

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИХ РЕГІОНІВ**

**методичні вказівки
до самостійного вивчення
практичної частини дисципліни**

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 2 від «17» листопада 2022 р.)
Обов'язково до розміщення в репозиторії*

Запоріжжя 2022

mip metinvest
polytechnic



Методичні вказівки до самостійного вивчення практичної частини дисципліни «Екологічні проблеми гірничо-металургійних регіонів» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / О.В. Орлінська, Д.С. Пікареня. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2022. 62 с.

Методичні вказівки включають завдання до практичних робіт за варіантами, методичні пояснення щодо порядку виконання, вимоги до його оформлення.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня освіти.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
Екології та економіки довкілля
Протокол № 3 від «01» листопада 2022 р.

Узгоджено:

Секретар Редакційної ради

Малій Х. В.


«02» листопада 2022 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2022



ЗМІСТ

Практична робота № 1. Визначення ступеня забрудненості атмосфери.....	4
Практична робота №2. Визначення категорії небезпечності підприємств залежно від маси, виду та складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу.....	7
Практична робота №3. Визначення відстані від джерела викидів на якій приземна концентрація досягає максимального значення за несприятливих метеорологічних умов.....	10
Практична робота №4. Визначення загальної маси викидів в атмосферу при роботі з матеріалами, що пилять.....	13
4.1. Пересипання матеріалів, що пилять.....	13
4.2. Викиди при пересипанні вугілля.....	18
4.3. Викиди при зберіганні матеріалів на складах, хвостосховищах.....	21
4.4. Викиди на кар'єрі.....	25
4.4.1. Бурові роботи.....	25
4.4.2. Вибухові роботи.....	26
Практична робота №5. Визначення розміру відшкодування збитків на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки.....	33
Практична робота №6. Розрахунок сольового стоку річкової системи.....	36
Практична робота №7. Визначення припливу води до колодязя.....	41
Практична робота №8. Визначення припливу води до траншеї.....	48
Практична робота №9. Визначення основних понять і положень Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку».....	54
Практична робота №10. Аналіз ефективності переробки відходів...	55



Практична робота № 1. Визначення ступеня забрудненості атмосфери

Стислі теоретичні відомості

Одночасна присутність у повітрі різних забруднюючих речовин призводить у деяких випадках до ефекту збільшення дії, по-перше, через схожість токсичної дії ряду речовин, по-друге, через взаємне збільшення дії (синергічний ефект) різних речовин. Ефектом сумачії володіють викиди, що мають у своєму складі, наприклад, ацетон, сірчаний ангідрид та інші різноманітні речовини.

У випадку присутності в атмосферному повітрі декількох речовин, що мають здатність до сумарної дії, сума їх концентрації не повинна перевищувати одиниці. Для врахування ефекту сумачії використовують формулу:

$$EC = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1 \quad (1.1)$$

де C_i – концентрація шкідливих речовин, які володіють ефектом сумачії;
 $ГДК_i$ – відповідні гранично допустимі концентрації.

Для визначення стану забруднення повітря декількома речовинами, що діють одночасно, використовують індекс забруднення атмосфери $ІЗА$, який вказує, у скільки разів сумарний рівень забрудненості атмосфери кількома речовинами перевищує ГДК двоокису сірки. Для кожного населеного пункту визначено конкретний перелік пріоритетних домішок, за якими розраховується індекс забруднення атмосфери $ІЗА_n$.

$$ІЗА_n = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{K_i} \quad (1.2)$$

де K_i – коефіцієнт гранично допустимої концентрації i -тої речовини відносно ГДК двоокису сірки.

$$K_5 = \frac{ГДК^{реч}}{ГДК^{SO_2}} \quad (1.3)$$

Завдання до практичної роботи №1.

1. Визначити, у скільки разів змінився ефект сумачії у населеному пункті за період 2010-2020 рр. за максимальними разовими концентраціями речовин. Вихідні дані за варіантами наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до завдання 1

Варіант	Максимальні разові концентрації, мг/дм ³ 2010/2020					
	Аміак	Двоокис азоту	Окис вуглецю	Сірководень	Сірчаний ангідрид	Фенол
1	1,7/0,7	0,5/0,02	6,5/4,0	0,1/0,007	2,3/1,6	0,004/0,003
2	2,5/1,7	0,36/0,1	13,0/9,8	0,006/0,002	2,0/0,5	0,04/0,006
3	2,1/0,6	0,4/0,008	17,0/7,6	0,008/0,005	2,6/0,7	0,02/0,01
4	2,8/3,0	0,9/1,1	7,0/7,6	0,01/0,03	3,0/3,6	0,05/0,07
5	1,8/0,9	0,5/0,2	17,0/7,0	0,006/0,007	1,6/0,8	0,005/0,004
6	2,3/1,9	0,7/0,4	12,0/5,0	0,009/0,006	1,1/0,4	0,004/0,006
7	1,1/0,5	0,6/0,8	7,0/8,0	0,02/0,01	0,7/1,1	0,002/0,06
8	3,4/2,0	0,5/0,01	8,5/6,5	0,1/0,06	1,4/0,8	0,01/0,005
9	2,7/1,8	0,3/0,06	18,0/8,0	0,02/0,07	8,7/0,8	0,04/0,01
10	0,4/0,8	0,6/0,01	10,0/5,0	0,012/0,01	0,7/1,4	0,06/0,01
11	3,0/1,1	0,1/0,09	16,5/7,5	0,1/0,09	4,2/1,2	0,05/0,003
12	2,2/0,8	0,09/0,06	9,1/5,2	0,03/0,06	1,2/0,5	0,004/0,006
13	1,9/0,4	0,6/0,01	6,5/5,8	0,01/0,009	1,8/0,9	0,1/0,25
14	2,7/0,7	0,55/0,02	10,4/6,7	0,012/0,08	0,5/0,7	0,04/0,02
15	1,4/0,4	0,1/0,04	7,5/4,0	0,002/0,004	1,3/1,0	0,05/0,01
16	2,0/0,5	0,48/0,09	15,0/8,0	0,008/0,004	2,25/0,3	0,03/0,005
17	2,8/3,0	0,9/1,1	7,0/7,6	0,01/0,03	3,0/3,6	0,05/0,07
18	1,1/0,5	0,6/0,8	7,0/8,0	0,02/0,01	0,7/1,1	0,002/0,06
19	1,7/0,7	0,5/0,02	6,5/4,0	0,1/0,007	2,3/1,6	0,004/0,003
20	2,1/0,6	0,4/0,008	17,0/7,6	0,008/0,005	2,6/0,7	0,02/0,01
21	2,1/0,6	0,4/0,008	17,0/7,6	0,008/0,005	2,6/0,7	0,02/0,01
22	3,0/1,1	0,1/0,09	16,5/7,5	0,1/0,09	4,2/1,2	0,05/0,003
23	1,7/0,7	0,5/0,02	6,5/4,0	0,1/0,007	2,3/1,6	0,004/0,003
24	3,0/1,1	0,1/0,09	16,5/7,5	0,1/0,09	4,2/1,2	0,05/0,003
25	1,4/0,4	0,1/0,04	7,5/4,0	0,002/0,004	1,3/1,0	0,05/0,01
26	2,7/1,8	0,3/0,06	18,0/8,0	0,02/0,07	8,7/0,8	0,04/0,01
<i>ГДК</i>	<i>0,2</i>	<i>0,085</i>	<i>5,0</i>	<i>0,008</i>	<i>0,5</i>	<i>0,003</i>

2. Визначити стан забруднення повітря у населеному пункті у 2010 та 2020 рр. речовинами, значення максимальних разових концентрацій яких надані у табл.1.1 (за варіантами).

Приклади розв'язання завдань.

Завдання 1. Визначити, у скільки разів змінився ефект сумації у населеному пункті за період 2010-2020 рр. за максимальними разовими концентраціями речовин, наведеними у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані до розв'язання прикладу 1

Речовина	Максимальна разові концентрації, мг/м ³		
	2010	2020	ГДК
Аміак	2,0	0,5	0,2
Двоокис азоту	0,48	0,09	0,085
Окис вуглецю	15,0	8,0	5,0
Сірководень	0,008	0,004	0,008
Сірчаний ангідрид	2,25	0,3	0,5
Фенол	0,03	0,005	0,003

Розв'язання. Оскільки ефектом сумачії з приведених речовин володіють лише двоокис азоту, окис вуглецю, сірчаний ангідрид та фенол, розрахунок ЕС будемо вести згідно (1.1) тільки для останніх, не беручи до уваги викиди аміаку та сірководню.

Отже, ефект сумачії у 2010 р. для наведеної групи речовин складає:

$$\begin{aligned} \text{У 2010 році} \quad EC^{2010} &= \frac{0,48}{0,085} + \frac{15,0}{5,0} + \frac{2,25}{0,5} + \frac{0,03}{0,003} = 23,1 \\ \text{У 2020 році} \quad EC^{2020} &= \frac{0,09}{0,085} + \frac{8,0}{5,0} + \frac{0,3}{0,5} + \frac{0,005}{0,003} = 4,9 \end{aligned}$$

За даними розрахунків виявлено перевищення ефекту сумачії в обох випадках, що пов'язано з перевищенням значень ГДК по усіх максимально разових концентраціях наведених речовин.

$$\frac{EC^{2010}}{EC^{2020}} = \frac{23,1}{4,9} = 4,7 \text{ раз}$$

Висновок: за період 2010-2020 рр. у населеному пункті по двоокису азоту, окису вуглецю, сірчистому ангідриду та фенолу виявлено зменшення ефекту сумачії у 4,7 рази.

Приклад 2. Визначити стан забруднення повітря у населеному пункті у 2010 та 2020 рр. речовинами за їх максимальними разовими концентраціями (табл. 1.2).

Розв'язання. Спочатку визначимо коефіцієнтів гранично допустимої концентрації K_i кожної речовини ГДК двоокису сірки за формулою (1.3).

$$\begin{aligned} K_1^1 &= \frac{ГДК^1}{ГДК^{SO_2}} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4; \quad K_2^1 = 0,17; \quad K_3^1 = 10,0; \\ K_4^1 &= 0,016; \quad K_5^1 = 1,0; \quad K_6^1 = 0,006. \end{aligned}$$

Далі за формулою (1.2) визначимо стан забруднення повітря аміаком, двоокисом азоту, окисом вуглецю, сірководнем, сірчистим ангідридом та фенолом, що діють одночасно за станом на 2010 та 2020 рр., використовуючи індекс забруднення атмосфери ІЗА.

$$\begin{aligned} IZA^{2010} &= \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{K_i} = \frac{2}{0,4} + \frac{0,48}{0,17} + \frac{15}{10,0} + \frac{0,008}{0,016} + \frac{2,25}{1,0} + \frac{0,03}{0,006} = 17,07 \\ IZA^{2020} &= \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{K_i} = \frac{0,5}{0,4} + \frac{0,09}{0,17} + \frac{8,0}{10,0} + \frac{0,004}{0,016} + \frac{0,3}{1,0} + \frac{0,005}{0,006} = 3,96 \end{aligned}$$

Висновки: Отримані показники індексів забруднення атмосфери IZA^{2010} , IZA^{2020} вказують на перевищення у 17,07 та 3,96 раз сумарного рівня забрудненості атмосфери шістьма питомими речовинами ГДК двоокису сірки за станом на 2010 та 2020 рр. відповідно.

Практична робота №2.

Визначення категорії небезпечності підприємств залежно від маси, виду та складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу

Стислі теоретичні відомості

Категорію небезпечності підприємств визначають за даними викидів забруднюючих речовин в атмосферу, що відображаються у формі статистичної звітності 2-ТП - повітря кожним підприємством забруднювачем.

Категорію небезпечності підприємств (КНП) розраховують за виразом:

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ГДК_{сд}} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.1)$$

де M_i – маса викиду i -ї речовини, т/рік;

$ГДК_{сд}$ – середньодобова гранично допустима концентрація i -ї речовини, що викидаються підприємством в атмосферу;

n – кількість шкідливих речовин, що викидаються підприємством в атмосферу;

α_i – безрозмірна константа, що дозволяє порівняти ступінь шкідливості i -ї речовини зі шкідливістю сірчистого газу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Безрозмірна константа відповідності класу небезпечності речовин

Константа	Клас небезпечності речовин			
	1	2	3	4
α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Для розрахунку категорії небезпечності підприємств (КНП) за відсутності середньодобових значень ГДК використовують значення максимально разових ГДК, або зменшені в десять разів значення ГДК робочої зони забруднюючих речовин.

За величиною категорії небезпечності підприємств (КНП) останні поділяються на 4 категорії небезпечності. Граничні умови для виділення підприємства за категоріями наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Категорії небезпечності підприємств та граничні значення КНП

Категорії небезпечності	Значення КНП	Санітарно-захисна зона, м
I	$>10^8$	1000
II	$10^8 > КНП > 10^4$	500
III	$10^4 > КНП > 10^3$	300
IV	$<10^3$	100

У залежності від тієї чи іншої категорії небезпечності підприємства здійснюється облік викидів забруднюючих речовин в атмосферу і запроваджується періодичність контролю за викидами підприємств, а також призначається санітарно-захисна зона від джерел забруднень до житлових районів (СЗЗ).

Завдання 2.1:

1. Оцінити ступінь забруднення атмосфери та встановити санітарно-захисну зону до житлових районів від джерел забруднень промислового підприємства за вихідними даними.

2. Зробити висновки за наданими прикладами.

Вихідні дані до завдання 2.1

№ варіанту	Вихідні речовини, т/рік					
	Зважені речовини (пил)	Оксид вуглецю	Диоксид сірки	Диоксид азоту	Бенз(а)пірен	Смолисті
1	4728,5	9676,1	831,3	127,6	0,85	897,6
2	5118,7	8673,2	718,5	161,8	0,91	903,4
3	3626,3	8765,4	846,1	134,5	0,67	865,2
4	4813,4	9016,1	802,6	157,8	0,53	786,1
5	6123,5	10002,4	886,3	181,9	0,96	873,2
6	3946,2	7743,4	701,5	112,6	0,81	901,6
7	4126,7	8635,1	843,5	154,9	0,63	943,8
8	4288,1	8975,5	645,1	171,2	0,48	773,8
9	4943,5	7625,1	701,3	144,6	0,72	943,6
10	4595,1	8565,4	787,4	157,7	0,87	795,5
11	4127,3	8126,6	754,3	128,1	0,66	825,3
12	4943,4	9365,6	801,7	161,2	0,85	878,8
13	4321,7	7946,4	698,7	136,5	0,88	927,3
14	4534,8	8223,6	711,6	172,6	0,84	876,5
15	4178,7	8678,4	731,6	161,8	0,77	809,6
16	4936,5	8772,6	796,5	170,3	0,63	877,5
17	5746,3	7886,4	696,8	148,4	0,81	921,7
18	5673,4	8772,6	678,4	112,8	0,55	855,8
19	6120,8	8669,4	736,5	132,4	0,97	876,7
20	5324,6	7786,2	596,4	172,3	1,07	910,3
21	5546,7	8128,5	701,6	147,1	0,91	891,5
22	4763,5	8434,6	744,8	152,3	0,75	925,6
23	3965,8	7947,9	711,6	165,6	0,98	896,3
24	4245,8	8068,4	743,4	131,8	0,987	906,8
25	4487,8	8937,2	701,3	158,1	0,97	934,6
ГДК, мг/м ³	0,15	3,0	0,05	0,04	0,000001	0,2/10 = 0,02
Клас небезпеки	3	4	3	2	1	2

Приклад розв'язання завдання 2.1. Оцінити ступінь забруднення атмосфери та встановити санітарно-захисну зону до житлових районів від джерел забруднень промислового підприємства, що мають кількість викидів за наступними речовинами, т/рік: зважені речовини (пил) – 4663,3; окис

вуглецю – 8992,4; двоокис сірки 727,3; двоокис азоту – 150,0; бенз(а)пірен 0,7; смолисті – 911,6. ГДК робочої зони для смолистих 0,2 мг/м³.

Розв'язання. У таблицях знаходимо клас небезпечності та середньодобові гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин, які викидаються від джерел забруднення промислового підприємства, дані заносимо до таблиці. Категорію небезпечності підприємств (КНП) розраховуємо за формулою (2.1) скориставшись таблицею 2.1 для визначення безрозмірної константи a_i .

Назва речовини	Викид, т/рік	ГДК _{ср} , мг/м ³	Клас небезпечності
зважені речовини (пил)	4663,3	0,15	3
окис вуглецю	8992,4	3,0	4
двоокис сірки	727,3	0,05	3
двоокис азоту	150,0	0,04	2
бенз(а)пірен	0,7	0,000001	1
смолисті	911,6	0,2/10=0,02*	2

Примітка: *Оскільки середньодобові значення ГДК для смолистих відсутні, використовуємо зменшене у 10 раз значення ГДК робочої зони для смолистих, що надані в умовах задачі.

$$\begin{aligned}
 \text{КНП} &= \left(\frac{4663,3}{0,15}\right)^1 + \left(\frac{8992,4}{3,0}\right)^{0,9} + \left(\frac{727,3}{0,05}\right)^1 + \left(\frac{150,0}{0,04}\right)^{1,3} + \left(\frac{0,7}{0,000001}\right)^{1,7} + \left(\frac{911,6}{0,02}\right)^{1,3} = \\
 &= 31088 + 1346 + 14546 + 44283 + 8643042887 + 1138692 = 8,6 \cdot 10^9
 \end{aligned}$$

Висновок: Отримане значення $\text{КНП} > 10^8$, отже це промислове підприємство відноситься до I категорії небезпечності за забрудненням атмосфери. Розмір санітарно-захисної зони від джерел забруднень до житлових районів становить 1000 м. Оцінити ступінь забруднення атмосфери речовинами, що викидаються, можна на підставі чисельного результату, отриманого від піднесення до степені відповідного члена, що входить у рівняння. Розташовуємо ці речовини за ступенем забруднення атмосфери:

бенз(а)пірен	8 643 042 887
смолисті	1 138 692
двоокис азоту	44 283
зважені речовини (пил)	31 088
двоокис сірки	14 546
окис вуглецю	1 346

Практична робота №3.

Визначення відстані від джерела викидів, на якій приземна концентрація досягає максимального значення за несприятливих метеорологічних умов

Стислі теоретичні відомості

Відстань X_m від джерела викидів, на якій приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення, визначають за формулою:

$$X_m \equiv \frac{\alpha H(5 - F)}{4} \quad (3.1)$$

де H – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

F – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від швидкості осідання шкідливих речовин (для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних аерозолів – 1,0; для крупно дисперсного пилу та золи зі ступенем очищення викидів $\geq 90\%$ – 2,0; за відсутності очищення – 3,0);

α – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від параметрів f , V_m , V'_m .

$$f \equiv 1000 \frac{W_0 D}{H^2 \Delta T}; \quad (3.2)$$

$$V_m \equiv 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T V_1}{H}} \quad (3.3)$$

$$V'_m = 1.3 \frac{W_0 D}{H} \quad (3.4)$$

де W_0 – середня швидкість викидних газів з устя джерела викиду, м/с;

D – діаметр устя джерела викиду, м;

ΔT – різниця температур викидних газів T_2 і навколишнього атмосферного повітря T_n (середня максимальна температура повітря найжаркішого місяця року);

V_1 – витрата викидних газів, м³/с, визначається за формулою (3.5).

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} W_0. \quad (3.5)$$

Безрозмірний коефіцієнт α при $f < 100$ обчислюють за формулами (3.6):

$$\begin{cases} \alpha = 2.48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) & \text{при } V_m \leq 0.5 \\ \alpha = 4.95V_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) & \text{при } 0.5 < V_m < 2 \\ \alpha = 7\sqrt{V_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) & \text{при } V_m > 2 \end{cases} \quad (3.6)$$

Якщо $f > 100$ або $\Delta T \approx 0$, значення α визначають за формулами (3.7):

$$\begin{cases} \alpha = 5.7 & \text{при } V'_m \leq 0.5 \\ \alpha = 11.4V'_m & \text{при } 0.5 < V'_m < 2 \\ \alpha = 16\sqrt{V'_m} & \text{при } V'_m > 2 \end{cases} \quad (3.7)$$

Завдання до практичної роботи №3: в атмосферу викидають відхідні гази, у яких міститься діоксид сірки та вуглецю. На якій відстані від джерела викидів приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення, якщо підприємство має Н-метрову димову трубу діаметром D, м? Температура викидних газів T°C. Середня витрата викидних газів становить V тис.м³ за годину.

