в ґрунті, що дорівнює за загально-санітарним показником 32 мг/кг.

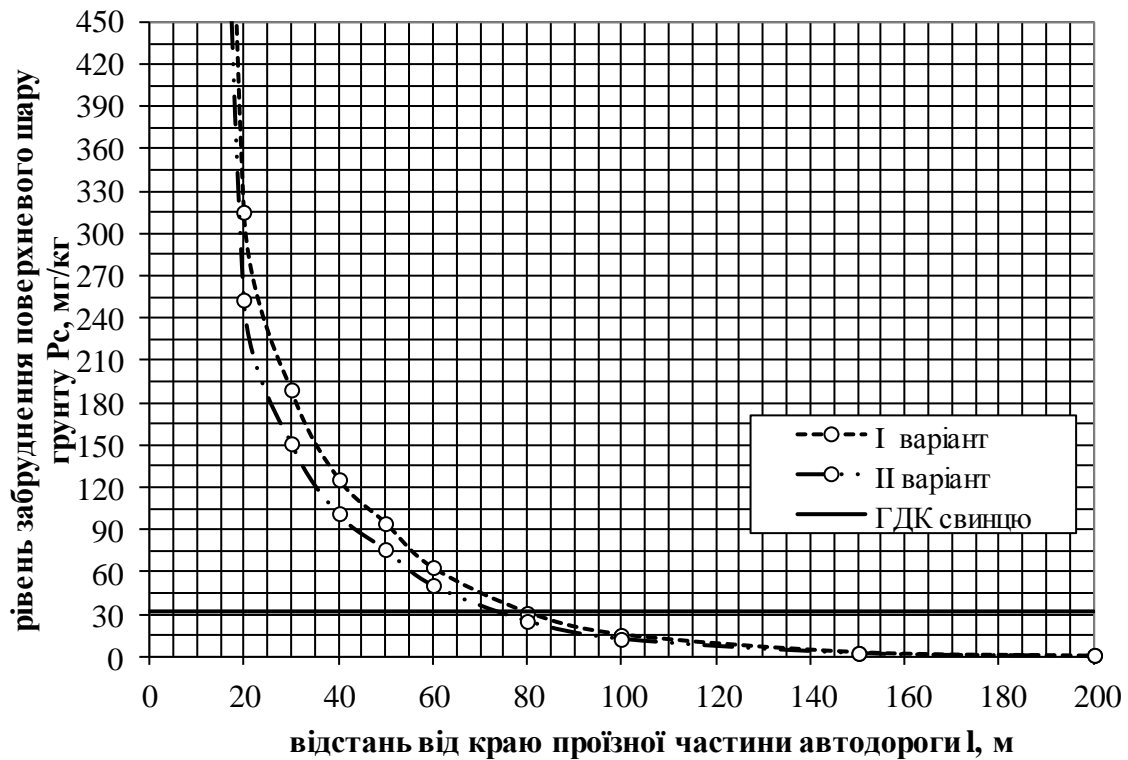


Рис. 2. Графік забруднення поверхневого шару ґрунту свинцем від краю проїзної частини за умов реконструкції автодороги або у разі відмови від неї

Оскільки ширина забруднення придорожньої смуги свинцем перетинає границю сільгоспугідь, що розпочинається на відстані $l=60$ м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги, варто розрахувати величину перевищення нормативу ГДК_{рб} у ґрунті в розрахунковій точці на границі сільгоспугідь для варіанта реконструкції автодороги або у разі відмови від неї за формулою (14):

$$\Delta^I = \frac{P_C^I - \text{ГДК}_{\text{рб}}}{P_C^I} \cdot 100\% = \frac{63,17 - 32}{63,17} \cdot 100 = 49,34\% .$$

$$\Delta^{II} = \frac{P_C^{II} - \text{ГДК}_{\text{рб}}}{P_C^{II}} \cdot 100\% = \frac{50,54 - 32}{50,54} \cdot 100 = 36,68\% .$$

Оскільки після реконструкції автодороги концентрація свинцю в розрахунковій точці на границі сільгоспугідь (на відстані $l=60$ м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги) не знижується й величина перевищення нормативу ГДК_{рб} у ґрунті вище, ніж у другому випадку, необхідно відмовитися від реконструкції автодороги та передбачити найбільш прийнятні захисні заходи щодо зниження концентрації свинцю, які забезпечують безпечний рівень забруднення ґрунтів (РЗП) свинцем.

Аналізуючи запропоновані у табл. 14 захисні заходи, в даному випадку можливо запропонувати висадити три ряди дерев з двома рядами чагарнику на смузі газону 15-20 м. У такому випадку можливо досягти зниження концентрації свинцю у ґрунті у розрахунковій точці на границі сільгоспугідь (на відстані $l=60$ м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги) на 40%.

Контрольне завдання

Виконати розрахунок і оцінити рівень забруднення пришляхових земель викидами свинцю за вихідними даними (табл. 18) й обрати захисні заходи щодо зменшенню ширини їхнього поширення в умовах: I) реконструкції дороги; II) у випадку відмови від неї.

Таблиця 18 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	N_a , авт./добу	Розподіл автомобілів за типами, %					V_1 , км/год.	V_2 , км/год.
		1	2	3	4	5		
1	6200	40	5	30	20	5	70	30
2	6000	35	10	30	20	5	90	35
3	5000	35	10	30	15	10	80	40
4	4000	40	5	25	20	10	75	45
5	3000	35	10	20	30	5	85	50
6	3500	45	2	28	22	3	90	30
7	6700	50	5	5	30	10	80	35
8	4500	35	15	25	25	0	75	40
9	5200	25	15	25	25	10	90	45
10	5500	20	20	20	20	20	70	50
11	6100	40	5	30	20	5	75	30
12	6300	35	10	30	20	5	85	35
13	6500	40	5	30	15	10	90	40
14	6800	35	5	30	30	0	70	45
15	4300	35	10	20	30	5	80	50
16	4800	45	10	30	15	0	85	30
17	6900	50	5	5	30	10	75	35
18	3900	35	15	25	20	5	70	40
19	4600	25	15	25	25	10	85	45
20	3700	20	20	20	20	20	75	50
21	4100	35	10	25	25	5	80	30
22	5200	35	10	30	20	5	70	35
23	5800	40	10	30	20	0	85	40
24	4900	45	5	20	25	5	80	45
25	3800	30	15	25	30	0	90	50

Виходячи з рози вітрів, коефіцієнт $\varphi=0,7$; фонове забруднення відсутнє; тип земель – орні з щільністю $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$; шифри типів автомобілів у транспортному потоці відповідають позначенням у табл. 12.

Середня інтенсивність руху в розрахунковий період N_a , авт./добу; середня швидкість руху транспортного потоку для варіанта реконструкції автодороги V_1 , км/год., і у разі відмови від неї – V_2 , км/год. Легкові автомобілі використовують бензин АИ-93, а вантажні (карбюраторні) – А-76.

Сільгоспугіддя починаються на відстані 50 м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги.

Питання для самоконтролю

1. Від яких показників залежить величина потужності емісії (викиду) свинцю до навколишнього середовища при роботі двигунів внутрішнього згорання автотранспорту?
2. Які показники використовуються при розрахунку величини відкладення свинцю на поверхні землі?
3. Як визначити рівень забруднення поверхневого шару ґрунту свинцем на різній відстані від краю проїзної частини автомобільної дороги?
4. Які захисні заходи можна запропонувати для зменшення ширини забруднення придорожній смуги свинцем?
5. Як визначити величину перевищення нормативу гранично допустимої концентрації (ГДК) свинцю у ґрунті?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

РОЗРАХУНОК І ОЦІНКА ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ З АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Мета роботи: Визначити поверхневий стік і гранично допустиму концентрацію (ГДС) забруднюючих речовин у водотік з автодороги та оцінити величину фактичного скиду цих речовин з поверхневими стічними водами за кожним інгредієнтом.

Методика розрахунку. Пил, продукти зносу покриття, шин і гальмових колодок, викиди від роботи двигунів внутрішнього згорання автомобілів, матеріали, що використовують для боротьби з ожеледдю та ін., що осідають на покритті автомобільних доріг, призводять (при змиві дощовими і поталими водами) до насичення вод поверхневого стоку різними забруднюючими речовинами, які потім можуть потрапити у водотоки і водойми.

Оцінку забруднення поверхневого стоку (скиду) з автомобільних доріг і визначення необхідності його очищення варто робити розрахунком у наступній послідовності:

1. Спочатку необхідно визначити витрати дощових вод Q_B^D , л/с, за формулою:

$$Q_B^D = q_{y\partial} \cdot F \cdot K, \quad (15)$$

де $q_{y\partial}$ – питомі витрати дощових вод, л/с в розрахунку на 1 га (приймаємо $q_{y\partial}=4$ л/с на 1 га); F – площа (не більш 5 га) ділянки автодороги (моста), що дорівнює добуткові довжини ділянки на ширину частини дороги, з яких вода буде надходити у водотік, або на відстань у світлі між поручами для мостів, га; K – коефіцієнт, що враховує зміну питомих витрат води в залежності від середнього подовжнього ухилу ділянки дороги або моста, який приймаємо за табл. 19.

Таблиця 19 – Значення коефіцієнту K в залежності від середнього подовжнього ухилу дороги i

$i, \%$	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
K	0,56	0,8	0,87	0,94	1	1,05	1,18	1,35	1,48	1,59	1,69	1,77	1,85	1,92	1,99	2,12

2. Витрати поталих вод Q_B^T , л/с, визначаються за формулою:

$$Q_B^T = 0,5 \cdot F \cdot h_c \cdot K_c, \quad (16)$$

де 0,5 – коефіцієнт перерахунку; h_c – шар стоку за 10 денних годин, мм (приймаємо $h_c=20$ мм); K_c – коефіцієнт, що враховує підгортання снігу (розпушення злежалого сніжного замету) ($K_c=0,8$).

3. Величину фактичного скиду ($M_i^{\text{ФАКТ}}$), г/с, i -ої забруднюючої речовини з поверхневими стічними водами визначаємо за формулою:

$$M_i^{\text{ФАКТ}} = C_i^{\text{ФАКТ}} \cdot Q_B, \quad (17)$$

де $C_i^{\text{ФАКТ}}$ – фактична концентрація i -ої забруднюючої речовини у поверхневому стоці (табл. 20), мг/л; Q_B – розрахункові витрати поверхневих стічних вод (приймаємо найбільші з розрахункових вище витрат дощових талих вод), л/с.

Таблиця 20 – Фактичні концентрації забруднюючих речовин $C_i^{\text{ФАКТ}}$ (мг/л) у поверхневому стоці з покриття автодоріг

Категорія автодоріг	Дощові води			Поталі води		
	завислі речовини	свинець	нафтопродукти	завислі речовини	свинець	нафтопродукти
I	1300	0,28	24	2700	0,3	26
II	1040	0,22	19,2	2160	0,24	20,8
III	780	0,17	14,4	1620	0,18	15,6
IV	520	0,11	9,6	1080	0,12	10,4
V	390	0,08	7,2	810	0,09	7,8

4. Коефіцієнт турбулентної дифузії D при заданому значенні V_{cp} визначається за формулою:

$$D = \frac{V_{cp} \cdot h_{cp}}{200}, \quad (18)$$

де V_{cp} – середня швидкість течії річки, м/с; h_{cp} – середня глибина водойма, м.

5. Коефіцієнт α , що враховує вплив гідравлічних чинників змішування стічних вод (приймаємо $O_{\max}=Q_B$) визначається за формулою:

$$\alpha = \tau \cdot \int \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\max}}}, \quad (19)$$

де τ – коефіцієнт, що характеризує місце випуску стічних вод у водойма (при випуску в стрижень $\tau=1,5$, біля берега – 1,0); f – коефіцієнт звивистості (відношення відстаней між місцем скиду і місцем водокористування за фарватером і по прямій лінії).

6. Коефіцієнт змішування стічних вод з водами водотоку γ визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{l_\phi}}}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \cdot e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{l_\phi}}}, \quad (20)$$

де l_ϕ – відстань від місця випуску стічних вод до найближчого створу водокористування за фарватером, м; Q_{\min} – середньомісячні (мінімальні) витрати води у водотоці 95% забезпеченості, м³/с.

7. Гранично допустимий вміст i -ої забруднюючої речовини в поверхневому стоці с врахуванням коефіцієнта змішування його з водами водотоку $C_i^{ГДК}$, мг/л, визначається за формулою Фролова-Родзілера:

$$C_i^{ГДК} = \frac{\gamma \cdot Q_{\min} \cdot (ГДК_i - C_i^\phi)}{Q_B} + ГДК_i, \quad (21)$$

де $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -ої забруднюючої речовини у водотоці, мг/л (табл. 21); C_i^ϕ – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини у воді річки в створі вище місця випуску стічних вод, мг/л.

Таблиця 21 – Значення ГДК i -ої забруднюючої речовини у воді водних об'єктів рибогосподарського значення

Найменування забруднюючої речовини	Значення ГДК _i , мг/л
Завислі речовини	Концентрація завислих речовин у водотоці у природних умовах $C_B+0,25$ мг/л
Нафтопродукти	0,05
Свинець	0,1

8. Величину гранично допустимого скиду (ГДС_i), г/с, i -ої забруднюючої речовини визначають за формулою:

$$ГДС_i = ГДК_i \cdot Q_B. \quad (22)$$

Отримані величини ГДС_i та $M_i^{\phi АКТ}$ порівнюють за кожним інгредієнтом забруднення.

