

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО
НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ**

**Навчальний посібник
з практичних (семінарських) занять**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою
програмою «Екологічна безпека»
спеціальності 101 «Екологія»*

**Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022**

Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Навчальний посібник з практичних (семінарських) занять [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 101 «Екологія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. О. Шаблій, Л. В. Сіренко, М. Д. Гомеля. – Електронні текстові дані (1 файл: 179 кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 51 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 3 від 27.01.2022 р.)
за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету
(протокол № 11 від 28.12.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Навчальний посібник з практичних (семінарських) занять

Укладачі: *Шаблій Тетяна Олександрівна, д-р техн. наук, проф.
Сіренко Людмила Вікторівна, канд. техн. наук, доц.
Гомеля Микола Дмитрович, д-р техн. наук, проф.*

Відповідальний редактор *Радовенчик Вячеслав Михайлович, д-р техн. наук, проф.*

Рецензент *Сокольський Олександр Леонідович, д-р техн. наук, доц.,
в.о. завідувача кафедри ХПСМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського*

У навчальному виданні «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Навчальний посібник з практичних (семінарських) занять» розглядаються методики розрахунків гранично допустимих викидів та гранично допустимих скидів, необхідних для кваліфікованого управління природоохоронною діяльністю на рівні промислових підприємств, установ, організацій.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

Передмова	5
Практичне заняття №1	6
1.1 Визначення концентрації забруднюючих речовин, що містяться у викидах в атмосферу	6
1.2 Визначення витрати газових викидів, що утворюються при спалюванні палива	9
1.3 Визначення потужності викидів основних забруднювачів при спалюванні палива	13
Практичне заняття №2	17
2.1. Визначення максимальної концентрації забруднень у приземному шарі при гарячих викидах з одиночного джерела	17
2.2. Визначення максимальної концентрації забруднень у приземному шарі при холодних викидах з одиночного джерела	21
Практичне заняття №3	23
3.1. Визначення відстані, на якій досягається максимальна концентрація забруднень у приземному шарі	23
3.2. Визначення концентрації забруднень на різних відстанях від джерела викиду	24
3.3. Визначення границь санітарно-захисної зони	27
Практичне заняття №4	29
4.1. Визначення небезпечної швидкості вітру; максимальної концентрації забруднень у приземному шарі та відстані, на якій вона досягається, при швидкості вітру, що відрізняється від небезпечної	29
4.2. Визначення мінімальної висоти джерела викиду	32
Практичне заняття №5	35
5.1 Визначення граничнодопустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин	35
Практичне заняття №6	38

6.1 Розрахунок коефіцієнту змішування зворотних вод з водою водного об'єкту та кратності розведення зворотних вод	38
6.2 Обґрунтування і розрахунок максимально допустимої концентрації домішок в очищених зворотних водах та ступеню очищення	41
Практичне заняття №7	45
7.1 Розрахунок необхідного ступеню очищення зворотних вод по повному біологічному споживанню кисню	45
7.2 Оцінка ефективності роботи очисних споруд	46
Практичне заняття №8	48
8.1 Визначення нормативів ГДС речовин, що надходять у природний об'єкт із зворотними водами	48
8.2 Прогноз зміни якості води у контрольному створі	50
Список рекомендованої літератури	51

Передмова

Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище – це вид науково-практичної діяльності, спрямованої на вивчення загальних закономірностей взаємодії людства з навколишнім середовищем, трансформації довкілля під впливом антропогенної діяльності, наслідків впливу змін довкілля на організм людини. Крім того, дана науково-практична діяльність спрямована на розробку достовірних оцінок стану довкілля, на розробку організаційних заходів та технічних засобів захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу виробничої діяльності людей.

Нормативна професійно орієнтована дисципліна «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» – це інтегрована дисципліна організаційно-технічного спрямування, яка узагальнює дані відповідної науково-практичної діяльності, формує поняттєво-категорійний, теоретичний та методологічний апарат, необхідний для вивчення у подальшому ряду дисциплін з охорони навколишнього середовища.

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь, навиків, необхідних для кваліфікованого управління природоохоронною діяльністю на рівні промислових підприємств, установ, організацій, на рівні підрозділів Мінекобезпеки України. Крім того, дана дисципліна формує у студентів знання про підходи до нормування антропогенного навантаження на довкілля, по забезпеченню екологічної безпеки виробництв. Студенти при вивченні даної дисципліни набувають навичок розробки проєктів ГДС та ГДВ, підготовці природоохоронної документації.

Під час виконання практичних робіт студенти навчаються користуватися нормативною та методичною документацією, юридичними документами, технічною документацією при оцінці шкідливого впливу підприємств на довкілля, розраховувати рівні ГДВ та ГДС для різних джерел викидів та скидів.

Практичне заняття №1

1.1. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО МІСТЯТЬСЯ У ВИКИДАХ В АТМОСФЕРУ

Мета практичного заняття: навчитися визначати кількість забруднень у викидах в атмосферу на основі аналізу газового складу викидів.

Стислі теоретичні відомості

Відомо, що в більшості випадків газові суміші, які викидаються в атмосферу, мають температуру, яка відрізняється від кімнатної (20 °C), або від нормальних умов, при яких приведені всі дані у довідниках по концентраціях тих чи інших речовин. Тому при визначенні концентрацій забруднень у газових сумішах необхідно враховувати зміну об'єму із зміною температури.

Відомо, що для ізобарних процесів, згідно закону Гей-Люссака, відношення об'ємів газів при різних температурах і сталому тиску буде дорівнювати відношенню цих значень температур:

$$W/W_1 = T/T_1 \quad \text{або} \quad W = \frac{W_1 \cdot T}{T_1} \quad (1.1)$$

де W – об'єм газу при температурі T , м³,

W_1 – об'єм газу при температурі T_1 , м³.

Крім того, при визначенні кількості забруднень, які викидаються із газовим потоком (потужності викидів), слід враховувати витрату газової суміші V , м³/с. Потужність викиду можна розрахувати за формулою:

$$M = V \cdot q \quad (1.2)$$

де V – витрата газової суміші, $\text{м}^3/\text{с}$,

q – концентрація шкідливої речовини у суміші, $\text{г}/\text{м}^3$.

Рекомендації щодо виконання завдання

Студенти отримують індивідуальні завдання (табл.1.1.), також можна використовувати дані, отримані при безпосередньому визначенні концентрації забруднень у реальних викидах або модельних сумішах.

На першому етапі необхідно визначити витрату газоповітряної суміші при температурі викиду (T_B), вказаній у табл. 1.1. Витрату визначають за формулою:

$$V_{T_0} = w_0 \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.3)$$

де w_0 – швидкість руху газової суміші, $\text{м}/\text{с}$,

D – діаметр устя джерела викиду, м .

Після цього визначають витрату газів при 20°C , з урахуванням температурної зміни об'єму газу:

$$M_{20} = \frac{273}{273 + (T_B - 20)} V_{T_0}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.4)$$

Знаючи витрату газової суміші при 20°C та концентрації домішок при 20°C , визначають потужність викиду по кожному компоненту за формулою:

$$M = V_{20} \cdot q_{20}, \text{ г}/\text{с} \quad (1.5)$$

Таблиця 1.1. Вихідні дані для визначення потужності викидів.

№ п/п	Температура викиду, °С	Швидкість руху газів w_0 , м/с	Діаметр устя, м	Концентрація забруднення при 20 °С, г/м ³		
				CO ₂	SO ₂	пил
1	250	20	0.50	0.30	1.20	0.045
2	200	20	0.30	0.40	1.25	0.034
3	175	15	0.40	0.50	1.34	0.021
4	220	12	0.30	0.20	1.18	0.011
5	310	18	0.75	0.15	0.95	0.012
6	280	22	0.80	0.25	1.79	0.017
7	290	23	0.70	0.27	1.78	0.018
8	330	19	0.70	0.26	1.63	0.019
9	315	14	0.50	0.29	1.54	0.068
10	195	12	0.55	0.11	1.29	0.075
11	280	16	0.60	0.12	1.99	0.089
12	265	17	0.70	0.15	2.01	0.093
13	270	21	0.80	0.18	4.31	0.039
14	255	23	0.90	0.27	3.60	0.041
15	195	16	0.40	0.33	2.74	0.054
16	180	22	0.70	0.31	2.18	0.032
17	170	11	0.30	0.34	2.10	0.031
18	165	10	0.25	0.35	2.13	0.067
19	315	9	0.25	0.27	2.14	0.064
20	293	27	1.00	0.24	2.41	0.085
21	261	13	0.60	0.18	2.52	0.074
22	275	11	0.50	0.14	3.01	0.063
23	190	14	0.40	0.12	4.06	0.058
24	187	18	0.45	0.31	5.11	0.061
25	210	19	0.70	0.29	3.21	0.048

Виходячи з потужності викиду та витрати газів при температурі викиду, визначають реальну концентрацію забруднень при температурі викиду за формулою:

$$q_{T_6} = \frac{M}{V_{T_6}}, \text{ г/м}^3 \quad (1.6)$$

Отримані результати зводять у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. Потужність викидів та концентрації забруднень при температурі викиду __ °С, швидкості руху газів __ м/с, діаметру устя __ м.