Вихідні дані наведені у табл. 3.1 за варіантами.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для практичної роботи № 3

№ варіанту	H, м	D, м	T, °C	V, 1·10 ³ м ³ /год	F
1	100	5,2	115	112	Для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних аерозолів. F=1,0
2	95	6,3	118	110	
3	80	4,8	126	85	
4	115	5,1	110	95	
5	122	6,1	113	87	
6	118	6,6	117	112	Для великодисперсного пилу та золи зі ступенем очищення викидів ≥90% F=2,0
7	110	4,6	120	108	
8	104	5,3	125	97	
9	111	5,7	117	89	
10	110	6,2	119	116	
11	123	6,0	121	125	
12	98	5,8	123	131	
13	89	6,2	130	128	
14	103	6,4	128	130	За відсутності очищення F=3,0
15	107	5,6	121	136	
16	117	6,4	126	127	
17	112	6,0	113	123	
18	106	5,9	110	129	
19	128	5,7	117	107	
20	101	5,6	121	103	
21	125	5,3	127	101	
22	116	6,6	132	89	Для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних аерозолів. F=1,0
23	97	6,2	136	91	
24	38	3,6	75	115	
25	23	3,4	80	100	

Приклад розв'язання завдання. В атмосферу викидають відхідні гази, у яких міститься діоксид сірки та вуглецю. На якій відстані від джерела викидів приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення, якщо підприємство має 100-метрову димову трубу діаметром 6 м? Температура викидних газів 120°C. Середня витрата викидних газів становить 100 тис.м³ за годину.

Розв'язання. Відстань X_m від джерела викидів, на якій приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення, визначають за формулою (3.1). Знайдемо невизначені дані цього рівняння.

Безрозмірний коефіцієнт F , що залежить від швидкості осідання шкідливих речовин для відхідних газів, у яких міститься діоксид сірки та вуглецю дорівнює 1,0.

Безрозмірний коефіцієнт α визначають за формулами (3.6) та (3.7) у залежності від параметрів f , V_m , V'_m , значення яких також треба розрахувати.

Для визначення параметру f необхідно значення середньої швидкості викидних газів з устя джерела викиду W_0 , яке розраховують за допомогою формули (3.5):

$$W_0 = \frac{4}{\pi D^2} V_1 = \frac{4}{3,14 \cdot 6^2} \cdot \frac{100\,000}{3600} = 0,98 \text{ м/с.}$$

$$f \equiv 1000 \frac{W_0 D}{H^2 \Delta T} = 1000 \frac{0,98 \cdot 6}{100^2 \cdot (120 - 40)} = 0,007.$$

Параметр V_m розраховують за формулою (3.3):

$$V_m \equiv 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T V_1}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(120 - 40) \cdot 100\,000}{100 \cdot 3600}} = 0,65 \cdot 2,811 = 1,827.$$

Параметр V'_m розраховують за формулою (3.4):

$$V'_m = 1,3 \frac{W_0 D}{H} = 1,3 \cdot \frac{0,98 \cdot 6}{100} = 0,076.$$

Оскільки виконується умова $f < 100$ безрозмірний коефіцієнт α обчислюють за формулами (3.6):

при $0,5 < V_m < 2$

$$\begin{aligned} \alpha &= 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) = 4,95 \cdot 1,827 (1 + 0,28 \sqrt[3]{0,007}) = \\ &= 9,043 \cdot (1 + 0,28 \cdot 0,191) = 9,527. \end{aligned}$$

$$X_m \equiv \frac{\alpha H (5 - F)}{4} = \frac{9,527 \cdot 100 \cdot (5 - 1)}{4} = 952,7 \text{ м.}$$

Висновок: відстань від джерела викидів при якій приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення, за умов задачі, дорівнює 952,7 м.

Практична робота №4.

Визначення загальної маси викидів в атмосферу при роботі з матеріалами, що пилять

4.1. Пересипання матеріалів, що пилять.

Інтенсивними неорганізованими джерелами пилоутворення є пересипання матеріалу, навантаження матеріалу у відкриті вагони, напіввагони, завантаження матеріалу грейфером у бункер, зсипання матеріалу відкритим струменем до складу тощо. Обсяги пиловиділень від усіх цих джерел можуть бути розраховані за формулою (4.1):

$$M_{гр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{год} \cdot 10^6 / 3600, \text{ г/с} \quad (4.1)$$

а для валових викидів – за формулою (4.2):

$$P_{гр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{пик}, \text{ т/рік} \quad (4.2)$$

де K_1 – вагова частка пилової фракції у матеріалі (таблиця 4.1). Визначається шляхом відмивання та просіву середньої проби з виділенням фракції пилу розміром від 0 до 200 мкм;

K_2 – частка пилу (від усього вагового пилу), що переходить в аерозоль (таблиця 4.1). Перевірка фактичного дисперсного складу пилу та уточнення значення K_2 проводиться відбором проб запиленого повітря на межах об'єкта, що пиляє (складу, хвостосховища) при швидкості вітру 2 м/с, що дме в напрямку точки відбору проби.

K_3 – коефіцієнт, що враховує місцеві метеоумови (таблиця 4.2);

K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умови пилоутворення (таблиця 4.3);

K_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу, визначається відповідно до даних таблиці 4.4. Під вологістю матеріалу розуміється вологість його пилової та дрібнозернистої фракції ($d \leq 1$ мм);

K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу, приймається відповідно до таблиці 4.5;

K_8 – поправочний коефіцієнт різних матеріалів залежно від типу грейфера (таблиця 4.6), з використанням інших типів перевантажувальних пристроїв $K_8 = 1$;

K_9 – поправочний коефіцієнт при потужному залповому скиданні матеріалу при розвантаженні автосамоскида. Приймається рівним 0,2 при скиданні матеріалу вагою до 10 т, і 0,1 – понад 10 т. Для інших неорганізованих джерел коефіцієнт K_9 вибрати рівним 1;

B – коефіцієнт, що враховує висоту пересипки, приймається за даними таблиці 4.7;

$G_{год}$ – сумарна кількість матеріалу, що переробляється в годину, т/год. Визначається головним технологом підприємства.

$G_{\text{рік}}$ – сумарна кількість матеріалу, що переробляється протягом року, т/рік. Визначається головним технологом підприємства на основі фактично переробленого матеріалу або запланованого на рік.

Примітка. У розрахунках приземних концентрацій забруднюючих речовин (ЗР) повинні використовуватися потужності викидів ЗР в атмосферу, M (г/с), віднесені до 20-хвилинного інтервалу часу.

Ця вимога відноситься до викидів ЗР, тривалість T (с), яких менше 20-ти хвилин ($T < 1200$, с). Для таких викидів значення потужності, M (г/с) визначається таким чином:

$$M = Q/1200, \text{г/с}$$

де Q - загальна маса ЗР, викинутих в атмосферу з джерела забруднення атмосфери, що розглядається, протягом часу його дії T .

Таблиця 4.1 - Значення коефіцієнтів K_1 , K_2 для визначення викидів пилу

Найменування матеріалу	Щільність матеріалу, г/см ³	Вагова частка пилової фракції у матеріалі, K_1	Частка пилу, що переходить в аерозоль, K_2
Аглопорит	2,5	0,06	0,04
Вапно комове	2,7	0,04	0,02
Вапно мелене	2,7	0,07	0,05
Вапняк кар'єрний	2,7	0,03	0,01
Вапняк подрібнений	2,7	0,04	0,02
Вермікуліт	2,6	0,06	0,04
Вугілля	1,3	0,03	0,02
Гіпс кар'єрний	2,6	0,03	0,02
Гіпс мелений	2,6	0,08	0,04
Глина	2,7	0,05	0,02
Гнейс	2,9	0,05	0,02
Гравій	*	0,01	0,001
Граніт кар'єрний	2,8	0,01	0,003
Граніт подрібнений	2,8	0,02	0,04
Графіт	2,2 - 2,7	0,03	0,04
Діатоміт	2,3	0,03	0,02
Діоріт	2,8	0,03	0,06
Доломіт кар'єрний	2,7	0,03	0,01
Доломіт подрібнений	2,7	0,05	0,02
Зола	2,5	0,06	0,04
Каолін	2,7	0,06	0,04
Керамзит	2,5	0,06	0,02
Клінкер	3,2	0,01	0,003
Крейда	2,7	0,05	0,07
Мармур кар'єрний	2,8	0,02	0,01
Мармур подрібнений	2,8	0,04	0,06
Мергель кар'єрний	2,7	0,03	0,01
Мергель подрібнений	2,7	0,05	0,02
Мінеральна вата	*	0,05	0,01
Нефелін	2,7	0,06	0,02
Огарки	3,9	0,04	0,03
Опока	2,65	0,03	0,01
Пегматит	2,6	0,04	0,04
Пемза	2,5	0,03	0,06
Перліт готова продукція	2,4	0,04	0,06
Перліт кар'єрний	2,4	0,04	0,01

Найменування матеріалу	Щільність матеріалу, г/см ³	Вагова частка пилової фракції у матеріалі, K₁	Частка пилу, що переходить в аерозоль, K₂
Пісок	2,6	0,05	0,03
Піщаник	2,65	0,04	0,01
Піщано-гравійна суміш (ПГС)	2,6	0,03	0,04
Польовий шпат	2,5	0,07	0,01
Порфіроїди	2,7	0,03	0,07
Слюда	2,8	0,02	0,01
Сульфат	2,7	0,05	0,02
Суміш піску та вапна	2,6	0,05	0,01
Тирса деревна	*	0,04	0,01
Туф	2,6	0,03	0,02
Цегла, бій	*	0,05	0,01
Цемент	3,1	0,04	0,03
Шамот	2,6	0,04	0,02
Шлак	2,5 - 3,0	0,05	0,02
Щебінь	*	0,04	0,02

Примітка: * - брати за вихідним матеріалом

Таблиця 4.2 – Залежність величини **K₃** від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	Значення коефіцієнта K₃
до 2	1,0
2-5	1,2
5-7	1,4
7-10	1,7
10-12	2,0
12-14	2,3
14-16	2,6
16-18	2,8
18 та більше	3,0

Таблиця 4.3 – Залежність величини **K₄** від місцевих умов

Місцеві умови:	Значення коефіцієнта K₄
Склади, сховища відкриті з 4-х сторін цілком	1,0
Склади, сховища відкриті з 3-х сторін цілком	0,8
Склади, сховища відкриті з 2-х сторін цілком	0,6
Склади, сховища відкриті з 2-х сторін частково	0,5
Склади, сховища відкриті з 1-ї сторони	0,1
Використовується завантажувальний рукав	0,2
Склади, сховища відкриті закриті з 4-х сторін	0,1

Таблиця 4.4 – Залежність величини **K₅** від вологості матеріалів

Вологість матеріалів, % *	K₅	K₅ (для вугілля у кар'єрі)
0-0,5	1,0	2,0
до 1,0	0,9	1,5
до 3,0	0,8	1,3
до 5,0	0,7	1,2
до 7,0	0,6	1,0
до 8,0	0,4	0,7
до 9,0	0,2	0,3
до 10,0	0,1	0,2
Понад 10	0,01	0,1

Примітка: * - при статичному зберіганні та пересипанні піску вологістю 3% і більше - викиди вважати рівними 0. Для інших будівельних матеріалів викиди вважати рівними 0 при вологості понад 20 %.

Таблиця 4.5 – Залежність величини K_7 від крупності матеріалів

Розмір шматка, мм	K_7
500 и більше	0,1
500-100	0,2
100-50	0,4
50-10	0,5
10-5	0,6
5-3	0,7
3-1	0,8
1	1,0

Таблиця 4.6 - Залежність величини K_8 від типу грейфера і роду матеріалу, що перевантажується

№ п/п	Вантажопідйомність крана, т	Тип грейфера	Величина коефіцієнта K_8 залежно від матеріалу, що перевантажується			
			Кам'яне вугілля	Щебінь	Пісок	Піщано-гравійна суміш
1	5	2592A	0,452			
2	5	2592Б	0,453			
3	5	2630A	0,474			
4	10	2871B	0,216			
5	10	3298A	0,199			
6	10	3298Б	0,21			
7	15	2586A	0,157			
8	16	3599A	0,134			
9	16	3748	0,13			
10	16	3899	0,123			
11	16	4127	0,13			
12	10	3829				
13	5	2583B		0,898	0,427	0,6
14	5	2583		0,898	0,427	0,6
15	5	3089A		0,744	0,338	0,52
16	10	2872B		0,41	0,21	0,3
17	10	3292B		0,41	0,21	0,3
18	10	3383Б		0,362	0,184	0,286
19	10	3555A		0,413	0,21	0,3
20	10	3555B		0,39	0,22	0,32
21	15	2374Г		0,292	0,14	0,21
22	15	2587Г		0,271	0,166	0,215
23	16	3319A		0,231	0,14	0,182
24	16	3445A		0,245	0,15	0,193
25	16	3830		0,216	0,15	

Завдання 4.1. Розрахувати питомий та валовий викид пилу в процесі навантаження вугілля грейферними кранами з встановленою продуктивністю.

Вихідні дані до завдання 4.1

№ пп	Найменування вихідних даних	Приклад	Варіант					
			1	2	3	4	5	6
1	Матеріал, що пересипається	Вугілля	Щебінь	Пісок	Вугілля	ПГС	Пісок	Щебінь
2	Паспортна продуктивність грейфера:							
	а) тонн на годину	350	100	100	350	150	120	75
	б) тис. тонн на рік	126	95	95	110	45	91	80
3	Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
4	Продуктивність грейферного крана							
5	Вміст пилу, мкм	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200
6	Вміст пилу, що переходить в аерозоль, мкм	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10

7	Середня швидкість вітру, м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
8	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	3-х	2-х	4-х	3-х	2-х	4-х
9	Вологість матеріалу, %	8	9	7	7	10	8	9
10	Крупність матеріалу, мм	50-10	50	10	50	10	50	10
11	Нерівномірність вивантаження матеріалу за типом грейфера	2586 А	3089 А	2872 В	2592 А	3445 А	2872 В	3089 А
12	Висота матеріалу, що перевантажується, м	0,5	2	4	2	6	2	8
13	Залповий викид при розвантаженні самоскида	1	1	1	1	1	1	1
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		7	8	9	10	11	12	13
1	Матеріал, що пересипається	ПГС	Вугілля	Щебінь	ПГС	Щебінь	Вугілля	Пісок
2	Паспортна продуктивність грейфера: а) тонн на годину б) тис. тонн на рік	200	350	80	170	60	350	115
		140	115	95	105	100	130	100
3	Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
4	Продуктивність грейферного крана							
5	Вміст пилу, мкм	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200
6	Вміст пилу, що переходить в аерозоль, мкм	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
7	Середня швидкість вітру, м/с	3,5	3,3	3,2	2,9	3,1	3,0	3,0
8	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	3-х	4-х	2-х	3-х	4-х	2-х	3-х
9	Вологість матеріалу, %	8	9	5	10	7	7	88
10	Крупність матеріалу, мм	50	10	50	10	50	10	50
11	Нерівномірність вивантаження матеріалу за типом грейфера	3445 А	2592 А	3089 А	3445 А	3089 А	2871 В	2872 В
12	Висота матеріалу, що перевантажується, м	6	2	4	2	8	4	8
13	Залповий викид при розвантаженні самоскида	1	1	1	1	1	1	1
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		14	15	16	17	18	19	20
1	Матеріал, що пересипається	Вугілля	ПГС	Щебінь	ПГС	Пісок	Щебінь	Вугілля
2	Паспортна продуктивність грейфера: а) тонн на годину б) тис. тонн на рік	350	120	90	160	100	105	350
		150	120	110	97	75	140	130
3	Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
4	Продуктивність грейферного крана							
5	Вміст пилу, мкм	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200
6	Вміст пилу, що переходить в аерозоль, мкм	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
7	Середня швидкість вітру, м/с	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7	3,0
8	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	3-х	4-х	2-х	4-х	3-х	4-х	2-х
9	Вологість матеріалу, %	8	9	8	7	6	8	8
10	Крупність матеріалу, мм	50	10	50	10	50	10	50
11	Нерівномірність вивантаження матеріалу за типом грейфера	2586 А	3445 А	3089 А	3445 А	2872 В	3089 А	2592 А
12	Висота матеріалу, що перевантажується, м	2	6	4	8	6	4	2
13	Залповий викид при розвантаженні самоскида	1	1	1	1	1	1	1

ПГС –піщано-гравійна суміш

Приклад розв'язання завдання 4.1. Розрахувати питомий та валовий викид пилу в процесі навантаження вугілля грейферними кранами з продуктивністю 350 т/год.

Вихідні дані

№ пп	Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
			Позначення	Значення	Джерело
1	Паспортна продуктивність грейфера: а) тонн на годину б) тонн на рік	350	$G_{рік}$	126000 т/рік	Вих. дані
		126000			
2	Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36			

3	Продуктивність грейферного крана	0,36-350	$G_{год}$	126	Розрах.
4	Вміст пилу	0 - 200 мкм	K_1	0,03	Табл. 4.1
5	Вміст пилу, що переходить в аерозоль	0-10 мкм	K_2	0,02	Табл. 4.1
6	Місцеві метеоумови	3,4 м/с	K_3	1,2	Табл. 4.2
7	Ступінь захищеності вузла пересипання	відкритий з 4-х боків	K_4	1,0	Табл. 4.3
8	Вологість матеріалу	8 %	K_5	0,7	Табл. 4.4
9	Врахування крупності матеріалу	50-10 мм	K_7	0,5	Табл. 4.5
10	Врахування нерівномірності вивантаження матеріалу	Грейфер 2586 А	K_8	0,157	Табл. 4.6
11	Висота матеріалу, що перевантажується	0,5 м	B	0,4	Табл. 4.7
12	Коефіцієнт, що враховує потужний залповий викид при розвантаженні самоскида		K_9	1,0	Довідн.

Розв'язання.

Для розрахунку питомого викиду пилу в процесі навантаження вугілля використовується формула (4.1):

$$M_{ep} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{год} \cdot 10^6 / 3600, \text{ г/с}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_{ep} = 0,03 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,157 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 126 \cdot 10^6 / 3600 = 0,55 \text{ г/с}$$

Для розрахунку валового викиду пилу в процесі навантаження вугілля використовується формула (4.2):

$$P_{ep} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{рік}, \text{ т/рік}$$

(позначення див. у тексті)

$$P_{ep} = 0,03 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,157 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 126000 = 1,99 \text{ т/рік}$$

4.2. Викиди при пересипанні вугілля

Сумарна маса твердих частинок, що виділяються при проведенні всіх видів вантажно-розвантажувальних робіт у кар'єрі, визначається за формулою (4.3):

$$M_{п} = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot q_{пит}^n \cdot П_{п} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік} \quad (4.3)$$

де $q_{пит}^n$ – питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що відвантажується (перевантажується), г/т (приймається рівним 3,0 г/т);

$П_{п}$ – кількість вугілля, що відвантажується (перевантажується), т/рік;

η – ступінь уловлювання твердих частинок в пиловловлюючій установці, частка одиниці - визначається за даними фактичних вимірювань. Якщо засоби пилопригнічення не використовуються, то коефіцієнт η слід вибрати рівним 0.

Для розрахунку нормативів ПДВ сумарна маса твердих частинок (г/с), що виділяються при вантажно-розвантажувальних роботах, визначається за формулою (4.4):

$$M_{п} = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot q_{пит}^n \cdot П_{год} \cdot (1 - \eta) / 3600, \text{ г/с} \quad (4.4)$$

де $P_{\text{год}}$ – максимальна кількість вугілля, що відвантажується (перевантажується), т/година.

