

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
з навчальної дисципліни

**«МЕТОДОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ  
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм  
навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

**Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
2024**

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Методологія прогнозування забруднення атмосферного повітря міст» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 101 – Екологія) / Харків. нац. ун-т міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Є. Бекетов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 30 с.

Укладач канд. техн. наук В. Є. Бекетов

Рецензент

**Д. В. Дядін**, кандидат технічних наук, професор кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 2 від 28 серпня 2023 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИМИ ВИКИДАМИ .....	5
1 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМ ШАРІ АТМОСФЕРИ .....	5
1.1 Визначення концентрації забруднюючої речовини $C_m$ .....	5
1.2 Визначення відстані $X_m$ .....	8
1.3 Визначення небезпечної швидкості вітру $U_m$ .....	8
1.4 Визначення концентрації $C_x$ .....	9
1.5. Визначення концентрації $C_y$ .....	10
2 РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ РЕЧОВИНАМИ ОДНОСПРЯМОВАНОЇ ДІЇ.....	10
2.1 Розрахунок забруднення атмосфери викидами групи джерел.....	12
3 ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ПІДПРИЄМСТВА .....	12
3.1 Коригування розрахункової санітарно-захисної зони по розі вітрів ...	12
4 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ .....	13
4.1 Вихідні дані.....	13
5 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ .....	14
5.1 Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери .....	14
5.2 Побудова ізолній концентрацій заданого рівня .....	15
5.3 Побудова нормативної , розрахунково відкоригованої санітарно- захисної зони .....	15
5.4 Побудова підсумкової ситуаційної карти-схеми підприємства .....	16
5.5 Виконання розрахунків на ЕОМ.....	16
6 ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ .....	16
6.1 Розрахункова частина .....	17
6.2 Графічна частина .....	17
6.3 Висновки.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	18

## ВСТУП

У повітряний басейн міст із викидами промислових підприємств та автотранспорту надходить за рік кілька сотень, а іноді й тисяч тонн різних шкідливих речовин. Формування рівня забруднення атмосферного повітря залежить від кількох факторів: кількісного та якісного складу промислових викидів, їх періодичності, умов виходу газоповітряної суміші з джерела викиду, кліматичних та ін.

Щоб оцінити якість атмосферного повітря, треба розрахувати концентрації шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери. Рівень забруднення атмосферного повітря регламентується гранично допустимими концентраціями шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, дотримання яких забезпечується гранично допустимими викидами та тимчасово допустимими викидами шкідливих речовин від джерел забруднення промислових підприємств, фоновими концентраціями.

Мета розрахунково-графічної роботи *«Розрахунок забруднення атмосферного повітря промисловими викидами»* – оволодіти сучасною методикою розрахунку розсіювання шкідливих речовин у приземному шарі атмосферного повітря, навчитися аналізувати екологічну ситуацію та знаходити шляхи вирішення поліпшення стану атмосферного повітря.

При виконанні розрахунково-графічної роботи варто користуватися матеріалами, наведеними у списку літературних джерел цих методичних рекомендацій.

## РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИМИ ВИКИДАМИ

Під час виконання цієї роботи використовується «Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств ОНД-86». Ця методика є основним документом, що регламентує розсіювання та визначення приземних концентрацій домішок із джерел викидів в Україні.

Ступінь забруднення атмосферного повітря, відповідно до цієї методики, визначається за найбільшим розрахунковим значенням приземної концентрації, що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, небезпечною швидкістю вітру.

Методика призначена для вирішення практичних завдань, які пов'язані з прогнозом забруднення атмосферного повітря, використовуються формули, отримані на основі рішення рівняння турбулентної дифузії.

### 1 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМ ШАРІ АТМОСФЕРИ

#### 1.1 Визначення концентрації забруднюючої речовини $C_m$

Найбільше значення концентрації забруднюючої речовини  $C_m$ , що викидається з одиночного джерела з круглим гирлом при НМУ на відстані  $X_m$ , встановлюється за формулою

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (1)$$

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

$M$  – вагові витрати забруднюючої речовини, г/с ;

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

$m$  і  $n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (якщо місцевість має перепади висот не більше 50 метрів на 1 км ,  $\eta = 1$ );

$H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м.

Об'ємну витрату газоповітряної суміші  $V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) розраховують за формулою

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

де  $D$  – діаметр гирла джерела викиду, м;

$\omega_0$  – швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші  $T_2$ , що викидається з гирла джерела, і температурою атмосферного повітря  $T_a$ , °С.

#### *Значення коефіцієнта $A$*

Значення коефіцієнта  $A$  для України приймають рівним 160–200 ( при НМУ, коли концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі має найбільше значення).

#### *Значення $M$ та $V$*

Значення  $M$  та  $V$  при проектуванні підприємства розраховують у технологічній частині проекту або на підставі чинних для технологічного процесу нормативів. У розрахунках приймають такі значення  $M$  та  $V$ , при яких значення  $C_m$  буде найбільшим. За допомогою обладнання для уловлювання забруднюючих речовин можна встановити, що значення  $M$  відповідає вмісту забруднюючих речовин у газоповітряній суміші після очищення.

#### *Значення $\Delta T$*

Для визначення  $\Delta T$ , °С обирають температуру атмосферного повітря  $T_a$ , °С, що дорівнює середній найбільшій температурі атмосферного повітря найспекотнішого місяця року за [2], а температуру газоповітряної суміші  $T_2$  – за чинними для технологічного процесу нормативами.