Компонент газової суміші	Концентрація, г/м ³		Витрата, м ³ /с		Потужність викиду М, г/м ³
	при 20 °С (q ₂₀)	При ____ °С (q _{Тв})	при 20 °С (V ₂₀)	При ____ °С (V _{Тв})	
СО					
SO ₂					
пил					

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА

Мета практичного заняття: навчитися визначати об'єми газових викидів та витрати газових відходів при спалюванні палива.

Стислі теоретичні відомості

Об'єми газових викидів при розробці проєктів граничнодопустимих викидів приймаються на основі реальних замірів, за результатами розрахунку об'єму продуктів згоряння палива (з урахуванням втягування повітря) та орієнтовній

оцінці об'ємів газоповітряних сумішей, що поступають в атмосферу від неорганізованих джерел забруднюючих речовин.

Витрата газових викидів ($\text{м}^3/\text{с}$) від продуктів згоряння палива розраховують за формулою:

$$V = \frac{G \cdot V_1 \cdot K}{3600}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.7)$$

де V – витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$,

G – витрата палива, $\text{кг}/\text{год}$,

V_1 – витрата продуктів згоряння на одиницю маси або об'єму, що згоряє, $\text{м}^3/\text{с}$,

K – коефіцієнт втягування повітря по тракту.

Втягування повітря по тракту для цегляних боровів приймають в об'ємі 5 % на 10 м тракту. Для печей з котлами утилізаторами при довжині трактів (боровів) більше 15–20 м використовують металеві борова, що не втягують повітря. Коли печі мають невелику витрату палива (до 10 МДж/г), у ряді випадків котли-утилізатори не встановлюють. При цьому охолодження димових газів відбувається за рахунок штучного втягування повітря (при цегляних трубах до 700 °С, при металевих димових трубах до 40–500 °С).

При визначенні витрат продуктів згоряння за формулами, наведеними у табл.1.3, враховують величину всмоктування повітря на горіння α . Всмоктування повітря (коефіцієнт α) на горіння у нагріваючих пристроях, для яких необхідне нагрівання великих поверхонь, наприклад у котлових батареях та нагрівачах повітря доменних печей, за відсутності фактичних даних або технологічних даних приймається рівним 1.2. У нагріваючих печах величина коефіцієнту, що враховує всмоктування повітря, приймається на рівні 1.05÷1.1. У тих випадках, коли відбувається сушка матеріалів, наприклад у сушарках, величина коефіцієнту всмоктування повітря може досягати 1.6.

Таблиця 1.3. Розрахункові характеристики палива.

Вид палива, район та родовище	Марка та сорт	Теплота згоряння МДж/кг	Склад, %		Об'єм продуктів згоряння, м ³ /с
			A ^p , зола	Сірка летка	
Вугілля: Донецький басейн	Д	20.3	19.6	4.6	5.86+5.44(α -1)
	Г	24.7	15.8	3.3	5.48+5.07(α -1)
Мазут:					
Малосірчистий	----	39.0	0.3	0.5	6.36+6.00(α -1)
Високосірчистий	----	38.4	0.3	2.9	11.08-10.4(α -1)
Природний газ*					
Дашавський	----	35.7	----	----	10.64+9.36(α -1)
Ставропольський	----	35.5	----	----	10.49+9.49(α -1)
Шебелинський	----	35.5	----	----	10.46+9.52(α -1)
Доменний газ*	----	4.0	----	----	1.64+0.79(α -1)
Коксовий газ*	----	16.6	----	----	4.67+3.99(α -1)

- - у мегаджоулях на 1 м³.

Рекомендації щодо виконання завдання

Вихідні дані до виконання практичного завдання наведено у таблиці 1.4.

У кожному варіанті спочатку визначається витрата газів від спалювання палива V_1 з допомогою формули, взятої із табл. 1.3. Після цього по формулі (1.7) визначається витрата димових газів.

Таблиця 1.4. Вихідні дані для виконання завдання.

№ п/п	Вид палива (марка)	Коефіцієнт втягування повітря по тракту К	Коефіцієнт втягування повітря для горіння α	Витрата палива, кг/год (т/год)
1	Вугілля (Д)	10.5	1.20	1.0
2	Вугілля (Д)	1.05	1.10	2.3
3	Вугілля (Г)	1.00	1.05	2.4
4	Вугілля (Г)	1.05	1.20	1.8
5	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.05	3.4
6	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.10	4.2
7	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.20	5.6
8	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.10	4.1
9	Газ (дашавський)	1.05	1.05	15.0*
10	Газ (дашавський)	1.00	1.10	17.0*
11	Газ (шебелинський)	1.05	1.05	16.0*
12	Газ (шебелинський)	1.00	1.10	20.0*
13	Газ (ставропольський)	1.05	1.05	21.0*
14	Газ (ставропольський)	1.00	1.11	10.0*
15	Доменний газ	1.00	1.40	18.0*
16	Коксовий газ	1.00	1.05	12.0*
17	Вугілля (Д)	1.05	1.10	1.9
18	Вугілля (Г)	1.00	1.15	3.7
19	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.20	4.1
20	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.20	3.1
21	Газ (шебелинський)	1.00	1.15	22.0*
22	Газ (дашавський)	1.00	1.10	23.0*
23	Газ (ставропольський)	1.00	1.20	19.5*
24	Доменний газ	1.00	1.40	15.6*
25	Коксовий газ	1.00	1.05	14.4*

● - м³/Г

1.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ВИКИДІВ ОСНОВНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА

Мета практичного заняття: навчитися визначати потужність викидів при спалюванні палива в залежності від виду палива та типу обладнання.

Стислі теоретичні відомості

При спалюванні палива в атмосферу викидаються в основному зола (пил), незгоріле паливо, оксиди вуглецю, сірчистий ангідрид, оксиди азоту, бенз-(а)-пірен.

Розрахунок викидів золи та незгорілого палива здійснюється за формулою:

$$M = \frac{B \cdot A^P}{100 - \Gamma_{ун}} \cdot \alpha_{ун} \cdot (1 - \eta_3) \quad (1.8)$$

де B – витрата палива, т/г,

A^P – зольність палива, %,

$\alpha_{ун}$ – частка золи палива у викиді (для пиловугільних печей з сухим шлаковидаленням $\alpha_{ун}=0.9$, для шахтно-млинових печей $\alpha_{ун}=0.85$, при спалюванні сланців $\alpha_{ун}=0.71$),

η_3 – частка твердих частинок, що затримуються у зололовушках, %,

$\Gamma_{ун}$ – вміст горючих речовин у викиді, %,

q_4 – втрати тепла від неповного згоряння палива, %, $q_4=0.5-0.7$.

Значення A^P , $\Gamma_{ун}$, $\alpha_{ун}$, η_3 , q_4 приймають за фактичними показниками за період, що розглядається. Величину A^P необхідно брати з таблиці 1.3.

У загальному вигляді, кількість сірчистого ангідриду, що утворюється при спалюванні палива, визначають за формулою, кг/год:

$$m_{SO_2} = 0.01 \cdot B \cdot S \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot \frac{M_{SO_2}}{M_S} \quad (1.9)$$

де B – витрата палива, кг/год,

S – вміст сірки у паливі на робочу масу, %,

η_{SO_2} – частка оксидів сірки, яка зв'язана леткою золою,

M_{SO_2} – молекулярна маса SO_2 ,

M_S – атомна маса сірки.

Орієнтовно η_{SO_2} при спалюванні різних видів палива складає:

Сланці – 0.5

Вугілля – 0.1

Торф – 0.15

Мазут – 0.02

Газ – 0.00

Оксид вуглецю виділяється в атмосферу при неповному згорянні палива практично у більшості металургійних підприємств. Про вміст оксиду вуглецю, оксидів сірки, оксидів азоту, бенз-(а)-пірену можна судити за даними, наведеними у таблиці 1.5.

Рекомендації щодо виконання завдання

Студенти отримують індивідуальні завдання (табл. 1.6) і, користуючись формулою 1.8, таблицями 1.3, 1.5, визначають концентрації основних забруднень у газових викидах. Отримані результати зводять у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5. Залежність вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання палива від виду палива та типу агрегату його спалювання, мг/м³.

Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря	Коксовий газ			Доменний газ			Природний газ	Мазут				
		SO ₂	NO _x	Бенз(а)пірен	SO ₂	NO _x	CO	NO _x	SO ₂	NO _x	Бенз(а)пірен	пил	сажа
Нагріваючі печі	1.05	390	140	1·10 ⁻⁷	1190	50	0	180	1664	180	3·10 ⁻⁵	40	0
	1.10	370	260	1·10 ⁻⁷	1160	90	0	210	1592	230	3·10 ⁻⁵	40	0
	1.15	360	330	1·10 ⁻⁷	1140	100	0	260	1527	330	3·10 ⁻⁵	40	0
	1.20	340	390	1·10 ⁻⁷	1110	120	0	290	1466	390	3·10 ⁻⁵	40	0
	1.60	240	140	1·10 ⁻⁷	880	50	0	200	944	200	3·10 ⁻⁵	20	0
Коксові батареї	12	340	390	2.2·10 ⁻⁷	1110	120	14860	290	--	--	--	--	--
Котли промислові	1.05	390	210	1·10 ⁻⁷	1190	80	0	230	1737	250	3·10 ⁻⁵	90	0
	1.10	370	330	1·10 ⁻⁷	1160	140	0	270	1663	330	3·10 ⁻⁵	80	0
	1.15	370	420	1·10 ⁻⁷	1140	170	0	330	1594	420	3·10 ⁻⁵	80	0
	1.20	340	520	1·10 ⁻⁷	1110	200	0	380	1532	520	3·10 ⁻⁵	80	0
Котли побутові	1.10	--	--	--	--	--	--	140	1663	200	190·10 ⁻⁵	80	400
	1.20	--	--	--	--	--	--	170	1594	250	190·10 ⁻⁵	80	400

Таблиця 1.6. Вихідні дані для визначення концентрації забруднень у продуктах згоряння та потужності викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива.

№ п/п	Вид палива	Витрата палива т/год (м ³ /год)	Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря на горіння
1	Мазут	50	Нагрівальні котли	1.05
2	Мазут	70	Нагрівальні котли	1.10
3	Мазут	100	Нагрівальні котли	1.15
4	Мазут	230	Нагрівальні котли	1.20
5	Мазут	400	Нагрівальні котли	1.60
6	Мазут	420	Котли пром.	1.05
7	Мазут	540	Котли пром.	1.10
8	Мазут	430	Котли пром.	1.15
9	Мазут	450	Котли пром.	1.20
10	Мазут	0.05	Побутові котли	1.10
11	Мазут	0.50	Побутові котли	1.15
12	Вугілля (Д)	0.03	Побутові котли	1.10
13	Вугілля (Г)	0.04	Побутові котли	1.15
14	Вугілля (Д)	420	Котли пром.	1.05
15	Вугілля (Д)	430	Котли пром.	1.10
16	Вугілля (Д)	470	Котли пром.	1.15
17	Вугілля (Д)	490	Котли пром.	1.20
18	Газ	70*	Котли пром.	1.05
19	Газ	90*	Котли пром.	1.10
20	Газ	150*	Котли пром.	1.15
21	Газ	320*	Котли пром.	1.00
22	Коксовий газ	430*	Котли пром.	1.10
23	Коксовий газ	840*	Котли пром.	1.20
24	Доменний газ	940*	Котли пром.	1.10
25	Доменний газ	870*	Котли пром.	1.20

• - м³/ГОД.

Практичне заняття №2

2.1. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ ГАРЯЧИХ ВИКИДАХ З ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

Мета практичного заняття: навчитися визначати максимальну концентрацію забруднень у приземному шарі з урахуванням характеристик джерела викиду, потужності викиду при несприятливих метеорологічних умовах.

Стислі теоретичні відомості

Максимальне значення приземної концентрації забруднень C_m (мг/м³) при гарячому викиді газоповітряної суміші ($\Delta T > 0$) із одиночного джерела з круглим устям при несприятливих метеорологічних умовах досягається на певній відстані X_m (м) від джерела та визначається за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (2.1)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери,

M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу (потужність викиду), г/с,

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує осідання шкідливих речовин у повітрі,

m і n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші із джерела викиду,

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м,

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості, для рівної місцевості з перепадом висот менше або рівним 50 м на 1 км $\eta=1$,

ΔT – різниця між температурою газової суміші, що викидається, T_c та температурою навколишнього повітря T_n , °C,

V_1 – витрата газоповітряної суміші, що визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0 \quad (2.2)$$

D – діаметр устя джерела викиду, м,

w_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із устя джерела викиду, м/с.

Значення коефіцієнту A , що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація забруднення у повітрі максимальна, приймається рівним 200 для районів, південніших 50° пн.ш., 180 для районів між 50° пн.ш. та 52° пн.ш., 160 для районів, що знаходяться північніше 52° пн.ш.

При визначенні ΔT (°C) необхідно приймати температуру довкілля T_n (°C), яка відповідає середній максимальній температурі навколишнього повітря найжаркішого місяцю року, а температуру суміші, що викидається, T_c слід приймати за нормативними даними виробництва.

Значення безрозмірного коефіцієнту F відповідає $F=1$ для газових викидів та дрібнодисперсних аерозолів, швидкість осідання яких дорівнює нулю. Для інших аерозолів $F=2$ при ефективності очистки викидів 90 %, $F=2.5$ при ефективності очистки 75–90 %, $F=3$ при відсутності очистки.

Значення коефіцієнту m та n визначається в залежності від параметрів f , V_m , V_m' та f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (2.3)$$

$$V_m = 0.65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (2.4)$$

$$V_m' = 1.3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H} \quad (2.5)$$

$$f_e = 800 \cdot (V_m')^3 \quad (2.6)$$

Коефіцієнт m визначається в залежності від f за формулою:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 \quad (2.7)$$

$$m = \frac{1.47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100 \quad (2.8)$$

Для $f_e < f < 100$ значення коефіцієнту m розраховується за f_e ($f = f_e$).

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається в залежності від V_m за формулами:

$$n = 1 \quad \text{при } V_m \geq 2 \quad (2.9)$$

$$n = 0.532 \cdot V_m^2 - 2.13 \cdot V_m + 3.13 \quad \text{при } 0.5 \leq V_m < 2 \quad (2.10)$$

$$n = 4.4 \cdot V_m \quad \text{при } V_m < 0.5 \quad (2.11)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні роботи студенти отримують індивідуальні завдання (табл. 2.1) і, користуючись формулами 2.1–2.11 та рекомендаціями, наведеними вище, визначають концентрацію забруднення у приземному шарі.

Таблиця 2.1. Вихідні дані для визначення концентрації забруднень у приземному шарі при гарячих викидах з одиночного джерела.

№ п/п	D, м	A	F	w ₀ , м/с	H, м	M, г/с	ΔT, °C
1	0.5	160	1	13	20	1	10
2	0.6	160	1	15	20	1	20
3	0.7	160	1	20	20	1	100
4	0.8	160	1	20	20	1	100
5	1.0	180	1	15	20	2	80
6	1.2	180	2	40	20	2	130
7	1.4	180	2	40	20	2	160
8	1.8	180	2	40	20	2	160
9	2.0	160	2	40	20	3	230
10	2.5	160	1	20	20	3	130
11	3.0	160	1	20	20	3	160
12	3.5	200	1	40	20	3	230
13	4.0	200	1	40	20	4	300
14	4.2	200	1	40	20	4	130
15	4.8	200	1	40	20	4	160
16	5.0	200	1	40	20	4	230
17	0.5	200	2	15	50	2	40
18	0.6	160	2	15	50	2	60
19	0.7	160	2	15	50	2	80
20	0.8	160	1	20	50	2	130
21	0.9	160	1	20	50	4	160
22	1.0	160	1	20	50	4	130
23	1.2	160	1	20	50	4	160
24	1.4	200	1	20	50	4	230
25	2.0	200	1	20	50	4	300

2.2. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ ХОЛОДНИХ ВИКИДАХ З ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

Мета практичного заняття: навчитись визначати максимальну концентрацію забруднень при холодних викидах з урахуванням висоти джерела викиду, потужності викиду при несприятливих метеорологічних умовах.