Сумарна маса твердих частинок, що здуваються при транспортуванні гірської маси відкритим стрічковим конвеєром, визначається за формулою (4.5):

$$M_k = 3,6 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot W_k \cdot L \cdot l \cdot \gamma \cdot T \cdot (1 - \eta), \text{ т/рік} \quad (4.5)$$

де W_k – питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра (приймається рівною $3 \cdot 10^{-5}$ кг/(м²·с);

L – ширина конвеєрної стрічки, м;

l – довжина конвеєра, м;

γ – коефіцієнт подрібнення гірничої маси (приймається рівним 0,1);

T – річне кількість робочих годин, год./рік.

Для розрахунку нормативів ПДВ сумарна маса твердих частинок (г/с), що здуваються під час транспортування гірничої маси відкритим стрічковим конвеєром, визначається за формулою (4.6):

$$M_k = K_3 \cdot K_5 \cdot W_k \cdot L \cdot l \cdot \gamma \cdot T \cdot (1 - \eta) \cdot 10^3, \text{ т/рік} \quad (4.6)$$

При розвантаженні-навантаженні вугілля поза кар'єром розрахунок викидів повинен проводитися за формулами (4.1 – 4.2).

Завдання 4.2. Розрахувати викиди у атмосферу під час пересипання вугілля за наведеними вихідними даними.

Вихідні дані до завдання 4.2

№ пп	Найменування вихідних даних	Приклад	Варіант					
			1	2	3	4	5	6
1	Вологість породи, %	7	9	7	7	10	8	9
2	Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	4,5	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7
3	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	1-го	3-х	4-х	2-х	4-х	3-х
4	Висота пересипання матеріалу, м	2	2	6	4	8	6	4
5	Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
6	Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, кг/(м ² ·с)	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
7	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,75	0,65	0,60	0,75	0	0,55
8	Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	110	100	120	110	95	90	90
9	Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	300	200	200	300	100	100	200
10	Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,8
12	Довжина конвеєра, м	200	150	200	150	200	150	150
13	Річна кількість робочих годин	500	480	480	500	550	600	600
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		7	8	9	10	11	12	13
1	Вологість породи, %	8	9	8	7	6	8	8
2	Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
3	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	2-х	4-х	3-х	3-х	4-х	1-го

4	Висота пересипання матеріалу, м	6	2	4	2	8	4	8
5	Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
6	Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, кг/(м ² ·с)	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵
7	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,55	0	0,75	0,65	0	0,75	0,60
8	Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	110	97	94	120	110	105	95
9	Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	300	100	100	300	300	300	100
10	Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,5	1,8	1,8	1,5	1,8	1,5
12	Довжина конвеєра, м	200	200	150	150	200	150	200
13	Річна кількість робочих годин	500	650	500	550	700	750	500
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		14	15	16	17	18	19	20
1	Вологість породи, %	9	7	7	10	8	9	9
2	Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	4,5	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
3	Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	2-х	3-х	2-х	3-х	4-х	1-го
4	Висота пересипання матеріалу, м	2	2	4	2	6	2	8
5	Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
6	Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, кг/(м ² ·с)	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵
7	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,75	0,55	0	0,65	0,75	0,60	0
8	Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	110	80	75	110	100	125	90
9	Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	300	100	100	300	200	300	100
10	Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5
12	Довжина конвеєра, м	200	150	200	150	200	150	200
13	Річна кількість робочих годин	500	750	600	600	500	550	800

Приклад розв'язання завдання 4.2. Розрахунок викидів під час пересипання вугілля.

Навантаження вугілля здійснюється відкритим стрічковим конвеєром, ширина якого – 1,8 м, довжина – 200 м, річна кількість робочих годин – 500, висота пересипання – 2 м. Кількість вугілля, що відвантажується, вологістю 7% становить 110000 т/рік, максимальна кількість вугілля, що відвантажується в протягом години – 300 т. Пилопригнічення при навантаженні вугілля не застосовується (ефективність = 0). Для місцевості, де розташований пункт навантаження, характерна швидкість вітру, що часто повторюється, 4,5 м/с.

Розв'язання.

1. Сформуємо таблицю вихідних даних

№ пп	Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
			Позначення	Значення	Джерело
1	Вологість породи	7%	K_5	1,0	Табл. 4.4
2	Максимально повторювана швидкість вітру	4,5 м/с	K_3	1,2	Табл. 4.2
3	Ступінь захищеності вузла пересипання	Відкрито повністю	K_4	1,0	Табл. 4.3
4	Висота пересипання матеріалу	2 м	B	0,7	Табл. 4.7
5	Питоме виділення твердих частинок з тонни перевантажуваного вугілля	3,0 г/т	$q_{\text{пит}}$	3,0	Довідн.

6	Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра	$3 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	W_k	$3 \cdot 10^{-5}$	Довідн.
7	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	Не застосовуються	η	0	Довідн.
8	Кількість вугілля, що перевантажується	110000 т/рік	Π_n	110000	Вих. дані
9	Максимальна кількість вугілля, що перевантажується	300 т/год	$\Pi_{\text{год}}$	300	Вих. дані
10	Коефіцієнт подрібнення гірничої маси		γ	0,1	Довідн.
11	Ширина конвеєрної стрічки	1,8 м	L	1,8	Вих. дані
12	Довжина конвеєра	200 м	l	200	Вих. дані
13	Річна кількість робочих годин	500 годин	T	500	Вих. дані

2. Маса твердих частинок, що виділяються при вантажно-розвантажувальних роботах, розраховується за формулою (4.3):

$$M_n = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot q_{\text{пим}}^n \cdot \Pi_n \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_n = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 3,0 \cdot 110000 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-6} = 0,277 \text{ т/рік}$$

3. Маса твердих частинок, що здуваються при транспортуванні гірничої маси відкритим стрічковим конвеєром, визначається за формулою (4.5):

$$M_k = 3,6 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot W_k \cdot L \cdot l \cdot \gamma \cdot T \cdot (1 - \eta), \text{ т/рік}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_k = 3,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 3,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1,8 \cdot 200 \cdot 0,1 \cdot 500 \cdot (1 - 0) = 2,333 \text{ т/рік}$$

4. Сумарна маса твердих частинок, що виділяються при вантажно-перевантажувальних роботах, становить:

$$M_c = M_n + M_k = 0,227 + 2,333 = 2,61 \text{ т/рік.}$$

4.3. Викиди при зберіганні матеріалів на складах, хвостосховищах.

При зберіганні матеріалів для розрахунку слід застосовувати формулу (4.7):

$$M_{36} = K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q \cdot F_{\text{роб}} + K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot 0,11 \cdot q \cdot (F_{\text{пл}} - F_{\text{роб}}) \cdot (1 - \eta), \text{ г/с}, \quad (4.7)$$

а для розрахунку валових викидів – формулу (4.8):

$$\Pi_{36} = 0,11 \cdot 86400 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q \cdot F_{\text{пл}} \cdot (1 - \eta) \cdot (T - T_d - T_c) \cdot 10^{-6}, \text{ т} \quad (4.8)$$

де M_{36} - питомий викид шкідливої речовини (пилу) у процесі зберігання матеріалу, г/с;

Π_{36} - валовий викид шкідливих речовин (пилу) у процесі зберігання матеріалу, т;

K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умови пилоутворення (таблиця 4.1);

K_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу, визначається відповідно до даних таблиці 4.4. Під вологістю матеріалу розуміється вологість його пилової та дрібнозернистої фракції ($d \leq 1 \text{ мм}$);

K_6 – коефіцієнт, що враховує профіль поверхні матеріалу, що складається, визначається як відношення (4.9):

$$K_6 = F_{\text{макс}}/F_{\text{пл}}; \quad (4.9)$$

K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу, приймається відповідно до таблиці 4.5;

$F_{\text{пл}}$ – поверхня пиління в плані, м^2 . Визначається головним технологом з генплану підприємства;

$F_{\text{макс}}$ – фактична площа поверхні матеріалу, що складається при максимальному заповненні складу, м^2 . Визначається головним технологом підприємства на основі характеристик матеріалу;

$F_{\text{роб}}$ – площа в плані, на якій систематично виробляються вантажно-розвантажувальні роботи (не рідше одного разу на тиждень), м^2 . Визначається головним технологом підприємства.

T – загальний час зберігання матеріалу за аналізований період, доба;

T_c – число днів із стійким сніговим покривом;

T_d – число днів з дощем. Кількість днів зі снігом та годин з дощем запитується в територіальному органі Держкомітету з гідрометеорології або визначається згідно з довідниками з клімату.

η – ступінь уловлювання твердих частинок в пиловловлюючій установці, частка одиниці - визначається за даними фактичних вимірювань. Якщо засоби пилопригнічення не використовуються, то коефіцієнт η слід вибрати рівним 0;

q – максимальна питома здуваність пилу, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, підпорядковується ступеневому закону (4.10):

$$q = a \cdot u^b, \text{ мг}/\text{м}^2 \cdot \text{с} \quad (4.10)$$

де q – питома здуваність пилу, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

u – швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$;

a і b – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу матеріалу, що перевантажується (таблиця 4.8).

0,11 – поправочний коефіцієнт зменшення питомої здуваності з часом, оскільки питома здуваність з плином часу знижується через збіднення поверхневого шару матеріалу пиловою фракцією, що природно з плином часу, і призводить до зменшення пилоуносу;

86400 – кількість секунд у добі;

10^{-6} – переводний коефіцієнт грамів у тонну.

Таблиця 4.7 – Залежність величини **B** від висоти пересипання

Висота падіння матеріалу, м	B
0,5	0,4
1,0	0,5
1,5	0,6
2,0	0,7
4,0	1,0
6,0	1,5
8,0	2,0
10,0	2,5

Таблиця 4.8 - Параметри, що визначають питому здуваність з поверхні складів

№ пп	Найменування матеріалу, що перевантажується	Параметри	
		a	b
1	Скельні (роговики, сланці, окислені руди) змішані	0,0097	2,887
2	Крейда	0,00580	3,488
3	Пісок	0,00087	4,199
4	Суміш порід (глини, пісок, крейда)	0,01370	2,328
5	Окислені руди	0,02370	2,356
6	Кам'яне вугілля	0,10850	2,9195
7	Щебінь	0,01350	2,987
8	Піщано-гравійна суміш	0,00120	3,97

Завдання 4.3. Розрахувати об'єм питомого та валового викиду пилу в процесі зберігання вугілля у відкритому складі за вихідними даними.

Вихідні дані до завдання 4.3

№ пп	Найменування вихідних даних	Приклад	Варіант					
			1	2	3	4	5	6
1	Склад відкритий з ... боків	4	2	3	2	3	4	1
2	Вологість матеріалу, %	7	7	7	10	8	9	9
3	Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
4	Площа поверхні, м ²	50×120	40×150	60×120	40×140	40×150	40×140	50×120
5	Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м ²	7200	7300	7500	7100	7300	7100	7200
6	Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м ²	3000	3100	3300	2900	3100	2900	3000
7	Врахування профілю поверхні							
8	Висота складу, м	10	8	10	6	8	10	8
9	Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
10	Здуваність матеріалу, г/(м ² ·с)							
11	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,75	0,50	0,75	0,35	0,50	0,75
12	Час зберігання вугілля на складі, днів	270	250	300	270	300	300	250
13	Число днів зі стійким сніговим покривом	120	135	120	110	135	120	110
14	Кількість днів з дощем	8	13	15	22	10	8	9
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		7	8	9	10	11	12	13
1	Склад відкритий з ... боків	3	4	2	4	2	1	1
2	Вологість матеріалу, %	7	8	8	9	10	8	6
3	Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
4	Площа поверхні, м ²	40×150	40×140	50×120	60×120	40×150	40×140	50×120
5	Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м ²	7300	7100	7200	7500	7300	7100	7200
6	Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м ²	3100	2900	3000	3300	3100	2900	3000
7	Врахування профілю поверхні							
8	Висота складу, м	10	8	6	10	8	10	6
9	Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,4	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7
10	Здуваність матеріалу, г/(м ² ·с)							
11	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,35	0	0,75	0	0,50	0,35
12	Час зберігання вугілля на складі, днів	250	300	280	300	270	280	250
13	Число днів зі стійким сніговим покривом	135	110	110	120	135	110	120
14	Кількість днів з дощем	8	10	10	15	8	15	16
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		14	15	16	17	18	19	20

1	Склад відкритий з ... боків	2	3	3	4	2	1	3
2	Вологість матеріалу, %	7	6	9	10	7	8	8
3	Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
4	Площа поверхні, м ²	60×120	50×120	40×140	40×150	60×120	40×140	50×120
5	Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м ²	7500	7200	7100	7300	7500	7100	7200
6	Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м ²	3300	3000	2900	3100	3300	2900	3000
7	Врахування профілю поверхні							
8	Висота складу, м	10	6	10	10	8	8	6
9	Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
10	Здуваність матеріалу, г/(м ² ·с)							
11	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,75	0	0,50	0,50	0	0,75
12	Час зберігання вугілля на складі, днів	300	250	270	280	250	270	300
13	Число днів зі стійким сніговим покривом	110	135	110	135	110	110	110
14	Кількість днів з дощем	10	12	11	20	24	10	8

Приклад розв'язання завдання 4.3. Розрахунок питомого та валового викиду пилу в процесі зберігання вугілля у відкритому складі.
Вихідні дані до завдання 4.3

№ пп	Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
			Позначення	Значення	Джерело
1	Ступінь захищеності складу	Відкритий з 4-х боків	K_4	1,0	Табл. 4.3
2	Вологість матеріалу	7%	K_5	0,6	Табл. 4.4
3	Врахування крупності матеріалу	50 - 10 мм	K_7	0,5	Табл. 4.5
4	Площа поверхні	50 м × 120 м	$F_{пл}$	6000 м ²	Розрах.
5	Площа поверхні складу при його максимальному заповненні	7200 м ²	$F_{макс}$	7200 м ²	Вих. дані
6	Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи	3000 м ²	$F_{роб}$	3000 м ²	Вих. дані
7	Врахування профілю поверхні		K_6	1,2	Розрах.
8	Висота складу	10 м	B	2,5	Табл. 4.7
9	Швидкість вітру (середня протягом року)	3,4 м/с			Вих. дані
10	Здуваність матеріалу	г/(м ² ·с)	q	4,2·10 ⁻³	Розрах.
11	Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	Не застосовується	η	0	Вих. дані
12	Загальний час зберігання вугілля на складі	270	T	270	Вих. дані
13	Число днів зі стійким сніговим покривом	120	T_c	120	Вих. дані
14	Кількість днів з дощем	8	T_d	8	Вих. дані

Розв'язання.

1. Визначення необхідних параметрів для розрахунків та занесення їх до таблиці вихідних даних (курсив, підкреслено).

– визначення площі поверхні вугільного складу:

$$F_{пл} = 50 \text{ м} \cdot 120 \text{ м} = 6000 \text{ м}^2;$$

– визначення коефіцієнту, що враховує профіль поверхні вугільного складу:

$$K_6 = F_{макс}/F_{пл} = 7200 \text{ м}^2/6000 \text{ м}^2 = 1,2;$$

– визначення величини здуваності матеріалу, формула (4.10)

$$q = a \cdot v^b, \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$$

(позначення див. у тексті)

За таблицею 4.8 для вугілля коефіцієнт $a = 0,1085$, коефіцієнт $b = 2,9195$.

$$q = 0,1085 \cdot 3,4^{2,9195} = 4,2 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$$

2. *Визначення валового викиду пилу здійснюється за формулою (4.7):*

$$M_{36} = K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q \cdot F_{\text{роб}} + K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot 0,11 \cdot q \cdot (F_{\text{пл}} - F_{\text{роб}}) \cdot (1 - \eta), \text{ г/с},$$

(позначення див. у тексті)

$$M_{36} = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 3000 + 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,11 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot (6000 - 3000) \cdot (1 - 0) = 5,04 \text{ г/с},$$

3. *Визначення питомого викиду пилу здійснюється за формулою (4.8):*

$$P_{36} = 0,11 \cdot 86400 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q \cdot F_{\text{пл}} \cdot (1 - \eta) \cdot (T - T_d - T_c) \cdot 10^{-6}, \text{ т}$$

(позначення див. у тексті)

$$P_{36} = 0,11 \cdot 86400 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 6000 \cdot (1 - 0) \cdot (270 - 120 - 8) \cdot 10^{-6} = 12,24 \text{ т}$$

4.4. Викиди на кар'єрі

4.4.1. Бурові роботи

Сумарна маса твердих частинок, що виділяються під час роботи бурових верстатів, визначається за формулою (4.11):

$$M_6 = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_6 \cdot \rho \cdot T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3,1 - \eta), \text{ т/рік} \quad (4.11)$$

де d – діаметр бурих свердловин, м;

v_6 – швидкість буріння, м/год;

ρ – щільність породи або вугілля, т/м³;

T – річна кількість робочих годин, год/рік;

η – ефективність засобів пиловловлення, частка одиниці;

K_1 – вміст пилової фракції у буровій дрібниці, частка одиниці (приймається рівним 0,1);

K_2 – частка пилу (від усієї маси пилової фракції), що переходить в аерозоль (приймається рівною 0,02).

Для розрахунку нормативів ПДВ сумарна маса твердих частинок (г/с), що виділяються під час роботи бурових верстатів, оснащених системами пиловловлення, визначається за формулою (4.12):

$$M_6^{\text{ПДВ}} = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_6 \cdot \rho \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3,1 - \eta) \cdot 10^3 / 3,6, \text{ г/с} \quad (4.12)$$

Завдання 4.4.1. Розрахувати викиди твердих частинок при бурових роботах за вихідними даними.

Вихідні дані до завдання 4.4.1

№ пп	Найменування вихідних даних	Приклад	Варіант					
			1	2	3	4	5	6
1	Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
2	Швидкість буріння, м/год.	12,0	15,0	17,0	12,0	20,0	15,0	10,0
3	Щільність породи, т/м ³	1,8	2,0	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3
4	Річна кількість робочих годин, год./рік	520	600	570	520	570	600	520
5	Ефективність засобів пилопригнічення	0	0,35	0	0,35	0	0,50	0
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		7	8	9	10	11	12	13
1	Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
2	Швидкість буріння, м/год.	12,0	10,0	15,0	20,0	12,0	17,0	15,0

3	Щільність породи, т/м ³	2,0	2,7	2,3	2,4	2,0	2,1	2,7
4	Річна кількість робочих годин год./рік	600	570	520	600	500	520	570
5	Ефективність засобів пилопригнічення	0,50	0	0,35	0	0,50	0	0,35
№ пп	Найменування вихідних даних	Варіант						
		14	15	16	17	18	19	20
1	Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
2	Швидкість буріння, м/год.	12,0	20,0	12,0	15,0	17,0	10,0	15,0
3	Щільність породи, т/м ³	2,3	2,7	2,4	2,0	2,7	2,0	2,4
4	Річна кількість робочих годин год./рік	570	500	520	600	520	570	600
5	Ефективність засобів пилопригнічення	0,35	0,50	0	0,50	0	0,65	0,35

Приклад розв'язання завдання 4.4.1. Розрахувати викиди твердих частинок при бурових роботах.

При роботі бурового верстата, не оснащеного (або оснащеного) системою пиловловлення, діаметр бурових свердловин дорівнює 0,25 м, швидкість буріння - 12,0 м/год, щільність породи - 1,8 т/м³. Річна кількість робочих годин бурового верстата складає 520.

Розв'язання.

1. Сформуємо таблицю вихідних даних

№ пп	Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
			Позначення	Значення	Джерело
1	Діаметр бурових свердловин	0,25 м	d	0,25	Вих. дані
2	Швидкість буріння	12,0 м/год.	v _б	12,0	Вих. дані
3	Щільність породи	1,8 т/м ³	ρ	1,8	Вих. дані
4	Річна кількість робочих годин	520 год./рік	T	520	Вих. дані
5	Ефективність засобів пилопригнічення	Не застосовуються	η	0	Вих. дані
6	Зміст пилової фракції у буровій дрібниці		K ₁	0,10	Довідн.
7	Частка пилу (з від усієї маси пилової фракції), що переходить в аерозоль		K ₂	0,02	Довідн.

