

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Н. І. МАГАСЬ

**РОЗСПЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН
В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ**

Методичні вказівки
до виконання розрахункових завдань

Рекомендовано Методичною радою НУК



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 504.064(076)
М12

Автор Н. І. Магась, канд. техн. наук, доцент

Рецензент І. О. Ратушняк, канд. техн. наук, доцент

Рекомендовано Методичною радою НУК

Магась Н. І.

М12 Розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі : методичні вказівки до виконання розрахункових завдань / Н. І. Магась. — Миколаїв : НУК, 2025. — 57 с.

Вміщено методики визначення концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери та гранично-допустимих викидів шкідливих речовин згідно з нормативними документами, а також з використанням комп'ютерної програми ЕОЛ2000. Наведено приклади розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та проведено аналіз результатів комп'ютерного розрахунку.

Призначено для підготовки фахівців галузі Е Природничі науки, математика та статистика, спеціальності Е2 Екологія та галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, спеціальності G2 Технології захисту навколишнього середовища.

УДК 504.064(076)

© Н. І. Магась, 2025
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Розрахунок розсіювання у приземному шарі атмосфери забруднюючих речовин, що містяться у викидах промислового підприємства за ОНД-86.....	5
1.1. Структура ОНД-86.....	5
1.2. Розрахунок забруднення атмосфери викидами одиначного джерела.....	6
1.3. Визначення приземної концентрації шкідливої речовини за несприятливих метеорологічних умов.....	11
1.4. Розрахунок гранично-допустимих викидів для одиначного джерела або близько розташованих одиначних джерел.....	12
2. Розрахунок розсіювання у приземному шарі атмосфери забруднюючих речовин, що містяться у викидах промислового підприємства за програмою ЕОЛ+.....	14
2.1. Запуск програми та вихід з неї.....	15
2.2. Створення нового об'єкта.....	19
2.3. Уведення і редагування початкових даних.....	20
2.4. Уведення завдання для розрахунку.....	29
2.5. Контроль даних.....	33
2.6. Розрахунок.....	33
2.7. Звіт.....	40
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	43
ДОДАТКИ.....	45
Додаток А.....	45
Додаток Б.....	50

ВСТУП

Оцінка стану атмосферного повітря здійснюється шляхом співставлення концентрацій шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери з гранично-допустимими концентраціями (ГДК). Рівень забруднення атмосфери промисловими підприємствами вважається безпечним, якщо ці концентрації не перевищують ГДК, відповідно, валові викиди шкідливих речовин знаходяться в межах гранично-допустимих викидів (ГДВ) або тимчасово допустимих викидів. Тому під час обґрунтування обсягів викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, оцінки впливу та антропогенного навантаження на навколишнє середовище, проведенні екологічної експертизи, екологічного аудиту основним елементом є розрахунок параметрів забруднення атмосферного повітря.

Під час оформлення цих документів розрахунки слід виконувати за затвердженими Міністерством екології та природних ресурсів України комп'ютерними програмами, а для одиночних джерел забруднення повітря – уручну за методикою розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин (ОНД-86).

Тому важливим є оволодіння студентами сучасними методиками розрахунку розсіювання шкідливих речовин у приземному шарі атмосферного повітря, набуття практичних навичок у розробці й застосуванні математичних

моделей для аналізу та прогнозування екологічних процесів у інженерних і природних системах.

Матеріали методичних вказівок можуть бути використані для підготовки фахівців галузі Е Природничі науки, математика та статистика, спеціальності Е2 Екологія та галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво, спеціальності G2 Технології захисту навколишнього середовища та під час написання бакалаврських і магістерських кваліфікаційних робіт.

1. Розрахунок розсіювання у приземному шарі атмосфери забруднюючих речовин, що містяться у викидах промислового підприємства за ОНД-86

1.1. Структура ОНД-86

Методика призначена для вирішення практичних завдань, пов'язаних з прогнозом забруднення атмосферного повітря на основі розв'язання рівняння турбулентної дифузії.

Методика дозволяє визначати горизонтальний (у двометровому шарі над поверхнею землі) та вертикальний розподіл концентрацій під час викидів від одиночного точкового джерела (розділ 2), лінійного джерела (розділ 3), групи джерел і майданчикових джерел (розділ 5), а також мінімальну висоту джерела викиду, гранично-допустимі викиди й межі санітарно-захисної зони підприємств (розділ 8). Поправки до розрахунків, що враховують за наявності перешкод поширенню повітряних мас або ефекту сумації шкідливої дії декількох речовин до цих методик, слід вносити згідно з розділами 4 і 6 відповідно.

Ступінь забруднення атмосферного повітря визначається найбільшим розрахованим значенням концентрації, що відповідає несприятливим метеорологічним умовам (НМУ), небезпечній швидкості вітру, максимальному завантаженню джерела викидів.

1.2. Розрахунок забруднення атмосфери викидами одиначного джерела

Послідовність визначення рівня забруднення атмосферного повітря викидами одиначних джерел промислових підприємств наступна:

1. Визначення характеристик газоповітряної суміші на виході з джерела викиду.

Значення потужності викиду M (г/с) та об'ємної витрати газоповітряної суміші V_1 (м³/с) під час проєктування підприємства розраховують у технологічній частині проєкту або беруть на підставі чинних для технологічного процесу нормативів. У розрахунках беруть такі значення M та V_1 , за яких буде найбільше значення концентрації забруднюючої речовини. Якщо є обладнання для уловлювання забруднюючих речовин, то значення M беруть відповідно до вмісту забруднюючих речовин у газоповітряній суміші після очищення.

Значення V_1 розраховують за формулою

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0,$$

де D (м) – діаметр отвору джерела викиду; ω_0 (м/с) – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду.

Температуру атмосферного повітря T_a (°C) беруть рівною середній температурі атмосферного повітря найбільш

жаркого місяця року за СНіП 02.01.01-82, а температуру газоповітряної суміші T_r (°C) – за чинними для технологічного процесу нормативами з урахуванням підсмоктування повітря та охолодження викидів у випадку застосування мокрого пило- та газоочищення. Для котелень, що працюють за опалювальним графіком, допускається під час розрахунків брати значення T_a рівним середній температурі повітря за найхолодніший період.

2. Визначення безрозмірних характеристик умов виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду m та n .

Значення коефіцієнтів m та n розраховують залежно від параметрів f , V_m , V'_m , f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}};$$

$$V'_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad f_e = 800 \cdot (V'_m)^3.$$

Коефіцієнт m визначають залежно від f за формулами

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad \text{при} \quad f < 100,$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при} \quad f \geq 100.$$

Якщо $f_e < f < 100$, значення коефіцієнта m визначають при $f = f_e$.

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначають залежно від V_m за формулами

$$n = 1 \quad \text{при} \quad V_m \geq 2;$$

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13 \quad \text{при} \quad 0,5 \leq V_m < 2;$$

$$n = 4,4 \cdot V_m \quad \text{при} \quad V_m < 0,5.$$

3. Визначення максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини.

Найбільше значення концентрації забруднюючої речовини C_m (мг/м³), що викидається з одиночного джерела з круглим отвором за НМУ, установлюється за формулою

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

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок. Для території України північніше 50° пн. ш. – $A = 160$; для джерел у зоні від 50° до 52° пн. ш. – $A = 180$; південніше 50° пн. ш. – $A = 200$. F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі. Для газоподібних забруднюючих речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість осідання яких практично дорівнює нулю – $F = 1$, а для решти аерозолів за ефективності очищення викидів не менше 90 % – $F = 2$; від 75 до 90 % – $F = 2,5$; менше 75 % або за відсутності очищення – $F = 3$. η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок. У випадку рівної місцевості або якщо місцевість має перепади висот не більше 50-ти метрів на 1 км – $\eta = 1$. H (м) – висота джерела викиду над рівнем землі (для наземних джерел $H = 2$ м). ΔT (°C) – різниця між температурою газоповітряної суміші – T_r , що викидається з отвору джерела, і температурою атмосферного повітря – T_a .

Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин C_m під час викидів холодної газоповітряної суміші з круглого отвору одиночного джерела при НМУ, при $f > 100$ або $T \cong 0$ та $V_m \geq 0,5$, визначається за формулою

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{\frac{4}{3}}} \cdot K, \quad \text{де} \quad K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{\omega_0 \cdot V_1}}.$$

4. Визначення відстані від джерела викидів, на якій найбільше значення приземної концентрації шкідливої речовини.

Відстань x_m (м) від джерела викидів, на якій приземна концентрація C_m (мг/м³) при НМУ досягає найбільшого значення, знаходять за формулою $x_m = \frac{5-F}{4} d \cdot H$, де безрозмірний коефіцієнт d при $f < 100$ розраховують за формулами

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при} \quad V_m \leq 0,5;$$

$$d = 4,95 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при} \quad 0,5 < V_m \leq 2;$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad \text{при} \quad V_m > 2.$$

При $f > 100$ або $T \cong 0$ значення d знаходять за формулами

$$d = 0,5 \quad \text{при} \quad V'_m \leq 0,5;$$

$$d = 11,4 \cdot V'_m \quad \text{при} \quad 0,5 < V'_m \leq 2;$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V'_m} \quad \text{при} \quad V'_m > 2.$$

5. Визначення небезпечної швидкості вітру.

Небезпечну швидкість вітру u_m (м/с) на рівні флюгера (приблизно 10 м від землі), за якою приземна концентрація забруднюючих речовини в атмосферному повітрі має найбільше значення, при $f < 100$ знаходять за формулами

$$u_m = 0,5 \quad \text{при} \quad V_m \leq 0,5;$$

$$u_m = V_m \quad \text{при} \quad 0,5 < V_m \leq 2;$$

$$u_m = V_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) \quad \text{при} \quad V_m > 2.$$

При $f > 100$ або $T \cong 0$ значення u_m розраховують за формулами

$$u_m = 0,5 \quad \text{при} \quad V'_m \leq 0,5; \quad u_m = V'_m \quad \text{при} \quad 0,5 < V'_m \leq 2;$$

$$u_m = 2,2 \cdot V'_m \quad \text{при} \quad V'_m > 2.$$

6. Визначення концентрації забруднюючих речовин уздовж осі факела викиду.