Стислі теоретичні відомості

У тих випадках, коли викиди холодні, тобто $\Delta T \leq 0$ (для розрахунку приймається $\Delta T \approx 0$) або при $f \geq 100$ та $V_m' \geq 0.5$ для визначення максимальної приземної концентрації при несприятливих метеорологічних умовах використовують формулу:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{H^{4/3}} \quad (2.12)$$

$$\text{де } K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7.1 \cdot \sqrt{w_0 \cdot V_1}} \quad (2.13)$$

Коефіцієнт n розраховується за формулами:

$$n=1 \quad \text{при } V_m' \geq 2 \quad (2.14)$$

$$n=0.532 \cdot (V_m')^2 + 2.13 \cdot V_m' + 3.13 \quad \text{при } 0.5 \leq V_m' < 2 \quad (2.15)$$

$$n=4.4 \cdot V_m' \quad \text{при } V_m' < 0.5 \quad (2.16)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні завдання користуються формулами 2.5, 2.12–2.16. Вихідні дані для розрахунків наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Вихідні дані для визначення приземної концентрації забруднення при холодних викидах ($\Delta T \approx 0$)

№ п/п	D, м	A	F	w ₀ , м/с	H, м	M, г/с
1	0.5	160	1	5	20	1
2	0.6	180	1	5	20	1
3	0.7	200	2	5	20	1
4	0.8	160	1	10	20	1
5	0.9	160	1	10	20	2
6	1.0	180	1	10	20	2
7	1.2	200	1	10	50	3
8	1.4	200	1	10	50	3
9	1.6	180	2	8	50	4
10	1.8	180	1	8	50	4
11	2.0	160	1	8	50	5
12	2.5	160	1	7	75	6
13	3.0	200	2.5	7	75	7
14	3.5	200	1	7	75	7
15	4.0	160	1	7	75	8
16	4.2	160	1	10	100	9
17	4.8	160	1	10	100	10
18	5.0	160	1	10	100	11
19	6.0	160	1	10	100	12
20	6.5	180	1	12	100	12
21	7.0	180	1	12	150	14
22	8.0	160	1	12	150	14
23	8.4	160	1	12	150	15
24	9.0	160	1	12	150	16
25	10.0	160	1	12	150	16

Практичне заняття №3

3.1. ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ДОСЯГАЄТЬСЯ МАКСИМАЛЬНА КОНЦЕНТРАЦІЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ

Мета практичного заняття: навчитися визначати відстань, на якій досягається максимальна концентрація забруднень у приземному шарі при несприятливих метеорологічних умовах, при холодних та гарячих викидах.

Стислі теоретичні відомості

Відстань X_m (м) від джерела викиду, на якій приземна концентрація забруднення C (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення C_m визначається за формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H \quad (3.1)$$

де безрозмірний коефіцієнт d при $f < 100$ знаходиться за формулами:

$$d = 2.48 \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } V_m \leq 0.5 \quad (3.2)$$

$$d = 4.95 \cdot V_m \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0.5 < V_m \leq 2 \quad (3.3)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m > 2 \quad (3.4)$$

При $f > 100$ або $\Delta T \approx 0$ значення d знаходять по формулах:

$$d = 5.7 \quad \text{при } V_m' \leq 0.5 \quad (3.5)$$

$$d = 11.4 \cdot V_m' \quad \text{при } 0.5 < V_m' \leq 2 \quad (3.6)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V_m'} \quad \text{при } V_m' > 2 \quad (3.7)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

Використовуючи вихідні дані, наведені у таблицях 2.1, 2.2, та формули 3.1–3.7, визначають у кожному варіанті відстані, на яких концентрація забруднень досягає максимального значення.

3.2. ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ НА РІЗНИХ ВІДСТАНЯХ ВІД ДЖЕРЕЛА ВИКИДУ

Мета практичного заняття: навчитись визначати концентрації забруднень на різних відстанях від одиничного джерела викиду по осі факелу викиду та по перпендикуляру до осі факелу викиду.

Стислі теоретичні відомості

При несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин по осі факелу викиду на різних відстанях $X(m)$ від джерела викиду визначається за формулою:

$$C = S_1 \cdot C_m \quad (3.8)$$

де S_1 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від співвідношення X/X_m та коефіцієнту F за формулами:

$$S_1 = 3 \cdot (X / X_m)^4 - 8 \cdot (X / X_m)^3 + 6(X / X_m)^2 \quad \text{при } X/X_m \leq 1 \quad (3.9)$$

$$S_1 = \frac{1.13}{0.13 \cdot (X / X_m)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < X/X_m \leq 8 \quad (3.10)$$

$$S_1 = \frac{X/X_m}{3.58 \cdot (X/X_m)^2 - 35.2 \cdot (X/X_m) + 120} \quad \text{при } 1.5 \geq F \text{ та } X/X_m > 8 \quad (3.11)$$

$$S_1 = \frac{1}{0.1 \cdot (X / X_m)^2 + 2.47(X / X_m) - 17.8} \quad \text{при } 1.5 < F \text{ та } X/X_m > 8 \quad (3.12)$$

Для низьких та наземних джерел (висотою до 10 м) при значеннях $X/X_m < 1$ величина S_1 у формулі (3.8) замінюється на величину S_1^H , що визначається в залежності від X/X_m та H за формулою:

$$S_1^H = 0.125 \cdot (10 - H) + 0.125 \cdot (H - 2) \cdot S_1 \quad \text{при } 10 > H \geq 2 \quad (3.13)$$

Значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосфері на певній відстані по перпендикуляру від осі факелу викиду C_y (мг/м³) визначають за формулою:

$$C_y = S_2 \cdot C \quad (3.14)$$

де S_2 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від швидкості вітру U (м/с) та відношення y/x по значенню аргументу t_y :

$$t_y = \frac{U \cdot y^2}{X^2} \quad \text{при } 5 \geq U \quad (3.15)$$

$$t_y = \frac{5 \cdot y^2}{X^2} \quad \text{при } 5 < U \quad (3.16)$$

за формулою:

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5 \cdot t_y + 12.8 \cdot t_y^2 + 17 \cdot t_y^3 + 45.1 \cdot t_y^4)^2} \quad (3.17)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

Використовуючи вихідні дані у таблицях 2.1, 2.2, визначають значення C_m та X_m для кожного варіанту. Далі визначають значення концентрації забруднення на різних відстанях від джерела викиду та заповнюють таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Залежність концентрації забруднення від відстані джерела викиду (від співвідношення X/X_m).

X/X_m	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	1	2	5	10	50	100	200
C_m , мг/м ³												

Після цього для 4^х значень C , включаючи і C_m , визначають C_y на відстані 0.01, 0.1, 0.5, 1, 2 км від осі факелу 0–X. При цьому для варіантів 1–5 вибирають швидкість вітру $U=3$ м/с, для варіантів 5–10 вибирають $U=5$ м/с, для варіантів 11–15 вибирають $U=8$ м/с, для варіантів 16–20 вибирають $U=6$ м/с, для варіантів 21–25 вибирають $U=4$ м/с. Отримані результати зводять у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Залежність концентрації забруднень на відстані Y від осі факелу викиду 0–X.

№ п/п	Відстань по осі 0–X (X/X_m), м	Концентрація по осі 0–X, C , мг/м ³	Приземні концентрації шкідливих речовин в атмосфері на певній відстані по перпендикуляру від осі факелу викиду, C_y , (мг/м ³)				
			Відстань y по перпендикуляру до осі 0–X, км				
			0.01	0.1	0.5	1	2
1							
2							

3.3. ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ

Мета практичного заняття: навчитись уточнювати розміри санітарно-захисної зони з урахуванням напрямку вітру.

Стислі теоретичні відомості

Розміри санітарно-захисної зони (СЗЗ) l (м) встановлюються у санітарних нормах проектування для промислових і сільськогосподарських підприємств, залежно від характеру виробництва, потужності. Санітарні норми визначають п'ять класів санітарно-захисних зон (СЗЗ):

1 клас – 1000 м;

2 клас – 500 м;

3 клас – 300 м;

4 клас – 100 м;

5 клас – 50 м.

Проте прийняті розміри санітарно-захисної зони необхідно уточнювати наступними розрахунками з урахуванням напрямку вітрів в залежності від результатів розрахунку забруднення атмосфери від вказаного джерела:

$$l = L_0 \frac{P}{P_0}, \text{ м} \quad (3.18)$$

де l – розрахунковий розмір СЗЗ, м,

L_0 – розрахунковий розмір ділянки місцевості у даному напрямку, де концентрація шкідливих речовин перевищує ГДК, м,

P – середньорічна повторюваність напрямку вітрів даного румбу, %,

P_0 – повторюваність вітрів одного румбу при колоподібній розі вітрів.

Наприклад, при восьмирумбовій розі вітрів $P_0 = 100/8 = 12.5$ %.