Сумарна маса твердих частинок, що виділяються під час роботи бурового верстата визначається за формулою (4.11):

$$M_6 = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_b \cdot \rho \cdot T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3.1 - \eta), \text{ т/рік}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_6 = 0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 12,0 \cdot 1,8 \cdot 520 \cdot 0,10 \cdot 0,02 \cdot (3.1 - 0) = 1,10 \text{ т/рік}$$

Для розрахунку нормативів ПДВ сумарна маса твердих частинок використовується за формула (4.12):

$$M_6 = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_b \cdot \rho \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3.1 - \eta) \cdot 10^3 / 3,6, \text{ г/с}$$

$$M_6^{\text{ПДВ}} = 0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 12,0 \cdot 1,8 \cdot 0,10 \cdot 0,02 \cdot (3.1 - 0) \cdot 10^3 / 3,6 = 0,59 \text{ г/с}$$

4.4.2. Вибухові роботи

Забруднення атмосферного повітря при вибухових роботах відбувається за рахунок виділення шкідливих речовин із пилогазової хмари та виділення газів із підірваної гірської маси.

Пилогазова хмара – миттєвий залповий неорганізований викид твердих частинок та нагрітих газів, включаючи оксид вуглецю та оксиди азоту.

Підірвана гірська маса – неорганізоване джерело викиду оксиду вуглецю, що постійно діє протягом періоду її екскавації.

Визначення основних параметрів пилогазової хмари.

Розрахунок основних параметрів пилогазової хмари проводиться на момент її максимального розвитку за збереження досить чітких обрисів.

Обсяг пилогазової хмари (V_x) розраховується за формулою (4.13):

$$V_x = 44000 A^{1,08}, \text{ м}^3 \quad (4.13)$$

де A – кількість підірваної вибухової речовини, т.

Температура газів у хмарі (T_x) розраховується за формулою (4.14):

$$T_x = T_n + \Delta T, \text{ }^\circ\text{C} \quad (4.14)$$

де T_n – температура навколишнього повітря, $^\circ\text{C}$;

ΔT – перегрів пилогазової хмари щодо навколишнього повітря, $^\circ\text{C}$ (визначається за таблицею 4.9). Якщо кількість вибухової речовини становить $< 2,5$ т, $\Delta T = 0$.

Розрахунок викидів шкідливих речовин в атмосферу під час вибухових робіт.

Маса твердих частинок, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху розраховується за формулою (4.15):

$$M_B^{TB} = K_T \cdot q_{\text{пит}}^B \cdot A (3.1 - \eta_{TB}), \text{ т} \quad (4.15)$$

де K_T – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гравітаційне осідання шкідливих речовин у межах розрізу, для твердих частинок приймається 0,16;

$q_{\text{пит}}^{TB}$ – виділення твердих частинок під час вибуху 1 т вибухових речовин (ВР), т/т;

A – кількість підірваної ВР, т;

η_{TB} – ефективність засобів пилопригнічення, частка одиниці.

Значення $q_{\text{пит}}^B$ визначаються по таблиці 4.11 через показник питомої витрати ВР на 1 м^3 підірваної маси за формулою (4.16):

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot A / V_{\text{ГМ}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.16)$$

де $V_{\text{ГМ}}$ – обсяг підірваної гірничої маси, м^3 (приймається за даними маркшейдерської служби);

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{B,n}$ для кожного виду ВР, де n – позначення вибухової речовини в переліку. В такому випадку формула (3.15) має вигляд (4.17):

$$M_B^{TB} = K_T \cdot \sum_1^n (q_{\text{пит}}^{B,n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{TB}), \text{ т} \quad (4.17)$$

Розрахунок маси газів, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху визначається за формулою (4.18):

$$M_B^{\text{газ}} = K_G \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A (3.1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ т} \quad (4.18)$$

де K_G – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гравітаційне осідання шкідливих речовин у межах розрізу, для газів приймається рівним 1,0;

$q_{\text{пит}}^{\text{газ}}$ – виділення газів під час вибуху 1 т вибухових речовин (ВР), т/т, розраховується для кожного виду ВР;

A – кількість підірваної ВР, т;

$\eta_{\text{газ}}$ – ефективність засобів газопригничення, частка одиниці.

Значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ}}$ визначаються по таблиці 4.10 через показник питомої витрати ВР на 1 м³ підірваної маси за формулою (4.16).

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ}^n}$ для кожного виду ВР, де n – позначення вибухової речовини в переліку. В такому випадку формула (4.18) матиме наступний вигляд (4.19):

$$M_{\text{В}}^{\text{газ}} = K_{\text{Г}} \cdot \sum_{1}^n (q_{\text{пит}}^{\text{газ}^n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{Т} \quad (4.19)$$

При проведенні підривних робіт із застосуванням засобів пилогазопригничення можуть бути прийняті наступні значення η :

- при гідронабійці свердловин $\eta_{\text{ТВ}} = 0,60$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,85$ для газів;

- при гідрогелевій набійці $\eta_{\text{ТВ}} = 0,50$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,85$ для газів;

- для обводнених свердловин $\eta_{\text{ТВ}} = 0,50$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,00$ для газів.

Значення $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ оксиду вуглецю і твердих частинок для різних видів ВР з урахуванням їх питомої витрати наведено в таблицях 4.10 та 4.11.

Для оксидів азоту $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ приймається рівним 0,0025 т/т.

Кількість оксиду вуглецю, що виділяється з гірничої маси після вибуху, слід приймати рівним 50% від його викиду з пилогазовою хмарою (4.20):

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot M_{\text{В}}^{\text{CO}}, \text{Т} \quad (4.20)$$

Сумарна маса твердих частинок і оксидів азоту що виділяються після вибуху гірничих мас, приймається рівною 0.

Таблиця 4.9 – Значення ΔT в залежності від кількості вибухової речовини (A), що вибухнула

A , тонн	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ΔT , °C	0,40	0,60	0,97	1,40	1,79	2,24	2,82	3,44	4,09	4,80

Таблиця 4.10 – Питоме виділення оксиду вуглецю на 1 т ВР під час вибухових робіт

Питома витрата ВР, $A_{\text{пит}}$, кг/м ³	Питоме виділення $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ для різних ВР, т/т			
	Грамонт 79/21	Грамонт 30/70	Ігданіт	Інші
0,05	0,104	0,040	0,009	0,037
0,10	0,076	0,037	0,007	0,032
0,15	0,056	0,034	0,006	0,028
0,20	0,040	0,032	0,005	0,024
0,25	0,030	0,029	0,004	0,021

Питома витрата ВР, $A_{\text{пит}}$, кг/м ³	Питоме виділення $q_{\text{пит}}^B$ для різних ВР, т/т			
	Грамоніт 79/21	Грамоніт 30/70	Ігданіт	Інші
0,30	0,022	0,027	0,004	0,018
0,35	0,016	0,025	0,003	0,016
0,40	0,012	0,023	0,002	0,014
0,45	0,008	0,021	0,002	0,012
0,50	0,006	0,020	0,002	0,010
0,55	0,004	0,018	0,001	0,009
0,60	0,003	0,017	0,001	0,008
0,65	0,002	0,015,	0,001	0,007
0,70	0,002	0,014	0,001	0,006
0,75	0,001	0,013	0,001	0,005
0,80	0,001	0,012	0,001	0,005
0,85	0,001	0,011	0,001	0,004
0,90	0,001	0,010	0,001	0,003
0,95	0,001	0,010	0,001	0,003
1,00	0,001	0,009	0,001	0,003

Таблиця 4.11 – Питоме виділення твердих часток на 1 тону вибухової речовини при вибухових роботах

Питома витрата ВР, кг/м ³ , $A_{\text{пит}}$	Питоме виділення $q_{\text{пит}}^B$ для різних ВР, т/т										
	Грамоніт 9/21 Амоніт №6 ЖВ	Ігданіт Грануліт М	Грамоніт 30/70-В	Грамоніт 50/50-В	Гранулотол	Грамонал А-45	Грамонал А-8	Грануліт А6-8	Амонал водостійкий	Грануліт АС-4	Грамонал А-50
0,05	0,148	0,151	0,155	0,148	0,153	0,143	0,143	0,145	0,146	0,147	0,150
0,10	0,088	0,092	0,096	0,088	0,094	0,082	0,082	0,084	0,085	0,087	0,090
0,15	0,069	0,074	0,079	0,069	0,076	0,062	0,062	0,065	0,066	0,068	0,072
0,20	0,061	0,067	0,073	0,062	0,070	0,053	0,054	0,057	0,057	0,060	0,065
0,25	0,058	0,065	0,072	0,058	0,069	0,049	0,049	0,053	0,053	0,057	0,062
0,30	0,057	0,065	0,074	0,058	0,070	0,046	0,047	0,051	0,052	0,056	0,062
0,35	0,058	0,068	0,079	0,059	0,074	0,045	0,046	0,051	0,052	0,057	0,064
0,40	0,060	0,072	0,085	0,061	0,079	0,045	0,046	0,052	0,053	0,059	0,067
0,45	0,063	0,077	0,094	0,064	0,086	0,046	0,047	0,054	0,054	0,061	0,07]
0,50	0,067	0,084	0,104	0,069	0,094	0,047	0,048	0,056	0,057	0,065	0,077
0,55	0,072	0,092	0,117	0,074	0,105	0,049	0,050	0,059	0,060	0,070	0,084
0,60	0,079	0,102	0,133	0,080	0,118	0,052	0,052	0,063	0,064	0,076	0,092
0,65	0,086	0,114	0,152	0,088	0,133	0,054	0,056	0,068	0,069	0,082	0,102
0,70	0,094	0,128	0,174	0,097	0,151	0,058	0,059	0,073	0,075	0,090	0,114
0,75	0,104	0,145	0,201	0,107	0,173	0,061	0,063	0,079	0,081	0,099	0,128
0,80	0,116	0,164	0,233	0,119	0,198	0,066	0,068	0,086	0,088	0,110	0,144
0,85	0,129	0,187	0,272	0,133	0,229	0,071	0,073	0,094	0,097	0,122	0,162
0,90	0,144	0,214	0,317	0,149	0,264	0,076	0,079	0,103	0,106	0,136	0,184
0,95	0,162	0,245	0,372	0,167	0,307	0,083	0,085	0,114	0,117	0,152	0,209
1,00	0,182	0,282	0,436	0,188	0,357	0,090	0,093	0,125	0,130	0,170	0,238

Завдання 4.4.2. Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт за вихідними даними.

Непарні варіанти

Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт. Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 13,5 т, в тому числі:

Амоніт №6 ЖВ	6,0 т
Ігданіт	1,2 т
Грамонал А-45	4,4 т
Грануліт А6-8	1,9 т

Об'єм підірваної маси дорівнює 52400 м³. При вибухових роботах засоби пілопригнічення

для варіантів 1, 5, 9, 17 - не застосовуються;

для варіантів 3, 11, 15 - застосовується гідронабійка свердловин;

для варіантів 7, 13, 19 - застосовується гідрогелева набійка свердловин.

Парні варіанти

Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт. Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 8,62 т, в тому числі:

Грамоніт 30/70-В 2,15 т

Грамонал А-45 1,43 т

Грамонал А-8 3,08 т

Грамонал А-50 1,96 т

Об'єм підірваної маси дорівнює 31250 м³. При вибухових роботах засоби пілопригнічення

для варіантів 2, 6, 10 16 - не застосовуються;

для варіантів 4, 12, 18 - застосовується гідронабійка свердловин;

для варіантів 8, 14, 20 - застосовується гідрогелева набійка свердловин.

Приклад розв'язання завдання 4.4.2. Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт. Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 1,31 т, в тому числі: грамоніт 79/21 – 0,19 т, амоніту 6 ЖВ – 0,89 т, гранулотолу – 0,18 т, грамоніту 30/70 – 0,05 т. Об'єм підірваної маси дорівнює 5800 м³. При вибухових роботах засоби пілопригнічення не застосовуються (або застосовуються, вказано в вихідних даних).

Розв'язання.

1. Сформуємо таблицю вихідних даних.

№ пп	Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
			Позначення	Значення	Джерело
1	Кількість підірваної вибухової речовини:	1,31 т	A	1,3	Вих. дані
	1. грамоніту 79/21	0,19 т	A ¹	0,19	Вих. дані
	2. амоніту 6 ЖВ	0,89 т	A ²	0,89	Вих. дані
	3. гранулотолу	0,18 т	A ³	0,18	Вих. дані
	4. грамоніту 30/70	0,05 т	A ⁴	0,04	Вих. дані
2	Об'єм підірваної гірської маси	5800 м ³	V _{ГМ}	5800	Вих. дані
3	Питома витрата вибухової речовини,	кг/м ³	A _{пит}	0,22	Розрахунок
4	Питоме виділення пилу під час вибуху вибухової речовини	т/т	q ^{ТВ} _{пит}		
	1. грамоніту 79/21	т/т	q ^{ТВ} _{пит} ¹	0,0598	Табл. 4.11
	2. амоніту 6 ЖВ	т/т	q ^{ТВ} _{пит} ²	0,0598	Табл. 4.11
	3. гранулотолу	т/т	q ^{ТВ} _{пит} ³	0,0696	Табл. 4.11
	4. грамоніту 30/70	т/т	q ^{ТВ} _{пит} ⁴	0,0726	Табл. 4.11
5	Питоме виділення оксиду вуглецю під час вибуху вибухової речовини	т/т	q ^{СО} _{пит}		
	1. грамоніту 79/21	т/т	q ^{СО} _{пит} ¹	0,022	Табл. 4.10
	2. амоніту 6 ЖВ	т/т	q ^{СО} _{пит} ²	0,022	Табл. 4.10
	3. гранулотолу	т/т	q ^{СО} _{пит} ³	0,022	Табл. 4.10

4.	грамоніту 30/70	т/т	$q_{\text{пит}}^{\text{CO}^4}$	<u>0,030</u>	Табл. 4.10
6	Питоме виділення оксидів азоту	т/т	$q_{\text{пит}}^{\text{NOx}}$	0,0025	Довідн.
7	Коефіцієнт гравітаційного осідання шкідливих речовин у межах розрізу для твердих частинок		K_T	0,16,	Довідн.
	для газів		K_G	1,0	Довідн.
8	Засоби пилопригнічення	Не застосовуються	η	0	Вих. дані
9	Температура навколишнього повітря	20°C	T_p	20	Вих. дані

2. Визначення об'єму пилогазової хмари за формулою (3.13):

$$V_x = 44000 A^{1,08}, \text{ м}^3$$

(позначення див. у тексті)

$$V_x = 44000 1,3^{1,08} = 58413 \text{ м}^3$$

3. Розрахунок температури газів у хмарі (T_x) за формулою (3.14):

$$T_x = T_p + \Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$$

(позначення див. у тексті)

$$T_x = 20 + 0 = 20^\circ\text{C}$$

4. Маса твердих частинок, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху, розраховується за формулою (4.15):

$$M_B^{\text{ТВ}} = K \cdot q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}} \cdot A \text{ (3.1 - } \eta_{\text{ТВ}}), \text{ т}$$

(позначення див. у тексті)

Якщо видів вибухових речовин декілька, розрахунок виділення твердих частинок проводиться окремо для кожної.

4.1. Розрахунок питомої витрати кожного виду ВР на 1 м³ підірваної маси здійснюється за формулою (4.16):

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot A / V_{\text{ГМ}}, \text{ кг/м}^3$$

(позначення див. у тексті)

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot 1,3 / 5800 = 0,22 \text{ кг/м}^3$$

4.2. За таблицею 4.11 визначається питоме виділення пилу під час вибуху для кожній вибуховій речовини шляхом інтерполяції: рядок 0,22 в стовпчику $A_{\text{пит}}$:

$$\text{грамоніт 79/21} \quad q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}^1} = 0,0598$$

$$\text{амоніт 6 ЖВ} \quad q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}^2} = 0,0598$$

$$\text{гранулотол} \quad q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}^3} = 0,0696$$

$$\text{грамоніт 30/70} \quad q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}^4} = 0,0726$$

4.3. За формулою (4.17) визначається маса твердих часток, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при здійсненні одного вибуху

$$M_B^{\text{ТВ}} = K_T \cdot \sum_1^n (q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}^n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{ТВ}}), \text{ т}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_B^{\text{ТВ}} = 0,16 \cdot (0,0598 \cdot 0,19 + 0,0598 \cdot 0,89 + 0,0696 \cdot 0,18 + 0,0726 \cdot 0,04) \cdot (1 - 0) = 0,013 \text{ т}$$

5. Маса газів, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху розраховується за формулою (4.18):

$$M_B^{\text{газ}} = K_G \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A \text{ (3.1 - } \eta_{\text{газ}}), \text{ т}$$

(позначення див. у тексті)

Якщо видів вибухових речовин декілька, розрахунок виділення твердих частинок проводиться окремо для кожної.

5.1. Розрахунок питомої витрати кожного виду ВР на 1 м³ підірваної маси здійснюється за формулою (4.16):

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot A / V_{\text{ГМ}}, \text{ кг/м}^3$$

(позначення див. у тексті)

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot 1,3 / 5800 = 0,22 \text{ кг/м}^3$$

5.2. За таблицю 4.10 визначається питоме виділення пилу під час вибуху для кожній вибуховій речовини шляхом інтерполяції: рядок 0,22 в стовпчику $A_{\text{пит}}$:

грамоніт 79/21	$q_{\text{пит}}^{\text{CO}^1} 0,022$
амоніт 6 ЖВ	$q_{\text{пит}}^{\text{CO}^2} 0,022$
гранулотол	$q_{\text{пит}}^{\text{CO}^3} 0,022$
грамоніт 30/70	$q_{\text{пит}}^{\text{CO}^4} 0,030$

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ}^n}$ для кожного виду ВР, формула (4.19):

$$M_{\text{В}}^{\text{газ}} = K_{\text{Г}} \cdot \sum_1^n (q_{\text{пит}}^{\text{газ}^n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ Т}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_{\text{В}}^{\text{CO}} = 0,10 \cdot (0,022 \cdot 0,19 + 0,022 \cdot 0,89 + 0,18 \cdot 0,022 + 0,030 \cdot 0,04) \cdot (1 - 0) = 0,029 \text{ Т}$$

5.3 Кількість оксидів азоту, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при здійсненні одного вибуху розраховується за формулою (4.18):

$$M_{\text{В}}^{\text{NOx}} = K_{\text{Г}} \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A (3,1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ Т}$$

(позначення див. у тексті)

$$M_{\text{В}}^{\text{NOx}} = 1,0 \cdot 0,0025 \cdot 1,3 (3,1 - 0) = 0,003 \text{ Т}$$

6. Визначення маси забруднюючих речовин, що виділяються з гірської маси після вибуху

6.1. Маса твердих частинок $M_{\text{ГМ}}^{\text{ТБ}}$ і оксидів азоту $M_{\text{ГМ}}^{\text{NOx}}$, що виділяються після вибуху гірничих мас, приймаються рівними 0.

6.2. Кількість оксиду вуглецю, що виділяється з гірничої маси після вибуху, слід приймати рівним 50% від його викиду з пилогазовою хмарою розраховується за формулою (4.20):

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot M_{\text{В}}^{\text{CO}}, \text{ Т}$$

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot 0,029 = 0,015 \text{ Т.}$$

7. Визначення сумарної маси забруднюючих речовин, що викидаються у повітря внаслідок вибухових робіт.