Приземну концентрацію забруднюючих речовин в атмосферному повітрі C_x (мг/м³) уздовж осі факела викиду на різних відстанях x (м) від джерела викиду, за небезпечної швидкості вітру, визначають за формулою $C_x = S_1 \cdot C_m$, де S_1 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від співвідношення x/x_m та коефіцієнта F за формулами

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 \quad \text{при} \quad 1 < \frac{x}{x_m} \leq 8;$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1} \quad \text{при} \quad \frac{x}{x_m} \leq 1;$$

$$S_1 = \frac{\frac{x}{x_m}}{3,58 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right) + 120} \quad \text{при} \quad F \leq 1,5 \quad \vee \quad \frac{x}{x_m} \geq 8;$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right) + 17,8} \quad \text{при} \quad F > 1,5 \quad \vee \quad \frac{x}{x_m} \geq 8.$$

Для низьких і наземних джерел (висотою H не більше 10 м) при значеннях $x/x_m < 1$, величина S_1 замінюється на величину, визначену залежно від x/x_m і H за формулою

$$s_1^H = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2) s_1 \quad \text{при} \quad 2 \leq H < 10.$$

7. Визначення концентрації забруднюючих речовин по перпендикуляру до осі факела викиду.

Приземну концентрацію забруднюючої речовини в атмосферному повітрі C_y (мг/м³) на відстані y (м) по перпендикуляру до осі факела викиду визначають за формулою

$$C_y = S_2 \cdot C_x,$$

де S_2 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається за формулою

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5 \cdot t_y + 12,8 \cdot t_y^2 + 17 \cdot t_y^3 + 45,1 \cdot t_y^4)^2}.$$

Значення аргумента t_y залежить від швидкості вітру u (м/с) та від співвідношення y/x і знаходиться за формулами

$$t_y = \frac{u \cdot y^2}{x^2} \quad \text{при } u \leq 5; \quad t_y = \frac{5 \cdot y^2}{x^2} \quad \text{при } u > 5.$$

Приклад розрахунку концентрацій шкідливої речовини у приземному шарі атмосфери за ОНД-86 наведено в дод. А.

1.3. Визначення приземної концентрації шкідливої речовини за несприятливих метеорологічних умов

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини $C_{ми}$ (мг/м³) за несприятливих метеорологічних умов і швидкості вітру u (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру u_m (м/с), визначається за формулою

$$C_{ми} = S_2 \cdot C_x,$$

де r – безрозмірна величина, що визначається залежно від відношення u/u_m за формулами

$$r = 0,67(u/u_m) + 1,67(u/u_m)^2 - 1,34(u/u_m)^3 \quad \text{при } u/u_m \leq 1;$$

$$r = \frac{3(u/u_m)}{2(u/u_m)^2 - (u/u_m) + 2} \quad \text{при } u/u_m > 1.$$

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

$$x_{ми} = p \cdot x_m,$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від відношення u/u_m за формулами

$$p = 3 \quad \text{при} \quad u/u_m \leq 0,25;$$

$$p = 8,43(1 - u/u_m)^3 + 1 \quad \text{при} \quad 0,25 < u/u_m \leq 1;$$

$$p = 0,32u/u_m + 0,68 \quad \text{при} \quad u/u_m > 1.$$

1.4. Розрахунок гранично-допустимих викидів для одиночного джерела або близько розташованих одиначних джерел

Дуже часто у практиці проєктування підприємств та модернізації виробництва необхідно вирішувати обернені завдання, такі як визначення гранично-допустимих викидів шкідливих речовин (ГДВ).

Гранично-допустимий викид шкідливих речовин в атмосферу встановлюється для кожного джерела забруднення атмосфери таким чином, що викиди шкідливих речовин від даного джерела і від сукупності джерел міста або іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері не створюють приземну концентрацію, що перевищує їх гранично-допустиму концентрацію (ГДК) для населення, рослинного і тваринного світу.

Значення гранично-допустимих викидів (ГДВ), г/с, для одиночного (точкового) джерела з круглим отвором

або групи таких близько розташованих одиночних джерел у випадках, коли фонові концентрації суміші, що розглядається C_{ϕ} , установлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру й постійна на території району, що розглядається, визначається за формулами

для нагрітої газоповітряної суміші

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

для холодної газоповітряної суміші (при $f > 100$ або $T \cong 0$)

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

Середня концентрація шкідливої речовини в отворі джерела викиду визначається за формулами

$$\text{при } f < 100 \quad C_{\text{сер}} = \frac{C_m \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{V_1^2}};$$

$$\text{при } f \geq 100 \quad \text{або } \Delta T \cong 0 \quad C_{\text{сер}} = \frac{8 \cdot C_m \cdot H^{\frac{4}{3}}}{A \cdot F \cdot D \cdot n \cdot \eta}.$$

Значення параметрів газоповітряної суміші та умов виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду, а також максимального значення приземної концентрації шкідливої речовини C_m розраховуються згідно з пунктом 1.2.

2. Розрахунок розсіювання у приземному шарі атмосфери забруднюючих речовин, що містяться у викидах промислового підприємства за програмою ЕОЛ+

Програма ЕОЛ+ входить до переліку програм, рекомендованих Міністерством охорони навколишнього природного середовища України до використання і призначена для оцінки впливу викидів шкідливих домішок в атмосферу від джерел проєктованих і діючих підприємств на забруднення приземного шару атмосферного повітря.

Розрахункові модулі системи реалізують «Методику розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. ОНД-86».

Система ЕОЛ+ дозволяє розраховувати поля забруднень для точкової моделі джерела викиду забруднюючих речовин з круглим і прямокутним отвором, лінійної моделі, моделей майданчикowego джерела з урахуванням фонових концентрацій і поправок на рельєф.

Система має вбудовану базу даних ГДК речовин і груп сумарії та передбачає графічну інтерпретацію результатів розрахунку, перегляд, генерацію і друк результатів розрахунку у формі табличних документів.

Для полегшення обробки результатів розрахунку програмою ЕОЛ+ формуються зовнішні додатки для перегляду та друку текстових і графічних документів.

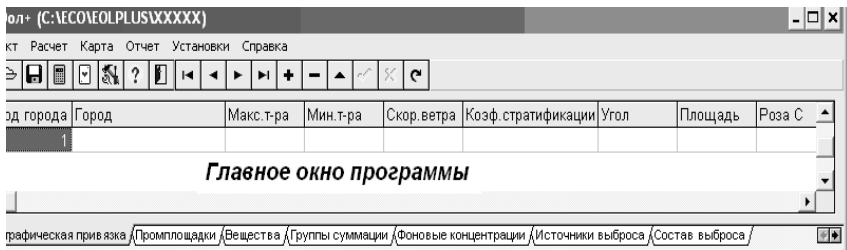
Результати ЕОЛ-розрахунків використовуються для контролю ручного розрахунку й оформляються у вигляді короткого звіту в електронному вигляді та в паперовому варіанті.

2.1. Запуск програми та вихід з неї

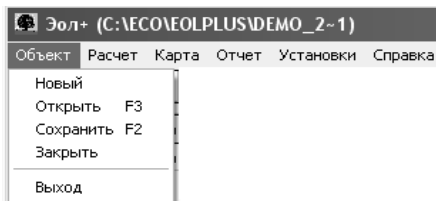


Програма ЕОЛ+ запускається подвійним натискуванням лівої кнопки миші по іконі (піктограмі) програми «ЕОЛ+». Після запуску програми ЕОЛ+ на екрані з'являється протягом ініціалізації (підготовки до роботи) заставка, яка зберігається декілька секунд.

Після ініціалізації нормативно-довідкової інформації заставка зникає, а головне вікно програми розгортається на весь екран.

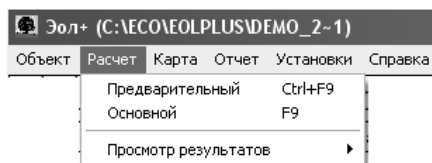


У верхній частині головного вікна знаходиться головне меню програми, що містить декілька окремих меню, за допомогою яких вибираються потрібні команди.

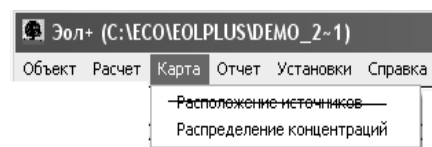


Меню «Объект» – призначене для роботи зі структурами вхідних даних, що характеризують об'єкт розрахунку. До них відносяться дані про географічну прив'язку об'єкта і метеорологічні умови, дані про промислові майданчики й характеристики джерел викиду. За допомогою команд спадаючого меню можна створювати

нові (порожні) структури для зберігання даних, завантажувати дані із створених раніше структур, зберігати ці дані. Також тут знаходиться команда «Выход» для закінчення роботи програми ЕОЛ+.



рахувати, управління розрахунком і оперативного перегляду результатів розрахунку.



ляють будувати тільки карту забруднення розрахункового майданчика в растровому форматі Microsoft Bitmap.



рахунку, дані про забруднюючі речовини і групи речовин однонаправленої дії, таблиці значень концентрацій забруднюючих речовин. Текстові входні документи формуються у форматі текстового процесора Microsoft Word, тому для їх перегляду, обробки й роздруковування програма ЕОЛ+ викликає зовнішні додатки. Команди спадаючого меню, що відносяться до

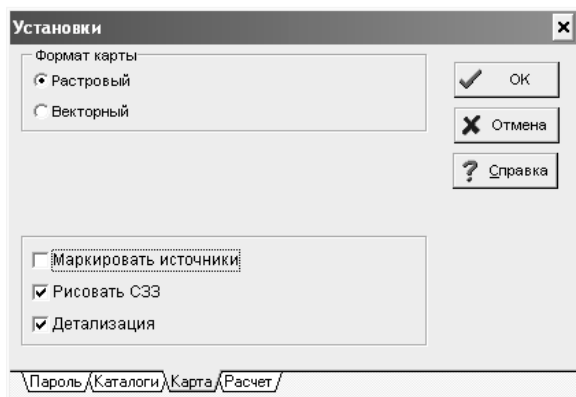
Меню «Расчет» – призначене для задання умов розрахунку, переліку речовин і груп сумації, концентрації яких необхідно роз-

Меню «Карта» – призначене для формування графічного представлення результатів розрахунку. Пункти цього меню дозво-

Меню «Отчет» – призначене для формування, перегляду і друку входних документів, що містять характеристики об'єкта роз-

побудови таблиць розрахункових концентрацій домішок, стають доступними за умови існування результатів розрахунку.