Рекомендації щодо виконання завдання

Використовуючи вихідні дані із завдань для практичних робіт №2, №3, визначити відстань (L_0) від джерела викиду, де концентрація забруднювача (CO , SO_2 , NO_x) перевищує ГДК та дорівнює ГДК. Після цього, вважаючи, що $P=25\%$, розраховують розрахунковий розмір СЗЗ (І). Наступним кроком є визначення відповідності розрахованої СЗЗ санітарним нормам. У разі, якщо розрахована СЗЗ перевищує санітарні норми, слід надати рекомендації щодо проведення заходів для досягнення санітарних норм.

Практичне заняття №4

4.1. ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ШВИДКОСТІ ВІТРУ; МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ТА ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ВОНА ДОСЯГАЄТЬСЯ, ПРИ ШВИДКОСТІ ВІТРУ, ЩО ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ ВІД НЕБЕЗПЕЧНОЇ.

Мета практичного заняття: навчитися визначати небезпечну швидкість вітру U_m ; максимальну приземну концентрацію забруднень C_{mu} та відстань на якій вона досягається X_{mu} , при швидкості вітру, що відрізняється від небезпечної.

Стислі теоретичні відомості

Значення максимальної швидкості вітру U_m (м/с) на рівні флюгера (≈ 10 м над рівнем землі), при якій досягається максимальна концентрація забруднення у приземній зоні (C_m) на відстані X_m , у випадку $f < 100$ визначається за формулами:

$$U_m = 0.5 \quad \text{при } 0.5 \geq V_m \quad (4.1)$$

$$U_m = V_m \quad \text{при } 2 \geq V_m > 0.5 \quad (4.2)$$

$$U_m = V_m \cdot (1 + 0.12\sqrt{f}) \quad \text{при } V_m > 2 \quad (4.3)$$

При $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$ значення U_m визначають за формулами (4.4–4.6):

$$U_m = 0.5 \quad \text{при } 0.5 \geq V_m' \quad (4.4)$$

$$U_m = V_m' \quad \text{при } 2 \geq V_m' > 0.5 \quad (4.5)$$

$$U_m = 2.2 \cdot V_m' \quad \text{при } V_m' > 2 \quad (4.6)$$

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини C_{mu} (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах та швидкості вітру U (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру U_m , при якій досягається концентрація C_m визначається за формулою:

$$C_{mu} = r \cdot C_m \quad (4.7)$$

де r – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення U/U_m за формулами:

$$r = 0.67 \cdot (U/U_m) + 1.67 \cdot (U/U_m)^2 - 1.34 \cdot (U/U_m)^3 \quad \text{при } 1 \geq U/U_m \quad (4.8)$$

$$r = \frac{3 \cdot (U/U_m)}{2 \cdot (U/U_m)^2 - (U/U_m) + 2} \quad \text{при } 1 < U/U_m \quad (4.9)$$

Відстань від джерела викиду X_{mu} (м), на якій при швидкості вітру U та несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення C_{mu} (мг/м³) визначається за формулою:

$$X_{mu} = p \cdot X_m \quad (4.10)$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від відношення U/U_m за формулами 4.11–4.13:

$$p = 3 \quad \text{при } 0.25 \geq U/U_m \quad (4.11)$$

$$p = 8.43 \cdot (1 - U/U_m)^5 + 1 \quad \text{при } 1 \geq U/U_m > 0.25 \quad (4.12)$$

$$p=0.32 \cdot U/U_m + 0.68$$

$$\text{при } 1 < U/U_m$$

$$(4.13)$$

Рекомендації щодо виконання завдання.

Індивідуальні завдання щодо розрахунків розміщено у таблиці 4.1.

Користуючись формулами практичних занять №2, 3, 4, визначають C_{mu} та X_{mu} .

Таблиця 4.1. Вихідні дані для визначення максимальної приземної концентрації забруднень C_{mu} та відстані від джерела до місця утворення цієї концентрації X_{mu} при швидкості вітру U , що не дорівнює U_m .

№ п/п	D, м	A	F	w_0 , м/с	H	M, г/с	ΔT , °C	U/U_m
1	0.5	160	1	13	20	1	10	0.2
2	0.6	160	1	15	20	1	20	0.5
3	0.7	160	1	20	50	1	100	1.0
4	0.8	160	1	20	20	1	100	1.2
5	1.0	180	1	15	20	2	80	2.0
6	0.5	160	1	5	20	1	0	0.5
7	0.6	180	1	5	20	1	0	1.2
8	0.7	200	2	5	20	1	0	1.5
9	0.8	160	1	10	20	2	0	2.0
10	0.9	160	1	10	15	2	0	0.2
11	1.0	180	1	20	20	1	130	0.5
12	1.2	180	2	40	20	2	160	1.1
13	1.4	180	2	40	20	2	160	0.2
14	1.8	160	1	40	20	3	230	2.5
15	2.0	160	1	40	20	3	230	3.0
16	2.0	160	1	7	50	4	0	1.1
17	2.5	160	2	7	50	4	0	1.3
18	3.0	180	2	7	50	5	0	0.5
19	3.5	180	1	8	75	5	0	2.7
20	4.0	160	1	8	75	5	0	1.8
21	2.5	160	1	20	20	7	130	0.5
22	3.0	180	2	20	20	8	160	2.3
23	3.5	180	2	40	50	10	230	2.1
24	4.2	160	3	40	50	10	160	1.2
25	4.8	160	1	40	50	12	300	0.8

4.2. ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВИСОТИ ДЖЕРЕЛА ВИКИДУ

Мета практичного заняття: навчитись визначати мінімальну висоту джерела викиду H (м) для досягнення необхідних рівнів ГДК даної речовини у приземній зоні.

Стислі теоретичні відомості

Мінімальна висота одиночного джерела викиду (труби) H (м) визначається з урахуванням потужності викиду M (г/с), швидкості руху газів w_0 , (м/с), витрати суміші газів V_1 (м³/с), діаметру устя джерела викиду D (м) за формулою:

$$H = \left[\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8 \cdot V_1 \cdot (\text{ГДК} - C_\phi)_1} \right]^{3/4} \quad (4.14)$$

де C_ϕ – фонова концентрації забруднення, мг/м³,

ГДК – гранично допустима концентрація забруднення у приземному шарі, мг/м³.

При холодних викидах ($\Delta T \approx 0$), якщо розрахованому за формулою (4.14) значенню H відповідає умова $V_m' \geq 2$, де V_m' розраховано за формулою (2.5), то визначене H є остаточним. Якщо $V_m' < 2$, то необхідно, при знайденому значенні $H=H_1$ визначити $n=n_1$ та послідовними наближеннями знайти $H=H_2$ по H_1 та n_1 ,, $H=H_{i+1}$ по H_i та n_i за допомогою формули:

$$H_{i+1} = H_i \cdot \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4} \quad (4.15)$$

де n_i та n_{i-1} – значення безрозмірного коефіцієнту n , визначеного відповідно за значеннями H_i та H_{i-1} . У разі $i=1$, приймається $n_{i-1}=1$. Уточнення H проводять

доки два послідовно знайдених значення H будуть відрізнятися між собою не більше як на 1 м.

При гарячих викидах ($\Delta T > 0$), якщо знайдене за формулою (4.14) значення H задовольняє нерівність:

$$H \leq w_0 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot D}{\Delta T}}, \quad (4.16)$$

то воно є кінцевим. Якщо нерівність (4.16) не виконується, то попереднє значення висоти труби визначається за формулою:

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot \eta}{(\Gamma DK - C_\phi) \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}} \quad (4.17)$$

По знайденому таким чином значенню $H=H_1$ визначають значення f , V_m , V_m' , f_e та коефіцієнти $m=m_1$ та $n=n_1$. Якщо $m_1 \cdot n_1 \neq 1$, то по m_1 та n_1 визначається друге наближення $H=H_2$ за формулою:

$$H_2 = \sqrt{m_1 n_1} H_1 \quad (4.18)$$

У загальному випадку $(i+1)$ наближення H_{i+1} визначається за формулою:

$$H_{i+1} = H_i \cdot \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}} \quad (4.19)$$

де m_i , n_i – відповідають H_i , а m_{i-1} , n_{i-1} – відповідають H_{i-1} .

Розрахунок проводять доти $1m \geq H_i - H_{i-1}$.

Рекомендації щодо виконання завдання

Використовуючи вихідні дані, наведені у таблиці 4.2, та раніше представлені формули, студенти визначають мінімальні значення висоти джерела викиду, при яких концентрація забруднення у приземному шарі не перевищує рівень ГДК.

Таблиця 4.2. Вихідні дані для визначення мінімальної висоти джерела викиду.