Якщо величина $M_i^{\phi АКТ} \leq ГДС_i$, то може бути допущено скидання поверхневих стічних вод з автодороги безпосередньо у водотік без очищення. У випадках, коли $M_i^{\phi АКТ} > ГДС_i$, скидання поверхневих стічних вод без очищення не допускається. При очищенні варто забезпечувати на виході з очисної споруди концентрацію забруднюючої речовини, що не перевищує значення

$C_i^{ПДК}$, яке було визначено за формулою (7).

У підсумковому висновку необхідно представити величини Q_B^D , Q_B^T , $M_i^{ФАКТ}$, $C_i^{ПДК}$ та ГДС_i, а також прийняти рішення щодо доцільності (або недоцільності) очищення стічних вод з автодороги.

Приклад розв'язування типової задачі

Задача. Визначити поверхневий стік і гранично допустиму концентрацію (ГДС) забруднюючих речовин (завислі речовини, нафтопродукти, свинець) у водотік з автодороги за вихідними даними, що наведено у табл. 22. Оцінити величину фактичного скиду ($M_{ФАКТ}$) цих речовин з поверхневими стічними водами за кожним інгредієнтом.

Зробити аналіз підсумкових результатів розрахунку для обґрунтування можливості реалізації варіантів скиду стічних вод у водотік без попереднього очищення або через очисні споруди та запропонувати відповідні інженерні рішення.

Таблиця 22 – Індивідуальні вихідні дані для розв'язання задачі

Показник	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
1. Площа ділянки автодороги	F	га	3,7
2. Середньомісячні (мінімальні) витрати води у водотоці 95%-ної забезпеченості	Q_{min}	м ³ /с	0,09
3. Середня швидкість течії річки	V_{cp}	м/с	1,2
4. Середня глибина водойма	h_{cp}	м	3,3
5. Відстань від місця випуску стічних вод до найближчого створу водокористування за фарватером	l_{ϕ}	м	430
6. Коефіцієнт звивистості	f	-	1,08
7. Середній подовжній ухил дороги	i	‰	5,5
8. Категорія дороги	-	-	III
9. Коефіцієнт, що враховує місце випуску стічних вод	τ	-	1,5
9. Фонова концентрація забруднюючих речовин	C_i^{ϕ}	мг/л	50% від значень ГДК забруднюючої речовини
10. Вміст завислих речовин у річці (у природних умовах)	C_{ϵ}	мг/л	15

Розв'язування

1. Визначаємо витрати дощових вод Q_B^D , л/с, за формулою (15):

$$Q_B^D = q_{\text{уд}} \cdot F \cdot K = 4 \cdot 3,7 \cdot \left(\frac{1,99 + 2,12}{2} \right) = 30,414 \text{ л/с.}$$

2. Визначаємо витрати поталих вод Q_B^T , л/с, за формулою (16):

$$Q_B^T = 0,5 \cdot F \cdot h_c \cdot K_c = 0,5 \cdot 3,7 \cdot 20 \cdot 0,8 = 29,6 \text{ л/с.}$$

Для подальшого розрахунку в якості величини витрат поверхневих стічних вод приймаємо найбільше значення з вище розрахованих, а саме витрати дощових вод $Q_B = 30,414$ л/с.

3. Визначаємо величину фактичного скиду ($M_i^{\text{ФАКТ}}$, г/с) i -ої забруднюючої речовини з поверхневими стічними водами за формулою (17):

- для завислих речовин:

$$M_{\text{зависі}}^{\text{ФАКТ}} = C_{\text{зависі}}^{\text{ФАКТ}} \cdot Q_B = 780 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 23,72 \text{ г/с;}$$

- для свинцю:

$$M_{\text{Pb}}^{\text{ФАКТ}} = C_{\text{Pb}}^{\text{ФАКТ}} \cdot Q_B = 0,17 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 0,0052 \text{ г/с;}$$

- для нафтопродуктів:

$$M_{\text{нафта}}^{\text{ФАКТ}} = C_{\text{нафта}}^{\text{ФАКТ}} \cdot Q_B = 14,4 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ г/с.}$$

4. Визначаємо коефіцієнт турбулентної дифузії D при заданому значенні V_{cp} за формулою (18):

$$D = \frac{V_{cp} \cdot h_{cp}}{200} = \frac{1,2 \cdot 3,3}{200} = 0,0198.$$

5. Визначаємо коефіцієнт α , що враховує вплив гідравлічних чинників змішування (приймаємо $Q_{\text{max}} = Q_B$) за формулою (19):

$$\alpha = \tau \cdot \int \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\text{max}}}} = 1,5 \cdot 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0198}{30,414}} = 0,1404.$$

6. Визначаємо коефіцієнт змішування стічних вод з водами водотоку γ за формулою (20):

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{I_\phi}}}{1 + \frac{Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}}} \cdot e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{I_\phi}}} = \frac{1 - e^{-0,1404 \cdot \sqrt[3]{1430}}}{1 + \frac{0,09 \cdot 10^3}{30,414} \cdot e^{-0,1404 \cdot \sqrt[3]{1430}}} = \frac{1 - 0,3466}{1 + 1,02552} = 1,679.$$

7. Визначаємо гранично допустимий вміст i -ої забруднюючої речовини в поверхневому стоці з врахуванням змішування його з водами водотоку ($C_i^{\text{ГДК}}$, мг/л) за формулою (21):

- для завислих речовин:

$$C_{\text{зависі}}^{\text{ГДК}} = \frac{\gamma \cdot Q_{\text{min}} \cdot (ГДК_{\text{зависі}} - C_{\text{зависі}}^\Phi)}{Q_B} + ГДК_{\text{зависі}} = \frac{1,679 \cdot 0,09 \cdot 10^3 \cdot (10,25 - 5,125)}{30,414} + 10,25 =$$

= 35,71 мг/л;

- для свинцю:

$$C_{Pb}^{ГДК} = \frac{\gamma \cdot Q_{\min} \cdot (ГДК_{Pb} - C_{Pb}^{\Phi})}{Q_B} + ГДК_{Pb} = \frac{1,679 \cdot 0,09 \cdot 10^3 \cdot (0,1 - 0,05)}{30,414} + 0,1 = 0,35$$

мг/л;

- для нафтопродуктів:

$$C_{нафта}^{ГДК} = \frac{\gamma \cdot Q_{\min} \cdot (ГДК_{нафта} - C_{нафта}^{\Phi})}{Q_B} + ГДК_{нафта} = \frac{1,679 \cdot 0,09 \cdot 10^3 \cdot (0,05 - 0,025)}{30,414} + 0,05 =$$

=0,17 мг/л.

8. Визначаємо величину гранично допустимого скиду (ГДС_i, г/с) *i*-ої забруднюючої речовини за формулою (22):

- для завислих речовин:

$$ГДС_{зависі} = ГДК_{зависі} \cdot Q_B = 10,25 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 0,312 \text{ г/с};$$

- для свинцю:

$$ГДС_{Pb} = ГДК_{Pb} \cdot Q_B = 0,1 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ г/с};$$

- для нафтопродуктів:

$$ГДС_{нафта} = ГДК_{нафта} \cdot Q_B = 0,05 \cdot 30,414 \cdot 10^{-3} = 0,0015 \text{ г/с}.$$

Отримані величини ГДС_i та $M_i^{\Phi АКТ}$ порівнюємо за кожним інгредієнтом забруднення.

Розраховані величини фактичного скиду ($M_i^{\Phi АКТ}$, г/с) аналізованих забруднюючих речовин с поверхневими стічними водами в прилеглу водойму значно перевищують значення гранично допустимого скиду відповідних інгредієнтів, а саме за завислими речовинами у 76 разів, за свинцем – у 1,7 разів і за нафтопродуктами – у 289 разів.

Таким чином, можна зробити висновок, що скид поверхневих стічних вод із забруднюючими речовинами, що містяться в них, не допускається без попереднього очищення. Найбільш простим і відносно дешевим способом зниження концентрації завислих речовин і нафтопродуктів у стічних водах є їх механічне очищення, а саме проектування і введення в експлуатацію очисних споруд, таких як відстійники, нафтоловушки. У цьому випадку варто забезпечувати на виході з очисних споруд концентрації забруднюючих речовин, що не перевищують раніше розрахованих значень їх гранично допустимого вмісту в поверхневому стоці з урахуванням коефіцієнта змішування його з водами водотоку ($C_i^{ГДК}$, мг/л).

Контрольне завдання

Визначити поверхневий стік і гранично допустиму концентрацію (ГДС) забруднюючих речовин (завислі речовини, нафтопродукти, свинець) у водотік з автодороги відповідно до варіанта завдання, наведеного в табл. 23. Оцінити величину фактичного скиду ($M_{\Phi АКТ}$) цих речовин з поверхневими стічними водами за кожним інгредієнтом.

Зробити аналіз підсумкових результатів розрахунку для обґрунтування можливості реалізації варіантів скиду стічних вод у водотік без попереднього очищення або через очисні споруди та запропонувати відповідні інженерні рішення.

Вміст завислих речовин у річці (у природних умовах) $C_g=15$ мг/л.

Таблиця 23 – Вихідні дані для розрахунку задачі

Варіант	F , га	Категорія дороги	i , ‰	V_{cp} , м/с	h_{cp} , м	l_{ϕ} , м	\int	Q_{min} , м ³ /с	C_i^{ϕ} приймається у % від відповідної величини ГДК _i
1	1,92	I	1,2	0,8	1,7	300	1,01	0,062	40
2	1,98	II	1,5	1	2	320	1,03	0,065	45
3	2,51	III	1,1	0,7	3	350	1,05	0,08	55
4	1,35	IV	0,5	0,6	3,5	280	1,06	0,075	60
5	1,55	V	6	0,9	2,8	330	1,02	0,063	65
6	2,8	I	0,3	0,7	2,9	295	1,04	0,068	30
7	2,1	II	0,4	0,6	1,8	325	1,07	0,07	35
8	1,85	III	0,5	0,9	1,9	290	1,01	0,067	47
9	1,78	IV	0,6	0,5	2,1	310	1,02	0,064	57
10	2,75	V	0,8	0,6	2,2	287	1,03	0,069	67
11	2,01	I	0,9	0,7	2,4	299	1,04	0,071	37
12	1,96	II	1	0,8	2,5	301	1,05	0,072	42
13	1,87	III	1,3	0,9	2,6	315	1,06	0,074	52
14	1,75	IV	1,5	0,7	2,8	340	1,01	0,061	62
15	2,86	V	2	0,8	2,1	286	1,02	0,066	32
16	2,5	I	2,5	0,9	2	294	1,03	0,073	20
17	2,44	II	3	0,7	1,9	328	1,04	0,078	36
18	2,4	III	3,5	0,6	1,8	336	1,05	0,067	22
19	2,35	IV	4	0,5	1,7	347	1,06	0,081	46
20	2,25	V	4,5	0,6	1,8	353	1,05	0,076	66
21	2,15	I	5	0,7	1,9	349	1,04	0,082	25
22	2,1	II	0,1	0,8	1,7	317	1,03	0,084	56
23	2	III	0,3	0,9	1,8	307	1,02	0,077	27
24	1,99	IV	0,4	0,6	1,9	312	1,01	0,083	34
25	1,95	V	0,5	0,7	1,7	303	1,05	0,079	23

Питання для самоконтролю

1. Які основні забруднюючі речовини можуть потрапити у водойми з поталими або дощовими водами?
2. Яким чином можна визначити витрати дощових вод?
3. Яким чином визначаються витрати поталих вод?

4. Як визначити величину фактичного скиду забруднюючих речовин з поверхневими стічними водами?

5. Які величини використовуються для розрахунку гранично допустимого вмісту забруднюючих речовин у поверхневому стоці?

6. Дати визначення поняттю „гранично допустима концентрація” (ГДК) забруднюючої речовини.

7. Яким чином визначається величина гранично допустимого скиду (ГДС) забруднюючої речовини?

8. Дати визначення поняттю „гранично допустимий скид” (ГДС) забруднюючої речовини.

9. В якому випадку може бути дозволено скид поверхневих стічних вод з автодороги безпосередньо у водойму без очищення?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

РОЗРАХУНОК ТОКСИЧНИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи: Визначити вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі при експлуатації автомобільного транспорту та обрати захисні заходи щодо зниження їх концентрації в зоні житлової забудови до допустимого рівня.

Методика розрахунку. Основними токсичними компонентами відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) автотранспорту є оксиди вуглецю, азоту і вуглеводні. Оцінку рівня забруднення повітряного середовища відпрацьованими газами варто робити на основі визначення емісії (викидів) газів, що відробили, і концентрації забруднення повітря цими газами на різному видаленні від дороги, а потім порівняння отриманих даних із гранично допустимою концентрацією (ГДК) цих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів.

1. Визначаємо потужність емісії q_j , мг/м·с, забруднюючої речовини (окису вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів) на конкретній ділянці дороги за формулою:

$$q_i = 0,206 \cdot m \cdot \left[\left(\sum G_i^k \cdot N_i^k \cdot K_k \right) + \left(\sum G_i^d \cdot N_i^d \cdot K_d \right) \right], \quad (23)$$

де m – коефіцієнт, що враховує дорожні й транспортні умови в залежності від середньої швидкості транспортного потоку V (рис. 3); G_i^k – середні експлуатаційні витрати палива для даного типу карбюраторних автомобілів (табл. 24), л/км; G_i^d – те ж для дизельних автомобілів (табл. 24), л/км; N_i^k – інтенсивність руху кожного виділеного типу карбюраторних автомобілів, авт./год.; N_i^d – те ж дизельних автомобілів, авт./год.; K_k й K_d – коефіцієнти, прийняті для даного компонента забруднення з карбюраторними і дизельними типами ДВЗ (табл. 25).