7.1. Загальна маса твердих часток:

$$M_{\text{заг}}^{\text{ТБ}} = M_{\text{В}}^{\text{ТБ}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{ТБ}} = 0,013 + 0 = 0,013 \text{ Т.}$$

7.2. Загальна маса газів:

$$M_{\text{заг}}^{\text{газ}} = M_{\text{В}}^{\text{CO}} + M_{\text{В}}^{\text{NOx}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{NOx}} = 0,029 + 0,015 + 0,003 + 0 = 0,047 \text{ Т.}$$



Практична робота №5. Визначення розміру відшкодування збитків на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки

Стислі теоретичні відомості

Визначення обсягу забруднення земельних ресурсів проводиться в кожному окремому випадку, з урахуванням різноманітності геоморфологічних, геологічних та гідрогеологічних умов, а також обмеженість інформації про цих умовах на конкретних ділянках.

При наявності інформації про кількість забруднюючої речовини, яка проникла в ґрунт на визначену глибину (шар) або забруднила поверхню, проводять визначення на місцевості площу, глибину проникнення та обсягу забруднення.

У разі складних ситуацій, коли обсяг забруднення не визначено, спеціалізовані організації виконують інженерно-екологічні вишукування, технічне завдання на які видає організація-замовник. При одночасному забрудненні земель кількома забруднюючими речовинами загальний збиток визначається як сума втрат від кожної забруднюючої речовини.

Нормативною базою для оцінки збитку, що наноситься забрудненням земельних ресурсів (незалежно від їх форм власності та призначення) є грошова вартість земель сільськогосподарського призначення (конкретної земельної ділянки), що визначається і уточнюється у відповідності з Законом України «Про плату за землю». Розмірною одиницею для розрахунків збитків приймається товщина земельного покриву, рівна 0,5 м (орний шар), тобто обсяг орного шару ґрунту. Витрати на заходи щодо зниження чи ліквідації забруднення земельних ресурсів зростають залежно від глибини проникнення забруднюючої речовини у співвідношенні 1:3 (тобто, при збільшенні глибини проникнення в 10 разів витрати на ліквідацію забруднення збільшуються в 3 рази).

Забруднюючі речовини умовно поділяються на чотири групи небезпеки. Основою для такої класифікації є показники гранично допустимих рівнів (ГДР) та орієнтовно допустимих концентрацій (ОДК) хімічних речовин у ґрунті (мг/кг).

Розмір відшкодування збитків ($P_{вз}$) на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки розраховується за формулою 5.1

$$P_{вз} = A \cdot D_y \cdot K_3 \cdot K_0 \cdot Ш_{егз} \quad (5.1)$$

де A – питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, що визначаються як $0,5 \cdot D_y$;

D_y – кошторисна вартість земельної ділянки до забруднення, грн.;

K_3 – коефіцієнт, що характеризує вміст забруднюючої речовини в об'ємі забрудненого ґрунту (m^3) в залежності від глибини проникнення;

K_0 – коефіцієнт небезпеки забруднюючої речовини;

$Ш_{еєз}$ – показник шкали еколого-господарського значення земель дорівнює – 1,75.

$$D_y = \sum (P_{АП} \cdot D_{АП}), \quad (5.2)$$

де $P_{АП}$ – площа агропромислової групи земель, м²;
 $D_{АП}$ – вартість 1 м² земель агропромислової групи.

$$K_3 = \frac{O_{зр}}{T_{зс} \cdot P_{зд} \cdot I_{п}} \quad (5.3)$$

де $O_{зр}$ – об'єм забруднюючої речовини, м³;
 $T_{зс}$ – потужність (товщина) ґрунтового покриву, для сільськогосподарських земель складає – 0,6 м ;
 $P_{зд}$ – площа забрудненої ділянки, м²;
 $I_{п}$ – індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення в залежності від глибини проникнення забруднюючої речовини (до глибини від 0 до 2,0 метрів обирається рівним 1,25).

При відсутності даних об'єм забруднюючої речовини ($O_{зр}$) розраховують за формулою

$$O_{зр} = \frac{M_{зр}}{Q_p} \quad (5.4)$$

де $M_{зр}$ – маса забруднюючої речовини, кг;
 Q_p – відносна щільність забруднюючої речовини, т/м³ (треба знайти в Інтернеті)
 Щільність сухого ґрунту 2,5 г/см³

Завдання: визначити розмір відшкодування збитків на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки за вихідними даними.

Вихідні дані до виконання практичної роботи 5

№ варіанту	K_0	Площа ділянки, S, га	Кошторисна вартість 1 м ² , грн.	Відсоток площі ділянки, що забруднена, %	Назва забруднюючої речовини	Маса забруднюючої речовини, кг	Глибина забруднення, м.
1	2	10	11	35	Нафта	200	0 - 0,2
2	3	15	8	20	Бензол	150	0 - 0,4
3	2	8	4	28	Бензин	300	0 - 0,2
4	4	5	20	25	Нікель	15	0 - 0,4
5	4	7	15	13	Мідь	12	0 - 0,6
6	4	12	13	40	Ванадій	5	0 - 0,4
7	5	25	20	10	Свинець	45	0 - 0,2
8	2	26	8	50	Нафта	270	0 - 0,4
9	5	9	13	10	Селен	8	0 - 0,8

№ варіанту	K ₀	Площа ділянки, S, га	Кошторисна вартість 1 м ² , грн.	Відсоток площі ділянки, що забруднена, %	Назва забруднюючої речовини	Маса забруднюючої речовини, кг	Глибина забруднення, м.
10	3	30	15	18	Цинк	27	0 - 0,6
11	2	18	4	56	Марганець	15	0 - 0,6
12	5	11	4	75	Стронцій	9	0 - 0,8
13	2	27	4	15	Сера	5	0 - 0,4
14	4	35	8	8	Миш'як	5	0 - 0,6
15	5	18	8	32	Ртуть	3	0 - 0,8
16	3	9	11	27	Бензол	130	0 - 0,2
17	5	38	15	13	Хром	9	0 - 0,6
18	5	45	15	8	Ртуть	8	0 - 0,4
19	2	60	4	40	Сера	10	0 - 0,6
20	2	76	8	60	Молібден	8	0 - 0,8
21	5	15	15	25	Свинець	10	0 - 0,2
22	5	70	8	32	Кадмій	3	0 - 0,4
23	2	18	13	12	Вольфрам	8	0 - 0,2
24	2	25	11	55	Нафта	370	0 - 0,4
25	6	80	4	24	Ртуть	86	0 - 0,6
26	6	110	4	100	Марганець	115	0 - 0,4

Практична робота №6. Розрахунок сольового стоку річкової системи

Придатність води для забезпечення народногосподарських потреб через оцінювання їх хімічного, фізичного та гідробіологічного показників.. Ці показники є диференційованими, оскільки вимоги до якості води визначаються видом водокористування. Найбільш жорсткі норми якості води передбачені при використанні її для питних потреб. В гірничо-видобувних регіонах поверхневі води найбільш забруднені неорганічними речовинами за рахунок скиду в водойми високо мінералізованих рудничних та шахтних вод. На річках в населених пунктах в цих районах проводять спостереження за гідрологічними та гідрохімічними показниками. Гідрологічні дослідження передбачають встановлення витрати води, що протікає крізь живий переріз річки за одиницю часу (m^3/c), швидкість течії (m/c) та рівень води. Гідрохімічні спостереження спрямовані на визначення температури, колірності, прозорості, запаху, смаку, рН, концентрації головних іонів, загальної мінералізації, концентрації зважених речовин та інших показників.

Завдання. Головна річка має чотири притоки, спостереження за гідрологічними та гідрохімічними показниками проводилися в створах, що розташовані в місцях впадіння приток у головну річку. Треба визначити сольовий стік головної річки за даними таблиці 6.1 згідно варіанта. Результати усіх розрахунків занести в таблицю вихідних даних за варіантом.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку сольового стоку річкової системи

№ варіанту	Тип водойми	Швидкість течії	Глибина водойми	Ширина дна	Крутизна правого берега	Крутизна лівого берега	Загальна мінералізація	Ширина водойми по водному дзеркалу	Площа поперечного перерізу русла водойми у створі	Витрата води у водоймі
		V, м/хв.	h, м	l, м	α_1 , градус	α_2 , градус	C, г/дм ³	L, м	S, м ²	Q, м ³ /хв.
1	Головна річка	6,0	7,5	8,0	25	22	3,2			
	Притока 1	5,3	6,2	7,4	20	26	7,6			
	Притока 2	4,8	3,3	6,2	26	19	1,2			
	Притока 3	6,4	5,6	5,7	18	20	2,4			
	Притока 4	4,2	3,5	4,8	17	22	0,8			
2	Головна річка	7,3	10,1	7,1	27	19	1,5			
	Притока 1	4,3	5,7	4,6	17	20	0,7			
	Притока 2	6,1	6,4	6,9	20	17	3,6			
	Притока 3	5,3	6,2	6,5	22	25	2,5			
	Притока 4	3,0	4,2	4,7	26	18	4,1			
3	Головна річка	6,9	7,6	5,9	23	20	0,7			
	Притока 1	5,4	5,1	6,1	20	17	1,1			
	Притока 2	6,1	5,9	5,7	23	26	1,8			
	Притока 3	4,7	4,3	4,8	25	17	4,5			
	Притока 4	4,3	2,0	3,1	20	25	0,9			

№ варіанту	Тип водойми	Швидкість течії	Глибина водойми	Ширина дна	Крутизна правого берега	Крутизна лівого берега	Загальна мінералізація	Ширина водойми по водному дзеркалу	Площа поперечного перерізу русла водойми у створі	Витрата води у водоймі
		V, м/хв.	h, м	l, м	α_1 , градус	α_2 , градус	C, г/дм ³	L, м	S, м ²	Q, м ³ /хв.
4	Головна річка	5,4	6,4	5,9	27	23	1,6			
	Притока 1	4,6	5,6	5,8	19	20	0,7			
	Притока 2	3,9	4,2	4,4	29	21	1,2			
	Притока 3	4,1	3,1	3,5	21	18	3,3			
	Притока 4	3,5	3,6	3,9	24	27	1,6			
5	Головна річка	7,1	6,3	9,3	27	29	2,2			
	Притока 1	5,4	4,9	6,2	25	24	0,7			
	Притока 2	4,2	3,6	4,8	23	20	0,6			
	Притока 3	5,1	4,7	5,1	20	29	3,4			
	Притока 4	3,6	2,8	3,2	19	28	1,6			
6	Головна річка	7,7	6,3	8,2	28	16	0,7			
	Притока 1	5,8	4,9	7,4	30	25	2,2			
	Притока 2	6,1	4,6	6,2	26	21	1,8			
	Притока 3	5,4	5,1	6,5	24	20	4,1			
	Притока 4	3,2	3,7	3,9	20	24	0,9			
7	Головна річка	8,4	6,	9,7	27	26	2,1			
	Притока 1	7,7	6,1	8,3	19	20	1,3			
	Притока 2	6,3	5,7	7,6	25	27	2,6			
	Притока 3	7,1	5,9	7,1	28	20	0,7			
	Притока 4	6,6	4,8	5,3	20	23	1,1			
8	Головна річка	6,2	4,9	5,6	21	26	0,8			
	Притока 1	5,3	3,6	6,3	27	24	2,2			
	Притока 2	3,2	2,3	4,7	25	20	2,7			
	Притока 3	2,8	2,1	3,8	20	27	0,9			
	Притока 4	2,5	2,4	3,5	22	25	1,1			
9	Головна річка	5,7	5,1	7,2	28	23	2,9			
	Притока 1	4,9	3,6	7,5	24	27	1,0			
	Притока 2	4,7	3,1	6,8	20	24	2,6			
	Притока 3	4,1	2,7	5,3	16	25	0,9			
	Притока 4	4,6	2,5	4,4	22	25	2,3			
10	Головна річка	6,1	,2	7,6	26	27	2,9			
	Притока 1	5,0	3,6	5,6	20	21	0,8			
	Притока 2	4,7	2,4	4,3	29	18	3,0			
	Притока 3	3,6	2,6	3,8	17	26	0,7			
	Притока 4	3,1	2,7	3,2	26	19	1,9			
11	Головна річка	3,2	2,0	5,1	19	23	1,5			
	Притока 1	2,8	2,4	4,8	25	29	2,6			
	Притока 2	2,6	1,8	4,3	23	18	2,9			
	Притока 3	2,9	2,1	4,9	19	22	0,8			
	Притока 4	3,3	2,3	4,6	27	20	2,5			
12	Головна річка	2,8	3,0	4,5	28	19	0,9			
	Притока 1	3,1	1,9	3,6	25	32	2,4			
	Притока 2	3,0	2,1	3,8	19	23	3,7			
	Притока 3	3,3	2,3	3,5	32	24	0,9			
	Притока 4	3,6	2,5	3,9	16	27	1,6			

№ варіанту	Тип водойми	Швидкість течії	Глибина водойми	Ширина дна	Крутизна правого берега	Крутизна лівого берега	Загальна мінералізація	Ширина водойми по водному дзеркалу	Площа поперечного перерізу русла водойми у створі	Витрата води у водоймі
		V, м/хв.	h, м	l, м	α_1 , градус	α_2 , градус	C, г/дм ³	L, м	S, м ²	Q, м ³ /хв.
13	Головна річка	4,3	2,7	5,3	26	40	1,6			
	Притока 1	2,9	1,9	4,8	24	33	2,7			
	Притока 2	3,3	1,6	4,1	18	24	3,9			
	Притока 3	3,6	2,2	3,7	20	36	0,7			
	Притока 4	3,1	2,4	3,5	19	27	0,8			
14	Головна річка	5,1	3,6	6,2	28	25	3,3			
	Притока 1	2,3	2,1	4,3	34	21	2,5			
	Притока 2	4,5	3,3	3,7	27	26	2,4			
	Притока 3	3,8	2,6	3,4	24	32	0,6			
	Притока 4	3,2	2,9	2,8	36	28	0,4			
15	Головна річка	3,6	2,9	5,7	24	29	3,6			
	Притока 1	2,9	,4	3,1	28	36	2,9			
	Притока 2	3,5	2,1	2,5	34	27	0,6			
	Притока 3	2,7	2,7	3,6	30	36	0,8			
	Притока 4	2,4	2,5	2,8	41	27	2,3			
16	Головна річка	5,6	3,1	7,7	26	24	1,9			
	Притока 1	4,8	2,8	3,9	28	31	0,6			
	Притока 2	3,6	3,5	3,3	29	25	3,8			
	Притока 3	4,7	2,9	2,5	27	29	0,6			
	Притока 4	3,9	3,7	3,7	31	29	1,0			
17	Головна річка	4,9	3,8	2,5	31	27	1,7			
	Притока 1	3,7	2,9	3,7	34	23	0,7			
	Притока 2	3,6	2,5	2,9	38	25	2,6			
	Притока 3	2,8	1,9	3,9	23	27	3,8			
	Притока 4	2,4	1,9	4,0	25	33	0,5			
18	Головна річка	7,0	7,1	8,0	18	25	3,2			
	Притока 1	4,3	5,1	7,4	26	29	4,6			
	Притока 2	4,9	4,5	6,2	14	18	1,2			
	Притока 3	6,6	3,6	5,7	29	16	0,9			
	Притока 4	4,4	4,5	4,8	25	27	0,8			
19	Головна річка	7,5	8,1	7,1	27	19	1,5			
	Притока 1	5,3	5,7	4,6	27	20	1,7			
	Притока 2	4,1	7,4	6,9	10	17	3,6			
	Притока 3	4,3	6,2	6,5	12	25	0,5			
	Притока 4	5,0	4,2	4,7	16	18	2,1			
20	Головна річка	7,9	8,6	5,9	23	10	0,7			
	Притока 1	6,4	5,1	6,1	25	17	1,1			
	Притока 2	6,3	6,9	5,7	13	26	1,8			
	Притока 3	4,4	3,3	4,8	25	17	3,5			
	Притока 4	4,0	5,0	3,1	10	25	0,7			
21	Головна річка	6,4	7,4	5,9	27	23	2,6			
	Притока 1	5,6	5,6	5,8	19	20	0,7			
	Притока 2	3,5	5,2	4,4	19	21	1,2			
	Притока 3	4,4	4,1	3,5	21	18	3,3			
	Притока 4	3,7	3,6	3,9	14	27	0,6			

№ варіанту	Тип водойми	Швидкість течії	Глибина водойми	Ширина дна	Крутизна правого берега	Крутизна лівого берега	Загальна мінералізація	Ширина водойми по водному дзеркалу	Площа поперечного перерізу русла водойми у створі	Витрата води у водоймі
		V, м/хв.	h, м	l, м	α_1 , градус	α_2 , градус	C, г/дм ³	L, м	S, м ²	Q, м ³ /хв.
22	Головна річка	7,5	7,3	9,3	17	29	3,2			
	Притока 1	5,6	3,9	6,2	15	24	0,7			
	Притока 2	4,5	3,6	4,8	19	20	1,6			
	Притока 3	5,3	4,7	5,1	20	29	2,4			
	Притока 4	3,9	5,2	3,2	17	28	0,6			
23	Головна річка	7,5	7,3	8,2	28	16	1,7			
	Притока 1	5,6	4,6	7,4	20	25	3,2			
	Притока 2	6,6	4,6	6,2	16	21	0,8			
	Притока 3	4,4	5,7	6,5	14	20	2,1			
	Притока 4	3,8	3,4	3,9	10	24	1,9			
24	Головна річка	8,6	6,9	9,7	17	26	2,1			
	Притока 1	7,3	5,1	8,3	19	24	0,6			
	Притока 2	6,5	5,3	7,6	15	27	2,6			
	Притока 3	7,2	5,6	7,1	28	20	0,7			
	Притока 4	5,6	3,8	5,3	10	23	1,5			
25	Головна річка	7,2	5,9	5,6	21	26	1,8			
	Притока 1	5,7	3,7	6,3	27	24	3,2			
	Притока 2	5,2	4,3	4,7	15	20	1,7			
	Притока 3	4,8	3,1	3,8	23	27	0,9			
	Притока 4	4,5	2,4	3,5	27	25	1,5			
26	Головна річка	6,7	6,1	7,2	28	23	2,7			
	Притока 1	3,9	3,6	7,5	20	27	1,8			
	Притока 2	4,1	3,7	6,8	11	24	2,4			
	Притока 3	4,4	4,7	5,3	19	25	0,9			
	Притока 4	3,6	3,5	4,4	20	25	1,6			
27	Головна річка	6,7	8,2	7,6	16	27	2,9			
	Притока 1	5,3	4,6	5,6	27	21	1,8			
	Притока 2	4,2	2,9	4,3	29	18	1,3			
	Притока 3	3,9	3,6	3,8	17	20	1,7			
	Притока 4	3,6	4,7	3,2	26	16	0,6			
28	Головна річка	5,2	6,0	5,1	19	28	3,5			
	Притока 1	3,8	4,4	4,8	25	19	2,3			
	Притока 2	4,6	2,8	4,3	23	14	2,9			
	Притока 3	2,9	3,1	4,9	19	22	0,6			
	Притока 4	4,3	3,3	4,6	27	20	1,1			
29	Головна річка	5,9	5,8	2,5	31	23	1,5			
	Притока 1	4,7	2,9	3,7	24	23	1,7			
	Притока 2	3,9	3,5	2,9	18	25	2,9			
	Притока 3	2,6	4,9	3,9	20	27	1,8			
	Притока 4	2,9	3,9	4,0	22	33	0,5			
30	Головна річка	6,7	5,2	7,6	20	27	2,9			
	Притока 1	5,3	3,6	5,6	26	21	2,8			
	Притока 2	4,2	2,9	4,3	24	18	1,4			
	Притока 3	3,9	3,6	3,8	17	29	1,7			
	Притока 4	3,6	4,7	3,2	29	19	1,9			

Сольовий стік головної річки після впадіння притоки визначається за формулою

$$C_{\text{сер}} = \frac{Q_p \cdot C_p + Q_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}}{Q_p + Q_{\text{п}}} \quad (6.1)$$

де Q_p та $Q_{\text{п}}$ – витрати води річки та притоки відповідно, м³/хв.;
 C_p та $C_{\text{п}}$ – загальна мінералізація річки та притоки відповідно, г/дм³

Витрата води розраховується за формулою:

$$Q = S \cdot V \quad (6.2)$$

де S – площа поперечного перерізу русла, м²;
 V – швидкість течії води в руслі, м/хв.