№ п/п	Речовина, що викидається	D, м	A	F	w ₀ , м/с	M, г/с	ΔT, °C	C _ф
1	SO ₂	0.5	160	1	13	1	10	0.1 ГДК
2	NO _x	0.6	180	1	15	1	20	0.2 ГДК
3	CO	0.7	160	1	20	1	100	0.4 ГДК
4	CO	0.8	160	1	20	1	100	0.1 ГДК
5	SO ₂	1.0	160	1	15	2	80	0.1 ГДК
6	NO _x	0.5	180	1	5	1	0	0.2 ГДК
7	SO ₂	0.6	160	1	5	1	0	0.2 ГДК
8	CO	0.7	160	1	5	1	0	0.2 ГДК
9	NO _x	0.8	160	1	10	2	0	0.1 ГДК
10	NO _x	0.9	160	1	10	2	0	0.1 ГДК
11	CO	1.0	180	1	20	1	130	0.1 ГДК
12	CO	1.2	160	1	40	2	160	0.3 ГДК
13	SO ₂	1.4	160	1	40	2	160	0.3 ГДК
14	SO ₂	1.8	180	1	40	3	230	0.3 ГДК
15	NO _x	2.0	160	1	40	3	230	0.5 ГДК
16	NO _x	2.0	160	1	7	4	0	0.5 ГДК
17	NO _x	2.5	160	1	7	4	0	0.7 ГДК
18	CO	3.0	180	1	7	5	0	0.3 ГДК
19	CO	3.5	160	1	8	5	0	0.2 ГДК
20	CO	4.0	160	1	8	5	0	0.2 ГДК
21	CO	2.5	160	1	20	7	130	0.2 ГДК
22	SO ₂	3.0	160	1	20	8	160	0.2 ГДК
23	SO ₂	3.5	180	1	40	10	230	0.7 ГДК
24	CO	4.2	160	1	40	10	160	0.1 ГДК
25	NO _x	4.8	160	1	40	12	300	0.1 ГДК

5.1. ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ (ГДВ) ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

Мета практичного заняття: навчитися розраховувати допустимі викиди шкідливих речовин в атмосферу при відомих фонових концентраціях та рівнях гранично допустимих концентрацій.

Стислі теоретичні відомості

ГДВ визначаються для кожної речовини окремо, у тому числі і у випадках врахування спільного шкідливого впливу кількох речовин. При визначенні ГДВ враховуються фонові концентрації C_{ϕ} .

Значення ГДВ (г/с) для одиночного джерела викиду з круглим устям у випадку $C_{\phi} < \text{ГДК}$ та гарячих викидах ($\Delta T > 0$) визначається за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \quad (5.1)$$

У разі, коли $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$, ГДВ визначають за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^{\frac{4}{3}} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D} \quad (5.2)$$

Якщо фон у зоні впливу джерела деталізовано по двох градаціях швидкості вітру ($C_{\phi 1}$ та $C_{\phi 2}$) відповідно до швидкостей вітру U_m та U_i , то для одиночного джерела викиду спочатку визначають допоміжні значення M_i у кожній із градацій швидкості вітру за наступними формулами:

$$M_i = \frac{(\Gamma_{DK} - C_{\Phi i}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \Delta T}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot r_i} \quad \text{при } f \leq 100 \quad (5.3)$$

$$M_i = \frac{(\Gamma_{DK} - C_{\Phi}) \cdot H^{\frac{4}{3}} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot r_i D} \quad \text{при } f > 100 \text{ або } \Delta T \approx 0 \quad (5.4)$$

Тут $i=1$ або 2 , коефіцієнт r_i визначається за допомогою формул 4.8–4.9. При $i=1$, $U=U_m$, $r_i=1$. Якщо $C_{\Phi 1}(i=1) > C_{\Phi 2}(i=2)$, то $\Gamma_{ДВ}=M_1$ ($i=1$). Якщо $C_{\Phi 1} < C_{\Phi 2}$, то розраховують M_2 ($i=2$).

У якості $\Gamma_{ДВ}$ приймають менше значення з M_1 та M_2 .

Рекомендації щодо виконання завдання

Вихідні дані для визначення $\Gamma_{ДВ}$ наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Вихідні дані для розрахунку ГДВ

№ п/п	Речовина, що викидається	D, м	A	F	ΔT	W_0 , м/с	H, м	$C_{\Phi 1}$, мг/м ³	$C_{\Phi 2}$, мг/м ³	U/U _m
1	NO _x	4.8	160	1	10	40	50	0.10 ГДК	0.15 ГДК	0.2
2	CO	4.2	160	1	20	40	50	0.21 ГДК	0.20 ГДК	0.5
3	SO ₂	3.5	180	1	100	40	50	0.21 ГДК	0.20 ГДК	1.0
4	SO ₂	3.0	160	1	100	20	50	0.16 ГДК	0.15 ГДК	1.2
5	CO	2.5	160	1	80	20	20	0.17 ГДК	0.20 ГДК	2.0
6	CO	4.0	160	1	0	8	20	0.34 ГДК	0.37 ГДК	0.5
7	CO	3.5	160	1	0	8	50	0.45 ГДК	0.50 ГДК	1.2
8	CO	3.0	180	1	0	7	20	0.56 ГДК	0.60 ГДК	1.5
9	NO _x	2.5	160	1	0	7	20	0.12 ГДК	0.15 ГДК	2.0
10	NO _x	2.0	160	1	0	7	75	0.11 ГДК	0.13 ГДК	0.2
11	NO _x	2.0	160	1	130	40	75	0.02 ГДК	0.05 ГДК	0.5
12	SO ₂	1.8	180	1	130	40	75	0.03 ГДК	0.10 ГДК	1.1
13	SO ₂	1.4	160	1	160	40	30	0.14 ГДК	0.20 ГДК	0.2
14	CO	1.2	160	1	230	40	30	0.15 ГДК	0.30 ГДК	2.5
15	CO	1.0	180	1	300	20	30	0.23 ГДК	0.30 ГДК	3.0
16	NO _x	0.9	160	1	0	10	30	0.24 ГДК	0.30 ГДК	1.1
17	NO _x	0.8	160	1	0	10	20	0.17 ГДК	0.20 ГДК	1.3
18	CO	0.7	160	1	0	5	20	0.19 ГДК	0.20 ГДК	0.5
19	SO ₂	0.6	160	1	0	5	20	0.18 ГДК	0.20 ГДК	2.7
20	NO _x	0.5	180	1	0	5	50	0.16 ГДК	0.20 ГДК	1.8
21	SO ₂	1.0	160	1	100	15	50	0.23 ГДК	0.30 ГДК	0.5
22	CO	0.8	160	1	130	20	20	0.24 ГДК	0.30 ГДК	2.3
23	CO	0.7	160	1	100	20	15	0.36 ГДК	0.30 ГДК	2.1
24	NO _x	0.6	180	1	80	15	15	0.41 ГДК	0.50 ГДК	1.2
25	SO ₂	0.5	160	1	80	13	15	0.42 ГДК	0.50 ГДК	0.8

6.1. РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ЗМІШУВАННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД З ВОДОЮ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ ТА КРАТНОСТІ РОЗВЕДЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД

Мета практичного заняття: навчитися визначати коефіцієнт змішування та кратність розведення зворотних вод за методом В.А. Фролова та І.Д. Родзіллера.

Стислі теоретичні відомості

При скиді зворотних вод у водний об'єкт не відбувається їх повне змішування. Фактично, у цьому процесі приймає участь тільки частина води водного об'єкту. Ступінь змішування залежить від співвідношення витрат річкової та стічної води, від швидкості течії водного об'єкту, його глибини, звивистості, типу скиду стоків та відстані від місця скиду до розрахункового створу і визначається за формулою В.А. Фролова та І.Д. Родзіллера:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} \quad (6.1)$$

де α – коефіцієнт змішування, що вказує яка частина природної води приймає участь у розведенні скинутої кількості зворотної води на відрізьку довжиною L ;

L – відстань по фарватеру від місця скиду зворотних вод до розрахункового створу, м;

Q – розрахункова середньогодинна витрата води водного об'єкту найбільш мілководного місяця з 95 % забезпеченістю стоку, м³/год;

q – середньогодинна витрата стічної води, що визначається вимірами або за розрахунком, м³/год;

e – основа натурального логарифму;

α – коефіцієнт, який враховує вплив гідравлічних факторів змішування стічних вод з природними, і розраховується за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (6.2)$$

де φ – коефіцієнт звивистості водного об'єкту (співвідношення довжини між двома пунктами по фарватеру до довжини по прямій);

ξ – коефіцієнт, який залежить від місця скиду стічних вод ($\xi=1$ для берегового скиду, $\xi=1.5$ для скиду у фарватер);

q – витрата стічної води, м³/с;

E – коефіцієнт турбулентної дифузії.