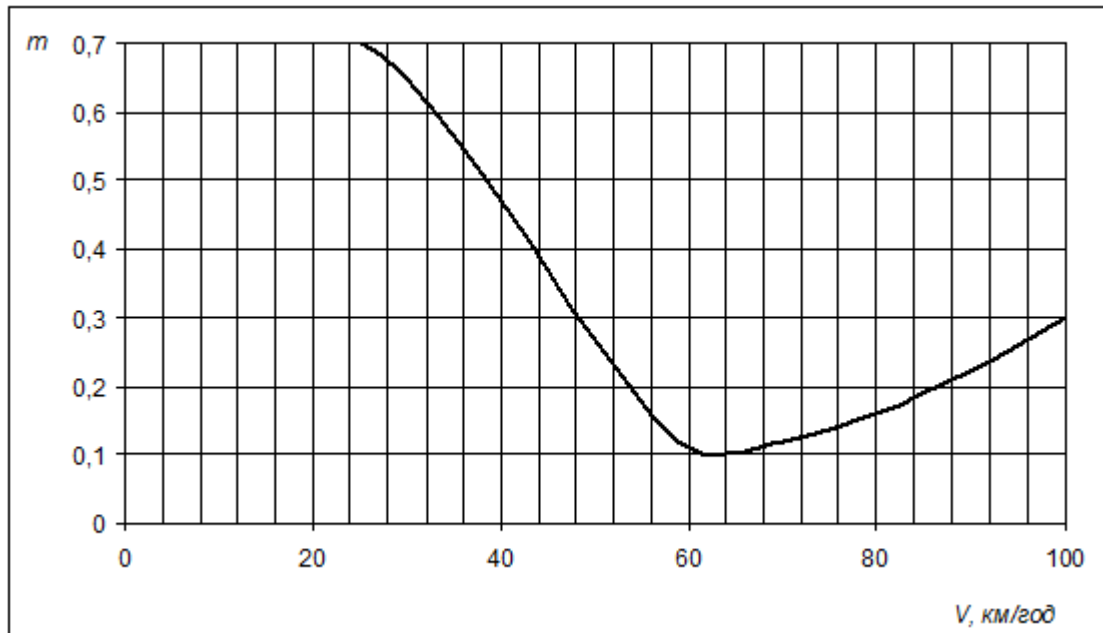


Рис. 3 Залежність поправочного коефіцієнта m від середньої швидкості транспортного потоку V

Таблиця 24 – Середні експлуатаційні норми витрати палива G_i

Тип автомобіля	Значення G_i , л/км
1. Легкові автомобілі	0,11
2. Малі вантажні автомобілі карбюраторні (до 5 тонн)	0,16
3. Вантажні автомобілі карбюраторні (5 тонн й більше)	0,33
4. Вантажні автомобілі дизельні	0,34
5. Автобуси карбюраторні	0,37
6. Автобуси дизельні	0,28

Таблиця 25 – Значення коефіцієнтів K_k и K_d

Найменування забруднюючої речовини	Тип ДВЗ	
	карбюраторний	дизельний
Окис вуглецю	0,6	0,14
Вуглеводні	0,12	0,037
Окис азоту	0,06	0,015

2. Визначаємо концентрації C_i , мг/м³, забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів на різному видаленні від дороги, використовуючи модель Гаусового розподілу домішок в атмосфері на невеликих висотах, за формулою:

$$C_i = \frac{2 \cdot q_i}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i, \quad (24)$$

де σ – стандартне відхилення Гаусового розсіювання у вертикальному напрямку (табл. 26), м; V_B – швидкість вітру, що переважає в розрахунковий період, м/с; φ – кут, що залежить від напрямку вітру до траси дороги (при куті менше 30° $\sin\varphi$ прийняти 0,5); F_i – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини, мг/м³.

Таблиця 26 – Значення стандартного Гаусового відхилення від стану погоди

Стан погоди	Величина σ при видаленні, м, від кромки проїзної частини								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
сонячна	2	4	6	8	10	13	19	24	30
дощова	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Результати розрахунків у разі сонячної погоди та у дощову представляємо графічно в координатах C_i і l та зіставляємо з ГДК цих забруднюючих речовин у повітрі населених міст (табл. 27).

Якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто розрахувати величину перевищення нормативу ГДК в повітрі населеного пункту у розрахунковій точці на границі житлової забудови та передбачити захисні заходи, екологічну ефективність яких оцінюємо за табл. 14.

Величину перевищення нормативу ГДК i -ої забруднюючої речовини в повітрі населеного пункту визначаємо за формулою:

$$\Delta'_i = \frac{C_i^l - ГДК_i}{ГДК_i} \cdot 100\% . \quad (25)$$

Таблиця 27 – Значення ГДК відпрацьованих газів у повітрі населених міст

Найменування забруднюючої речовини	Клас небезпеки	Середньодобова ГДК, мг/м ³
Окис вуглецю	4	3
Вуглеводні	3	1,5
Окис азоту	2	0,04

За табл. 14 обираємо найбільш прийнятний захисний захід. Перелік захисних заходів складено у порядку зростання приведених витрат на зведення й утримання об'єктів природоохоронного призначення. При цьому необхідно прагнути до досягнення безпечної концентрації забруднюючої речовини у розрахунковій точці на границі житлової забудови, але з найменшими витратами.

У підсумку необхідно зробити висновки з розрахунку токсичних викидів в атмосферне повітря автотранспортом й вказати захисні заходи, здійснити які треба першочергово, і який при цьому буде ефект.

Приклад розв'язування типової задачі

Задача. Визначити вміст забруднюючих речовин (окис вуглецю, окиси азоту й вуглеводні) в атмосферному повітрі у сонячну та дощову погоду при експлуатації автотранспорту в поперечному напрямку на відстанях від краю автомобільної дороги, вказаних у табл. 26, та обрати захисні заходи щодо зниження їх концентрації в зоні житлової забудови, що віддалена на відстані $l=50$ м від дороги, до допустимого рівня, якщо швидкість пануючого вітру становить 4 м/с. Кут, що залежить від напрямку вітру до траси дороги, становить $\varphi=25^\circ$. Дані про фонові концентрації відсутні.

Шифри типів автомобілів у транспортному потоці відповідають позначенням у табл. 24.

Середня інтенсивність руху в розрахунковий період N_a (авт./добу), та середня швидкість руху транспортного потоку V (км/год.) представлено в табл. 28.

Таблиця 28 – Індивідуальні вихідні дані для розрахунку задачі

Показник	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
1. Середня інтенсивність руху автотранспорту у розрахунковий період	N_a	авт./добу	10000
2. Розподіл автомобілів за типами:			
- легкові автомобілі	N_1	%	15
- малі вантажні автомобілі карбюраторні	N_2	%	15
- вантажні автомобілі карбюраторні	N_3	%	20
- вантажні автомобілі дизельні	N_4	%	20
- автобуси карбюраторні	N_5	%	15
- автобуси дизельні	N_6	%	15
3. Середня швидкість руху транспортного потоку	V	км/год.	90

Розв'язування

1. Визначаємо середньодобову інтенсивність руху автотранспорту за типами автомобілів N_i , авт./добу. Результати розрахунку наведено в табл. 29.

Таблиця 29 – Середньодобова інтенсивність руху автотранспорту за типами

	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
%	100	15	15	20	20	15	15
авт./добу	10000	1500	1500	2000	2000	1500	1500

2. Визначаємо потужність емісії q_j , мг/м·с, забруднюючої речовини (окису вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів) на конкретній ділянці дороги за формулою (23):

$$q_{CO} = 0,206 \cdot m \cdot \left[\left(\sum G_{CO}^k \cdot N_i^k \cdot K_k \right) + \left(\sum G_{CO}^d \cdot N_i^d \cdot K_d \right) \right] = 0,206 \cdot 0,22 \cdot [(0,11 \cdot 1500 \cdot 0,6) + (0,16 \cdot 1500 \cdot 0,6) + (0,33 \cdot 2000 \cdot 0,6) + (0,37 \cdot 1500 \cdot 0,6) + (0,34 \cdot 2000 \cdot 0,14) + (0,28 \cdot 1500 \cdot 0,14)] = 0,04532 \cdot [99 + 144 + 396 + 333 + 95,2 + 58,8] = 0,04532 \cdot 1126 = 51,03032 \text{ мг/м·с};$$

$$q_{C_nH_m} = 0,206 \cdot m \cdot \left[\left(\sum G_{C_nH_m}^k \cdot N_i^k \cdot K_k \right) + \left(\sum G_{C_nH_m}^d \cdot N_i^d \cdot K_d \right) \right] = 0,206 \cdot 0,22 \cdot [(0,11 \cdot 1500 \cdot 0,12) + (0,16 \cdot 1500 \cdot 0,12) + (0,33 \cdot 2000 \cdot 0,12) + (0,37 \cdot 1500 \cdot 0,12) + (0,34 \cdot 2000 \cdot 0,037) + (0,28 \cdot 1500 \cdot 0,037)] = 0,04532 \cdot [19,8 + 28,8 + 79,2 + 66,6 + 25,16 + 15,54] = 10,654732 \text{ мг/м·с};$$

$$q_{NO_x} = 0,206 \cdot m \cdot \left[\left(\sum G_{NO_x}^k \cdot N_i^k \cdot K_k \right) + \left(\sum G_{NO_x}^d \cdot N_i^d \cdot K_d \right) \right] = 0,206 \cdot 0,22 \cdot [(0,11 \cdot 1500 \cdot 0,06) + (0,16 \cdot 1500 \cdot 0,06) + (0,33 \cdot 2000 \cdot 0,06) + (0,37 \cdot 1500 \cdot 0,06) + (0,34 \cdot 2000 \cdot 0,015) + (0,28 \cdot 1500 \cdot 0,015)] = 0,04532 \cdot [9,9 + 14,4 + 39,6 + 33,3 + 10,2 + 6,8] = 0,04532 \cdot 113,7 = 5,152884 \text{ мг/м·с}.$$

3. Визначаємо концентрації C_i , мг/м³, забруднення атмосферного повітря у сонячну й дощову погоду токсичними компонентами відпрацьованими газами на різному видаленні від краю автомобільної дороги, що вказані в табл. 26, використовуючи модель Гаусового розподілу домішок в атмосфері на невеликих висотах, за формулою (24):

- сонячна погода

$$C_{CO}^{10} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{10} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 10,18 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{20} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{20} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 5,091 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{40} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{40} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 3,394 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{60} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{60} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 2,545 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{80} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{80} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 2,036 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{100} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{100} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 13 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 1,566 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{150} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{150} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 19 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 1,072 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{200} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{200} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 24 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 0,849 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO}^{250} = \frac{2 \cdot q_{CO}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^{250} \cdot V_B \cdot \sin \varphi}} + F_i = \frac{2 \cdot 51,03032}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 0,5}} + 0 = 0,679 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогічним чином розраховується концентрація окису вуглецю в атмосферному повітрі у дощову погоду на різному видаленні від дороги, а також концентрації оксидів азоту і вуглеводнів при різному стані погоди. Результати розрахунку представлено у табл. 30.

Таблиця 30 – Значення концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі у сонячну (с.п.) й дощову (д.п.) погоду в поперечному напрямку на відстанях від краю автомобільної дороги

l, м	10	20	40	60	80	100	150	200	250
C _{CO} (с.п.)	10,18	5,091	3,394	2,545	2,036	1,566	1,072	0,849	0,679
C _{CO} (д.п.)	20,363	10,18	5,091	3,394	2,545	2,036	1,455	1,1313	0,926
C _{C_nH_m} (с.п.)	2,126	1,063	0,709	0,532	0,425	0,327	0,224	0,177	0,142
C _{C_nH_m} (д.п.)	4,252	2,126	1,063	0,709	0,532	0,425	0,304	0,236	0,193
C _{NO_x} (с.п.)	1,028	0,514	0,343	0,257	0,206	0,158	0,108	0,086	0,069
C _{NO_x} (д.п.)	2,056	1,028	0,514	0,343	0,257	0,206	0,147	0,114	0,094

Результати розрахунку вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі у сонячну й дощову погоду представляємо графічно на рис. 4-6 в координатах C_i і l та зіставляємо з відповідними гранично допустимими концентраціями ГДК_i, які наведені у табл. 27.

Розраховуємо величину перевищення нормативу ГДК забруднюючих речовин у повітрі населеного пункту у розрахунковій точці на границі житлової забудови (l=50 м від зовнішнього краю проїзної частини автодороги) у сонячну та дощову погоду за формулою (25).

Фактична концентрація окису вуглецю у сонячну погоду (C_{CO}⁵⁰ = 2,9695 мг/м³) на відстані l=50 м від краю проїзної частини автодороги до житлової забудови не перевищує ГДК_{CO}=3 мг/м³.

Перевищення окису вуглецю у дощову погоду:

$$\Delta_{CO}^{50} = \frac{C_{CO}^{50} - ГДК_{CO}}{C_{CO}^{50}} \cdot 100\% = \frac{\left(\frac{(C_{CO}^{40} + C_{CO}^{60})}{2} \right) - ГДК_{CO}}{\left(\frac{(C_{CO}^{40} + C_{CO}^{60})}{2} \right)} = \frac{\left(\frac{(5,091 + 3,394)}{2} \right) - 3}{\left(\frac{(5,091 + 3,394)}{2} \right)} \cdot 100 = 29,29\% .$$

Фактична концентрація вуглеводнів у сонячну й дощову погоду ($C_{C_nH_m}^{50}$ дорівнює 0,6205 і 0,886 мг/м³, відповідно) не перевищує $ГДК_{C_nH_m} = 1,5$ мг/м³.