Приклад розв'язання завдання №6.

Варіант №17

1. Для розрахунків витрати води у річці та притоках необхідно визначити площу поперечного перерізу живого потоку русла головної річки та приток, для чого потрібно побудувати поперечні перерізи русел як річки, так й усіх приток в масштабі 1:200 (рис. 6.1). За допомогою палетки або розрахунковим шляхом (площа трапеції) визначити площі перерізів.

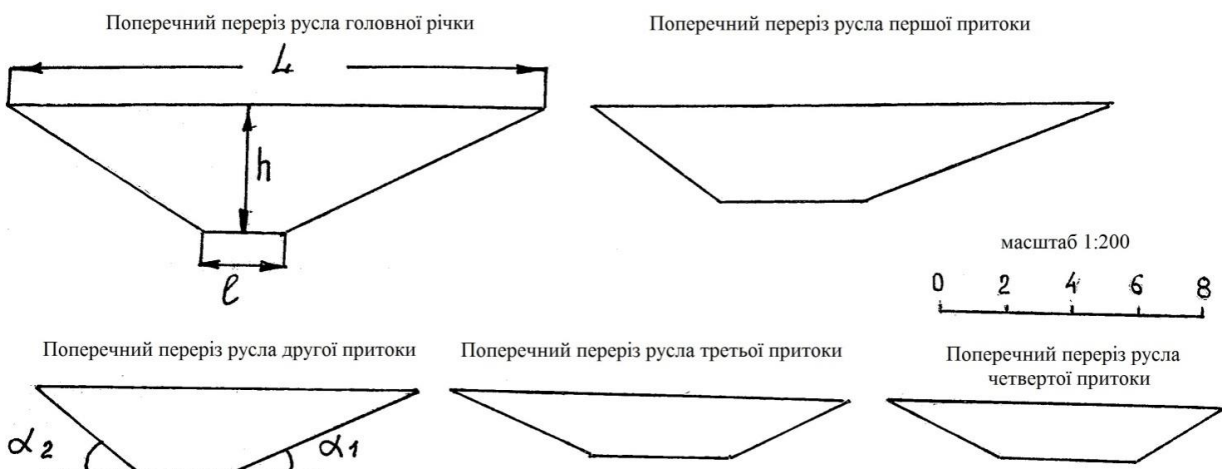


Рисунок 6.1 – Поперечні перерізи русла головної річки та її приток

В даному прикладі площа поперечних перерізів русла становить:

Площа головної річки $S_p = 32,2 \text{ м}^2$

Площа першої притоки $S_{\text{п}}^1 = 26,4 \text{ м}^2$

Площа другої притоки $S_{\text{п}}^2 = 17,8 \text{ м}^2$

Площа третьої притоки $S_{\text{п}}^3 = 14,4 \text{ м}^2$

Площа четвертої притоки $S_{\text{п}}^4 = 12,9 \text{ м}^2$

2. За формулою (6.2) витрати води складають:

$$Q_p = 32,2 \text{ м}^2 \cdot 4,9 \text{ м/хв} = 157,8 \text{ м}^3/\text{хв}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{п}}^1 &= 26,4 \text{ м}^2 \cdot 3,7 \text{ м/хв} = 97,7 \text{ м}^3/\text{хв} \\
 Q_{\text{п}}^2 &= 17,8 \text{ м}^2 \cdot 3,6 \text{ м/хв} = 64,1 \text{ м}^3/\text{хв} \\
 Q_{\text{п}}^3 &= 14,4 \text{ м}^2 \cdot 2,8 \text{ м/хв} = 40,3 \text{ м}^3/\text{хв} \\
 Q_{\text{п}}^4 &= 12,9 \text{ м}^2 \cdot 2,4 \text{ м/хв} = 31,0 \text{ м}^3/\text{хв}
 \end{aligned}$$

3.1 Після впадіння першої притоки загальна мінералізація в річці згідно формулі (6.1) становитиме:

$$C_{\text{сеп}}^1 = \frac{157,8 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 1,3 \text{ г/дм}^3 + 97,7 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 0,7 \text{ г/дм}^3}{157,8 \text{ м}^3/\text{хв} + 97,7 \text{ м}^3/\text{хв}} = 1,07 \text{ кг/м}^3$$

3.2 Витрата води головної річки збільшується на величину витрати води притоки, тобто буде становити

$$Q_{\text{р}}^1 = 157,8 \text{ м}^3/\text{хв} + 97,7 \text{ м}^3/\text{хв} = 255,5 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Після впадіння другої притоки загальна мінералізація в річці становитиме:

$$C_{\text{сеп}}^2 = \frac{255,5 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 1,07 \text{ кг/дм}^3 + 64,1 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 2,6 \text{ кг/дм}^3}{255,5 \text{ м}^3/\text{хв} + 64,1 \text{ м}^3/\text{хв}} = 1,37 \text{ кг/м}^3$$

3.3 Витрата води головної річки збільшується на величину витрати води притоки, тобто буде становити

$$Q_{\text{р}}^2 = 255,5 \text{ м}^3/\text{хв} + 64,1 \text{ м}^3/\text{хв} = 319,6 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Після впадіння третьої притоки загальна мінералізація в річці становитиме:

$$C_{\text{сеп}}^3 = \frac{319,6 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 1,37 \text{ кг/дм}^3 + 40,3 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 1,8 \text{ кг/дм}^3}{319,6 \text{ м}^3/\text{хв} + 40,3 \text{ м}^3/\text{хв}} = 1,42 \text{ кг/м}^3$$

3.4 Витрата води головної річки збільшується на величину витрати води притоки, тобто буде становити

$$Q_{\text{р}}^3 = 319,6 \text{ м}^3/\text{хв} + 40,3 \text{ м}^3/\text{хв} = 359,9 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Після впадіння четвертої притоки загальна мінералізація в річці становитиме:

$$C_{\text{сеп}}^4 = \frac{359,9 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 1,42 \text{ кг/дм}^3 + 31,0 \text{ м}^3/\text{хв} \cdot 0,5 \text{ кг/дм}^3}{359,9 \text{ м}^3/\text{хв} + 31,0 \text{ м}^3/\text{хв}} = 1,35 \text{ кг/м}^3$$

Висновки.

1. Витрата води головної річки після впадіння чотирьох приток буде становити

$$Q_{\text{р}} = 359,9 \text{ м}^3/\text{хв} + 31,0 \text{ м}^3/\text{хв} = 390,9 \text{ м}^3/\text{хв},$$

а загальна мінералізація – 1,35 кг/м³

2. Розрахунки показують, що сольовий стік річкової системи буде складати 527 кг/хв. або 759,9 т/добу, а за рік величина сольового стоку становитиме 277,4 · 10⁴ тон.



Практична робота №7. Визначення припливу води до колодязя

Основні закони руху підземних вод.

Вода може пересуватися в породах, не заповнюючи всіх пір і пусток, у вигляді окремих крапель і струменів. Такий рух води називається *вільним просочуванням*. Воно відбувається під впливом гравітаційних сил. Прикладом вільного просочування є рух, або *інфільтрація*, атмосферних опадів з поверхні Землі через породи зони аерації до дзеркала ґрунтових вод.

У тих випадках, коли пори порід повністю насичаються водою і остання пересувається під впливом гідростатичного тиску від місць з великим натиском (вищим рівнем) до місць з меншим натиском (менш високим рівнем), відбувається *фільтрація* підземних вод.

Розрізняють два види руху води: *ламінарне* і *турбулентне*. У першому випадку окремі струмені води рухаються паралельно і з невеликою швидкістю, утворюючи суцільний потік; у другому - рух характеризується великими швидкостями і вихровими переміщеннями струменів води, що викликають розриви суцільності потоку.

В результаті проведених дослідів французький гідрогеолог Дарсі встановив, що кількість води, що профільтрувалася через пісок в одиницю часу, прямо пропорційна різниці рівнів води в п'єзометричних трубках, віднесеної до висоти шару піску, площі перетину циліндра і деякого коефіцієнта; останній залежить від властивостей піску, температури води і її в'язкості.

Це відношення називають *законом Дарсі*. Відношення різниці рівнів води в п'єзометричних трубках до висоти шару піску називають *напірним градієнтом*, або *гідравлічним ухилом*, що показує величину падіння натиску на одиницю довжини шляху фільтрації. D_0 - *коефіцієнт фільтрації*, або *коефіцієнт водопроникності ґрунту*. Розділивши обидві частини рівняння на площу перетину потоку P , одержимо формулу *швидкості фільтрації*. Таким чином, швидкість фільтрації прямо пропорційна коефіцієнту фільтрації і напірному градієнту, узятим в першому ступені. Закон Дарсі називають *лінійним законом фільтрації*.

Швидкість фільтрації виражає так звану *фіктивну, або приведену швидкість* руху води, оскільки площа поперечного потоку по цій формулі прийнята рівній площі поперечного перетину породи, тоді як насправді вода пересувається в породі тільки по порам.

Коефіцієнт фільтрації D_0 - основний показник водопроникності порід. За величиною коефіцієнта фільтрації породи, можна підрозділити на наступні типи:

Породи	Коефіцієнт фільтрації, м/доба
Добре проникні: галечники, закарстовані породи	>100
Водопроникні: грубозерністі піски, тріщинуваті породи	40-100
піски різнозерністі	15-20
піски середньозерністі	10-15

Слабо водопроникні:

дрібнозернисті піски, супіски, суглинки

0,1-10

Вельми слабо водопроникні:

суглинки, глини

0,001-0,1 і менш

Закон Дарсі має виключно велике значення в динаміці підземних вод. Він справедливий для руху води не тільки в однорідних по складу дрібнозернистих пісках, але і в неоднорідних грубозернистих пісках, гравійно-галечникових відкладеннях і в більшості тріщинуватих порід, в яких спостерігається ламінарний рух. Відхилення від лінійного закону фільтрації відбуваються при так званій критичній швидкості фільтрації. Критичною називається швидкість, при якій ламінарний рух переходить в турбулентне.

Досліди показують, що в грубозернистих ґрунтах критична швидкість фільтрації близько 432 м/діб відповідно дійсна швидкість руху води в порах складає близько 1000 м/діб (при пористості породи, рівної 0,40). У природних умовах, як правило, швидкості фільтрації обчислюються метрами або десятками метрів, тому теорія руху підземних вод в основному базується на лінійному законі фільтрації.

Фільтрація води з швидкістю, що перевищує критичну, звичайно відбувається тільки в крупних тріщинах, карстових пустках або поблизу штучних виробок (шахт, шурфів, свердловин) при дуже великих пониженнях рівня або натиску. У цих умовах рух підземних вод може іноді носити турбулентний характер, при якому швидкість пропорційна корінню квадратному з величини гідралічного ухилу. У підземному потоці лінії струмів води зігнуті, є завихрення і розриви суцільності.


Закони Дарсі і Шезі-Краснопільського характеризують два крайні режими руху підземних вод - ламінарний і турбулентний. У неоднакових по водопроникності породах можливо існування змішаного, або перехідного, режиму.

Притоки води до водозабірних споруд

До водозабірних споруд відносяться *канави, галереї, різні колодязі і шахти*. Вони можуть бути закріплені деревом, цеглиною, природним каменем, керамікою, бетоном, залізобетоном або металом. Колодязі за способом проходки розділяються на *копані, бурові і забивні*, а по характеру натиску - на *ґрунтові і напірні (артезіанські)*.

По глибині заставляння розрізняють досконалі водозабірні споруди, що пройшли водоносний горизонт повністю, до водотриву, і недосконалі, що розкривають водоносний горизонт лише частково.

У недосконалі колодязі вода може поступати одночасно через стінки і дно або тільки через дно, коли стінки непроникні. У досконалі колодязі вода поступає тільки через стінки. Найбільш відповідальною частиною бурових і забивних колодязів є їх водоприймальна частина - фільтр, який залежно від потужності і характеру водоносної товщі перекидає водоносний пласт повністю або частково. Фільтр - це труба з отворами круглого або прямокутного перетину. Розмір круглих отворів від 1 до 2 см при відстані між ними 2-4 см, прямокутні - 0,8-1,5 см по ширині і 2,5-4 см по довжині. На 1 пог. м труби



доводиться 800-500 отворів (залежно від її діаметру), площа отворів не повинна перевищувати 20-22% (шпаруватість фільтру) поверхонь труби щоб уникнути ослаблення її міцності. В даний час широко застосовуються колодязі з горизонтальними або похилими розтинами. Їх називають *променевими*. *Дебіт* таких колодязів у декілька разів більше звичайних.

У районах з наявністю стійкої кривлі споруджують свердловини без фільтрів. Водоприймальною частиною служить каверна, що утворюється у верхній частині водоносного горизонту в результаті винесення з нього піску під час досвідченого відкачування продуктивністю, в два рази перевищенні експлуатаційну.

Каркаси фільтрів для свердловин різні: дерев'яні, керамічні, з бетону, пластмаси, скла і металу. Розмір фільтру визначається кінцевим діаметром свердловини.

Знаючи діаметр труби фільтру, допустимі швидкості руху води в породах водоносного горизонту і проектний дебіт свердловини, визначають довжину фільтру.

Щоб в свердловину не потрапляв пісок, дірчасту трубу покривають фільтрувальною сіткою. Вона накладається не прямо на трубу, а на дріт діаметром 1 - 2 мм, яка припаюється до труби по її довжині, утворюючи дротяний каркас. Розміри сітки підбирають з таким розрахунком, щоб через неї просівався ґрунт з водоносного горизонту, в сухому стані до 40% за об'ємом. При такому винесенні породи з водоносного горизонту навколо фільтру утворюється добре фільтруючий ґрунт, який не створюватиме великих опорів при русі води до свердловини.

У ряді випадків каркасна труба обсипається шарами піску, діаметр частинок якого в 3 - 4 рази більше природного.

Матеріал для фільтрових труб і сіток вибирають в залежності від хімічного складу води, наявності вільних і розчинених в ній газів, реакції води. У водоносних пластах з сильними агресивними властивостями застосовують сітки з пластичних мас, скла або інших антикорозійних матеріалів. Фільтр можна обмотувати дротом, мотузком, відстань між витками 1 - 2 мм і більш. Добре підбраний матеріал для фільтру і сітки гарантує безперебійну роботу свердловини протягом 25-30 років і більш.

По характеру експлуатації водозабірні споруда розділяються на постійно і тимчасово дії (водопониження), добувні і поглинаючі.

Приток води до ґрунтового колодязя. При відкачуванні води з колодязя, закладеного в однорідному водоносному пласті з вільним рівнем, навколо нього утворюється депресивна воронка з максимальним пониженням рівня води в колодязі. У міру видалення від колодязя величина пониження рівня зменшується і на відстаней, рівний радіусу впливу, близька до нуля.

Приток води до артезіанського колодязя. При розкритті буровою свердловиною напірного водоносного горизонту вода під натиском підіймається і встановлюється вище за кривлю водоносного горизонту. При відкачуванні води з такого горизонту утворюється воронка, яка, на відміну від воронки депресії ґрунтового колодязя, знаходиться вище за кривлю водоносного горизонту.

Таким чином, дебіт артезіанського колодязя змінюється прямо пропорційно пониженню рівня.

Слід вказати, що це положення справедливе тільки для невеликих понижень рівня, що не перевищують 25% від величини натиску. При великих пониженнях збільшується опір руху води в найводоноснішому пласті, при вході води в отвір фільтру і в обсадних трубах. У зв'язку з цим питомий дебіт змінюватиметься не пропорційно пониженню і залежність дебіту від пониження виражатиметься не прямою лінією, а кривою.

Рішення задач з динаміки підземних вод: визначення припливу підземних вод до різних водозаборів – вертикального (колодязя) та горизонтального (траншеї) ґрунтується на законах руху підземних вод (фільтрації), а саме на законі Дарсі для ламінарного і законі Шезі-Краснопольського для турбулентного руху підземних вод. На основі цих законів розроблені розрахункові формули.

Водозабірні споруди бувають довершеними (доведені до покрівлі водотриву) і недовершеними (дно яких знаходиться в межах водоносного шару).

Завдання до практичної роботи №7: Визначити приплив підземних вод до довершеного колодязя та побудувати відповідні розрізи за вихідними даними за варіантами (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для вирішення завдання

Номер варіанту	Радіус колодязя r , м	Потужність водоносного шару, м		Зниження при відкачці S , м	Коефіцієнт фільтрації K_f , м/добу	Вид руху підземних вод	Напірність підземних вод	Висота п'єзометричного рівня H , м
		H_0	m					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,8	12,5		3,8	1,2	Ламин.	Немає	
2	0,4		6,2	1,5	0,17	Ламин.	Є	9,8
3	0,5	12,0		5,5	48,2	Турбул.	Немає	
4	0,35	5,8		2,0	3,4	Ламин.	Немає	
5	0,5		9,6	2,0	14,5	Турбул.	Є	14,2
6	1,1	8,3		2,5	5,0	Ламин.	Немає	
7	1,0	10,5		3,8	15,3	Турбул.	Немає	
8	0,75		14,2	4,0	0,5	Ламин.	Є	19,4
9	0,6		7,5	5,0	5,6	Турбул.	Є	15,0
10	0,7	18,0		6,5	25,0	Ламин.	Немає	
11	0,9	11,5		3,2	1,6	Ламин.	Немає	
12	0,6		4,4	1,8	0,25	Ламин.	Є	8,8
13	0,7	10,2		6,5	41,8	Турбул.	Немає	
14	0,45	6,4		2,4	4,1	Ламин.	Немає	
15	0,5		9,1	2,2	16,5	Турбул.	Є	12,6
16	1,0	12,0		3,1	6,2	Ламин.	Немає	
17	1,2	15,3		3,8	18,3	Турбул.	Немає	
18	0,8		12,2	4,3	0,7	Ламин.	Є	18,2
19	0,65		8,8	5,3	6,2	Турбул.	Є	13,8
20	0,75	16,3		6,1	23,1	Ламин.	Немає	
21	1,1	9,8		4,6	10,8	Ламин.	Немає	

Номер варіанту	Радіус колодязя r , м	Потужність водоносного шару, м		Зниження при відкачці S , м	Коефіцієнт фільтрації K_{ϕ} , м/добу	Вид руху підземних вод	Напірність підземних вод	Висота п'єзометричного рівня H , м
		H_0	m					
22	0,85		7,8	3,6	5,6	Ламин.	Є	14,5
23	1,25	69,9		7,2	8,5	Ламин.	Немає	
24	0,4		6,6	2,7	1,5	Ламин.	Є	10,3
25	0,55	11,2		6,2	36,5	Турбул.	Немає	

А. Безнапірні води (рис. 7.1).

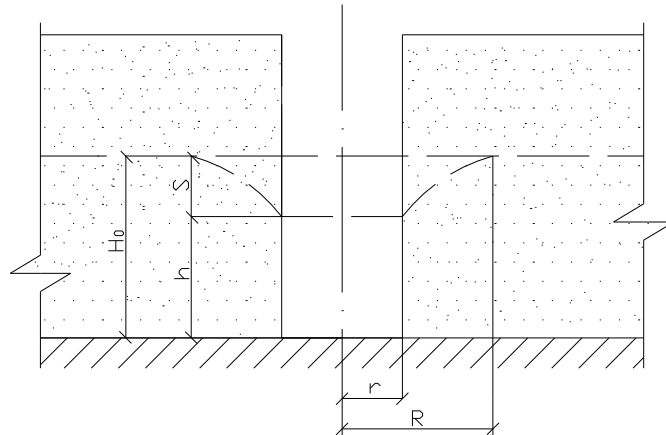


Рисунок 7.1. - Схема припливу безнапірних підземних вод до доведеного колодязя

Початковий рівень підземних вод (РПВ) характеризується потужністю H водоносного горизонту (відстань від покрівлі водотриву до РПВ). Якщо із такого колодязя радіусом r виконують відкачку води з певною інтенсивністю (дебітом Q , м³/добу), то в колодязі встановлюється і підтримується певний рівень поземних вод, знижений відносно початкового на величину водозниження S , а знижена потужність водоносного горизонту – h . Таким чином:

$$S = H - h$$

Знижений рівень підтримується не тільки тому, що відбувається приплив підземних вод з усіх боків до колодязя. Навколо останнього формується депресійна воронка (рис. 1), радіус якої називають радіусом впливу. Мають на увазі вплив відкачування на положення рівня підземних вод. Цей рівень з віддаленням від колодязя поступово підвищується, а за межами радіуса впливу залишається не зниженим.