Для рівнинних річок:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} \quad (6.3)$$

де V_{cp} – середня швидкість води водного об'єкту, м/с;

H_{cp} – середня глибина водойми, м.

При розрахунках також необхідно визначити кратність розведення стічних вод водою водного об'єкту, яка вказує у скільки разів стічні води розводяться водою водного об'єкту за час їх руху до розрахункового створу. Кратність розведення n визначається розрахунковим шляхом за формулою:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} \quad (6.4)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

Індивідуальні завдання для розрахунків коефіцієнту змішування та кратності розведення наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Вихідні дані для визначення коефіцієнту змішування, кратності розведення, констант реаерації та константи швидкості споживання кисню стічною водою.

№ п/п	Витрата води водного об'єкту, $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Витрата стічної води, $q, \text{ м}^3/\text{с}$	Середня швидкість течії водного об'єкту, $V_{\text{ср}}, \text{ м/с}$	Середня глибина водного об'єкту, $H_{\text{ср}}, \text{ м}$	Середня температура води водного об'єкту влітку, $T, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт звивистості, φ	Коефіцієнт, що враховує місце скиду, ξ	Відстань від місця скиду до контрольного створу, $L, \text{ м}$
1	30	0.6	0.64	1.2	15	1.0	1.0	35.0
2	20	0.5	0.64	1.2	15	1.0	1.5	0.5
3	30	0.6	0.6	1.0	15	1.2	1.0	35.0
4	20	0.5	0.6	1.0	15	1.2	1.5	0.5
5	0.8	0.18	0.2	0.3	12	1.0	1.0	10.0
6	0.6	0.14	0.25	0.38	12	1.0	1.5	10.0
7	0.8	0.18	0.2	0.3	12	1.2	1.0	0.5
8	0.6	0.14	0.25	0.38	12	1.2	1.5	0.5
9	1.2	0.2	0.53	0.9	9	1.0	1.0	20.0
10	1.4	0.3	0.4	1.2	9	1.0	1.0	0.5
11	1.2	0.2	0.53	0.9	9	1.2	1.5	20.0
12	1.4	0.3	0.4	1.2	9	1.2	1.5	0.5
13	1.7	0.05	0.5	1.4	10	1.0	1.5	5.0
14	1.7	0.025	0.6	1.0	10	1.0	1.5	0.5
15	1.7	0.05	0.5	1.4	10	1.2	1.0	5.0
16	1.7	0.025	0.6	1.0	10	1.2	1.0	0.5
17	1.5	0.08	0.45	2.0	18	1.0	1.5	2.0
18	1.6	0.07	0.4	1.5	18	1.0	1.5	0.5
19	1.5	0.08	0.45	2.0	18	1.2	1.0	2.0
20	1.6	0.07	0.4	1.5	18	1.2	1.0	0.5
21	10	0.4	0.2	0.3	13	1.0	1.5	1.0
22	10	0.5	0.3	0.2	13	1.0	1.5	1.0
23	12	0.6	0.2	0.3	13	1.2	1.0	0.5
24	12	0.5	0.3	0.2	13	1.2	1.0	0.5
25	12	0.5	0.2	0.5	13	1.0	1.5	8.0

6.2. ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК В ОЧИЩЕНИХ ЗВОРОТНИХ ВОДАХ ТА СТУПЕНЮ ОЧИЩЕННЯ

Мета практичного заняття: засвоїти методики розрахунку максимально допустимих концентрацій токсичних і завислих речовин та методику розрахунку ступеню їх очищення.

Стислі теоретичні відомості

Оскільки головним критерієм при визначенні ГДС є забезпечення величини ГДК розрахункового інградієнту у заданому контрольному створі водного об'єкту, то вихідними даними є величини максимально допустимих концентрацій домішок у зворотних водах.

Основна розрахункова формула для визначення допустимої концентрації токсичних домішок C_{CT} , мг/дм³, г/м³, має вигляд:

$$C_{CT} = n(GDK - C_{\phi}) + C_{\phi}, \quad (6.5)$$

де C_{CT} – максимально допустима концентрація домішок;

ГДК – гранично допустима концентрація домішки у воді, мг/дм³, г/м³;

C_{ϕ} – фонові концентрації домішки вище скиду зворотної води, мг/дм³, г/м³;

n – кратність розведення зворотних вод у водоймі.

За цієї формулою, за умови $C_{\phi} \leq GDK$, розраховують при якій максимально допустимій концентрації домішок зворотні води з витратою q можуть бути скинуті у даний водний об'єкт при витраті природної води Q , коефіцієнті змішування α без порушення умов водокористування. Скид зворотних вод з концентрацією домішок, що не перевищує C_{CT} , теоретично

гарантує, що якість води у контрольному створі буде відповідати нормативним вимогам.

Фактор розведення при розрахунку C_{CT} приймається до уваги лише при нормуванні тих домішок, фонові концентрації яких не перевищують встановлені для них ГДК. Інакше розрахунок C_{CT} за формулою (6.5) не проводиться і за C_{CT} приймається фонові концентрація домішок.

Для речовин, по яких нормуються прирощення до природного фону (завислі речовини, алюміній, мідь тощо), ГДС мають бути встановлені з урахуванням цих допустимих прирощень до природного фону. Гранично допустима кількість завислих речовин в очищених зворотних водах визначається за формулою:

$$C_{cm} = C_{дон} n + C_{\phi} \quad (6.6)$$

де $C_{дон}$ – допустиме за санітарними правилами збільшення концентрації завислих речовин у водоймі після скиду зворотних вод.

При наявності у зворотних і природній водах кількох (N) забруднюючих речовин необхідно зробити перевірку за формулою, яка відображає закономірність сумачії ефекту дії:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_N}{ГДК_N} \leq 1 \quad (6.7)$$

Якщо нерівність не дотримується, необхідно передбачити заходи по очищенню зворотних вод, що скидаються у водойму по будь-якій з шкідливих речовин в залежності від наявності ефективного методу, але з таким розрахунком, щоб сума часток граничнодопустимих концентрацій не перевищувала одиницю.

Ступінь очищення води на очисних спорудах визначається за формулою:

$$Z = \frac{C_0 - C_{CT}^{розр}}{C_0} \cdot 100\% \quad (6.8)$$

де C_0 – початкова концентрація забруднення у воді, що підлягає очищенню, перед очисними спорудами, мг/дм³, г/м³.

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків практичного завдання 6.1 та вихідними даними таблиці 6.2. Значення максимально допустимих концентрацій домішок C_{CT} та необхідного ступеню їх очищення проставляються у відповідні колонки 4 та 6 таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Вихідні дані для визначення допустимих концентрацій домішок у стічних водах $C_{ст}$, необхідного ступеню очищення Z , величини ГДС та прогнозних значень концентрації домішок у контрольному створі $C_{ст}^{пр}$

Показники складу зворотних вод	ГДК, мг/дм ³	Фонова концент-рація $C_{ф}$, мг/дм ³	Розрахункова допустима концентрація домішок $C_{ст}$, мг/дм ³	Початкова концентрація домішки (до очищення), C_0 , мг/дм ³	Необхідний ступінь очищення на очисній споруді, Z , %	Концентрація домішки після очищення, $C_{технол}$, мг/дм ³	Концентрація домішок для визначення ГДС, $C_{гдс}$, мг/дм ³	ГДС, г/год	Концентрація домішок у контрольному створі, $C_{ст}^{пр}$, мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Завислі речовини	0.25	12.6		250		9.0			
БСК	3.0	10.6		250		4.8			
Хлорид	300.0	23		300		91.7			
Сульфати	100.0	38		200		168.8			
Мінералізація	1000	337		1000		1000			
Азот амонійний	0.5	0.5		16		7			
Азот нітриту	0.08	0.02		0.1		0.1			
Азот нітрати	40.0	0.2		1.5		1.5			
Залізо	0.5	0.14		--		--			
ХСК	30.0	24.5		--		--			
Нафто-продукти	0.05	0.07		--		--			
СПАР	0.1	0.15		--		--			
Феноли	0.001	0.005							

Практичне заняття №7

7.1. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЮ ОЧИЩЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД ПО ПОВНОМУ БІОЛОГІЧНОМУ СПОЖИВАННЮ КИСНЮ.

Мета практичного заняття: засвоїти та навчитися практично застосовувати методику розрахунку ступеню очищення води по БСК_п.