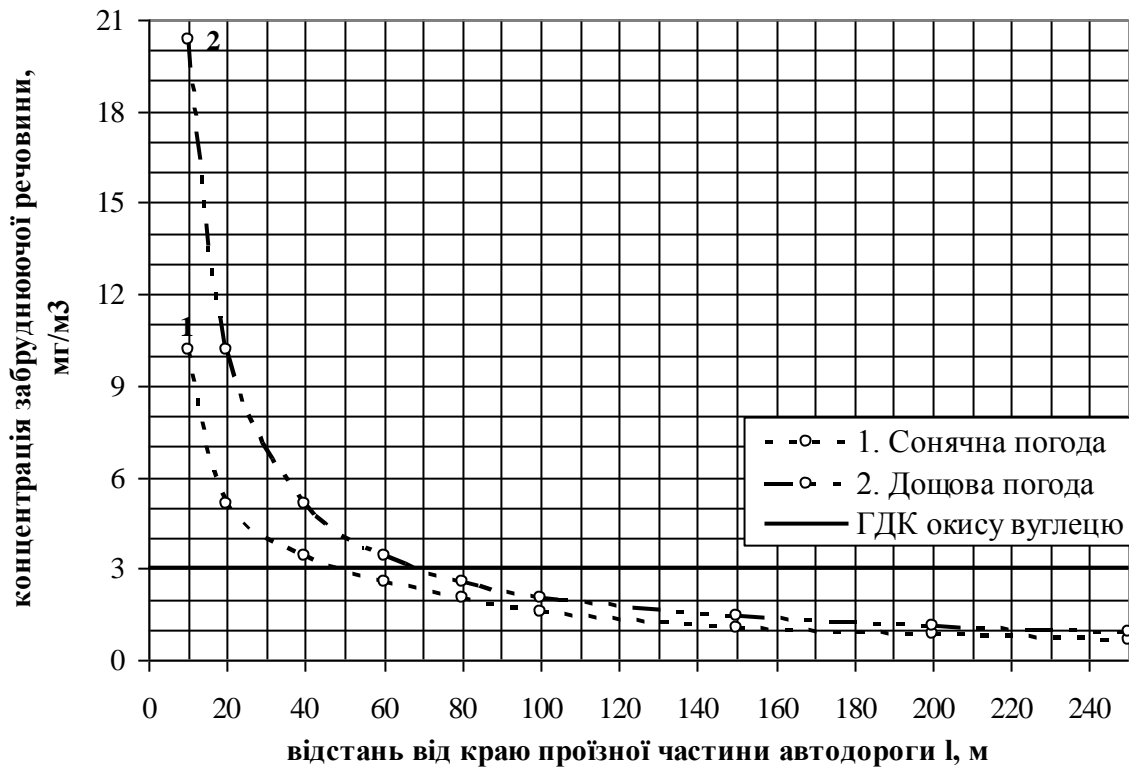


Рис. 4. Графік забруднення придорожньої смуги окисом вуглецю від краю проїзної частини в сонячну й дощову погоду

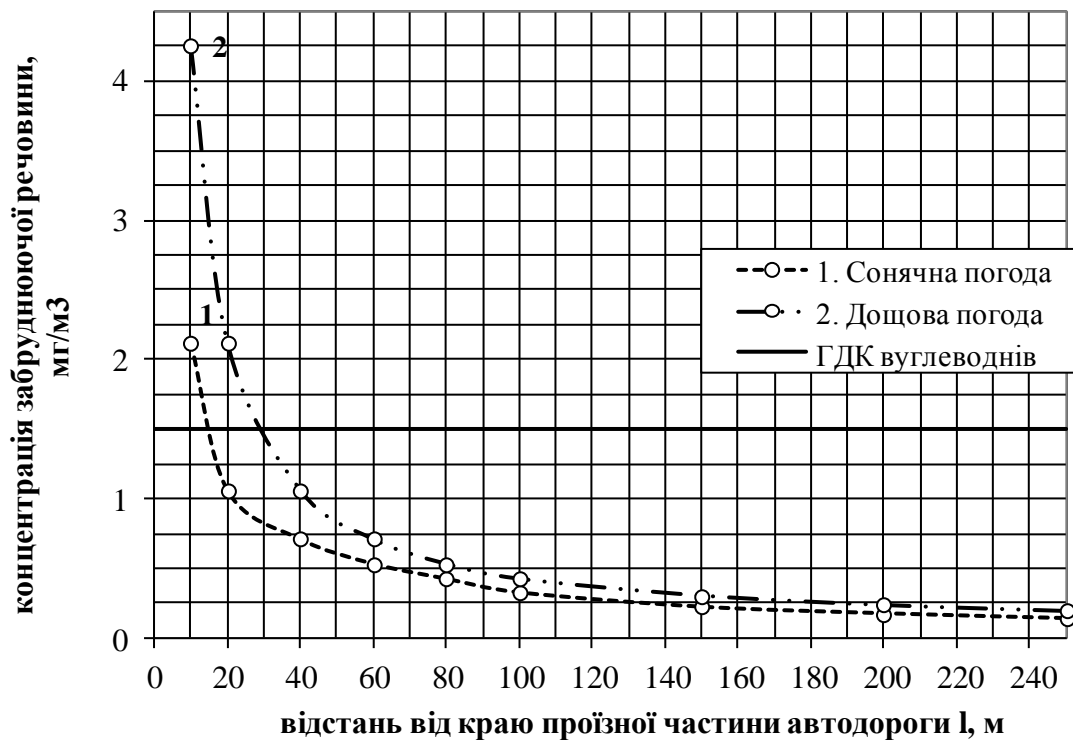


Рис. 5. Графік забруднення придорожньої смуги вуглеводнями від краю проїзної частини в сонячну й дощову погоду

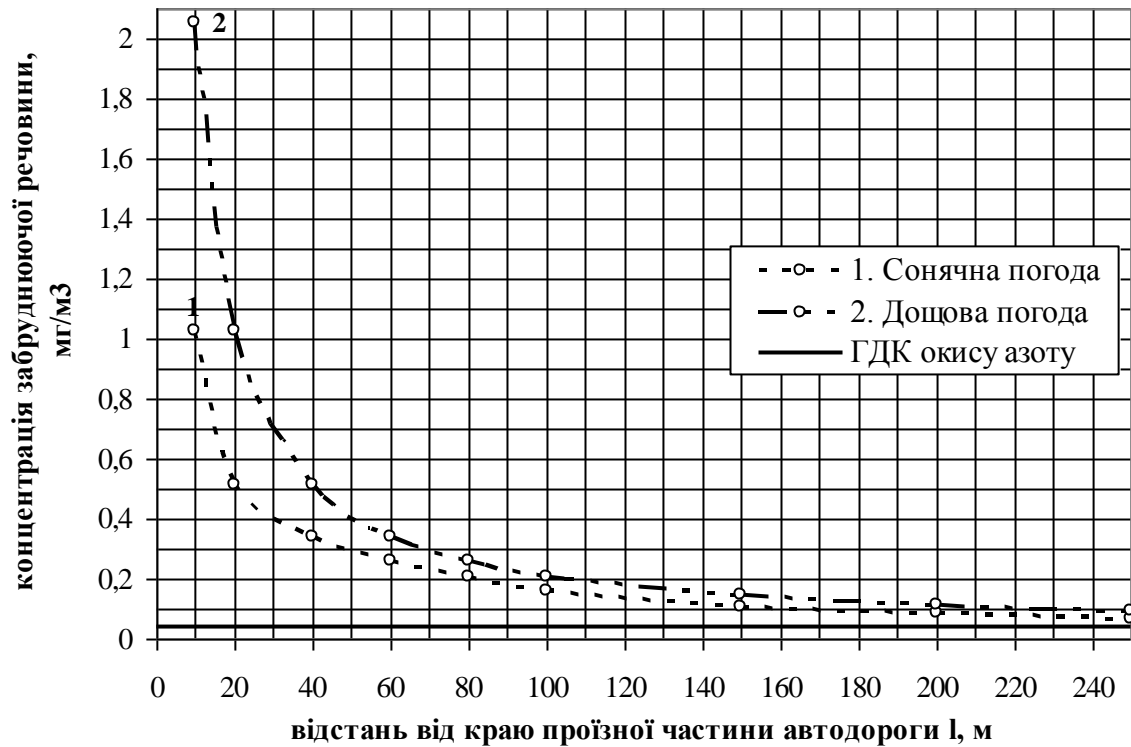


Рис. 6. Графік забруднення придорожньої смуги окисом азоту від краю проїзної частини в сонячну й дощову погоду

Перевищення окису азоту в сонячну погоду:

$$\Delta_{NO_x}^{50} = \frac{C_{NO_x}^{50} - ГДК_{NO_x}}{C_{NO_x}^{50}} \cdot 100\% = \frac{\left(\frac{C_{NO_x}^{40} + C_{NO_x}^{60}}{2} \right) - ГДК_{NO_x}}{\left(\frac{C_{NO_x}^{40} + C_{NO_x}^{60}}{2} \right)} = \frac{\left(\frac{0,343 + 0,257}{2} \right) - 0,04}{\left(\frac{0,343 + 0,257}{2} \right)} \cdot 100 = 86,67\%$$

Перевищення окису азоту в дощову погоду:

$$\Delta_{NO_x}^{50} = \frac{C_{NO_x}^{50} - ГДК_{NO_x}}{C_{NO_x}^{50}} \cdot 100\% = \frac{\left(\frac{C_{NO_x}^{40} + C_{NO_x}^{60}}{2} \right) - ГДК_{NO_x}}{\left(\frac{C_{NO_x}^{40} + C_{NO_x}^{60}}{2} \right)} = \frac{\left(\frac{0,514 + 0,343}{2} \right) - 0,04}{\left(\frac{0,514 + 0,343}{2} \right)} \cdot 100 = 90,67\%$$

Таким чином, серед забруднюючих речовин найбільш небезпечним для житлової забудови є окисли азоту, особливо у дощову погоду, коли їх фактичний вміст перевищує гранично допустиму концентрацію ($ГДК_{NO_x}$) на 90,67%. Тому захисні заходи щодо зниження концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі будемо обирати саме за цією речовиною.

Аналізуючи запропоновані у табл. 14 захисні заходи, в даному випадку можливо запропонувати встановити суцільні екрани, стіни будинків висотою більш 5 м від рівня проїзної частини, що знизить концентрацію забруднюючої

речовини на 70%, а також на відстані між автомобільною дорогою й житловою забудовою треба висадити два ряди дерев з чагарником на газоні 10-12 м, що знизить концентрацію окислів азоту ще на 30%. Тобто у кінцевому результаті після проведення всіх захисних заходів концентрація окислів азоту в районі житлової забудови не буде перевищувати свого нормативного значення.

Контрольне завдання

Визначити вміст забруднюючих речовин (окис вуглецю, окисли азоту й вуглеводні) в атмосферному повітрі у сонячну й дощову погоду при експлуатації автотранспорту в поперечному напрямку на відстанях від краю автомобільної дороги, зазначених у табл. 26, та обрати захисні заходи щодо зниження їх концентрації у зоні житлової забудови, яка знаходиться на відстані l (м) від дороги, до допустимого рівня, якщо швидкість пануючого вітру становить 3 м/с. Дані щодо фонових концентрацій забруднюючих речовин відсутні.

Вихідні дані для розрахунку приведені в табл. 31, а саме: інтенсивність руху N_a , авт./год.; шифри типів автомобілів (1-6) відповідають прийнятим у табл. 24.

Таблиця 31 – Вихідні дані для розрахунку концентрацій забруднюючих речовин у сонячну й дощову погоду на відстанях від краю автомобільної дороги

Варіант	N_a	Розподіл автомобілів за типами, %						V, км/год.	φ	l , м
		1	2	3	4	5	6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1000	40	5	25	20	5	5	20	20	50
2	2000	35	5	30	20	5	5	25	30	60
3	3000	45	10	15	15	5	10	30	35	80
4	4000	30	15	15	20	10	10	35	40	100
5	1500	40	10	15	20	5	10	40	45	50
6	2500	20	20	20	20	10	10	45	25	60
7	3500	50	5	25	15	0	5	50	50	70
8	600	40	10	10	25	5	10	55	55	80
9	1600	45	10	15	20	5	5	60	60	60
10	2600	25	25	25	20	0	5	65	65	50
11	3600	40	20	25	5	5	5	70	70	60
12	700	40	5	25	20	5	5	75	75	70
13	1700	35	5	30	20	5	5	80	80	80
14	2700	45	10	15	15	5	10	40	85	60
15	3700	30	15	15	20	10	10	35	20	100
16	800	40	10	15	20	5	10	30	25	80
17	1800	20	20	20	20	10	10	70	80	40
18	2800	50	5	25	10	5	5	80	75	50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	3800	40	10	10	25	5	10	60	70	50
20	900	45	10	15	20	5	10	55	65	40
21	1900	25	25	20	20	5	5	45	60	50
22	2900	40	5	25	20	5	5	50	55	60
23	3900	35	5	30	20	5	5	40	50	70
24	1400	45	15	10	15	5	10	75	45	80
25	2400	20	20	20	20	10	10	30	90	40

Питання для самоконтролю

1. Від яких показників залежить величина потужності емісії (викиду) забруднюючих речовин в атмосферне повітря при експлуатації автотранспорту?
2. Як визначити концентрацію забруднюючих атмосферне повітря речовин, що потрапляють з відпрацьованими газами автотранспорту, на різному видаленні від краю проїзної частини автомобільної дороги?
3. Які метеорологічні показники впливають на концентрацію забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря при роботі двигунів внутрішнього згорання автомобільного транспорту?
4. Як змінюється концентрація забруднюючих речовин, що містяться у відпрацьованих газах автомобільного транспорту в сонячну й дощову погоду? З чим це пов'язано?
5. Як визначити величину перевищення нормативу гранично допустимої концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі?
6. Які захисні заходи можна запропонувати щодо зниження концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на конкретній ділянці, яка віддалена від автомобільної дороги?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ВІД АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ТЕРИТОРІЇ СТОЯНКИ

Мета роботи: Визначити кількість викидів забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території (в приміщенні) стоянки за рік.