Величина R залежить від коефіцієнта фільтрації K_{ϕ} , (м/добу), величини зниження S , потужності водоносного горизонту H і наближено визначається з формули Кусакіна:

$$R = 2 \cdot S \cdot \sqrt{H \cdot K_{\phi}}, \text{ м}$$

Приплив води визначають для ламінарного руху з формули Дюпюї

$$Q = 1,3666 \cdot K \cdot \frac{H^2 - h^2}{\lg R - \lg r} = 1,366 \cdot K \cdot \frac{(2H - S) \cdot S}{\lg \frac{R}{r}},$$

а для турбулентного руху – з формули Краснопольського

$$Q = 3,63 \cdot K \cdot \sqrt{\frac{H^3 - h^3}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}},$$

або (наближено)

$$Q = 6,28 \cdot K \cdot H \cdot \sqrt{r \cdot S}$$

Б. Напірні води (рис. 7.2).

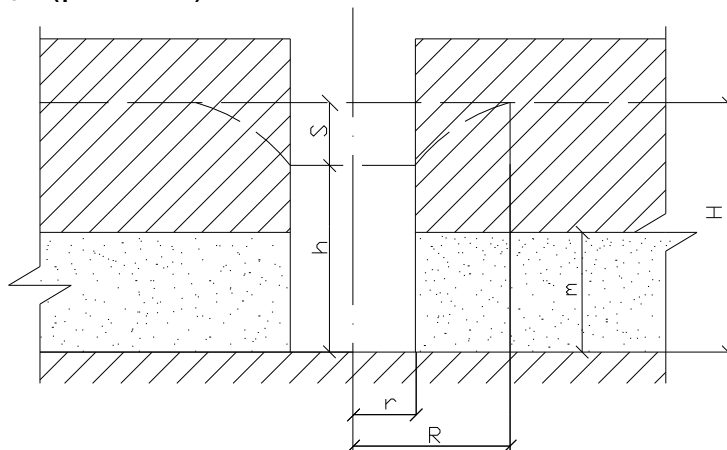


Рисунок 7.2. - Схема припливу напірних підземних вод до довершеного колодязя

Напірні води знаходяться між двома водотривами і повністю насичують водоносний шар потужністю m . При розкритті такого водоносного горизонту буровою свердловиною (або колодязем) вода за рахунок напору підіймається вище підшови верхнього водотриву і досягає п'єзометричного рівня – лінії, що з'єднає місця виходу водоносного шару на поверхню Землі і може, в залежності від рельєфу залишатися в межах свердловини чи бути вище поверхні землі – тоді свердловина фонтанує.

Зниження п'єзометричного рівня S при відкачках і формування навколо виробки депресійної вирви радіусом R відбувається таким же чином, як і в безнапірних водах. Однак, слід враховувати, що величини H і h відображують тут не потужність водоносного горизонту, а висоти напорів (відповідно початкового і зниженого) відносно покрівлі нижнього водотриву.

Приплив напірних вод при постійному зниженні S визначається для ламінарного руху з формули:

$$Q = 2,73 \cdot K \cdot m \cdot \frac{H^2 - h^2}{\lg R - \lg r} = 2,73 \cdot K \cdot m \cdot \frac{K \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}},$$

а для турбулентного руху – з формули:

$$Q = 6,28 \cdot K \cdot m \cdot \sqrt{r \cdot S}.$$

Тут R – радіус впливу, визначається з емпіричної формули Зіхарта:

$$R = 10 \cdot S \cdot \sqrt{K},$$

де R і S – в метрах, а K – в метрах на добу.



Практична робота №8. Визначення припливу води до траншеї

Основні закони руху підземних вод.

Вода може пересуватися в породах, не заповнюючи всіх пір і пусток, у вигляді окремих крапель і струменів. Такий рух води називається *вільним просочуванням*. Воно відбувається під впливом гравітаційних сил. Прикладом вільного просочування є рух, або *інфільтрація*, атмосферних опадів з поверхні Землі через породи зони аерації до дзеркала ґрунтових вод.

У тих випадках, коли пори порід повністю насичаються водою і остання пересувається під впливом гідростатичного тиску від місць з великим натиском (вищим рівнем) до місць з меншим натиском (менш високим рівнем), відбувається *фільтрація* підземних вод.

Розрізняють два види руху води: *ламінарне* і *турбулентне*. У першому випадку окремі струмені води рухаються паралельно і з невеликою швидкістю, утворюючи суцільний потік; у другому - рух характеризується великими швидкостями і вихровими переміщеннями струменів води, що викликають розриви суцільності потоку.

В результаті проведених дослідів французький гідрогеолог Дарсі встановив, що кількість води, що профільтрувалася через пісок в одиницю часу, прямо пропорційна різниці рівнів води в п'єзометричних трубках, віднесеної до висоти шару піску, площі перетину циліндра і деякого коефіцієнта; останній залежить від властивостей піску, температури води і її в'язкості.

Це відношення називають *законом Дарсі*. Відношення різниці рівнів води в п'єзометричних трубках до висоти шару піску називають *напірним градієнтом*, або *гідравлічним ухилом*, що показує величину падіння натиску на одиницю довжини шляху фільтрації. D_0 - *коефіцієнт фільтрації*, або *коефіцієнт водопроникності ґрунту*. Розділивши обидві частини рівняння на площу перетину потоку P , одержимо формулу *швидкості фільтрації*. Таким чином, швидкість фільтрації прямо пропорційна коефіцієнту фільтрації і напірному градієнту, узятим в першому ступені. Закон Дарсі називають *лінійним законом фільтрації*.

Швидкість фільтрації виражає так звану *фіктивну, або приведену швидкість* руху води, оскільки площа поперечного потоку по цій формулі прийнята рівній площі поперечного перетину породи, тоді як насправді вода пересувається в породі тільки по порам.

Коефіцієнт фільтрації D_0 - основний показник водопроникності порід. За величиною коефіцієнта фільтрації породи, можна підрозділити на наступні типи:

Породи	Коефіцієнт фільтрації, м/доба
Добре проникні: галечники, закарстовані породи	>100
Водопроникні: грубозерністі піски, тріщинуваті породи	40-100
піски різнозерністі	15-20
піски середньозерністі	10-15

Слабо водопроникні:

дрібнозернисті піски, супіски, суглинки

0,1-10

Вельми слабо водопроникні:

суглинки, глини

0,001-0,1 і менш

Закон Дарсі має виключно велике значення в динаміці підземних вод. Він справедливий для руху води не тільки в однорідних по складу дрібнозернистих пісках, але і в неоднорідних грубозернистих пісках, гравійно-галечникових відкладеннях і в більшості тріщинуватих порід, в яких спостерігається ламінарний рух. Відхилення від лінійного закону фільтрації відбуваються при так званій критичній швидкості фільтрації. Критичною називається швидкість, при якій ламінарний рух переходить в турбулентне.

Досліди показують, що в грубозернистих ґрунтах критична швидкість фільтрації близько 432 м/діб відповідно дійсна швидкість руху води в порках складає близько 1000 м/діб (при пористості породи, рівної 0,40). У природних умовах, як правило, швидкості фільтрації обчислюються метрами або десятками метрів, тому теорія руху підземних вод в основному базується на лінійному законі фільтрації.

Фільтрація води з швидкістю, що перевищує критичну, звичайно відбувається тільки в крупних тріщинах, карстових пустках або поблизу штучних виробок (шахт, шурфів, свердловин) при дуже великих пониженнях рівня або натиску. У цих умовах рух підземних вод може іноді носити турбулентний характер, при якому швидкість пропорційна корінню квадратному з величини гідралічного ухилу. У підземному потоці лінії струмів води зігнуті, є завихрення і розриви суцільності.


Закони Дарсі і Шезі-Краснопольського характеризують два крайні режими руху підземних вод - ламінарний і турбулентний. У неоднакових по водопроникності породах можливо існування змішаного, або перехідного, режиму.

Притоки води до водозабірних споруд

До водозабірних споруд відносяться *канави, галереї, різні колодязі і шахти*. Вони можуть бути закріплені деревом, цеглиною, природним каменем, керамікою, бетоном, залізобетоном або металом. Колодязі за способом проходки розділяються на *копані, бурові і забивні*, а по характеру натиску - на *ґрунтові і напірні (артезіанські)*.

По глибині заставляння розрізняють досконалі водозабірні споруди, що пройшли водоносний горизонт повністю, до водотриву, і недосконалі, що розкривають водоносний горизонт лише частково.

У недосконалі колодязі вода може поступати одночасно через стінки і дно або тільки через дно, коли стінки непроникні. У досконалі колодязі вода поступає тільки через стінки. Найбільш відповідальною частиною бурових і забивних колодязів є їх водоприймальна частина - фільтр, який залежно від потужності і характеру водоносної товщі перекидає водоносний пласт повністю або частково. Фільтр - це труба з отворами круглого або прямокутного перетину. Розмір круглих отворів від 1 до 2 см при відстані між ними 2-4 см, прямокутні - 0,8-1,5 см по ширині і 2,5-4 см по довжині. На 1 пог. м труби



доводиться 800-500 отворів (залежно від її діаметру), площа отворів не повинна перевищувати 20-22% (шпаруватість фільтру) поверхонь труби щоб уникнути ослаблення її міцності. В даний час широко застосовуються колодязі з горизонтальними або похилими розтинами. Їх називають *променевими*. Дебіт таких колодязів у декілька разів більше звичайних.

У районах з наявністю стійкої кривлі споруджують свердловини без фільтрів. Водоприймальною частиною служить каверна, що утворюється у верхній частині водоносного горизонту в результаті винесення з нього піску під час досвідченого відкачування продуктивністю, в два рази перевищенні експлуатаційну.

Каркаси фільтрів для свердловин різні: дерев'яні, керамічні, з бетону, пластмаси, скла і металу. Розмір фільтру визначається кінцевим діаметром свердловини. Знаючи діаметр труби фільтру, допустимі швидкості руху води в породах водоносного горизонту і проектний дебіт свердловини, визначають довжину фільтру.

Щоб в свердловину не потрапляв пісок, дірчасту трубу покривають фільтрувальною сіткою. Вона накладається не прямо на трубу, а на дріт діаметром 1 - 2 мм, яка припаюється до труби по її довжині, утворюючи дротяний каркас. Розміри сітки підбирають з таким розрахунком, щоб через неї просівався ґрунт з водоносного горизонту, в сухому стані до 40% за об'ємом. При такому винесенні породи з водоносного горизонту навколо фільтру утворюється добре фільтруючий ґрунт, який не створюватиме великих опорів при русі води до свердловини.

У ряді випадків каркасна труба обсипається шарами піску, діаметр частинок якого в 3 - 4 рази більше природного.

Матеріал для фільтрових труб і сіток вибирають в залежності від хімічного складу води, наявності вільних і розчинених в ній газів, реакції води. У водоносних пластах з сильними агресивними властивостями застосовують сітки з пластичних мас, скла або інших антикорозійних матеріалів. Фільтр можна обмотувати дротом, мотузком, відстань між витками 1 - 2 мм і більш. Добре підібраний матеріал для фільтру і сітки гарантує безперебійну роботу свердловини протягом 25-30 років і більш.

По характеру експлуатації водозабірні споруда розділяються на постійно і тимчасово дії (водопониження), добувні і поглинаючі.

Приток води до ґрунтового колодязя. При відкачуванні води з колодязя, закладеного в однорідному водоносному пласті з вільним рівнем, навколо нього утворюється депресивна воронка з максимальним пониженням рівня води в колодязі. У міру видалення від колодязя величина пониження рівня зменшується і на відстаней, рівний радіусу впливу, близька до нуля.

Приток води до артезіанського колодязя. При розкритті буровою свердловиною напірного водоносного горизонту вода під натиском підіймається і встановлюється вище за кривлю водоносного горизонту. При відкачуванні води з такого горизонту утворюється воронка, яка, на відміну від воронки депресії ґрунтового колодязя, знаходиться вище за кривлю водоносного горизонту.

Таким чином, дебіт артезіанського колодязя змінюється прямо пропорційно пониженню рівня.

Слід вказати, що це положення справедливе тільки для невеликих понижень рівня, що не перевищують 25% від величини натиску. При великих пониженнях збільшується опір руху води в найводоноснішому пласті, при вході води в отвір фільтру і в обсадних трубах. У зв'язку з цим питомий дебіт змінюватиметься не пропорційно пониженню і залежність дебіту від пониження виражатиметься не прямою лінією, а кривою.

Рішення задач з динаміки підземних вод: визначення припливу підземних вод до різних водозаборів – вертикального (колодязя) та горизонтального (траншеї) ґрунтується на законах руху підземних вод (фільтрації), а саме на законі Дарсі для ламінарного і законі Шезі-Краснопольського для турбулентного руху підземних вод. На основі цих законів розроблені розрахункові формули.

Водозабірні споруди бувають довершеними (доведені до покрівлі водотриву) і недовершеними (дно яких знаходиться в межах водоносного шару).

Завдання до практичної роботи №8: визначити приплив підземних вод до довершеної траншеї та побудувати розрізи за вихідними даними (табл. 8.1) за варіантами.

Таблиця 8.1 - Вихідні дані для обчислення припливу підземних вод до довершеної траншеї

Номер варіанту	Довжина траншеї L, м	Орієнтація до напрямку потоку	Потужність водоносного шару, м		Зниження при відкачці S, м	Коефіцієнт фільтрації K _ф , м/добу	Вид руху підземних вод	Напірність підземних вод	Висота п'єзометричного рівня Н, м
			H ₀	т					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50,0	⊥	6,3		1,5	0,8	Ламин.	Немає	
2	45,0	⊥		7,7	3,4	2,7	Ламин.	Є	12,5
3	42,0	∥	6,9		3,8	12,4	Турбул.	Немає	
4	18,0	⊥	10,5		2,8	0,2	Ламин.	Немає	
5	12,0	⊥	7,2		4,3	4,2	Турбул.	Немає	
6	80,0	∥		4,0	1,5	12,0	Ламин.	Є	8,6
7	64,0	∥		4,2	1,7	3,4	Турбул.	Є	9,3
8	36,0	∥	4,2		2,7	28,2	Ламин.	Немає	
9	22,0	⊥		7,6	2,1	0,17	Турбул.	Є	12,8
10	14,5	∥	9,6		1,8	1,2	Ламин.	Немає	
11	75	⊥	5,8		1,1	0,6	Ламин.	Немає	
12	65	⊥		6,5	2,6	3,1	Ламин.	Є	7,6
13	35	∥	4,2		2,1	9,8	Турбул.	Немає	
14	24	⊥	12,6		3,5	0,7	Ламин.	Немає	
15	8	⊥	6,6		3,8	4,0	Турбул.	Немає	
16	72	∥		8,7	2,8	10,6	Ламин.	Є	15,6
17	53	∥		5,4	1,7	4,6	Турбул.	Є	9,5
18	31	∥		4,8	2,5	26,2	Ламин.	Немає	
19	27	⊥		6,9	2,1	0,3	Турбул.	Є	13,1
20	45	∥	10,2		2,7	1,8	Ламин.	Немає	

Номер варіанту	Довжина траншеї L , м	Орієнтація до напрямку потоку	Потужність водоносного шару, м		Зниження при відкачці S , м	Коефіцієнт фільтрації K_f , м/добу	Вид руху підземних вод	Напірність підземних вод	Висота п'єзометричного рівня H , м
			H_0	м					
21	15	⊥	8,1		3,2	5,1	Турбул.	Немає	
22	101	∥		2,9	1,2	18,3	Ламин.	Є	8,1
23	27	∥		9,2	1,9	3,6	Турбул.	Є	10,8
24	37	⊥		7,6	2,4	0,25	Турбул.	Немає	
25	22	⊥		5,3	1,8	0,15	Ламин.	Є	12,0

Схема роботи горизонтальних водозаборів (траншей) схожа в розрізі на схему роботи вертикальних водозаборів (колодязів): при розкритті водоносного горизонту формується депресійна вирва з радіусом впливу R , який, в залежності від напірності підземних вод визначається з приведених раніше формул. Однак, цей радіус відраховується не від осі водозабору, а від стінки траншеї (див. рис. 8.1 і 8.2, що відображують траншеї в безнапірних і напірних водах відповідно). Принципово розрахунок припливу до траншеї відрізняється від розрахунку припливу до колодязя необхідністю врахування довжини траншеї l та характеру її розміщення (орієнтація відносно напрямку руху підземних вод), оскільки можливі два варіанти:

- траншея орієнтована перпендикулярно до потоку і тільки один її бік фільтрує воду;
- траншея орієнтована паралельно до потоку і тоді фільтрують обидва борти траншеї.

Отже приплив підземних вод до траншеї у першому випадку вважається удвічі меншим, ніж у другому. Це слід враховувати, застосовуючи формули, в яких цифра 2 в дужках або враховується, або ні.

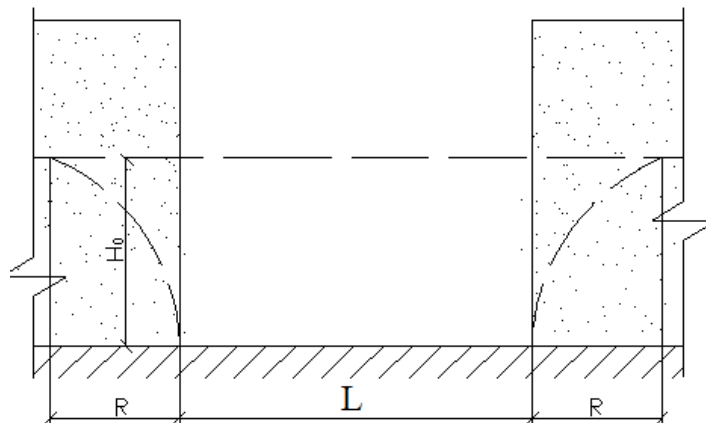


Рисунок 8.1. - Схема припливу безнапірних підземних до довершеної траншеї

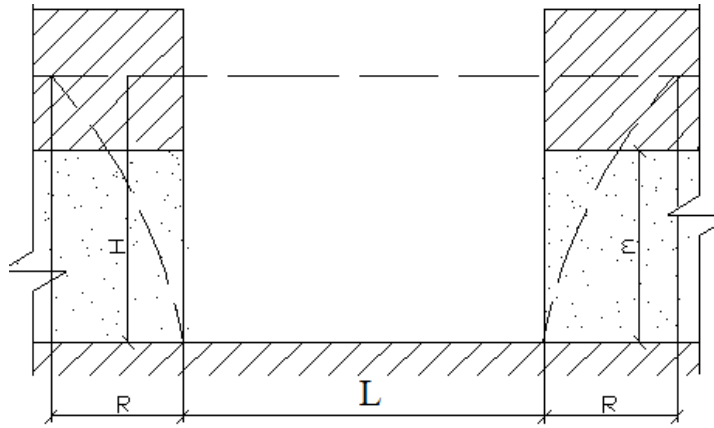


Рисунок 8.2. - Схема припливу напірних підземних вод до довершеної траншеї

Приплив підземних вод до довершеної траншеї розраховується за такими формулами:

а) для ламінарного руху безнапірних вод

$$Q = l \cdot K \cdot \frac{H^2 - h^2}{(2)R};$$

б) для ламінарного руху напірних вод

$$Q = (2) \cdot l \cdot K \cdot m \cdot \frac{H - h}{R};$$

в) для турбулентного руху безнапірних вод

$$Q = (2) \cdot l \cdot K \cdot \sqrt{\frac{H^3 - h^3}{3 \cdot R}}$$



Практична робота №9. Визначення основних понять і положень Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку»

Завдання для виконання роботи.