Меню «Установки» – призначене для управління деякими функціями програми ЕОЛ+ і вибору зовнішніх додатків для роботи з вихідними документами.

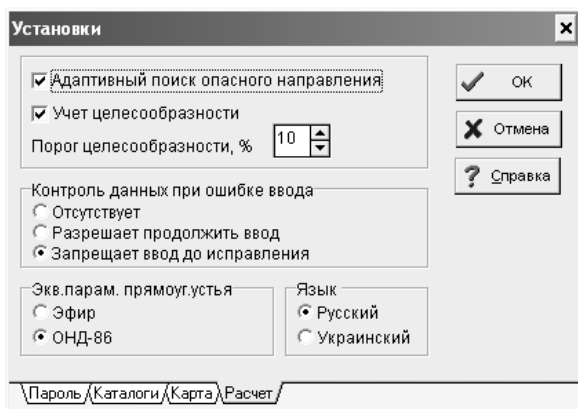


Закладка **Пароль** використовується під час першого запуску програми після її інсталяції.

Закладка **Каталоги** використовується для вибору зовнішніх додатків для роботи з вихідними документами програми. Програма ЕОЛ+ використовує зовнішні додатки Microsoft Windows (Winword, Paint, Excel) для перегляду, обробки й роздрукування текстових і графічних документів. Тому до початку роботи з документами додатки повинні бути призначені.

Закладка **Карта** дозволяє задавати формат висновку карти ізоліній та її вигляд – зображення нормативної санітарно-захисної зони й різні рівні концентрацій ізоліній.

Закладка **Расчет** слугує для установлення опцій управління розрахунком, задання параметрів введення початкових даних, вибору мови введення і формування вихідних документів.



Опція «Адаптивный поиск опасного направления» прискорює процедуру розрахунку. У разі вимкненої опції пошук небезпечного напрямку здійснюється простим перебором напрямів в інтервалі від 0 до 360 градусів із заданим кроком.

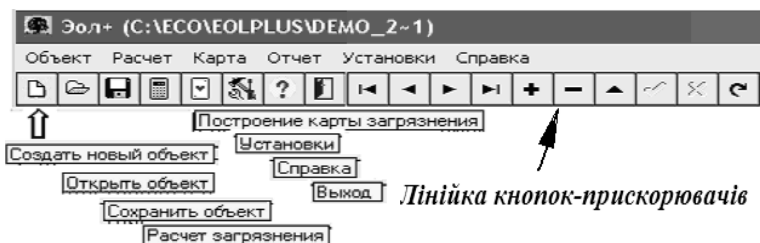
Опція «Запрещает ввод до исправления» під час введення початкових даних для розрахунку не дозволяє продовжити введення даних до усунення допущеної помилки.

Для вибору мови формування документів (російська або українська) вибір мови необхідно виконати до формування списку речовин, щоб уникнути змішення різномовних назв у вихідних документах і картах.

Меню «Справка» призначене для роботи з довідковою інформацією.

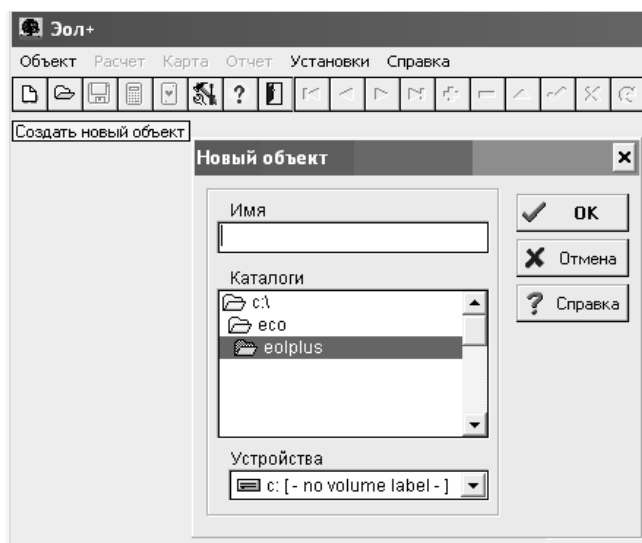
Для зручності роботи з програмою ЕОЛ+ окремі, найбільш часто використовувані пункти меню, продубльовані кнопками-прискорювачами.

Лінійка кнопок-прискорювачів розташована безпосередньо під головним меню. Значки у кнопках відповідають їх функціям, крім того, у разі зупинки курсору над кнопкою висвічується підказка про функцію, що виконується під час натиснення цієї кнопки.



Для виходу з програми ЕОЛ+ необхідно вибрати пункт меню «Объект | Выход».

2.2. Створення нового об'єкта



Для створення нового об'єкта слід вибрати пункт меню «Объект/Создать».

У діалоговому вікні, що з'являється на екрані, «Новый объект» у списку доступних каталогів вибрати каталог,

який буде кореневим для каталогу нового об'єкта. Потім увести в рядок редагування латинськими літерами ім'я каталогу нового об'єкта (до 8-ми літер, якщо ім'я без крапки або до 11-ти літер, три останні з яких відокремлені від інших крапкою). Після цього слід натиснути мишею кнопку «ОК».

2.3. Уведення і редагування початкових даних

Дані, необхідні для розрахунку забруднення повітря, зберігаються у файлах бази даних і відображаються органами управління базою даних – сітками. Для зручності користування є декілька сіток, дані в яких згруповані за певними ознаками. Кожен рядок у сітці відповідає запису в базі даних, а кожна колонка сітки відповідає полю запису. Заголовки колонок є фіксованими. Для докладнішого пояснення фізичної суті величини, що вноситься в комірку відповідної колонки, слугують ярлики-підказки, що висвічуються поряд з таблицею в разі натискання лівою кнопкою миші по відповідній комірці. Фіксованими також є комірки першої колонки, вони слугують для вказівки стану поточного рядка (запису). Якщо поля запису не коригувалися, навпроти відповідного рядка в першій колонці таблиці стоїть знак «>>». Якщо хоча б одне поле поточного рядка коригувалося, у першій колонці стоїть знак «>».

Для управління редагуванням сітки слугує навігатор.

Навігатор – це сукупність кнопок, маркірованих значками, розташованих на одній лінійці з кнопками-прискорювачами.

Кожна кнопка виконує одну функцію над поточним записом бази даних. До цих функцій відносяться послідовне переміщення із запису на запис, переміщення на перший і останній запис, додавання і видалення запису, збереження та відміна змін, зроблених під час редагування.



Для зручності користування під час установки курсору на відповідну кнопку навігатора поруч з нею висвічується ярличок з підказкою про функцію, що виконується цією кнопкою. Таким чином, процедура внесення даних до таблиці та їх редагування зводиться до створення необхідної кількості рядків за допомогою кнопок навігатора «Добавить запись» і «Удалить запись», внесення даних до комірок кожного рядка та збереження змін за допомогою кнопки навігатора «Сохранить изменения». Кнопка «Отменить изменения» потрібна під час редагування наявних записів.

Для переходу від сітки до сітки слугують ярлики-закладки з найменуваннями таблиць даних, розташовані в нижній частині головного вікна програми ЕОЛ+.

Якщо передбачено автоматичне редагування поля, то натиснувши двічі по відповідній комірці сітки, можна викликати відповідне діалогове вікно.

Дані до комірок сітки вносяться в натуральній формі. Цілі та дробові частини десяткових чисел розділяються крапками.

Заповнювати таблиці необхідно послідовно, тобто спочатку таблицю географічної прив'язки, потім таблицю промайданчиків, джерел і т. д. Послідовність заповнення сіток указують ярлички в нижній частині екрана.

Виняток становлять таблиця характеристик забруднюючих речовин і таблиця груп речовин однонаправленої дії (груп сумачії) – їх можна заповнювати в будь-якій послідовності, оскільки дані цих таблиць є нормативно-довідковими. Таблиця фонових концентрацій логічно підпорядкована тільки таблиці географічної прив'язки й метеоумов, так що її можна заповнювати відразу ж після вказаної таблиці. Рекомендується заповнювати таблицю речовин до заповнення таблиці характеристик викиду джерел, оскільки при цьому деякі поля можна заповнити автоматично.

Таблиця груп сумачії заповнюється автоматично під час входу до неї, виходячи з переліку забруднюючих речовин, що міститься в таблиці речовин. Зміну ключових полів у заповнених сітках, навпаки, рекомендується проводити у зворотній послідовності.

Дані про ключові поля таблиць верхніх рівнів виводяться в заголовку поточної таблиці, тобто, наприклад, для таблиці характеристик джерел викиду заголовки матиме вигляд: *«Миколаїв, проммайданчик АБЗ, джерело 10»*. Якщо назви населених пунктів і проммайданчиків не введені, то в заголовку таблиці виводяться їхні коди. Якщо вміст величини, що вводиться до комірки, залежить від умісту іншої комірки, то назва комірки містить ризик, а ярличок – підказки, який з'являється під час входження до комірки, і підказка, що виводиться в рядку стану, пояснює, яку саме величину треба ввести.

Зроблені поправки в рядку слід зберегти натисканням кнопки навігатора *«Сохранить изменения»* або відмінити натисканням кнопки *«Отменить изменения»*. Можливо також зберегти зміни у всій таблиці, вибравши пункт меню *«Объект | Сохранить»*.

Географічна прив'язка й метеорологічні умови. Сітка таблиці географічної прив'язки й метеоумов стає видимою відразу після створення нового об'єкта або відкриття існуючого. Під час створення нового об'єкта ця сітка містить один рядок. Перша комірка цієї сітки – код міста і є ключовим полем для таблиці проммайданчиків, таблиці джерел викиду, таблиці складу та характеристик викиду і таблиці фонових концентрацій, тому під час її редагування необхідно стежити, щоб цей код був унікальним.