Методика розрахунку. Автомобільна дорога, і особливо велика автомагістраль, є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, а також руйнування природного ландшафту на прилеглої до неї території.

Інтенсивний розвиток автомобілізації в усім світі, розширення й упорядкування мережі автодоріг, підвищення вантажопідйомності і середньої швидкості транспортних засобів, ріст інтенсивності руху викликають

посилення токсичного і віброакустичного забруднення навколишнього середовища, висуваючи на перший план рішення проблем екологічної безпеки і зниження впливу автотранспорту на середовище існування людини.

Усього в відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згоряння утримується більш 200 токсичних речовин. Найбільш канцерогенними з них є оксид вуглецю, окисли азоту і сірки, сажа, альдегіди, сполуки свинцю й інших важких металів.

Транспортне забруднення, що безперервно збільшується, істотно змінює якісний склад атмосферного повітря, що спричиняє погіршення мікроклімату в пришляховій смузі. Ці зміни у великих населених пунктах характеризуються збільшенням температури повітря, зниженням ультрафіолетової радіації до 30%, зменшенням видимості, збільшенням хмарності й опадів, зміною циркуляції повітря.

1. Викид i -ої забруднюючої речовини одним автомобілем k -ої групи в день при виїзді (в'їзді) з території або приміщення стоянки M_i^k (кг, тонни), розраховується за формулою:

$$M_{\text{виїзді}}^k = m_{np_i}^k \cdot t_{np} + m_{L_i}^k \cdot L_1 + m_{xx_i}^k \cdot t_{xx1}, \quad (26)$$

$$M_{\text{в'їзді}}^k = m_{L_i}^k \cdot L_2 + m_{xx_i}^k \cdot t_{xx2}, \quad (27)$$

де $m_{np_i}^k$ – питомий викид i -ої забруднюючої речовини при прогріві двигуна автомобіля k -ої групи, г/хв.; $m_{L_i}^k$ – пробігові викиди i -ої забруднюючої речовини при русі по території стоянки автомобіля k -ої групи з відносно постійною швидкістю, г/км (табл. 32-34); $m_{xx_i}^k$ – питомий викид i -ої забруднюючої речовини при роботі двигуна автомобіля k -ої групи на холостому ході, г/хв.; t_{np} – час прогріву двигуна, хв.; L_1, L_2 – пробіг по території стоянки одного автомобіля в день при виїзді (в'їзді), км; t_{xx1}, t_{xx2} – час роботи двигуна на холостому ході при виїзді (в'їзді) з території стоянки, хв.

Значення $m_{np_i}^k$ и $m_{xx_i}^k$ для різних груп автомобілів у залежності від типу двигуна, використовуваного палива, періоду року, організації контролю вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах приведені в табл. 35-40.

2. Валовий викид i -ої забруднюючої речовини автомобілями k -ої групи розраховується роздільно для кожного j -го періоду року M_i^j (кг, тонни) за формулою:

$$M_i^j = \sum_{k=1}^k \alpha \cdot (M_{\text{виїзді}}^k + M_{\text{в'їзді}}^k) \cdot N^k \cdot D_j, \quad (28)$$

де α – коефіцієнт виїзду (в'їзду); N^k – кількість автомобілів k -ої групи, які виїжджають зі стоянки в годину, що характеризує максимальну інтенсивність руху; D_j – кількість днів роботи в розрахунковому j -му періоді року (холодному, тепловому, перехідному).

3. Загальний валовий викид M_i (кг, тонни), забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території стоянки за рік визначається за формулою:

$$M_i = M_i^X + M_i^T + M_i^H. \quad (29)$$

4. Загальний валовий викид M (кг, тонни) всіх забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території стоянки за рік визначається за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (30)$$

де n – кількість забруднюючих речовин.

У розрахунку розглядаються наступні забруднюючі речовини: оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту (у перерахуванні на двоокис азоту), двоокис сірки, сажа.

Таблиця 32 – Пробігові викиди забруднюючих речовин при русі легкових автомобілів

Робочий об'єм двигуна, л	Пробігові викиди, m_{Li}^k , г/км							
	CO		CH		NO ₂		SO ₂	
	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
до 1,2	13,8	17,3	1,3	1,9	0,23	0,23	0,04	0,05
понад 1,2 до 1,8	15,8	19,8	1,6	2,3	0,28	0,28	0,06	0,07
понад 1,8 до 3,5	17,0	21,3	1,7	2,5	0,4	0,4	0,07	0,09
понад 3,5	24,0	30,0	2,4	3,6	0,56	0,56	0,105	0,13

Примітка: 1. Тип двигуна у легкового автомобіля – бензиновий;

2. У перехідний період значення викидів CO, CH, SO₂ повинні збільшуватися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду. Викиди NO₂ дорівнюють викидам у холодний період;

3. Т – теплий період, Х – холодний період.

Таблиця 33 – Проробігові викиди забруднюючих речовин при русі вантажних автомобілів

Вантажопідйомність автомобіля, тонн	Тип двигуна	Проробігові викиди, m_{Li}^k , г/км													
		СО			СН			NO ₂			тверді домішки			SO ₂	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
до 2	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-	-	-	0,09	0,11
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2	2,2	2,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,33	0,41
понад 2 до 5	Г	15,2	19,0	3,3	4,1	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-	0,14	0,17
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6	2,6	2,6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,39	0,49
понад 5 до 8	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-	0,15	0,19
	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	0,18	0,22
понад 8 до 16	Г	24,2	30,2	5,1	6,1	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	-	-	0,16	0,2
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	3,5	3,5	0,25	0,35	0,35	0,35	0,45	0,56
понад 16	Б	79,0	98,8	10,2	12,4	1,8	1,8	1,8	1,8	-	-	-	-	0,24	0,28
	Д	6,1	7,4	1,0	1,2	4,0	4,0	4,0	4,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,54	0,67
понад 16	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5	4,5	4,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,78	0,97

Примітка: Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

Таблиця 34 – Пробігові викиди забруднюючих речовин при русі автобусів

Клас автобуса (<i>L</i> – габаритна довжина, м)	Тип двигуна	Пробігові викиди, m_{Li}^k , Г/км											
		CO		CH		NO ₂		тверді домішки		SO ₂			
		Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х		
Особливо малий (до 5,5)	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-	0,09	0,11
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2	2,2	2,2	0,15	0,2	0,33	0,41
Малий (6,0-7,5)	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	0,15	0,19
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6	2,6	2,6	0,2	0,3	0,39	0,49
Середній (8,0-10,0)	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	0,18	0,22
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	3,5	3,5	0,2	0,3	0,45	0,56
Великий (10,5-12,0)	Б	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-	0,22	0,26
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5	3,5	3,5	0,25	0,35	0,45	0,56
Особливо великий (понад 12)	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5	4,5	4,5	0,3	0,4	0,78	0,97

Примітка: Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

2. Т – теплий період, Х – холодний період.

Таблиця 35 – Питомі викиди забруднюючих речовин на холостому ходу легковими автомобілями

Робочий об'єм двигуна, л	Питомі викиди забруднюючих речовин, m_{xxi}^k , г/хв.			
	CO	CH	NO ₂	SO ₂
до 1,2	2,5	0,2	0,02	0,008
понад 1,2 до 1,8	3,5	0,3	0,03	0,01
понад 1,8 до 3,5	4,5	0,4	0,06	0,012
понад 3,5	7	0,8	0,08	0,016

Примітка: тип двигуна у легкового автомобіля – бензиновий.

Таблиця 36 – Питомі викиди забруднюючих речовин на холостому ходу вантажними автомобілями

Вантажопідйомність автомобіля, тонн	Тип двигуна	Питомі викиди забруднюючих речовин m_{xxi}^k , г/хв.				
		CO	CH	NO ₂	тверді домішки	SO ₂
до 2	Б	4,5	0,4	0,05	-	0,012
	Д	0,8	0,2	0,16	0,015	0,054
	Г	5,2	1	0,2	-	0,018
понад 2 до 5	Д	1,5	0,25	0,5	0,02	0,072
	Б	10,2	1,7	0,2	-	0,02
	Б	13,5	2,2	0,2	-	0,029
понад 5 до 8	Г	6,9	1,3	0,2	-	0,026
	Д	2,8	0,35	0,6	0,03	0,09
	Б	13,5	2,9	0,2	-	0,029
понад 8 до 16	Д	2,9	0,45	1	0,04	0,1
	Д	2,9	0,45	1	0,04	0,1

Примітка: Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

Таблиця 37 – Питомі викиди забруднюючих речовин на холостому ходу автобусами

Клас автобуса (L – габаритна довжина, м)	Тип двигуна	Питомі викиди забруднюючих речовин, m_{xxi}^k , г/хв.				
		CO	CH	NO ₂	тверді домішки	SO ₂
Особливо малий (до 5,5)	Б	4,5	0,4	0,05	-	0,012
	Д	0,8	0,2	0,16	0,01	0,054
Малий (6,0-7,5)	Б	10,2	1,7	0,2	-	0,02
	Д	1,5	0,25	0,5	0,02	0,072
Середній (8,0-10,0)	Б	13,5	2,2	0,25	-	0,029
	Д	2,8	0,3	0,6	0,03	0,09
Великий (10,5-12,0)	Б	17,2	2,8	0,3	-	0,029
	Д	3,5	0,4	0,8	0,04	0,1
Особливо великий (понад 12)	Д	3,5	0,4	0,8	0,04	0,1

Примітка: Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

Таблиця 38 – Питомі викиди забруднюючих речовин при прогріві двигуна легковими автомобілями

Робочий об'єм двигуна, л	Питомі викиди забруднюючих речовин, m_{npi}^k , г/хв.												
	CO		CH			NO ₂			тверді домішки				
	Т	Х	БП	ЗП	Т	Х	БП	ЗП	Т	Х			
до 1,2	2,6	5,1	3,4	0,26	0,26	0,4	0,32	0,02	0,03	0,02	0,008	0,01	0,009
понад 1,2 до 1,8	4	7,1	4,8	0,38	0,38	0,6	0,48	0,03	0,04	0,03	0,01	0,013	0,011
понад 1,8 до 3,5	5	9,1	6,2	0,65	0,65	1	0,8	0,05	0,07	0,05	0,013	0,016	0,014
понад 3,5	9,5	19	12,4	1,15	1,15	1,73	1,38	0,07	0,09	0,07	0,018	0,021	0,019

Примітка: 1. Тип двигуна у легкового автомобіля – бензиновий. 2. У перехідний період значення викидів CO, CH, SO₂ повинні збільшуватися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду. Викиди NO₂ дорівнюють викидам у холодний період. 3. Т – теплий період, Х – холодний період, БП – без підігріву, ЗП – з підігрівом.

Таблиця 39 – Питомі викиди забруднюючих речовин при прогріві двигуна вантажними автомобілями

Вантажопідйомність автомобіля, тонн	Тип двигуна	Питомі викиди забруднюючих речовин, m_{pri}^k , г/хв.														
		СО			СН			NO ₂			тверді домішки			SO ₂		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	ЗП		БП	ЗП		БП	ЗП		БП	ЗП			
до 2	Б	5	9,1	6,2	0,65	1	0,8	0,05	0,07	0,05	-	-	-	0,013	0,016	0,014
	Д	1,5	2,4	1,9	0,2	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4	0,01	0,04	0,026	0,054	0,065	0,059
	Г	7,6	14,3	9,3	0,89	2,2	1,5	0,2	0,3	0,2	-	-	-	0,018	0,023	0,02
понад 2 до 5	Д	1,9	3,1	2,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,7	0,5	0,02	0,08	0,04	0,072	0,086	0,077
	Б	15	28,1	18,3	1,5	3,8	2,5	0,2	0,3	0,2	-	-	-	0,02	0,025	0,022
	Б	18,0	33,2	19,5	2,6	6,6	4,1	0,2	0,3	0,2	-	-	-	0,028	0,036	0,032
понад 5 до 8	Г	9,2	16,9	10	1,53	3,9	2,4	0,2	0,3	0,2	-	-	-	0,026	0,033	0,029
	Д	20,8	4,4	3,6	0,38	0,8	0,5	0,6	0,8	0,6	0,03	0,12	0,06	0,09	0,108	0,097
	Б	18	33,2	19,5	2,6	6,6	4,1	0,2	0,3	0,2	-	-	-	0,028	0,036	0,032
понад 8 до 16	Д	3	8,2	5,3	0,4	1,1	0,7	1	2	1	0,04	0,16	0,08	0,113	0,136	0,122
	Д	3	8,2	5,3	0,4	1,1	0,7	1	2	1	0,04	0,16	0,08	0,113	0,136	0,122
	Д	3	8,2	5,3	0,4	1,1	0,7	1	2	1	0,04	0,16	0,08	0,113	0,136	0,122

Примітка: 1. У перехідний період значення викидів СО, СН, SO₂ і твердих домішок повинні збільшуватися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду. Викиди NO₂ дорівнюють викидам у холодний період;

2. Т – теплий період, Х – холодний період, БП – без підігріву, ЗП – з підігрівом.

3. Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

Таблиця 40 – Питомі викиди забруднюючих речовин при прогріві двигуна автобусами

Клас автобуса (L – габаритна довжина, м)	Тип двигуна	Питомі викиди забруднюючих речовин, m_{pri}^k , г/хв.														
		CO			CH			NO ₂			тверді домішки			SO ₂		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	ЗП		БП	ЗП		БП	ЗП		БП	ЗП			
Особливо малий (до 5,5)	Б	0,013	0,016	0,014	5,0	9,1	6,2	0,65	1,0	0,8	0,05	0,07	0,05	-	-	-
	Д	0,054	0,065	0,059	1,5	2,4	1,9	0,2	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4	0,01	0,04	0,026
Малий (6,0-7,5)	Б	0,02	0,025	0,022	15,0	28,1	18,3	1,5	3,8	2,5	0,2	0,3	0,2	-	-	-
	Д	0,072	0,086	0,077	1,9	3,1	2,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,7	0,5	0,02	0,08	0,04
Середній (8,0-10,0)	Б	0,028	0,036	0,032	18,0	33,2	19,5	2,6	6,6	4,1	0,2	0,3	0,2	-	-	-
	Д	0,09	0,108	0,097	2,8	4,4	3,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,8	0,6	0,03	0,12	0,068
Великий (10,5-12,0)	Б	0,033	0,043	0,039	22,8	42,0	24,8	3,1	7,7	5,0	0,2	0,3	0,2	-	-	-
	Д	0,113	0,136	0,122	4,6	8,2	5,3	0,45	1,1	0,7	1,0	2,0	1,0	0,04	0,16	0,08
Особливо великий (понад 12)	Д	0,113	0,136	0,122	4,6	8,2	5,3	0,45	1,1	0,7	1,0	2,0	1,0	0,04	0,16	0,08

Примітка: 1. У перехідний період значення викидів CO, CH, SO₂ і твердих домішок повинні збільшуватися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду. Викиди NO₂ дорівнюють викидам у холодний період;

2. Т – теплий період, Х – холодний період, БП – без підігріву, ЗП – з підігрівом.

3. Б – бензиновий, Д – дизельний, Г – газовий (стислий або стиснутий газ).

Приклад розв'язування типової задачі

Задача. Розрахувати викиди забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території (в приміщенні) стоянки за рік. Індивідуальні дані для розв'язання типової задачі представлено в табл. 41.

Таблиця 41 – Індивідуальні дані для розв'язання задачі

Показники	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
Пробіг по території стоянки одного автомобіля в день при виїзді	L_1	км	0,92
Пробіг по території стоянки одного автомобіля в день при в'їзді	L_2	км	0,67
Час прогріву двигуна	t_{np}	хв.	5,9
Час роботи двигуна на холостому ходу при виїзді з території стоянки	t_{xx1}	хв.	2,7
Час роботи двигуна на холостому ходу при в'їзді з території стоянки	t_{xx2}	хв.	1,8
Коефіцієнт виїзду (в'їзду)	α		0,928
Кількість днів роботи в розрахунковому j -му періоді року	D_j	дні	
- холодному (ЗП – з підігрівом)	D_X		146
- теплому	D_T		137
- перехідному	D_{II}		85
Кількість автомобілів k -ої групи, які виїжджають зі стоянки в годину	N^k	шт.	82
9. Тип автомобіля	$G=3,3$ (вантажний з вантажопідйомністю 3,3 тонн)	-	-
10. Тип двигуна	Д (дизельний)	-	-

Розв'язування

1. Визначаємо викид i -ої забруднюючої речовини одним автомобілем k -ої групи в день при виїзді з приміщення стоянки ($M_{виїзді}^k$, кг) за формулою (26):

- у холодний період

$$M_{виїздіCO}^k = m_{npCO}^k \cdot t_{np} + m_{LCO}^k \cdot L_1 + m_{xxCO}^k \cdot t_{xx1} = (2,5 \cdot 5,9 + 2,8 \cdot 0,92 + 1,5 \cdot 2,7) \cdot 10^{-3} = 21,376 \cdot 10^{-3} = 0,0214 \text{ кг};$$

- у теплий період

$$M_{\text{виїздCO}}^k = m_{npCO}^k \cdot t_{np} + m_{LCO}^k \cdot L_1 + m_{xxCO}^k \cdot t_{xx1} = (1,9 \cdot 5,9 + 2,8 \cdot 0,92 + 1,5 \cdot 2,7) \cdot 10^{-3} = 17,836 \cdot 10^{-3} = 0,01784 \text{ кг};$$

- у перехідний період (у перехідний період величина питомих викидів забруднюючих речовин, крім двоокису азоту, повинна збільшуватися на коефіцієнт 0,9 від значень холодного періоду)

$$M_{\text{виїздCO}}^k = m_{npCO}^k \cdot t_{np} + m_{LCO}^k \cdot L_1 + m_{xxCO}^k \cdot t_{xx1} = (2,25 \cdot 5,9 + 2,8 \cdot 0,92 + 1,5 \cdot 2,7) \cdot 10^{-3} = 19,901 \cdot 10^{-3} = 0,0199 \text{ кг}.$$

Аналогічним чином розраховуються викиди вуглеводню, двоокису азоту, двоокису сірки та твердих домішок за періодами року від одного автомобілю k -ої групи в день при виїзді з приміщення автостоянки. Результати розрахунку представлено у табл. 42.

2. Визначаємо викид i -ої забруднюючої речовини автомобілем k -ої групи в день при в'їзді у приміщення стоянки ($M_{\text{в'їзд}i}^k$, кг) за формулою (27):

$$M_{\text{в'їздCO}}^k = m_{LCO}^k \cdot L_2 + m_{xxCO}^k \cdot t_{xx2} = (2,8 \cdot 0,67 + 1,5 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 4,576 \cdot 10^{-3} = 0,0046 \text{ кг};$$

$$M_{\text{в'їздCH}}^k = m_{LCH}^k \cdot L_2 + m_{xxCH}^k \cdot t_{xx2} = (1,1 \cdot 0,67 + 0,25 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 1,187 \cdot 10^{-3} = 0,0012 \text{ кг};$$

$$M_{\text{в'їздNO}_2}^k = m_{LNO_2}^k \cdot L_2 + m_{xxNO_2}^k \cdot t_{xx2} = (8,2 \cdot 0,67 + 0,5 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 6,394 \cdot 10^{-3} = 0,0064 \text{ кг};$$

$$M_{\text{в'їздTД}}^k = m_{LTД}^k \cdot L_2 + m_{xxTД}^k \cdot t_{xx2} = (0,5 \cdot 0,67 + 0,02 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 0,371 \cdot 10^{-3} = 0,0004 \text{ кг};$$

$$M_{\text{в'їздSO}_2}^k = m_{LSO_2}^k \cdot L_2 + m_{xxSO_2}^k \cdot t_{xx2} = (0,96 \cdot 0,67 + 0,072 \cdot 1,8) \cdot 10^{-3} = 0,7728 \cdot 10^{-3} = 0,0008 \text{ кг}.$$

Результати розрахунку представлено у табл. 42.

3. Визначаємо валовий викид i -ої забруднюючої речовини k -ою групою автомобілів (M_i^j , кг) для кожного j -го періоду року за формулою (28):

- у холодний період

$$M_{CO}^X = \sum_{k=1}^k \alpha \cdot (M_{\text{виїздCO}}^k + M_{\text{в'їздCO}}^k) \cdot N^k \cdot D^X = 0,928 \cdot (0,0214 + 0,0046) \cdot 82 \cdot 146 = 288,86 \text{ кг};$$

- у теплий період

$$M_{CO}^T = \sum_{k=1}^k \alpha \cdot (M_{\text{виїздCO}}^k + M_{\text{в'їздCO}}^k) \cdot N^k \cdot D^T = 0,928 \cdot (0,0178 + 0,0046) \cdot 82 \cdot 137 = 233,52 \text{ кг};$$

- перехідний період

$$M_{CO}^{\Pi} = \sum_{k=1}^k \alpha \cdot (M_{\text{виїзд}CO}^k + M_{\text{в'їзд}CO}^k) \cdot N^k \cdot D^{\Pi} = 0,928 \cdot (0,0199 + 0,0046) \cdot 82 \cdot 85 =$$

=158,47 кг.

Аналогічним чином розраховуються валові викиди вуглеводню, двоокису азоту, двоокису сірки та твердих домішок автомобілями k -ої групи для кожного j -го періоду року. Результати розрахунку представлено у табл. 43.

Таблиця 42 – Викид i -ої забруднюючої речовини одним вантажним автомобілем в день при виїзді (в'їзді) з приміщення стоянки за порами року

Період року	Викид i -ої забруднюючої речовини одним вантажним автомобілем у день				
	CO	CH	NO ₂	тверді домішки	SO ₂
	$M_{\text{виїзд}i}^k$, кг				
холодний	0,0214	0,0041	0,0118	0,0008	0,0015
теплий	0,0178	0,0035	0,0118	0,0006	0,0015
перехідний	0,0199	0,0038	0,0118	0,0007	0,0015
	$M_{\text{в'їзд}i}^k$, кг				
холодний	0,0046	0,0012	0,0064	0,0004	0,0008
теплий					
перехідний					

Таблиця 43 – Валовий викид i -ої забруднюючої речовини вантажними автомобілями для кожного j -го періоду року

Період року	Валовий викид i -ої забруднюючої речовини M_i^j , кг				
	CO	CH	NO ₂	тверді домішки	SO ₂
холодний	288,86	58,88	202,2	13,33	25,55
теплий	233,52	49,0	189,74	10,43	23,98
перехідний	158,47	32,34	117,72	7,12	14,88

4. Визначаємо загальний валовий викид (M_i , кг) i -ої забруднюючої речовини від автотранспортних засобів при виїзді (в'їзді) з приміщення стоянки за рік за формулою (29):

$$M_{CO} = M_{CO}^X + M_{CO}^T + M_{CO}^{\Pi} = 288,86 + 233,52 + 158,47 = 680,85 \text{ кг};$$

$$M_{CH} = M_{CH}^X + M_{CH}^T + M_{CH}^{\Pi} = 58,88 + 49,0 + 32,34 = 140,22 \text{ кг};$$

$$M_{NO_2} = M_{NO_2}^X + M_{NO_2}^T + M_{NO_2}^{\Pi} = 202,2 + 189,74 + 117,72 = 509,66 \text{ кг};$$

$$M_{TD} = M_{TD}^X + M_{TD}^T + M_{TD}^{\Pi} = 13,33 + 10,43 + 7,12 = 30,88 \text{ кг};$$

$$M_{SO_2} = M_{SO_2}^X + M_{SO_2}^T + M_{SO_2}^{\Pi} = 25,55 + 23,98 + 14,88 = 64,41 \text{ кг}.$$

5. Визначаємо загальний валовий викид (M , кг) всіх забруднюючих речовин від автотранспортних засобів при виїзді (в'їзді) з приміщення стоянки за рік за формулою (30):

$$M = M_{CO} + M_{CH} + M_{NO_2} + M_{TD} + M_{SO_2} = 680,82 + 140,22 + 509,66 + 30,88 + 64,41 = 1426,02 \text{ кг.}$$

Таким чином, за рік при виїзді (в'їзді) з приміщення автостоянки вантажними автомобілями в атмосферне повітря викидається 1426,02 кг забруднюючих речовин.

Контрольне завдання

Розрахувати загальний валовий викид забруднюючих речовин від автотранспортних засобів при виїзді (в'їзді) з території (приміщення) стоянки за рік відповідно до варіанта завдання, наведеного в табл. 44.

Питання для самоконтролю

1. Перерахувати речовини, що входять у склад відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання автомобільного транспорту.
2. Як змінюється якісний склад атмосферного повітря внаслідок негативного впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище?
3. Які величини враховуються при розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин автомобілем при виїзді (в'їзді) з території (приміщення) стоянки?
4. Які величини враховуються при розрахунку валового викиду забруднюючої речовини автомобілем для конкретного періоду року?
5. З яких величин складається загальний валовий викид забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території (в приміщенні) стоянки за рік?
6. Чим відрізняється „викид з підігрівом” від „викиду без підігріву”?