Ознайомитися з Законом України «Про стратегічну екологічну оцінку» і надати відповіді на наступні запитання:

1. На які сфери не поширюється дія Закону?
2. Мета проведення стратегічної екологічної оцінки (СЕО)?
3. Який орган надає зауваження і пропозиції до проекту документа державного планування та звіту про СЕО?
4. Хто забезпечує інформування та участь громадськості в обговоренні СЕО?
5. Які органи вживають заходи з усунення негативних наслідків для довкілля, у тому числі для здоров'я населення?
6. Що має містити заява про визначення обсягу СЕО?
7. Який строк громадського обговорення заяви про визначення обсягу СЕО?
8. Яку інформацію має містити звіт про СЕО?

Практична робота повинна бути оформлена письмово з вказанням для кожного запитання статті та пункту статті Закону.

Практична робота №10. Аналіз ефективності переробки відходів

Короткі теоретичні відомості¹

Матеріальний баланс являє собою співвідношення мас вихідного матеріалу і всіх продуктів, що утворюються в результаті переробки.

За величиною матеріального балансу можемо судити про питомі параметри процесу, ступінь переробки матеріалу і можливі втрати.

Матеріальний баланс можна представити у вигляді такої формули:

$$M_n = M, \text{ г}, \quad (10.1)$$

де M_n – початкова маса перероблюваного матеріалу (маса навіски), г;
 M – розрахункова сумарна маса всіх одержуваних продуктів, г.

Розрахункова сумарна маса всіх одержуваних продуктів визначається як:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i, \text{ г} \quad (10.2)$$

Відхилення ($\sum_{i=1}^n M_i$, %) розрахункової величини сумарної маси від маси, завантаженої в установку, не повинно перевищувати 10%. Відхилення в розрахунках пояснюється похибкою вимірювань і можливими втратами в технологічному процесі.

Розрахункова сумарна **маса всіх одержуваних продуктів** складається з маси твердого вуглецевого залишку, маси рідких продуктів піролізу і маси горючого газу та може бути розрахована за формулою:

$$\sum_{i=1}^n M_i = M_m + M_p + M_e, \text{ г}, \quad (10.3)$$

де M_m – кінцева маса твердої фази, г;

M_p – маса рідкої фази, г;

M_e – маса газу, що утворився, г.

Маса рідкої фази визначається зі співвідношення:

$$M_p = M_{kc} - M_{pc} + M_{kф} - M_{пф}, \text{ г}, \quad (10.4)$$

де M_{kc} – кінцева маса сепаратора (колби), г;

M_{pc} – початкова маса сепаратора (колби), г;

$M_{kф}$ – кінцева маса фільтра, г;

$M_{пф}$ – початкова маса фільтра, г (табл. 10.1).

¹ Технології переробки промислових відходів: Методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему «Переробка твердих побутових і промислових відходів методом піролізу». Дніпро: НТУ «ДП», 2021. 18 с.

Таблиця 10.1 – Характеристики продуктів піролізу

Найменування відходів	M_p , г	M_m , г	$M_{пф}$, г	$M_{кф}$, г	$M_{пс}$, г	$M_{кс}$, г	V_p , дм ³	V_k , дм ³	W_p , кВт-год	W_k , кВт-год
Опіл деревний	205	40,6	1,1	7,2	650,1	708,2	932	1066	350,1	350,9
Осад від очищення стічних вод	405	290	1,3	4	420	456,6	473	607,1	392,2	400,1
Тверді побутові відходи	200	20,8	2,1	9,2	401,1	462,0	911,1	1059	454,9	455,7

Маса газу визначається за формулою:

$$M_g = V_g * \rho_g, \text{ г}, \quad (10.5)$$

де V_g – обсяг газу, що утворився, дм³;
 ρ_g – щільність газу, що утворився, г/дм³.

Обсяг газу, що утворився, буде дорівнювати:

$$V_g = V_k - V_p, \text{ дм}^3, \quad (10.6)$$

де V_k – кінцеве показання газового лічильника (дм³);
 V_p – початкове показання газового лічильника, дм³.

Щільність газу визначається сумарною щільністю всіх його компонентів:

$$\rho_g = \rho_{H_2} * \frac{C_{H_2}}{100} + \rho_{CO} * \frac{C_{CO}}{100} + \rho_{CH_4} * \frac{C_{CH_4}}{100} + \rho_{CO_2} * \frac{C_{CO_2}}{100}, \text{ г/дм}^3, \quad (10.7)$$

де ρ_{H_2} , ρ_{CO} , ρ_{CH_4} і ρ_{CO_2} – щільність водню, оксиду вуглецю, метану і діоксиду вуглецю відповідно, г/дм³ (значення наведені у табл. 10.2);

C_{H_2} , C_{CO} , C_{CH_4} , C_{CO_2} – об'ємна концентрація водню, оксиду вуглецю, метану і діоксиду вуглецю відповідно, %, (значення наведені у табл. 10.3).

Таблиця 10.2 – Щільність компонентів піролізного газу

Гази	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
Щільність, г/дм ³	0,0893	1,25	0,7143	1,9643

Таблиця 10.3 – Об'ємна концентрація компонентів піролізного газу (% об.)

Найменування відходів	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
Опіл деревний	44	48	4	4
Осад від очистки стічних вод	61	32	3	4
Тверді побутові відходи	45	43	5	7

Далі проводиться розрахунок кількості продуктів піролізу, що утворилися (питомий вихід газової, рідкої фази, ступінь переробки відходів).

Питомий вихід газу може бути розрахований за формулою:

$$\omega_g = \frac{M_g}{M_{\Pi}} * 100, \% \quad (10.8)$$

де M_g – маса газу, що утворився, г;
 M_{Π} – початкова маса перероблюваного матеріалу (маса навіски), г.

Розрахунок **питомого виходу рідкої фази** здійснюється наступним чином:

$$\omega_p = \frac{M_p}{M_{\Pi}} * 100, \% \quad (10.9)$$

де M_p – маса рідкої фази, г.

Питомий **вихід твердої речовини** розраховується за формулою:

$$\omega_m = \frac{M_m}{M_{\Pi}} * 100, \% \quad (10.10)$$

де M_m – маса твердої фази, г.

Ступінь переробки відходів оцінюється наступним чином:

$$S = 100 - \omega_m, \% \quad (10.11)$$

Теплотворну здатність одержуваного газу можна розрахувати за формулою розрахунку калорійності генераторного, доменного і коксового газів:

$$Q = \left[25,7 * \frac{C_{H_2}}{100} + 30,2 * \frac{C_{CO}}{100} + 85,55 * \frac{C_{CH_4}}{100} \right] * 100, \text{ ккал/м}^3 \quad (10.12)$$

Ефективність роботи піролізної установки визначається відношенням енергії, витраченої на переробку відходів до енергії, одержуваної при використанні газу, що виділився:

$$E = \frac{Q * V_{\Gamma} * K_{\Pi}}{W_K - W_{\Pi}}, \quad (10.13)$$

де K_{Π} – коефіцієнт переведення ($K_{\Pi} = 0,001163$, Вт·год/ккал);
 W_{Π} – початкове значення лічильника, кВт·год;
 W_K – кінцеве значення електrolічильника, кВт·год.

Завдання до практичної роботи №10: Розрахувати ефективність утилізації різних видів відходів (осад від очистки стічних вод, опіл деревний і тверді побутові відходи) за допомогою піролізної установки. Вихідні дані для розрахунку представлені у табл. 10.4. Заповнити табл. 10.6. Оцінити енергоефективність піролізної установки та зробити висновок.

Таблиця 10.4 – Вихідні дані до практичної роботи №10

Найменування відходів	$M_{п,}$ г	$M_{т,}$ г	$M_{пф,}$ г,	$M_{кф,}$ г	$M_{пс,}$ г	$M_{кс,}$ г*	$V_{п,}$ дм ³	$V_{к,}$ дм ³	$W_{п,}$ кВт-год	$W_{к,}$ кВт-год
Опіл деревний	205	40,6	1,1	7,2	650,1		932	1066	350,1	350,9
Осад від очищення стічних вод	405	290	1,3	4	420		473	607,1	392,2	400,1
Тверді побутові відходи	200	20,8	2,1	9,2	401,1		911,1	1059	454,9	455,7

Примітка. Величина $M_{кс}$ розраховується як сума величини $M_{кс}$, з табл. 10.1 та поправки за варіантом з табл. 10.5.

Таблиця 10.5 – Величина поправки до параметру $M_{кс}$ у табл. 10.4

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поправка для $M_{кс,}$	+10	+13	+7	+12	+9	+13	+8	+12	+16

Співвідношення газів у газовій суміші при піролізі:

- осаду від очистки стічних вод: C_{H_2} – 46%, C_{CO} – 46%, C_{H_4} – 3%, C_{CO_2} – 5%
- опілу деревного: C_{H_2} – 63%, C_{CO} – 30%, C_{H_4} – 4%, C_{CO_2} – 3%
- твердих побутових відходів: C_{H_2} – 48%, C_{CO} – 40%, C_{H_4} – 6%, C_{CO_2} – 6%

Таблиця 10.6 – Результати розрахунків

Найменування відходів	Питомий вихід газу $\omega_{г,}$ %	Питомий вихід рідкої фази $\omega_{р,}$ %	Питомий вихід твердої фази $\omega_{т,}$ %	Ступінь переробки відходів $S,$ %	Енерго-ефективність, рази
Опіл деревний					
Осад від очищення стічних вод					
Тверді побутові відходи					

Приклад розв'язання завдання до практичної роботи №10.

Розрахувати ефективність утилізації різних видів відходів (осад від очистки стічних вод, опіл деревний і тверді побутові відходи) за допомогою піролізної установки. Оцінити енергоефективність піролізної установки.

Опіл деревний

Маса рідкої фази (10.4):

$$M_{р} = M_{кс} - M_{пс} + M_{кф} - M_{пф} = 708,2 - 650,1 + 7,2 - 1,1 = 64,2 \text{ г.}$$

Обсяг газу, що утворився (10.6):

$$V_{г} = V_{к} - V_{п} = 1066 - 932 = 134 \text{ дм}^3.$$

Щільність газу визначаємо за сумарною щільністю компонентів (10.7):

$$\rho_r = \rho_{\text{H}_2} * \frac{C_{\text{H}_2}}{100} + \rho_{\text{CO}} * \frac{C_{\text{CO}}}{100} + \rho_{\text{CH}_4} * \frac{C_{\text{CH}_4}}{100} + \rho_{\text{CO}_2} * \frac{C_{\text{CO}_2}}{100} =$$

$$= 0,0893 * \frac{44}{100} + 1,25 * \frac{48}{100} + 0,7143 * \frac{4}{100} + 1,9643 * \frac{4}{100} = 0,746 \text{ г/дм}^3,$$

де C_{H_2} , C_{CO} , C_{CH_4} , C_{CO_2} – відсоток газу у суміші

Маса газу (10.5):

$$M_e = V_e \cdot \rho_e = 134 * 0,746 = 100,1 \text{ г.}$$

Далі проводимо *розрахунок кількості продуктів піролізу (10.3)*, що утворилися (питомий вихід газової, рідкої фази, ступінь переробки відходів). Відхилення розрахункової величини сумарної маси від маси, завантаженої в установку, не повинно перевищувати 10%:

$$\sum_{i=1}^n M_i = M_m + M_p + M_e = 40,6 + 64,2 + 100,1 = 204,9 \text{ г (умова виконується).}$$

Питомий вихід газу (10.8):

$$\omega_r = \frac{M_r}{M_{\text{п}}} * 100 = \frac{100,1}{205} * 100 = 48,82\%.$$

Питомий вихід рідкої фази (10.9):

$$\omega_p = \frac{M_p}{M_{\text{п}}} * 100 = \frac{64,2}{205} * 100 = 31,31\%.$$

Питомий вихід твердої речовини (10.10):

$$\omega_t = \frac{M_t}{M_{\text{п}}} * 100 = \frac{40,6}{205} * 100 = 19,8\%.$$

Ступінь переробки відходів (10.11):

$$S = 100 - \omega_t = 100 - 19,8 = 80,2\%.$$

Теплотворна здатність одержуваного газу (10.12):

$$Q = [25,7 * \frac{C_{\text{H}_2}}{100} + 30,2 * \frac{C_{\text{CO}}}{100} + 85,55 * \frac{C_{\text{CH}_4}}{100}] * 1000 =$$

$$= [25,7 * \frac{44}{100} + 30,2 * \frac{48}{100} + 85,5 * \frac{4}{100}] * 1000 = 29226 \text{ м}^3.$$

Енергоефективність роботи піролізної установки при спалюванні опілу деревного (10.13):

$$E = \frac{Q * V_r * K_{\text{п}}}{W_{\text{к}} - W_{\text{п}}} = \frac{29226 * 0,134 * 0,001163}{350,9 - 350,1} = 5,69 \text{ рази.}$$

Осад від очищення стічних вод

Маса рідкої фази (10.4):

$$M_p = M_{\text{кс}} - M_{\text{пс}} + M_{\text{кф}} - M_{\text{пф}} = 456,6 - 420,7 + 4,0 - 1,3 = 39,3 \text{ г.}$$

Обсяг газу, що утворився (10.6):

$$V_{\Gamma} = V_{\kappa} - V_{\Pi} = 607,1 - 473 = 134,1 \text{ дм}^3.$$

Щільність газу визначаємо за сумарною щільністю компонентів (10.7):

$$\begin{aligned} \rho_{\Gamma} &= \rho_{\text{H}_2} * \frac{C_{\text{H}_2}}{100} + \rho_{\text{CO}} * \frac{C_{\text{CO}}}{100} + \rho_{\text{CH}_4} * \frac{C_{\text{CH}_4}}{100} + \rho_{\text{CO}_2} * \frac{C_{\text{CO}_2}}{100} = \\ &= 0,0893 * \frac{61}{100} + 1,25 * \frac{32}{100} + 0,7143 * \frac{3}{100} + 1,9643 * \frac{4}{100} = 0,55 \text{ г/дм}^3. \end{aligned}$$

Маса газу (10.5):

$$M_{\Gamma} = V_{\Gamma} * \rho_{\Gamma} = 134,1 * 0,55 = 73,75 \text{ г.}$$

Відхилення розрахункової величини сумарної маси від маси, завантаженої в установку, не повинно перевищувати 10%:

$\sum_{i=1}^n M_i = M_{\text{T}} + M_{\text{P}} + M_{\Gamma} = 290,0 + 39,3 + 73,75 = 403,05 \text{ г}$ (умова виконується).

Питомий вихід газу (10.8):

$$\omega_{\Gamma} = \frac{M_{\Gamma}}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{73,75}{405} * 100 = 18,21\%.$$

Питомий вихід рідкої фази (10.9):

$$\omega_{\text{P}} = \frac{M_{\text{P}}}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{39,3}{405} * 100 = 9,7\%.$$

Питомий вихід твердої речовини (10.10):

$$\omega_{\text{T}} = \frac{M_{\text{T}}}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{290,0}{405} * 100 = 71,6\%.$$

Ступінь переробки відходів (10.11):

$$S = 100 - \omega_{\text{T}} = 100 - 71,6 = 28,4\%.$$

Теплотворна здатність одержуваного газу (10.12):

$$\begin{aligned} Q &= [25,7 * \frac{C_{\text{H}_2}}{100} + 30,2 * \frac{C_{\text{CO}}}{100} + 85,55 * \frac{C_{\text{CH}_4}}{100}] * 1000 = \\ &= [25,7 * \frac{61}{100} + 30,2 * \frac{32}{100} + 85,5 * \frac{3}{100}] * 1000 = 27907,5 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Енергоефективність роботи піролізної установки при спалюванні осаду від очищення стічних вод (10.13):

$$E = \frac{Q * V_{\Gamma} * K_{\Pi}}{W_{\kappa} - W_{\Pi}} = \frac{27907,5 * 0,1341 * 0,001163}{400,1 - 399,2} = 4,83 \text{ рази.}$$

Тверді побутові відходи

Маса рідкої фази (10.4):

$$M_{\text{P}} = M_{\text{Kc}} - M_{\text{Пc}} + M_{\text{Kф}} - M_{\text{Пф}} = 462,0 - 401,1 + 9,2 - 2,1 = 68,0 \text{ г.}$$

Обсяг газу, що утворився (10.6):

$$V_g = V_k - V_n = 1059 - 911,1 = 147,9 \text{ дм}^3.$$

Щільність газу визначаємо за сумарною щільністю компонентів (10.7):

$$\begin{aligned} \rho_g &= \rho_{H_2} * \frac{C_{H_2}}{100} + \rho_{CO} * \frac{C_{CO}}{100} + \rho_{CH_4} * \frac{C_{CH_4}}{100} + \rho_{CO_2} * \frac{C_{CO_2}}{100} = \\ &= 0,0893 * \frac{45}{100} + 1,25 * \frac{43}{100} + 0,7143 * \frac{5}{100} + 1,9643 * \frac{7}{100} = 0,75 \text{ г/дм}^3. \end{aligned}$$

Маса газу (10.5):

$$M_g = V_g * \rho_g = 147,9 * 0,75 = 110,93 \text{ г.}$$

Відхилення розрахункової величини сумарної маси відходів від маси, завантаженої в установку, не повинно перевищувати 10%:

$\sum_{i=1}^n M_i = M_m + M_p + M_g = 20,8 + 68,0 + 110,93 = 199,73 \text{ г}$ (умова виконується).

Питомий вихід газу (10.8):

$$\omega_g = \frac{M_g}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{110,93}{200} * 100 = 55,46\%.$$

Питомий вихід рідкої фази (10.9):

$$\omega_p = \frac{M_p}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{68,0}{200} * 100 = 34,00\%.$$

Питомий вихід твердої речовини (10.10):

$$\omega_m = \frac{M_m}{M_{\Pi}} * 100 = \frac{20,8}{200} * 100 = 10,4\%.$$

Ступінь переробки відходів (10.11):

$$S = 100 - \omega_T = 100 - 10,4 = 89,6\%.$$

Теплотворна здатність одержуваного газу (10.12):

$$\begin{aligned} Q &= [25,7 * \frac{C_{H_2}}{100} + 30,2 * \frac{C_{CO}}{100} + 85,55 * \frac{C_{CH_4}}{100}] * 1000 = \\ &= [25,7 * \frac{45}{100} + 30,2 * \frac{43}{100} + 85,5 * \frac{5}{100}] * 1000 = 28828,5 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Енергоефективність роботи піролізної установки при спалюванні твердих побутових відходів (10.13):

$$E = \frac{Q * V_{\Gamma} * K_{\Pi}}{W_k - W_{\Pi}} = \frac{28828,5 * 0,1479 * 0,001163}{455,7 - 454,9} = 6,198 \text{ рази.}$$

Заносимо результати розрахунків до підсумкової табл. 10.7.

Таблиця 10.7 – Результати розрахунків

Найменування відходів	Питомий вихід газу ω_g , %	Питомий вихід рідкої фази ω_p , %	Питомий вихід твердої фази ω_m , %	Ступінь переробки відходів S, %	Енерго-ефективність, рази
Опіл деревний	48,82	31,31	19,8	80,2	5,68
Осад від очищення стічних вод	18,21	9,7	71,6	28,4	4,83
Тверді побутові відходи	55,46	34,0	10,4	89,6	6,198

Висновок: Піролізна установка найбільш ефективно утилізує тверді побутові відходи, оскільки при їх розкладанні твердий залишок складає лише 10,4 % від початкової кількості завантаженого матеріалу, у порівнянні з опилом деревним й осадом стічних вод (19,8% та 71,6% відповідно).

Ступінь переробки ТПВ методом піролізу становить 89,6%. При цьому енергоефективність даної установки при розкладанні різних видів відходів суттєво не відрізняється – відношення отриманої з відходів енергії до енергії, яка була витрачена установкою, змінюється у діапазоні від 4,83 до 6,198 разів.