Стислі теоретичні відомості

Максимальне допустиме значення БСК у скинутих зворотних водах визначають за рівнянням:

$$C_{CT}^{розр} = \frac{\alpha \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_1 t}} \left(ГДК^{БСК} - C_{\phi}^{БСК} \cdot 10^{-k_1 t} \right) + \frac{ГДК^{БСК}}{10^{-k_1 t}} \quad (7.1)$$

де α – коефіцієнт змішування, що визначається за формулою (6.1),

Q, q – відповідно витрати річкової та зворотної води, м³/с;

$ГДК^{БСК}$ – граничнодопустиме БСК для суміші річкової та стічної води, мг/дм³, г/м³;

$C_{\phi}^{БСК}$ – БСК_п річкової води до місця скиду стічних вод, мг/дм³, г/м³;

t – час переміщення води від місця скиду до розрахункового пункту, доба;

K_1 – константа швидкості споживання кисню стічною водою (визначається за табл. 7.1 в залежності від середньої температури води влітку);

K_2 – константа реаерації (визначається за табл. 7.2 в залежності від швидкості течії).

Ступінь очищення по БСК (%) визначається за формулою:

$$Z = \frac{C_0^{БСК} - C_{СТ}^{БСК}}{C_0^{БСК}} \cdot 100\% \quad (7.2)$$

де C_0 – БСК неочищених стічних вод, мг/дм³.

Таблиця 7.1. Константа швидкості споживання кисню стічною водою

Темпе- ратура, °C	0	5	9	12	15	18	20	22	26	28	29
K ₁	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.13	0.14	0.15

Таблиця 7.2. Константа реаерації

Характеристика водних об'єктів	K ₂
Швидкість течії <0.5 м/с	0.2-0.25
Швидкі течії >0.5 м/с	0.3-0.5
Малі річки	0.5-0.8

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні завдання студенти користуються результатами розрахунків практичного завдання 6.1. та вихідними даними таблиць 6.1., 6.2.

Результати розрахунків допустимого значення БСК та необхідного ступеню очищення проставляються у колонки 4, 6 таблиці 6.2.

7.2. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД

Мета роботи: навчитися оцінювати показники типової технологічної водоочистки для даної категорії стічних вод.

Стислі теоретичні відомості

При розрахунках ГДС забруднюючих речовин необхідно враховувати техніко-економічні характеристики підприємства, системи оборотного чи повторного застосування води, а також проєктні (діючі) системи водоочистки.

Що стосується запроєктованої системи водоочистки, то для підприємств–водокористувачів максимально допустимі концентрації у стічних водах повинні задовольняти показникам очистки, що можуть бути досягнуті при застосуванні типової технології очищення для даної категорії стічних вод, навіть якщо водний об'єкт дозволяє скидати більші їх величини.

При застосуванні ГДС допустимі концентрації речовин у стічних водах діючого підприємства не повинні перевищувати значень фактичних середніх, проєктних та відповідних типовому способу очищення концентрації речовин для даного випуску стічних вод (за винятком речовин, концентрації яких зростають у процесі очищення).

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків практичних завдань 6.1, 6.2, 7.1.

Для домішок, по яким у технологічній схемі передбачена очистка, за необхідністю проводиться корегування значень максимально допустимих концентрацій $C_{ст}$. Для речовин, у яких рівень очищення стічних вод у технологічній схемі вище ($C_{технол} < C_{ст}$), для розрахунку ГДС, приймають значення $C^{ГДС} = C_{технол}$. Для речовин, очищення яких у технологічній схемі не передбачено або вони не задовольняють розрахованим максимально допустимим концентраціям речовин $C_{технол} > C_{ст}$, для розрахунку ГДС приймають значення $C^{ГДС} = C_{ст}$. Результати розрахунків допустимих концентрації домішок, які приймаються для визначення ГДС, записуються у колонку 8 таблиці 6.2.

Практичне заняття №8

8.1. ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВІВ ГДС РЕЧОВИН, ЩО НАДХОДЯТЬ У ПРИРОДНИЙ ОБ'ЄКТ ІЗ ЗВОРОТНІМИ ВОДАМИ

Мета практичного завдання: навчитися визначати величини ГДС речовин на основі сукупності фактичних та розрахункових даних: гідрографічних, гідрологічних, гідрохімічних характеристик водних об'єктів; характеристик стічних вод; нормативів якості води у пунктах водокористування.

Стислі теоретичні відомості

Математичний розрахунок ГДС речовин у водні об'єкти із зворотними водами базується на використанні методу, який пов'язує показники забруднення водного об'єкту, нормативи якості води для конкретних умов водокористування та виконується з урахуванням:

1) Фонового складу і властивостей води водойми безпосередньо до місця скиду речовин із зворотними водами. Фонова якість формується під впливом природних процесів та усіх джерел надходження домішок, за винятком впливу розглянутого джерела. У зв'язку з цим фонова концентрація у багатьох випадках за рядом показників перевищує ГДК.

У тих випадках, коли фонова забрудненість водного об'єкту за будь-якими показниками не відповідає ГДК, визначення ГДС залежить від характеру формування фонові концентрації.

Якщо фонова концентрація забруднення сформувалась за рахунок антропогенних факторів, то ГДС відповідних речовин встановлюється, виходячи з перенесення нормативних вимог до якості води водоприймача безпосередньо на зворотні води.

Якщо норми якості води та водних об'єктів не можуть бути досягнуті у зв'язку з впливом природних факторів, які не піддаються регулюванню, то

величини ГДС встановлюються, виходячи з умов дотримання у контрольних створах природної фонові якості води, що сформувалась.

2) Ступеню змішування зворотних вод з водою водойми на ділянці від місця випуску зворотних вод до контрольного створу.

3) Кратності розведення зворотних вод водою водного об'єкту.

4) Норм якості води і ГДК речовин у контрольному створі.

5) Процесів природного самоочищення води від домішок, якщо ці процеси достатньо виражені, а їх закономірності вивчені.

6) Характеру зворотної води, її витрат та режиму подачі.

Величини ГДС речовин (г/год) для окремих випусків зворотних вод встановлюються для діючих та проєктованих категорій водокористувачів за формулою:

$$ГДС = C^{ГДС} q \quad (8.1)$$

де q – максимальна годинна витрата зворотної води, м³/год;

$C^{ГДС}$ – максимально допустима концентрація речовини, що забезпечує нормативну якість води у контрольному створі, г/м³.

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні завдання студенти користуються результатами розрахунків практичних завдань 6.1, 6.2, 7.1, 7.2 та вихідними даними таблиці 6.2. У роботі можна використовувати реальні дані, отримані від підприємств-водокористувачів. Результати розрахунків ГДС заносять у колонку 9 таблиці 6.2.

8.2. ПРОГНОЗ ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ У КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРІ

Мета роботи: вміти прогнозувати та оцінювати зміни якості води у контрольному створі.

Стислі теоретичні відомості

Основним критерієм при визначенні величин ГДС речовин є забезпечення ГДК розрахункових інгредієнтів у заданому створі, де мають дотримуватися встановлені норми якості води.

Визначення прогнозних значень концентрацій домішок з урахуванням кратності розведення стічних вод водою водного об'єкту дозволяє встановити до яких змін у якості води призведе скид стічних вод підприємства-користувача.

Концентрація забруднюючої речовини у контрольному створі ($C_{СТ}^{прог}$), що знаходиться на відстані L від підприємства-користувача, для завислих та токсичних речовин визначається за формулою:

$$C_{СТ}^{пр} = \frac{C_{СТ} + C_{\phi} \cdot n}{n+1} \quad (8.2)$$

$$C_{БСК}^{пр} = \frac{C_{СТ}^{БСК} \cdot q \cdot 10^{-k_1} + q \cdot Q \cdot C_{\phi}^{БСК} \cdot 10^{-k_1}}{a \cdot Q + g} \quad (8.3)$$

Рекомендації щодо виконання завдання

При виконанні завдання студенти користуються розрахунками практичного завдання 6.1, вихідними даними таблиці 6.2. Визначені прогнозні значення $C_{СТ}^{прог}$ записуються у колонку 10 таблиці 6.2.

Список рекомендованої літератури

1. Гомеля М.Д., Глушко О.В., Камаєв В.С. Екологічна безпека. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2010. – 222 с.
2. Екологія та закон. Екологічне законодавство України. У двох книгах. К.: Юрінком Інтер, 1997. Книга 1 – 698 с., книга 2 – 574 с.
3. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1997. – 31 с.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93 с.
5. Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовні допустимі рівні (ОДР) шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутово використання.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v6025400-91#Text>
6. Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовні безпечні рівні дії (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiWoeye1Pn0AhUwQIHHVs7C_EQFnoECDQQAQ&url=https%3A%2F%2Fzakon.isu.net.ua%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fnormdocs%2Fperelik_rechovyn_klas_nebezpeky.doc&usg=AOvVaw3xkvnDP_Xc3-N7_RajUJGx.