Таблиця 44 – Вихідні дані для розрахунку загального валового викиду забруднюючих речовин від автотранспортних засобів при виїзді (в'їзді) з території (приміщення) стоянки

Показники	Варіанти												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L_1 , км	2	1,7	1,8	1,5	1,6	1,4	1,2	1,3	1,1	1,9	1,75	1,85	1,55
L_2 , км	1,5	0,9	1,65	0,8	1	1,15	1,3	0,85	0,7	0,95	1,05	1,45	1,15
t_{np2} , хв.	6	3,3	4,2	5	6,1	3,7	7	5,1	3,4	4	5,2	3,6	4,3
t_{xx1} , хв.	5,2	4,6	4,2	4,1	4	3,9	3,5	3,7	3	4,3	3,8	4,4	3,3
t_{xx2} , хв.	3,9	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,7	3,5	3	3,8	2,7
α	0,95	0,96	0,94	0,965	0,958	0,962	0,945	0,93	0,953	0,964	0,949	0,937	0,957
D_1 , дні:													
X	100 (БП)	90 (ЗП)	80 (БП)	85 (ЗП)	96 (БП)	105 (ЗП)	82 (БП)	92 (ЗП)	87 (БП)	84 (ЗП)	88 (БП)	94 (ЗП)	81 (БП)
T	150	160	170	180	190	155	165	175	185	195	153	164	172
П	99	83	74	88	110	92	100	97	82	77	103	114	96
N_k , шт.	68	40	20	45	30	27	65	55	47	39	50	40	81
Тип автомобіля	V=1,7	G=4	L=14	G=1,5	L=11	L=6	V=1	G=3	G=10	L=4	G=4,5	L=7	V=2,8
Тип двигуна	Б	Г	Д	Б	Д	Б	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Б

Примітка: 1. БП – холодний період без підігріву; ЗП – холодний період з підігрівом.

2. G – вантажопідйомність автомобіля, тонн; L – габаритна довжина автобуса, м; V – робочий об'єм двигуна легкового автомобіля, л.

Б, Г, Д – тип двигуна (бензиновий, газовий, дизельний).

Показники	Варіанти													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
L_1 , км	1,65	1,45	1,25	1,35	1,15	1,95	1,68	1,23	1,44	1,52	1,37	1,26		
L_2 , км	1,25	1,15	0,75	0,85	0,6	1,45	1,34	0,84	1,09	1,16	1,06	0,97		
t_{np} , хв.	3	4,8	5,5	6,3	3,5	4,7	5,3	6,8	5,7	4,5	5,9	5,4		
t_{xx1} , хв.	3,4	4,5	3,2	3,6	3,1	4,7	4,8	5,1	3,3	4,9	5,3	5		
t_{xx2} , хв.	2,6	3,8	2,6	3	2,7	4	4,2	4,6	2,7	4,4	4,8	4,3		
α	0,966	0,943	0,935	0,956	0,968	0,946	0,944	0,955	0,938	0,965	0,941	0,963		
D_j , дні:														
X	86 (ЗП)	89 (БП)	95 (ЗП)	83 (БП)	87 (ЗП)	91 (БП)	103 (ЗП)	93 (БП)	79 (ЗП)	88 (БП)	97 (ЗП)	107 (БП)		
T	188	191	156	166	178	183	157	163	171	186	192	167		
П	84	105	94	89	73	111	84	97	108	76	90	114		
N_k , шт.	45	60	57	34	70	62	74	57	25	85	43	30		
Тип автомобіля	L=5	G=7	G=15	L=8,5	G=5,5	G=20	V=3	G=10	L=12	V=1,5	G=6	L=10		
Тип двигуна	Д	Г	Д	Д	Д	Д	Б	Д	Б	Б	Г	Б		

Примітка: 1. БП – холодний період без підігріву; ЗП – холодний період з підігрівом.

2. G – вантажопідйомність автомобіля, тонн; L – габаритна довжина автобуса, м; V – робочий об'єм двигуна легкового автомобіля, л.

Б, Г, Д – тип двигуна (бензиновий, газовий, дизельний).

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ ПРИ ВІЛЬНОМУ ГОРІННІ НАФТИ (НАФТОПРОДУКТІВ)

Мета роботи: Визначити кількість викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище при вільному горінні нафти (нафтопродуктів).

Методика розрахунку. Нафта – це суміш різних вуглеводнів: граничних – парафінових (алкани), нафтоєнових – циклопарафінових (циклани), ароматичних (арени). Вміст вуглеводнів у нафті коливається в межах 82-87%, водню – 11-14%, інше – домішки.

Парафінові (C_nH_{2n+2}). У звичайних умовах парафіни до C_4H_{10} – газ, від C_5H_{12} до $C_{15}H_{32}$ – рідина, що входить до складу моторних палив, $C_{16}H_{34}$ й вище – тверді речовини, які називаються парафінами.

Нафтоєнові – циклопарафінові (циклани) C_nH_{2n} .

Ароматичні (арени) C_nH_{2n-6} – коштовна сировина для нафтохімічної промисловості й одержання високооктанових бензинів.

Неграничні (олефінові) C_nH_{2n} у нафті не містяться, а утворюються при переробці і є коштовною сировиною для одержання поліетилену і поліпропілену.

За вмістом парафіну нафта підрозділяються на малопарафіністі ($\leq 1,5\%$); парафіністі (від 1,5 до 6%) й високопарафіністі ($>6\%$). Іноді зустрічається нафта зі вмістом парафіну до 30 %.

Шкідливими домішками нафти є сірчисті сполуки до 8% (сірководень, сульфід, меркаптани, елементарна сірка і пірофорні похідні). Кисень (до 2%) є присутнім у вигляді нафтоєнових і жирних кислот, фенолів і асфальтенів. Крім цього, у нафті містяться вуглекислий газ, хлор, йод, фосфор, миш'як, калій, натрій, азот і багато інших елементів таблиці Д.І. Менделєєва, а також пластова вода. Азот у вигляді амінів і піридинових основ.

Щільність нафти коливається від 750 до 950 $кг/м^3$. Нафта щільністю до 900 $кг/м^3$ називається легкою, а більш 900 $кг/м^3$ – важкою. Щільність бензину 720-780 $кг/м^3$, керосину – 800-900 $кг/м^3$, дизельного палива – 840-900 $кг/м^3$, олій – 890-940 $кг/м^3$.

Під щільністю розуміють відношення маси речовини при температурі 20°C до займаного об'єму.

Процес горіння нафти (нафтопродуктів) може виникати при аваріях, а також при спалюванні некондиційних продуктів або аварійних розливів.

Процес горіння нафти супроводжується утворенням різних продуктів згоряння. Склад продуктів згоряння залежить від складу нафти і коефіцієнта надлишку повітря.

Основним продуктом згоряння вуглеводнів є двоокис вуглецю (CO_2), але тому що горіння дифузійне і повітря недостатньо, то утворюються оксид

вуглецю (CO), продукти неповного згоряння – вуглеводні різного складу (формальдегід, органічні кислоти, бенз(а)пірен та ін.), сажа (C).

У процесі горіння також бере участь азот, що входить до складу повітря. При високих температурах він здатний окислятися з утворенням оксидів азоту (NO, NO₂ та ін.).

Якщо до складу нафти входять сполуки сірки (сірководень, меркаптани, сульфідні й ін.), то в процесі горіння утворюються оксиди сірки (SO₂ и SO₃).

Запропонований метод розрахунку застосовується для визначення маси шкідливих речовин, що виділяються в атмосферу при горінні нафти в коморах, резервуарах, обвалуваннях на водній поверхні і так далі.

Маса *i*-ої забруднюючої речовини (Π_i , кг/год.), викинутої до атмосфери в одиницю часу визначається за формулою:

$$\Pi_i = K_i \cdot m \cdot S_{cp}, \quad (31)$$

де K_i – питомий викид *i*-ої забруднюючої речовини на одиницю маси згорілого нафтопродукту (нафти), кг (речовини)/кг (нафти); m – швидкість вигорання нафтопродукту, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}}$; S_{cp} – середня поверхня дзеркала рідини, м².

Величина K_i визначається при температурі горіння, що менша або дорівнює 1300°C и надлишку повітря $\alpha=0,93$, що відповідає реальним умовам вільного горіння нафти (табл. 45).

Таблиця 45 – Питомий викид *i*-ої забруднюючої речовини при горінні нафти (нафтопродуктів) на поверхні

Забруднююча речовина	Хімічна формула	Питомий викид шкідливої речовини, кг/кг		
		нафта	дизельне паливо	бензин
Двоокис вуглецю	CO ₂	1	1	1
Окис вуглецю	CO	0,084	0,0071	0,311
Сажа	C	0,17	0,0129	0,0015
Окисли азоту (в перерахунку на NO ₂)	NO ₂	0,0069	0,0261	0,0151
Сірководень	H ₂ S	0,001	0,001	0,001
Окисли сірки (в перерахунку на SO ₂)	SO ₂	0,0278	0,0047	0,0012
Синильна кислота	HCN	0,001	0,001	0,001
Формальдегід	HCHO	0,001	0,0011	0,0005
Органічні кислоти (в перерахунку на CH ₃ COOH)	CH ₃ COOH	0,015	0,0036	0,0005

Швидкість вигорання (m) є практично постійною величиною для нафти і визначається як середня масова швидкість горіння з одиниці поверхні дзеркала в одиницю часу. Лінійну швидкість вигорання нафти (нафтопродуктів) L (мм/хв.) визначають за допомогою табл. 46.

Середню поверхню дзеркала горіння визначають шляхом виміру, але в аварійних випадках можна визначити S_{cp} розрахунковим шляхом:

- при горінні нафти в резервуарі без його руйнування S_{cp} дорівнює площі горизонтального перетину резервуара;

- при горінні нафти з руйнуванням резервуара і витіканням нафти в обвалування S_{cp} дорівнює площі обвалування $S_{обвал}$;

- для резервуарів, що одержали під час аварії сильні руйнування:

$$S_{cp} = 4,63 \cdot V_p, \text{ м}^2 \quad (32)$$

де V_p – об'єм нафтопродукту в резервуарі;

- для фонтануючих свердловин:

$$S_{cp} = \frac{0,7 \cdot Q}{\rho \cdot L}, \text{ м}^2 \quad (33)$$

де Q – дебіт свердловини (продуктивність свердловини за нафтою), т/доба; ρ – щільність нафти, т/м³; L – лінійна швидкість вигорання нафти (нафтопродуктів), мм/хв. (табл. 46).

Таблиця 46 – Величина швидкості вигорання нафти (нафтопродуктів)

Нафтопродукт	Швидкість вигорання, т		Лінійна швидкість вигорання L , мм/хв.
	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{сек}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$	
нафта	0,03	108	2,04
мазут	0,02	72	1,18
дизельне паливо	0,055	198	4,18
керосин	0,048	172	3,84
бензин	0,053	190,8	4,54

Маса i -ої забруднюючої речовини ($M_i^{викид}$, кг/год.), викинутої до атмосфери під час горіння нафти (нафтопродуктів) від початку до загасання визначається за формулою:

$$M_i^{викид} = P_i \cdot t, \quad (34)$$

де t – час горіння нафти (нафтопродукту) від початку до загасання, год.

При малих і середніх розливах нафти на ґрунт, коли не утворюється явне дзеркало розділу фаз і нафта цілком усмоктується в ґрунт, при випалюванні відбувається горіння, просоченого нафтою інертного ґрунту. При цьому не враховуються викиди шкідливих речовин, що утворюються при горінні не нафтових компонентів (флори, фауни, ґрунтів, мінералів та інших компонентів ґрунту). Для розрахунку викидів шкідливих речовин, що утворюються при згорянні нафти (нафтопродукту) на відкритому ґрунті $M_i^{грунт}$ (кг), використовується наступна формула:

$$M_i^{грунт} = 0,6 \cdot K_i \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пльма}, \quad (35)$$

де 0,6 – прийнятий коефіцієнт повноти згоряння нафтопродукту; K_i – питомий викид i -ої забруднюючої речовини на одиницю маси згорілого нафтопродукту (нафти), кг (речовини)/кг (нафти); k_n – коефіцієнт нафтоємності ґрунту (табл. 47); ρ – щільність нафти, кг/м³; b – товщина просоченого нафтопродуктом шару ґрунту, м; $S_{\text{пляма}}$ – площа нафтової плями на ґрунті, м².

Загальна кількість викидів i -ої забруднюючої речовини ($M_i^{\text{заг}}$, кг) до атмосфери та на відкритому ґрунті визначається за формулою:

$$M_i^{\text{заг}} = M_i^{\text{викид}} + M_i^{\text{ґрунт}}. \quad (36)$$

Загальна кількість викидів всіх забруднюючих речовин ($M^{\text{заг}}$, тонни) до атмосфери та на відкритому ґрунті визначається за формулою:

$$M^{\text{заг}} = \sum M_i^{\text{заг}}. \quad (37)$$

Таблиця 47 – Коефіцієнт нафтоємності ґрунтів

Найменування ґрунту	Вологість ґрунту, %					
	0	20	40	60	80	100
Глинистий ґрунт	0,2	0,16	0,12	0,08	0,04	0
Пісок	0,3	0,24	0,18	0,12	0,01	0
Супісок, суглинок	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07	0
Гравій	0,48	0,39	0,29	0,19	0,09	0
Торф'яний ґрунт	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

Приклад розв'язування типової задачі

Задача. Розрахувати кількість викиду забруднюючих речовин, які потрапляють у навколишнє природне середовище, за умови, що горіння нафти відбувається з фонтануючої свердловини. Продуктивність (дебіт) свердловини за нафтою Q складає 300 тонн за добу, щільність нафти $\rho = 0,97$ кг/м³. Час вигорання нафти від початку й до затухання становить $t=8$ год. Товщина просоченого нафтою шару ґрунту b становить 15 см. Ґрунт представляє собою суглинок, вологість якого складає 55 %.