Обов'язковим є заповнення поля, що характеризує поворот міської системи координат відносно глобальної (якщо цей кут відрізняється від нуля), а також полів, що характеризують значення середньої температури найжаркішого й найхолоднішого місяців, граничної швидкості вітру та регіонального коефіцієнта стратифікації атмосфери. Поля, що характеризують процентний розподіл повторюваності напрямів вітру по румбах (розу вітрів) для даної місцевості, треба заповнювати тільки тоді, коли необхідна побудова розрахункової санітарно-захисної зони.

Опис проммайданчика. Заповнення і редагування сітки проммайданчика відбувається таким чином: сітка проммайданчика для створеного об'єкта містить один рядок. Перша комірка цього рядка – код проммайданчика і є ключовим полем для таблиці джерел викиду й таблиці складу та характеристик викиду. Тому під час редагування необхідно стежити за тим, щоб код проммайданчика був унікальним.

У деяких випадках використовується заводська система координат. До того ж необхідно заповнити поля, що характеризують початок координат проммайданчика і кут повороту заводської системи координат відносно міської. Якщо координати джерел задаються в міській системі координат, то ці поля можуть бути порожніми або містити нульові значення.

Перелік забруднюючих речовин. Програма ЕОЛ+ містить базу нормативно-довідкової інформації із забруднюючих речовинах і груп сумачії. Проте під час опису об'єкта доводиться використовувати лише невелику кількість речовин для пошуку яких слугує сітка переліку забруднюючих речовин. Ключових полів ця сітка не має. Поля цієї сітки можуть заповнюватися автоматично.

Для автоматичного заповнення полів кожного рядка, необхідно двічі натиснути лівою кнопкою миші по комірці в колонках *«Код вещества»*, *«Вещество»* або *«ПДК»*. З'явиться діалогове вікно *«Поиск вещества»*, що містить список речовин, комбінований список з рядком редагування для пошуку необхідної речовини за її назвою або кодом і кнопку *<Поиск>*. Назву (повну чи неповну) або код речовини необхідно ввести до рядка редагування комбінованого списку і натиснути кнопку *<Поиск>*. Якщо в рядку редагування містяться лише цифри, відбувається пошук за кодом, інакше пошук виконується за назвою. У результаті пошуку покажчик списку буде встановлений на рядок з назвою, найближчою до введеної.

У разі потреби пошук можна повторити з будь-якого місця у списку. Після досягнення кінця списку з'являється повідомлення про це з пропозицією продовжити пошук з початку списку. Результат пошуку можна уточнити, переміщуючи покажчик списку. Для передачі даних до комірок сітки слід натиснути кнопку ОК. До того ж діалогове вікно зникає, а комірки *«Код вещества»*, *«Вещество»* і *«ПДК»* заповнюються відповідними значеннями з бази даних.

Комірка *«Коэффициент упорядоченного оседания»* повинна коригуватися вручну. За умовчанням у ній проставляється значення коефіцієнта, що дорівнює одиниці.

Групи сумації. Сітка груп сумації заповнюється автоматично під час входження в неї. Ця сітка не має ключових полів. Програма ЕОЛ+ аналізує перелік забруднюючих речовин, що викидаються підприємством, порівнює його з переліком груп сумації, що входить до бази нормативно-довідкової інформації і на підставі цього об'єднує речовини однонаправленої дії у групи.

Необхідні відомості про групи можна одержати, двічі натиснувши лівою кнопкою миші по будь-якому з полів таблиці. До того ж з'являється діалогове вікно «*Группы суммации*», у якому відображаються код групи, її склад і коефіцієнт потенціювання. Користуючись цим діалоговим вікном, сітку груп сумації можна заповнювати вручну. Для цього необхідно створити в сітці порожній рядок за допомогою кнопки навігатора «*Добавить запись*», потім двічі натиснути лівою кнопкою миші по будь-якому осередку цього рядка. У разі появи діалогового вікна «*Группы суммации*» слід вибрати необхідний код групи, орієнтуючись на статичний список складу й натиснути на кнопку ОК – рядок сітки буде заповнений автоматично. Після цього зберегти зміни, натиснувши на кнопку навігатора «*Сохранить изменения*».

Фонові концентрації. Сітка фонових концентрацій містить дані про концентрації забруднюючих речовин, які не утворюються досліджуванім підприємством. Перша комірка цієї сітки «*Код города*» є ключовим полем. Якщо під час розрахунку забруднення повітря повинні враховуватися фонові концентрації, то обов'язковому заповненню підлягають три комірки сітки: код шкідливої речовини, варіант завдання фона і значення фонові концентрації. Перші дві комірки можуть заповнюватися або редагуватися автоматично.

Для автоматичного заповнення комірки *«Код вещества»*, необхідно двічі натиснути на неї лівою кнопкою миші. З'явиться діалогове вікно *«Вещества»*, що містить список речовин і рядок редагування для організації пошуку. Список містить тільки найменування речовин, що увійшли до таблиці *«Перечень веществ»*. Якщо цей список невеликий, то можна просто відзначити в ньому необхідну речовину й натиснути на кнопку ОК. Якщо список, навпаки, великий, то для швидкого пошуку слід ввести в рядок редагування назву необхідної речовини й натиснути на клавішу ENTER. Після натискання на кнопку ОК, код речовини буде переданий до комірки сітки. Такі ж дії слід зробити для автоматичного редагування комірки.

Для автоматичного заповнення або редагування комірки *«Вариант задания фона»*, необхідно двічі натиснути на неї лівою кнопкою миші. До того ж з'являється діалогове вікно *«Вариант задания фона»*, у якому слід вибрати варіант завдання фона і клацнути кнопкою ОК. Код варіанта завдання фона буде занесений у відповідну комірку. Після заповнення комірок рядка слід натиснути на кнопку навігатора *«Сохранить изменения»*.

Джерела викиду. Сітка характеристик джерел викиду для нового об'єкта містить один рядок. Кількість рядків сітки дорівнює кількості джерел викиду, що знаходяться на відповідному промайданчику. Необхідна кількість рядків створюється за допомогою кнопок навігатора *«Добавить запись»* і *«Удалить запись»*.

Кожен рядок заповнюється таким чином: до комірки *«Код источника»* вноситься код джерела, що є ключовим для таблиці характеристик викиду і має бути унікальним. Комірка *«Код модели»* повина містити число 444 для точкового джерела з круглим отвором, 666 – для точкового

джерела з прямокутним отвором або 555 – для лінійного джерела. Для майданчикowego джерела в цій комірці про- ставляється значення гострого кута, джерела, що склада- ється довгою стороною, з віссю *OX* заводської, міської або глобальної системи, у якій задані координати джерела. Для автоматичного заповнення або редагування цієї комірки необхідно двічі натиснути на неї лівою кнопкою миші, після чого з'явиться діалогове вікно «*Модель источника*». У ньому необхідно вибрати потрібну модель, натиснувши на відповідну кнопку, а також увести значення кута пово- роту джерела. За умовчанням це значення дорівнює 0. Після вибору моделі слід натиснути на кнопку ОК – код моделі буде переданий у комірку.

Залежно від моделі джерела решта комірок заповню- ється по-різному. Дані в одній і тій самій комірці можуть бути різними за змістом. Порядок заповнення комірок у цій таблиці наступний:

комірка «*Коэффициент рельефа*» для всіх типів джерел повинна містити значення коефіцієнта рельєфу. Заповнення цієї комірки обов'язкове, нульове значення неприпустиме.

Комірки «*X начала*» і «*Y начала*» для точкових і майдан- чикових джерел повинні містити координати центра симет- рії. Для лінійних джерел ці комірки повинні містити коорди- нати початку лінійного джерела.

Комірки «*X конца*» і «*Y конца*» для точкового джерела з круглим отвором ігноруються і можуть набувати будь- якого значення або бути порожніми. Для точкового джерела з прямокутним отвором ці комірки повинні містити довжину й ширину отвору. Для майданчикowego джерела в цих комір- ках про- ставляється довжина й ширина джерела.

Комірка «*Высота источника*» для всіх типів джерел містить значення висоти джерела.

Комірка *«Діаметр/Скорість»* для точкових джерел з круглим отвором і майданчикових джерел, що містять сукупність точкових, містить значення діаметра отвору. Для точкових джерел з прямокутним отвором ця комірка ігнорується. Для лінійних джерел у цій комірці повинно бути значення швидкості виходу пилогазоповітряної суміші. Для майданчикових джерел типу ставка-відстійника за будь-якої залежності потужності викиду від швидкості вітру ця комірка повинна містити нульове значення або бути порожньою.

Комірка *«Расход ПГВС»* для точкових, лінійних і майданчикових джерел, що містять сукупність точкових, містить значення витрати пилогазоповітряної суміші. Для майданчикових джерел типу ставка-відстійника за будь-якої залежності потужності викиду від швидкості вітру ця комірка повинна містити нульове значення або бути порожньою.

Комірка *«Температура ПГВС»* для всіх типів джерел містить значення температури пилогазоповітряної суміші, що викидається.

Комірка *«Класс опасности»* містить код класу небезпеки за СН-245-71. Ця комірка може заповнюватися або редагуватися автоматично. Для цього необхідно двічі натиснути на неї лівою кнопкою миші. З'явиться діалогове вікно *«Класс опасности»*, де натискуванням на відповідну кнопку слід вибрати потрібний клас небезпеки й натиснути на кнопку ОК – вибраний код буде переданий до комірки.

Після заповнення або редагування рядка слід зберегти зміни, натиснувши на кнопку навігатора *«Сохранить изменения»*.

Склад і характеристики викиду. Сітка таблиці складу й характеристик викиду для створеного об'єкта містить один рядок. Кількість рядків у сітці дорівнює кількості

речовин, що викидаються джерелом. Потрібна кількість рядків створюється за допомогою кнопок навігатора «Добавить запись» і «Удалить запись». Кожен рядок заповнюється таким чином: до комірки «Код вещества» вводиться код речовини, що викидається джерелом. Ця комірка може заповнюватися і редагуватися автоматично шляхом подвійного натискування лівою кнопкою миші (так само, як заповнюється аналогічна комірка в таблиці фонових концентрацій). Під час автоматичного заповнення цієї комірки одночасно заповнюється комірка «Коэффициент упорядоченного оседания».

2.4. Уведення завдання для розрахунку

Загальні умови розрахунку задаються під час вибору ярлика «Задание на расчет». До того ж з'являється сітка таблиці «Задание на расчет». Перше поле таблиці «Код города» заповнюється програмою ЕОЛ+. Решта елементів таблиці заповнюється за потреби.

Для обліку фонових концентрацій під час розрахунку комірка «Фон» повинна містити одиницю. При нульовому значенні або порожній комірці розрахунок виконується без урахування фону.

Комірка «Количество вкладов» містить кількість джерел (до 5-ти), що вносять найбільший відсоток у забруднення розрахункової точки. За умовчанням ця кількість дорівнює п'яти. Якщо джерел менше за 5, кількість внесків береться за фактичною кількістю джерел.

Комірка «Максимальные концентрации» визначає кількість точок найбільших концентрацій, що наводяться у вихідних документах. За умовчанням це значення дорівнює 10.

Комірки «*Скорость ветра 1*» ... «*Скорость ветра 5*» і «*Скорость в долях 1*» – «*Скорость в долях 5*» містять значення швидкості вітру, для яких виконується розрахунок, відповідно, у метрах на секунду і частках середньозваженої небезпечної швидкості. Якщо ці комірки не заповнюються, то програма ЕОЛ+ за умовчанням використовує значення, що відповідають штилю (0,5 м/с), 0,5, 1 та 1,5 середньозваженої небезпечної швидкості.

Комірка «*Шаг*» містить величину кроку пошуку небезпечного напрямку вітру. Якщо ця комірка не заповнюється, то за умовчанням крок пошуку береться рівним 10-ти градусів. Якщо необхідно виконати розрахунок за фіксованого напрямку вітру, цю комірку можна не заповнювати, оскільки значення у ній ігнорується.

Комірка «*Расчет при направлении*» слугує для завдання одного фіксованого напрямку вітру, за якого проводиться розрахунок. Напрямок задається у градусах щодо осі *ОХ*. Якщо цю комірку залишити порожньою, то програма ЕОЛ+ сама проводить пошук небезпечного напрямку вітру.

Під час натискання на ярлик «*Промплощадки для расчета*» з'являються два списки проммайданчиків і дві кнопки для додавання й видалення елементів списку. Лівий список містить повний перелік проммайданчиків даного об'єкта, а правий список містить список проммайданчиків, що враховуються під час розрахунку.

Для вибору проммайданчиків, що враховуються під час розрахунку, необхідно відзначити їх у лівому списку й натиснути на кнопку « $\rightarrow$ » (стрілка вправо). Позначені проммайданчики з'являться у правому списку. Для видалення проммайданчиків з правого списку необхідно позначити їх і натиснути на кнопку « $\rightarrow$ » (стрілка вліво). Обидва списки підтримують множинний вибір.

Під час натискання на ярлик *«Вещества для расчета»* з'являються два списки речовин і дві кнопки для додавання та видалення елементів списку. Лівий список містить повний перелік речовин, що викидаються підприємством, а правий список містить список речовин, що враховуються під час розрахунку.

Для вибору речовин, що враховуються під час розрахунку, необхідно відзначити їх у лівому списку й натиснути на кнопку « → » (стрілка вправо). Позначені речовини з'являються у правому списку. Для видалення речовин з правого списку необхідно позначити їх і натиснути на кнопку « → » (стрілка вліво). Обидва списки підтримують множинний вибір.

Під час натискання на ярлик *«Группы суммации для расчета»* з'являються два списки кодів груп сумачії і дві кнопки для додавання та видалення елементів списку. Лівий список містить повний перелік кодів груп речовин, що викидаються підприємством, а правий список містить список кодів груп, що враховуються під час розрахунку.

Для вибору груп, що враховуються під час розрахунку, необхідно відзначити їх у лівому списку й натиснути на кнопку « → » (стрілка вправо). Позначені групи з'являються у правому списку. Для видалення груп з правого списку необхідно позначити їх і натиснути на кнопку « → » (стрілка вліво). Обидва списки підтримують множинний вибір.

Для розрахунку концентрацій забруднюючих речовин вибирається прямокутна територія, розміри якої визначаються, виходячи з максимальної висоти джерела викиду – розрахунковий майданчик.

Розмір розрахункового прямокутника повинен бути в радіусі до 50-ти висот найвищого джерела викиду, але не менше ніж 2 км. Крок сітки для підприємств 1-го

та 2-го класу небезпеки складає 250 м, 3-го класу – 100 м, 4-го класу – 50 м, 5-го класу – 25 м.

Задання розмірів розрахункового майданчика й розрахункової сітки зводиться до задання координат центра симетрії розрахункового майданчика, його довжини й ширини, кроку розрахункової сітки по обох координатах і кута повороту розрахункового майданчика, якщо його сторони не паралельні осям основної системи координат. Для цього необхідно натиснути на ярлик *«Расчетные площадки»* і висвітиться сітка з одного рядку. Потім за допомогою кнопок навігатора *«Добавить запись»* і *«Удалить запись»* необхідно створити рядки за числом розрахункових майданчиків і обов'язково заповнити всі комірки сітки.

До комірки *«Код площадки»* заноситься унікальний ненульовий код розрахункового майданчика.

Довжина й ширина розрахункового майданчика можуть дорівнювати нулю, до того ж розраховується концентрація в одній точці, що співпадає з центром розрахункового майданчика. Крок розрахункової сітки по осях X і Y повинен бути ненульовим, однаковим по обох осях і визначається залежно від класу небезпеки джерел. Для достатньої точності розрахунку сторона розрахункового майданчика повинна розбиватися не менш ніж на 10 частин.

У комірці *«Признак зоны»* слід обрати характеристику розрахункового майданчика як робочої, селітебної або курортної зони.

Після заповнення рядка таблиці слід натиснути на кнопку навігатора *«Сохранить изменения»*.

Програма ЕОЛ+ дозволяє розраховувати концентрації забруднюючих речовин в окремих точках, що задаються користувачем. Окремі розрахункові точки умовно об'єднуються в розрахунковий майданчик із зарезервованим

кодом 0. Для задання координат розрахункових точок і ознак території, на якій вони знаходяться, необхідно натиснути на ярлик *«Расчетные точки»* і внести відповідні дані до комірок сітки.

Координати точки вносяться до комірок *«X точки»* і *«Y точки»*. Розрахункові точки можуть знаходитися на селітебній або курортній території, що необхідно вказати в комірці *«Признак зоны»*.

Після заповнення рядка таблиці слід натиснути на кнопку навігатора *«Сохранить изменения»*.

2.5. Контроль даних

Контроль даних, внесених до бази, виконується як безпосередньо під час внесення, так і перед розрахунком. Якщо під час запуску розрахунку одержано повідомлення про неприпустиме значення деякої величини, то необхідно натисканням на відповідний ярлик візуалізувати відповідну сітку й відкоригувати дані.

2.6. Розрахунок

Після того, як початкові дані занесені в таблицю, виконується розрахунок, якщо контроль даних та таблиць завдання на розрахунок не виявив помилок.

На попередньому етапі розрахунку визначаються максимальна концентрація забруднюючої речовини, відстань, на якій приземна концентрація забруднюючої речовини досягає максимального значення за несприятливих метеоумов, і небезпечна швидкість вітру.

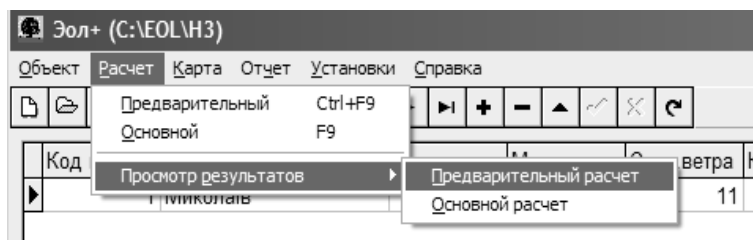
На етапі основного розрахунку за цими величинами визначаються концентрації забруднюючих речовин

у заданих точках і внески джерел. У програмі ЕОЛ+ є можливість автономного виконання попереднього розрахунку. Під час запуску основного розрахунку попередній розрахунок виконується автоматично.

Для запуску попереднього розрахунку необхідно вибрати пункт меню «*Расчет | Предварительный*». До того ж після контролю даних на екрані з'являється діалогове вікно модуля попереднього розрахунку з індикатором, що відображує динаміку розрахунку. Після закінчення розрахунку кнопка ОК цього діалогового вікна стає доступною. Натиснувши на неї, можна перейти до діалогового вікна перегляду результатів попереднього розрахунку. Якщо у процесі попереднього розрахунку виникли помилки, доступною стає тільки кнопка «*Отмена*». Під час натискання на цю кнопку відбувається вихід у редактор таблиць програми ЕОЛ+. У цьому випадку необхідно з'ясувати причину помилки й повторити розрахунок.

Для запуску основного розрахунку необхідно вибрати пункт меню «*Расчет | Основной*». До того ж після контролю даних з'являється діалогове вікно модуля основного розрахунку з індикатором, що відображує динаміку розрахунку. За відсутності помилок після закінчення розрахунку кнопка ОК діалогового вікна стає доступною. Натиснувши на неї, можна перейти до діалогового вікна перегляду результатів основного розрахунку. Після виходу з цього вікна, можна приступити до формування графічного представлення результатів розрахунку (карт забруднення розрахункових майданчиків тими або іншими забруднюючими речовинами і групами сумації) та загального звіту (вихідних документів).

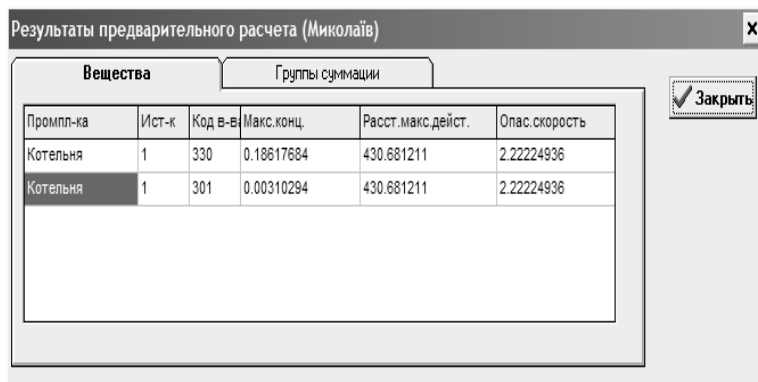
Перегляд результатів попереднього розрахунку



Діалогове вікно для перегляду результатів попереднього розрахунку викликається під час вибору пункту меню «*Расчет | Просмотр результатов | Предварительный расчет*».