Розв'язування

1. Визначаємо середню поверхню дзеркала горіння, яка для фонтануючих свердловин розраховується за формулою (33):

$$S_{\text{ср}} = \frac{0,7 \cdot Q}{\rho \cdot L} = \frac{0,7 \cdot 300}{0,97 \cdot 4,18 \cdot 1,44} = 35,97 \text{ м}^2.$$

2. Визначаємо масу i -ої забруднюючої речовини (Π_i , кг/год.), викинутої до атмосфери при горінні нафти в одиницю часу за формулою (31):

$$\Pi_{\text{CO}_2} = K_{\text{CO}_2} \cdot m \cdot S_{\text{ср}} = 1 \cdot 108 \cdot 35,97 = 3884,76 \text{ кг/год.};$$

$$\Pi_{\text{CO}} = K_{\text{CO}} \cdot m \cdot S_{\text{ср}} = 0,084 \cdot 108 \cdot 35,97 = 326,32 \text{ кг/год.};$$

$$P_C = K_C \cdot m \cdot S_{cp} = 0,17 \cdot 108 \cdot 35,97 = 660,41 \text{ кг/год.};$$

$$P_{NO_2} = K_{NO_2} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,0069 \cdot 108 \cdot 35,97 = 26,81 \text{ кг/год.};$$

$$P_{H_2S} = K_{H_2S} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,001 \cdot 108 \cdot 35,97 = 3,89 \text{ кг/год.};$$

$$P_{SO_2} = K_{SO_2} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,0278 \cdot 108 \cdot 35,97 = 108 \text{ кг/год.};$$

$$P_{HCN} = K_{HCN} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,001 \cdot 108 \cdot 35,97 = 3,89 \text{ кг/год.};$$

$$P_{HCHO} = K_{HCHO} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,001 \cdot 108 \cdot 35,97 = 3,89 \text{ кг/год.};$$

$$P_{CH_3COOH} = K_{CH_3COOH} \cdot m \cdot S_{cp} = 0,015 \cdot 108 \cdot 35,97 = 58,27 \text{ кг/год.}$$

3. Визначаємо масу i -ої забруднюючої речовини ($M_i^{викид}$, кг/год.), викинутої до атмосфери під час горіння нафти від початку до загасання, за формулою (34):

$$M_{CO_2}^{викид} = P_{CO_2} \cdot t = 3884,76 \cdot 8 = 31078,08 \text{ кг};$$

$$M_{CO}^{викид} = P_{CO} \cdot t = 326,32 \cdot 8 = 2610,56 \text{ кг};$$

$$M_C^{викид} = P_C \cdot t = 660,41 \cdot 8 = 5283,28 \text{ кг};$$

$$M_{NO_2}^{викид} = P_{NO_2} \cdot t = 26,81 \cdot 8 = 214,48 \text{ кг};$$

$$M_{H_2S}^{викид} = P_{H_2S} \cdot t = 3,89 \cdot 8 = 31,12 \text{ кг};$$

$$M_{SO_2}^{викид} = P_{SO_2} \cdot t = 108 \cdot 8 = 864 \text{ кг};$$

$$M_{HCN}^{викид} = P_{HCN} \cdot t = 3,89 \cdot 8 = 31,12 \text{ кг};$$

$$M_{HCHO}^{викид} = P_{HCHO} \cdot t = 3,89 \cdot 8 = 31,12 \text{ кг};$$

$$M_{CH_3COOH}^{викид} = P_{CH_3COOH} \cdot t = 58,27 \cdot 8 = 466,16 \text{ кг}.$$

4. Методом інтерполяції визначаємо коефіцієнт нафтоємності ґрунту k_n за табл. 47 при вологості суглинку 55%:

$$k_n = \left(\frac{0,21 - 0,14}{60 - 40} \right) \cdot 55 = 0,1925.$$

5. Визначаємо масу i -ої забруднюючої речовини ($M_i^{грунт}$, кг), що утворюється при згорянні нафти на відкритому ґрунті, за формулою (35):

$$M_{CO_2}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{CO_2} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 604,5 \text{ кг};$$

$$M_{CO}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{CO} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,084 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 50,78 \text{ кг};$$

$$M_C^{грунт} = 0,6 \cdot K_C \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,17 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 102,76 \text{ кг};$$

$$M_{NO_2}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{NO_2} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,0069 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 4,17 \text{ кг};$$

$$M_{H_2S}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{H_2S} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,001 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 0,61 \text{ кг};$$

$$M_{SO_2}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{SO_2} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,0278 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 16,81 \text{ кг};$$

$$M_{HCN}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{HCN} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,001 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 0,61 \text{ кг};$$

$$M_{HCHO}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{HCHO} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,001 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 0,61 \text{ кг};$$

$$M_{CH_3COOH}^{грунт} = 0,6 \cdot K_{CH_3COOH} \cdot k_n \cdot \rho \cdot b \cdot S_{пляма} = 0,6 \cdot 0,015 \cdot 0,1925 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2} \cdot 35,97 = 9,07 \text{ кг}.$$

6. Визначаємо загальну кількість викидів i -ої забруднюючої речовини ($M_i^{заг}$, кг) до атмосфери та на відкритому ґрунті за формулою (36):

$$M_{CO_2}^{заг} = M_{CO_2}^{викид} + M_{CO_2}^{грунт} = 31078,08 + 604,5 = 31682,58 \text{ кг};$$

$$M_{CO}^{заг} = M_{CO}^{викид} + M_{CO}^{грунт} = 2610,56 + 50,78 = 2661,34 \text{ кг};$$

$$M_C^{заг} = M_C^{викид} + M_C^{грунт} = 5283,28 + 102,76 = 5386,04 \text{ кг};$$

$$M_{NO_2}^{заг} = M_{NO_2}^{викид} + M_{NO_2}^{грунт} = 214,48 + 4,17 = 218,65 \text{ кг};$$

$$M_{H_2S}^{заг} = M_{H_2S}^{викид} + M_{H_2S}^{грунт} = 31,12 + 0,61 = 31,73 \text{ кг};$$

$$M_{SO_2}^{заг} = M_{SO_2}^{викид} + M_{SO_2}^{грунт} = 864 + 16,81 = 880,81 \text{ кг};$$

$$M_{HCN}^{заг} = M_{HCN}^{викид} + M_{HCN}^{грунт} = 31,12 + 0,61 = 31,73 \text{ кг};$$

$$M_{HCHO}^{заг} = M_{HCHO}^{викид} + M_{HCHO}^{грунт} = 31,12 + 0,61 = 31,73 \text{ кг};$$

$$M_{CH_3COOH}^{заг} = M_{CH_3COOH}^{викид} + M_{CH_3COOH}^{грунт} = 466,16 + 9,07 = 475,23 \text{ кг}.$$

7. Визначаємо загальну кількість викидів всіх забруднюючих речовин ($M^{заг}$, тонни) до атмосфери та на відкритому ґрунті за формулою (37):

$$M^{заг} = \sum M_i^{заг} = 31682,58 + 2661,34 + 5386,04 + 218,65 + 31,73 + 880,81 + 31,73 + 31,73 + 475,23 = 41399,84 \cdot 10^{-3} = 41,4 \text{ тонни}.$$

Таким чином, внаслідок горіння нафти з фонтануючої свердловини у навколишнє середовище потрапляє 41,4 тонни забруднюючих речовин.

Контрольне завдання

1. Розрахувати кількість викиду забруднюючих речовин, які потрапляють у навколишнє природне середовище. Умови горіння нафти (нафтопродукту), щільність нафти ρ , час вигорання нафти (нафтопродукту) від початку й до згасання t , товщина просоченого нафтою (нафтопродуктом) шару ґрунту b , характеристика ґрунту, його вологість та вид пального (нафта або нафтопродукт) наведено в табл. 48, відповідно до варіанта завдання.

Таблиця 48 – Вихідні дані для розрахунку викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище при вільному горінні нафти і нафтопродуктів

Показники	Варіанти													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
умови горіння нафти і нафтопродуктів	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтанючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтанючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтанючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)
$V_p, \text{ м}^3$	10000	-	-	-	8000	-	-	-	5000	-	-	-	12000	-
$S_{обвал}, \text{ м}^2$	-	200	-	-	-	300	-	-	-	250	-	-	-	350
$S_{ср}, \text{ м}^2$	-	-	-	150	-	-	-	260	-	-	-	170	-	-
$Q, \text{ т/добу}$			100	-			150	-			200	-		
$t, \text{ год.}$	20	17	13	33	48	24	18	37	30	11	21	23	25	14
$\rho, \text{ т/м}^3$	0,81	0,78	0,84	0,91	0,9	0,7	0,86	0,95	0,85	0,75	0,89	0,97	0,88	0,79
$b, \text{ см}$	20	11	23	13	12	19	26	25	15	16	30	21	22	13
грунт	П	П	Г	Г	СГ	СГ	ТГ	СГ	Г	Г	Г	ТГ	ТГ	ТГ
вологість, %	70	30	50	30	70	30	50	25	45	35	65	70	55	65
вид пального	Н	ДП	Б	ДП	ДП	Б	Н	Б	Б	Н	ДП	ДП	Н	ДП

Показники	Варіанти													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
умови горіння нафти і нафтопродуктів	пожежа на фонтануючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтануючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтануючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)	горіння пального в резервуарі, що одержав сильне руйнування	руйнування резервуара (пальне горить у межах обвалування)	пожежа на фонтануючій свердловині	порив нафтозбірного колектору (трубопроводу)
$V_p, \text{м}^3$	-	-	9000	-	-	-	15000	-	-	-	7000	-	-	-
$S_{\text{обвал}}, \text{м}^2$	-	-	-	270	-	-	-	320	-	-	-	220	-	-
$S_{\text{ср}}, \text{м}^2$	-	290	-	-	-	210	-	-	-	310	-	-	-	280
$Q, \text{т/добу}$	130	-	-	-	170	-	-	-	110	-	-	-	180	-
$t, \text{год.}$	29	28	35	12	22	36	15	16	26	31	10	19	40	34
$\rho, \text{т/м}^3$	0,8	0,92	0,82	0,77	0,81	0,96	0,87	0,73	0,87	0,93	0,83	0,76	0,9	0,98
$b, \text{см}$	24	27	17	14	11	14	25	18	15	19	10	21	20	24
грунт	ТГ	СП	ГР	ГР	ГР	П	СП	СП	П	ГР	П	П	ГР	Г
вологість, %	35	50	75	55	35	45	45	25	50	45	35	75	30	70
вид пального	Б	Н	ДП	Б	Н	Н	Б	Н	ДП	Б	Н	ДП	Б	ДП

Примітка: 1. Вид пального: Б – бензин; ДП – дизельне паливо; Н – нафта. 2. $S_{\text{ср}} = S_{\text{пл.ма}}$. 3. Характеристика ґрунту: Г – глина, П – пісок; СГ – суглинок; СП – супісок; ГР – гравій; ТГ – торф'яний ґрунт.

Питання для самоконтролю

1. Дати визначення поняттю „нафта”. Які елементи входять до її складу?
2. Які забруднюючі речовини утворюються в процесі горіння нафти і нафтопродуктів?
3. Дати визначення поняттю „щільність нафти”. Яка може бути нафта за цим показником?
4. Що таке швидкість вигорання нафти і нафтопродуктів?
5. Які умови горіння нафти і нафтопродуктів існують?
6. Які величини враховуються при розрахунку викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря з урахуванням часу горіння нафти від початку до згасання?
7. Які величини враховуються при розрахунку викиду забруднюючих речовин, що утворюються при згорянні нафти на відкритому ґрунті?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ Державного комітету статистики України «Про затвердження методики розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом, який використовується суб'єктами господарської діяльності та іншими юридичними особами всіх форм власності», № 293 від 06.09.2000.
2. Наказ Державного комітету статистики України «Про затвердження методики розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря від автомобільного транспорту, що перебуває у приватній власності населення», №409 від 15.12.1999.
3. Бондаренко Е.В. Дорожно-транспортная экология: учеб. пособие / Е.В. Бондаренко, Е.П. Дворников. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.
4. Байтелова А.И., Шабанова С.В. Источники загрязнения объектов окружающей среды: Методические указания к лабораторным и практическим занятиям. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 47 с.
5. Бережной С.А. Сборник типовых расчетов и заданий по экологии: учеб. пособие /С.А. Бережной, Ю.С. Седов. – Тверь: ТГТУ, 1999. – 398 с.
6. Методика «Расчет выброса вредных веществ в атмосферу при свободном горении нефти и нефтепродуктов». – Самара: Самарский областной комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ-1996. – 15 с.
7. Глазков Ю.Е. Экологические аспекты инновационной творческой деятельности на транспорте и в агросервисе: учеб. пособие /Ю.Е. Глазков, А.И. Попов. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.

ЗМІСТ

	Стор.
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	3
Практична робота № 1. Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря автотранспортом, що використовується суб'єктами господарської діяльності та знаходиться у приватній власності населення.....	4
Практична робота № 2. Розрахунок і оцінка рівня забруднення ґрунту вздовж автодороги.....	18
Практична робота № 3. Розрахунок і оцінка поверхневого стоку з автомобільної дороги	27
Практична робота № 4. Розрахунок токсичних викидів в атмосферу при експлуатації автомобілів	34
Практична робота № 5. Розрахунок викидів забруднюючих речовин від автотранспортних засобів на території стоянки	44
Практична робота № 6. Розрахунок викидів шкідливих речовин в атмосферу при вільному горінні нафти і нафтопродуктів.....	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	66

КУЛІКОВА Дар'я Володимирівна
КОВРОВ Олександр Станіславович

**ТЕХНОЕКОЛОГІЯ.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**
студентами спеціальностей

101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 15.11.2017. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 3,9.
Обл.-вид. арк. 3,1. Тираж 50 прим. Зам. №517

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.