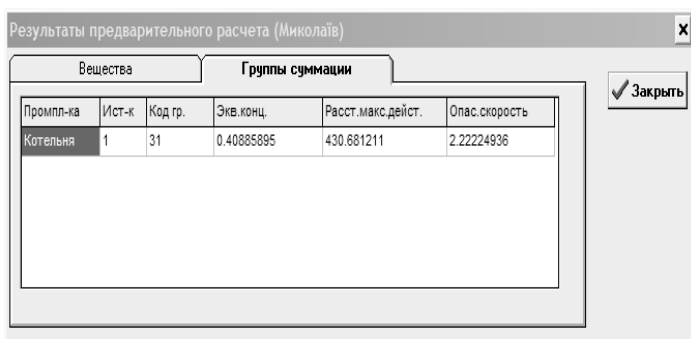
Це діалогове вікно містить блокнот з двома сторінками, кожна з яких зі свого боку містить передбачену сітку для відображення даних.

На першій сторінці відображуються значення максимальної концентрації, відстані, на якій вона досягається, і небезпечна швидкість вітру для усіх джерел та усіх речовин розрахункового майданчика.



На другій сторінці відображуються еквівалентна концентрація, відстань, на якій вона досягається, і небезпечна швидкість вітру для всіх груп сумачії розрахункового майданчика.

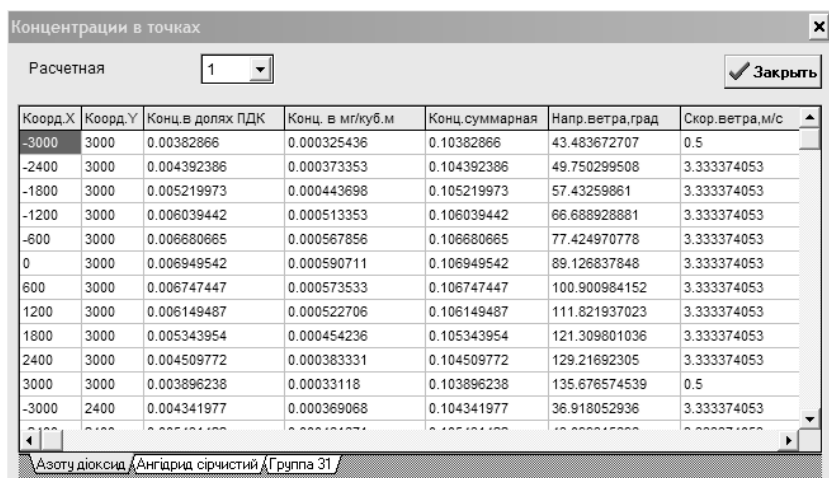
Для перегортання сторінок необхідно натиснути лівою кнопкою миші на закладку потрібної сторінки. Для виходу з діалогового вікна необхідно натиснути на кнопку ОК.



Перегляд результатів основного розрахунку

Діалогове вікно для перегляду результатів основного розрахунку викликається під час вибору пункту меню «Расчет | Просмотр результатов | Основной расчет».

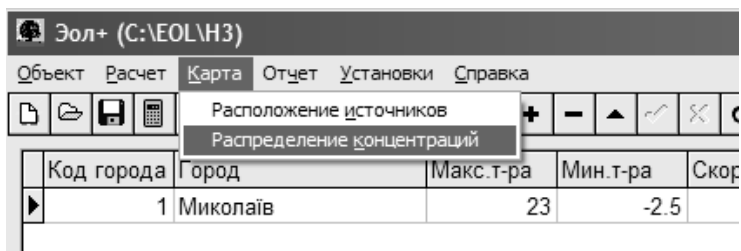
Це діалогове вікно містить комбінований список і ґрупувану сітку.



Комбінований список призначений для вибору розрахункового майданчика. Сітка призначена для перегляду значень концентрацій у заданих точках і внесків джерел у концентрації забруднюючих речовин у заданих точках. Вибір речовини або групи сумарної виконується натисканням лівої кнопки миші на ярлик з назвою розрахункової речовини або групи сумарної в нижній частині діалогового вікна.

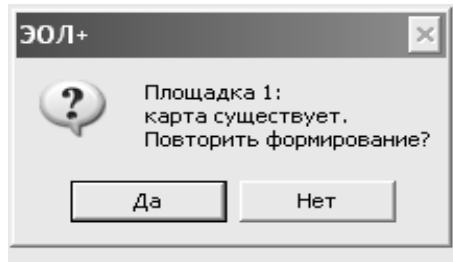
Для виходу з діалогового вікна слід натиснути на кнопку «Закрити».

Побудова карти-схеми розподілу концентрацій забруднюючих речовин на розрахунковому майданчику (карти забруднення) є можливою тільки по закінченні основного розрахунку. До того ж пункти меню, що керують побудовою карти, стають доступними.

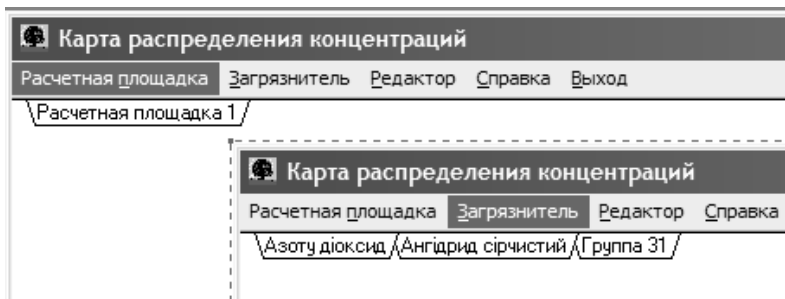


Для побудови карти забруднення необхідно вибрати пункт меню «Карта | Распределение концентраций».

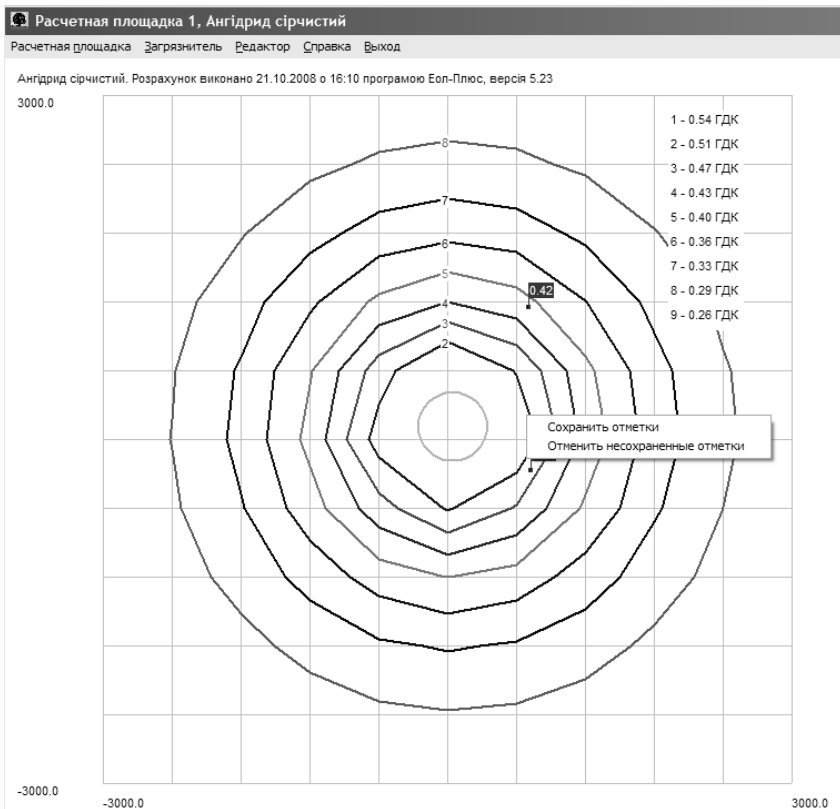
Якщо файл, у якому зберігається карта, уже існує, видається запит на повторне формування карти. Залежно від відповіді карта або буде сформована знову, або буде збережений існуючий файл. Далі буде активізована вбудована графічна підсистема для перегляду карти, яка збирає всі сформовані карти в єдиний атлас.



Для вибору, перегляду та обробки карт вікно графічної підсистеми має меню для вибору розрахункового майданчика й забруднювача, для яких побудована карта і повернення до програми ЕОЛ+. Під час вибору пунктів меню «*Расчетная площадка*» і «*Загрязнитель*» з'являються ярлики з переліком розрахункових майданчиків та забруднювачів.



Розрахункові майданчики й забруднювачі вибираються натисканням на ці ярлики. Коли вибрані і розрахунковий майданчик, і забруднювач, карта стає видимою та доступною для обробки.



Для визначення концентрації забруднюючої речовини в точці на карті необхідно двічі натиснути лівою кнопкою миші на цю точку. Програма ЕОЛ+ інтерполіє значення концентрації в цій точці на підставі відомих концентрацій у найближчих вузлах розрахункової сітки й відобразить на карті всередині прямокутника червоного кольору.

Для масштабування і друку карти в растровому форматі використовується зовнішній процесор растрової графіки – стандартний редактор Paintbrush. Для переходу в редактор потрібно вибрати пункт меню «Редактор».

Якщо карта виходить нелегкою для читання, необхідно зменшити крок розрахункової сітки, повторити розрахунок, а потім повторити побудову карти.

2.7. Звіт

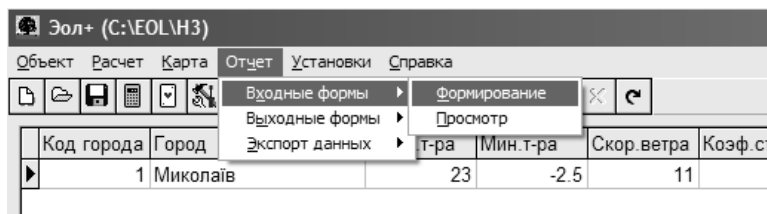
Звіт – це сукупність вихідних документів, які відображають початкові дані, умови й результати розрахунку забруднення повітря забруднюючими речовинами. Ці документи у програмі ЕОЛ+ умовно поділяються на вхідні і вихідні форми.

До вхідних форм відносяться документи, що містять таблиці початкових даних і завдання на розрахунок.

До вихідних форм відносяться документи, що містять таблиці концентрацій забруднюючих речовин у точках розрахункової сітки й окремих розрахункових точках, а також таблиці точок найбільших концентрацій.

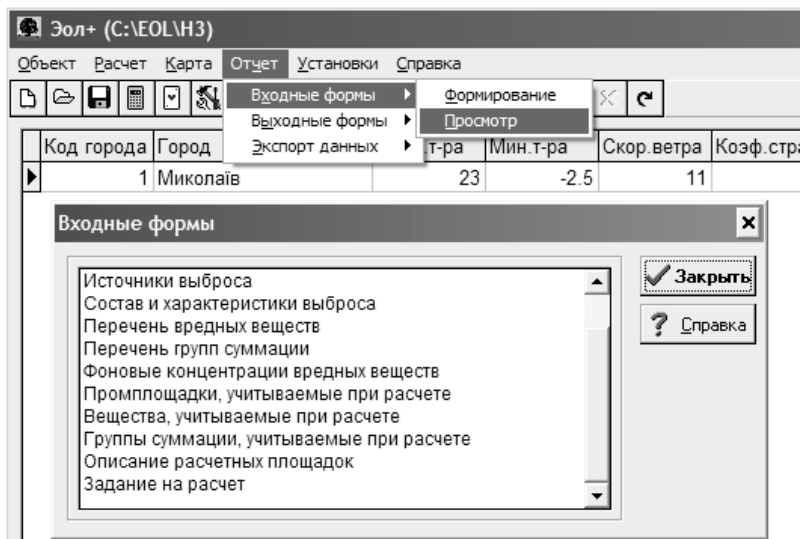
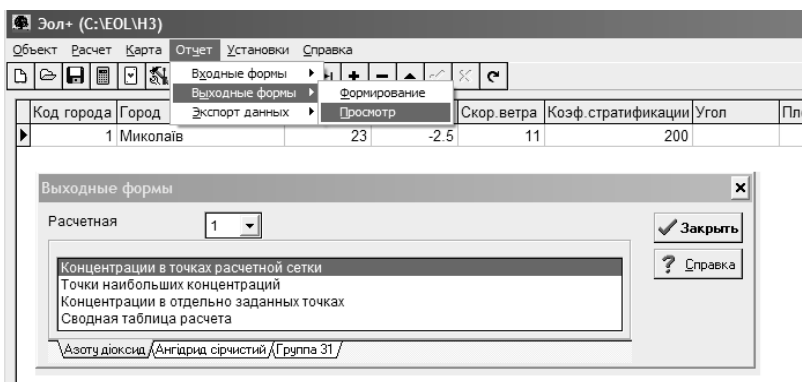
Указані документи й карти формуються генератором звітів програми ЕОЛ+.

Для формування вхідних форм слід вибрати пункт меню «Отчет | Входные формы | Формирование». Аналогічно, для формування вихідних форм слід вибрати пункт меню «Отчет | Выходные формы | Формирование».



Для перегляду і друку вхідних форм слід вибрати пункт меню – «Отчет | Входные формы | Просмотр», аналогічно, для перегляду і друку вихідних форм слід вибрати пункт меню – «Отчет | Выходные формы | Просмотр».

У першому випадку на екрані з'являється діалогове вікно генератора звітів «Входные формы», а у другому – діалогове вікно «Выходные формы». Обидва діалогові вікна містять списки форм, що формуються.



Діалогове вікно вихідних форм відрізняється від діалогового вікна вхідних форм наявністю комбінованого списку та ярликів для вибору розрахункового майданчика, речовини і групи сумації, для яких формуються вихідні документи.

Для перегляду і друку сформованих вихідних документів необхідно за допомогою комбінованого списку *«Расчетная площадка»* та ярликів, відповідних забруднюючим речовинам і групам сумації вибрати розрахунковий майданчик та забруднювач, для яких формуються вихідні документи. Поточні коди розрахункового майданчика й забруднювача відображаються в заголовку списку вихідних форм.

Для перегляду та друку вхідних і вихідних форм необхідно двічі натиснути лівою кнопкою миші на назву форми у списку. До того ж програма ЕОЛ+ викликає відповідний зовнішній додаток – процесор текстів або графічний редактор. Перегляд і роздруковування документа або карти-схеми виконується за допомогою меню відповідного зовнішнього додатка.

Кожен вхідний або вихідний документ містить заголовок, у якому наведені дата і час розрахунку, а також версія програми ЕОЛ+.

Приклад виконання варіанта завдання й оформлення результатів розрахунку розсіювання забруднюючих речовин з використанням програми ЕОЛ+ наведений у дод. Б.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. Госкомгидромет, 1987. Ленинград : Гидрометеиздат. 94 с.

2. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.07.1996 р. № 173.

3. Нормативи гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел : наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 р. № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text>.

4. *Екологія міста* (урбоекологія) : підруч. Київ : Лібра, 2000. 464 с.

5. Благодатний В. В., Магась Н. І. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля». Частина 1. Миколаїв : НУК, 2011. 58 с.

6. Магась Н. І. Методичні вказівки до виконання та оформлення курсової роботи з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів спеціальності 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки» денної та заочної форм навчання. Миколаїв : Видавець Торубара В. В. 2021. 52 с.

7. Сторожук В. М., Батлук В. А., Назарук М. М. Промислова екологія : підруч. Львів : Українська академія друкарства, 2006. 547 с.

8. Северін Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Ч. 1. Захист атмосфери. Вінниця : ВНТУ, 2012. 388 с.

9. Апостолюк С. О., Джигирей В. С., Соколовський І. А. та ін. Промислова екологія: навч. посіб. 2-ге вид., випр. і доп. Київ : Знання, 2012. 430 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Приклад розрахунку концентрації шкідливої речовини в приземному шарі атмосфери за методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств – ОНД-86

Визначити концентрацію шкідливих речовин в атмосферному повітрі в районі джерела їх викиду за несприятливих метеорологічних умов. Речовини викидаються з димової труби котельної, розміщеної на відкритій рівній місцевості в м. Миколаїв.

Вихідні дані:

1. Характеристика джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря:

№ з/п	H, м	D, м	Координати джерела, м		ω_0 , м/с	V_1 , м ³ /с	T_r , °C	Назва речовини	M, г/с
			X	Y					
1	35	1,4	44	113	7	10,8	127	Ангідрид сірчистий	12

Клас підприємства відповідно до санітарної класифікації – «третій».

Для комп'ютерних розрахунків беремо розмір розрахункового прямокутника – 2000×2000 м. Координати центра: $X = 0$; $Y = 0$. Крок розрахункової сітки по осям X і Y – 100 м.

2. Метеорологічні характеристики та коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі:

коефіцієнт температурної стратифікації атмосфери $A = 200$;

коефіцієнт рельєфу місцевості $\eta = 1$.

Середня максимальна температура зовнішнього повітря найжаркішого місяця року – 27°C , а найхолоднішого місяця – -7°C

Середньорічна роза вітрів, %

ПН	ПН-С	С	ПД-С	ПД	ПД-З	З	ПН-З
22	14	12	7	13	8	10	14

Швидкість вітру (N) (за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5 % – 11 м/с.

Фонові концентрації азоту діоксиду – $0,1 \text{ мг/м}^3$; ангідриду сірчастого – $0,2 \text{ мг/м}^3$.

Розв'язання:

1. Об'ємна витрата газоповітряної суміші V_1

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 7 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Беремо температуру навколишнього середовища рівною температурі найжаркішого місяця. Тоді перегрів газоповітряної суміші ΔT

$$\Delta T = T_r - T_a = 127 - 27 = 100^{\circ}\text{C}.$$

3. Параметр f

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \cdot \frac{7^2 \cdot 1,4}{35^2 \cdot 100} = 0,56.$$

4. Параметр V_M

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{10,8 \cdot 100}{35}} = 2,04.$$

5. Параметр V'_M

$$V'_M = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} = 1,3 \cdot \frac{7 \cdot 1,4}{35} = 0,36.$$

6. Параметр f_e

$$f_e = 800 \cdot (V'_M)^3 = 800 \cdot (0,36)^3 = 37,32.$$

7. Параметр m

$$\begin{aligned} m &= \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \\ &= \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,56} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,56}} = 0,98. \end{aligned}$$

8. Параметр n

$$n = 1 \text{ при } V_M > 2.$$

9. Небезпечна швидкість вітру u_M

$$u_M = V_M \cdot (1 + 0,12\sqrt{f}) = 2,04 \cdot (1 + 0,12\sqrt{0,56}) = 2,2 \text{ м/с}.$$

10. Параметр d

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{2,04} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,56}) = 12,3.$$

11. Максимальна концентрація сірчистого ангідриду C_M

$$C_{M(\text{SO}_2)} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 100}} = 0,19 \text{ мг/м}^3.$$

12. Відстань x_m від джерела викиду, на якій приземна концентрація C_m за НМУ має найбільше значення

$$x_m = \frac{5-F}{4} d \cdot H = \frac{5-1}{4} \cdot 12,3 \cdot 35 = 430 \text{ м.}$$

13. Коефіцієнт S_1 для відстані x

$$x = 50 \text{ м, } x/x_m = 0,116;$$

$$x = 100 \text{ м, } x/x_m = 0,256;$$

$$x = 200 \text{ м, } x/x_m = 0,465;$$

$$x = 400 \text{ м, } x/x_m = 0,93;$$

$$x = 1000 \text{ м, } x/x_m = 2,32;$$

$$x = 3000 \text{ м, } x/x_m = 6,97$$

$$\text{при } x/x_m \leq 1 \quad S_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = \\ &= 3 \cdot (0,116)^4 - 8 \cdot (0,116)^3 + 6 \cdot (0,116)^2 = 0,069; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = \\ &= 3 \cdot (0,256)^4 - 8 \cdot (0,256)^3 + 6 \cdot (0,256)^2 = 0,232; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = \\ &= 3 \cdot (0,465)^4 - 8 \cdot (0,465)^3 + 6 \cdot (0,465)^2 = 0,633; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = \\ &= 3 \cdot (0,93)^4 - 8 \cdot (0,93)^3 + 6 \cdot (0,93)^2 = 1; \end{aligned}$$

$$\text{при } 1 < x/x_m \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (2,32)^2 + 1} = 0,664;$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (6,97)^2 + 1} = 0,154.$$

14. Концентрація сірчистого ангідриду в атмосферному повітрі C_x уздовж осі факела викиду на різних відстанях x від джерела викиду

$$C = S_1 \cdot C_m$$

$$x = 50 \text{ м, } C = 0,069 \cdot 0,19 = 0,01 \text{ мг/м}^3;$$

$$x = 100 \text{ м, } C = 0,232 \cdot 0,19 = 0,04 \text{ мг/м}^3;$$

$$x = 200 \text{ м, } C = 0,633 \cdot 0,19 = 0,12 \text{ мг/м}^3;$$

$$x = 400 \text{ м, } C = 1 \cdot 0,19 = 0,19 \text{ мг/м}^3;$$

$$x = 1000 \text{ м, } C = 0,664 \cdot 0,19 = 0,13 \text{ мг/м}^3;$$

$$x = 3000 \text{ м, } C = 0,154 \cdot 0,19 = 0,03 \text{ мг/м}^3.$$

ДОДАТОК Б

Приклад виконання варіанта завдання й оформлення результатів розрахунку розсіювання забруднюючих речовин з використанням програми ЕОЛ+

ВХІДНІ ФОРМИ

Розрахунок виконано 18.11.2008 р. о 18:39 програмою ЕОЛ+, версія 5.23.

Таблиця 1. Опис метеорологічних умов та географічна прив'язка

Код міста	Найменування міста	Середня температура повітря, °С		Гранична швидкість вітру, м/с	Регіональний коефіцієнт стратифікації атмосфери	Кут між північним напрямком і віссю ОХ	Площа міста, км²	Рівень концентрації в точках (частки ГДК)
		жаркого місяця	холодного місяця					
1	Миколаїв	27	-7	11	200			1

Таблиця 2. Опис промайданчиків (географічна прив'язка)

Код міста	Код промайданчика	Найменування промайданчика	Прив'язка до основної системи координат		
			Х, м	У, м	Кут повороту, °
1	1	Котельня	44	113	

Таблиця 3. Опис шкідливих речовин

Код речовини	Найменування речовини	ГДК	Коефіцієнт упорядкованого осідання
330	Ангідрид сірчастий	0,5	1

Таблиця 4. Опис груп сумачії шкідливих речовин

Код групи	Речовини, що складають групи сумачії (коди)										Коефіцієнт потенціювання
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Таблиця 5. Опис джерел викиду шкідливих речовин

Код міста	Код пром-майданчика	Код джерела	Найменування джерела	Код моделі або кут між висю ОХ і довжиною площинного джерела	Коефіцієнт рельєфу	Координати точкового або початку лінійного джерела або центра симетрії площинного	Координати кінця лінійного або довжина та ширина площинного чи точкового з прямкутним гирлом		Висота дже-рела, м	Діаметр точкового або площинного 2-го типу чи швидкість виходу ГПС(№/о) для лінійного, (для площ. 1-го типу – 0)	Витрата ГПС, (для площинного 1-го типу – 0)	Тем-пе-ра-тура ГПС, °С	Клас небез-пеки
							X ₁ , м	Y ₁ , м					
1	1	1	Труба	444	1	44	113		35	1,4	10,8	127	3

Таблиця 6. Характеристика складу викиду джерела

Код міста	Код пром-майданчика	Код дже-рела	Код речовини	Сумарний викид, т/рік	Коефіцієнт упорядкованого осідання речовини	Максимальний викид (г/с) за швидкостей вітру (м/с)									
						0,5	1	2	4	6	8	10	12	14	16
1	1	1	330		1	12									

Таблиця 11. Параметри розрахункових майданчиків

№ з/п	Координати центра симетрії		Довжина, м	Ширина, м	Крок сітки		Кут повороту розрахункового майданчика відносно осі OX загальної системи координат, °	Ознака зони
	X , м	Y , м			OX , м	OY , м		
1	0	0	2000	2000	100	100	0	0

Таблиця 12. Завдання на розрахунок

Найменування міста	Швидкість вітру, м/с					Швидкість вітру в частках (u_m)					Крок перебору небезпечних напрямків вітру	Фіксований напрям вітру	Кількість найбільш вкладів	Число максимальних концентрацій	Ознака обчислення фона
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
Миколаїв	0,5	1				0,5	1	1,5					1	10	1

ВИХІДНІ ФОРМИ. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

Розрахунок виконано 18.11.2008 р. о 18:39 програмою ЕОЛ+, версія 5.23.

Речовина 330 (ангідрид сірчистий).

Розрахунковий майданчик 1.

Концентрації в точках розрахункової сітки (приклад оформлення результатів розрахунку).

Координата X, м	Координата Y, м	Концентрація в точці, мг/м ³	Концентрація в точці, частка ГДК	Напрямок вітру, °	Швидкість вітру, м/с	Код джерела	Внесок, %
-1000	1000	0,096	0,39	40,35	3,33	1	100
-900	1000	0,10	0,40	43,22	3,33	1	100
-800	1000	0,11	0,41	46,42	3,33	1	100
-700	1000	0,11	0,42	50,01	3,33	1	100
-600	1000	0,12	0,43	54,02	3,33	1	100
-500	1000	0,12	0,44	58,48	3,33	1	100
-400	1000	0,13	0,45	63,41	3,33	1	100
-300	1000	0,13	0,46	68,80	2,22	1	100
-200	1000	0,13	0,46	74,62	2,22	1	100
-100	1000	0,13	0,47	80,78	2,22	1	100
0	1000	0,14	0,47	87,16	2,22	1	100
100	1000	0,14	0,47	93,61	2,22	1	100
200	1000	0,13	0,47	99,97	2,22	1	100
300	1000	0,13	0,46	106,10	2,22	1	100
400	1000	0,13	0,46	111,87	3,33	1	100
500	1000	0,12	0,45	117,21	3,33	1	100
600	1000	0,12	0,44	122,08	3,33	1	100

Речовина 330 (ангідрид сірчистий).

Розрахунковий майданчик 1.

Точки найбільших концентрацій та перелік джерел, що дають найбільший внесок.

Концентрація в точці, частка ГДК	Коорд. X, м	Коорд. Y, м	Напряв вітру, °	Швидкість вітру, м/с	Код джерела	Внесок, %
0,57	200	500	111,95	2,22	1	100
0,57	100	-300	262,28	2,22	1	100
0,57	0	-300	276,08	2,22	1	100
0,57	400	-100	210,89	2,22	1	100
0,57	-100	500	69,59	2,22	1	100
0,57	-300	-100	328,23	2,22	1	100
0,57	300	-200	230,72	2,22	1	100
0,57	400	300	152,29	2,22	1	100
0,57	-200	-200	307,94	2,22	1	100
0,57	-300	300	28,53	2,22	1	100

Речовина 330 (ангідрид сірчистий).

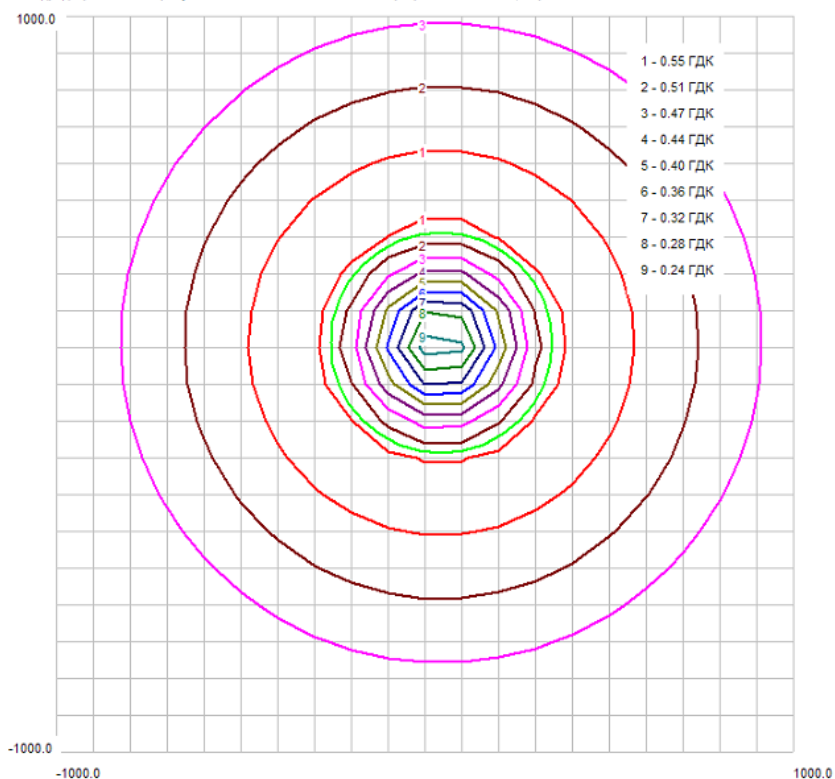
Розрахунковий майданчик 1.

Розрахункові концентрації у заданих точках.

Координата X, м	Координата Y, м	Концентрація в точці, мг/м ³	Концентрація в точці, частка ГДК	Напряв вітру, °	Швидкість вітру, м/с	Код джерела	Внесок, %
50	0	0,053	0,31	266,96	2,22	1	100
100	0	0,062	0,32	243,64	2,22	1	100
200	0	0,11	0,43	215,92	2,22	1	100
400	0	0,18	0,57	197,61	2,22	1	100
1000	0	0,13	0,46	186,74	3,33	1	100
0	400	0,17	0,53	81,28	2,22	1	100
0	1000	0,14	0,47	87,16	2,22	1	100

КАРТА ІЗОЛІНІЙ КОНЦЕНТРАЦІЙ

Ангідрид сірчистий. Розрахунок виконано 18.11.2008 о 18:39 програмою Еол-Плюс, версія 5.23



Навчальне видання

МАГАСЬ Наталія Іванівна

**РОЗСПІВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН
В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ**

Методичні вказівки
до виконання розрахункових завдань

Комп'ютерна правка й коректура *О. Г. Костенко*
Комп'ютерне верстання *Ю. С. Семенченко*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 3,31. Вид. № 18. Зам. № 1610-53.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.