### Значення коефіцієнта $F$

Значення безрозмірного коефіцієнта  $F$  приймають такі:

- для газоподібних забруднюючих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пил, зола та ін., швидкість осідання яких практично дорівнює нулю)  $F = 1$ ;
- для дрібнодисперсних аерозолів, крім вказаних вище, якщо коефіцієнт очистки викидів  $\eta \geq 90\%$  -  $F = 2$ ; якщо  $75\% \leq \eta < 90\%$  -  $F = 2,5$ ; якщо  $\eta < 75\%$  та при відсутності очистки -  $F = 3$ .

### Значення коефіцієнтів $m$ і $n$

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

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T};$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}};$$

$$V_m^1 = 1,3 \frac{\omega D}{H};$$

$$f_e = 800 (V_m^1)^3 .$$

Коефіцієнт  $m$  визначають залежно від  $f$  за формулами

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

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

Якщо  $f_e < f < 100$  – значення коефіцієнта  $m$  встановлюють при  $f = f_e$ .

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

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

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

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

## 1.2 Визначення відстані $X_m$

Відстань  $X_m$  (м) від джерела викидів, на якому приземна концентрація  $C_m$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) при НМУ має найбільше значення, знаходять за формулою

$$X_m = \frac{5 - F}{4} dH,$$

де безрозмірний коефіцієнт  $d$  при  $f < 100$  розраховують за формулами

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

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

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

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

$$d = 5,7 \quad \text{при } V'_m \leq 0,5;$$

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

$$d = 16\sqrt[3]{V'_m} \quad \text{при } V'_m > 2.$$

## 1.3 Визначення небезпечної швидкості вітру $U_m$

Небезпечну швидкість вітру  $U_m$  (м/с) на рівні флюгера (це 10 м від рівня землі), при якій приземна концентрація забруднюючих речовини має найбільше значення, при  $f < 100$  знаходять за формулами

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



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

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

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

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

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

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

#### 1.4 Визначення концентрації $C_x$

Концентрацію забруднюючих речовин в атмосферному повітрі  $C_x$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) уздовж осі факела викиду на різних відстанях  $X$  ( $\text{м}$ ) від джерела викиду, коли швидкість вітру небезпечна, визначають за формулою

$$C_x = S_1 \cdot C_m,$$

де  $S_1$  – безрозмірний коефіцієнт.

$S_1$  визначають залежно від співвідношення  $X/X_m$  та коефіцієнта  $F$  за формулами

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

$$S_1 = \frac{1,13}{\left[ 0,13 \left( \frac{X}{(X_m)^2} \right) + 1 \right]} \quad \text{при } 1 < X/X_m \leq 8;$$

$$S_1 = \frac{\frac{X}{X_m}}{\left[ 3,58 \left( \frac{X}{(X_m)^2} \right) - 35,2 \left( \frac{X}{X_m} \right) + 120 \right]} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ і } X/X_m > 8;$$

$$S_1 = \frac{1}{\left[0,1 \frac{X}{X_M^2} + 2,47 \frac{X}{X_M} - 17,8\right]} \text{ при } F > 1,5 \text{ і } \frac{X}{X_M} > 8$$

### 1.5 Визначення концентрації $C_y$

Приземну концентрацію забруднюючої речовини в атмосферному повітрі  $C_y$  ( $мг/м^3$ ) на відстані  $y$  ( $м$ ) за перпендикуляром до осі факелу викиду визначають за формулою

$$C_y = S_2 \cdot C_x ,$$

де  $S_2$  – безрозмірний коефіцієнт, який визначається за формулою

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

Значення аргументу  $t_y$  залежить від швидкості вітру  $U$  ( $м/с$ ) та від співвідношення  $y/x$ , його знаходять за формулами

$$t_y = \frac{Uy^2}{X^2}, \quad \text{при } U \leq 5;$$

$$t_y = \frac{5y^2}{X^2}, \quad \text{при } U > 5.$$

## 2 РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ РЕЧОВИНАМИ ОДНОСПРЯМОВАНОЇ ДІЇ

Якщо кілька забруднюючих речовин містяться в атмосферному повітрі одночасно і володіють ефектом сумачії, то сумарна безрозмірна концентрація  $q$ , або приведена до одної з речовин (наприклад до  $C_1$ ) сумарна концентрація  $C$  ( $мг/м^3$ ), розраховується за формулами

$$q = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n}$$

$$C = C_1 + C_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + C_n \frac{ГДК_1}{ГДК_n},$$

де  $C_1, C_2, C_i$  – концентрація викидів з джерела кожної з  $n$  речовин,  $мг/м^3$ ;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$  – максимальні разові гранично допустимі концентрації відповідних речовин.

Якщо кілька забруднюючих речовин надходять із джерела одночасно і володіють ефектом сумації, то найбільше значення концентрації забруднюючої речовини в атмосферному повітрі  $C_m$ , визначене за формулою (1), буде безрозмірним або приведеним до речовини з концентрацією  $C_1$  і  $ГДК_1$ ; воно буде мати розмірність  $мг/м^3$ , якщо у формулу (1) підставити потужність викиду, відповідно,  $M_q$  або  $M$ :

$$M_q = \frac{M_1}{ГДК_1} + \frac{M_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{M_n}{ГДК_n};$$

$$M = M_1 + M_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + M_m \frac{ГДК_1}{ГДК_n},$$

де  $M_1, M_2, \dots, M_n$  – потужність викидів з джерела кожної з  $n$  речовин, які входять до групи сумації,  $г/с$ ;

$M_q$  – безрозмірна потужність викиду з джерела для речовин з ефектом сумації;

$M$  – приведена (до речовини з концентрацією  $C_1$ ) потужність викиду з джерела,  $г/с$ ;

Розрахунок сумарної безрозмірної концентрації  $q$  в атмосферному повітрі щодо  $n$  джерел викидів та  $m$  забруднюючих речовин з ефектом сумації визначається за формулою

$$q = \frac{C_{11} + C_{12} + \dots + C_{1n} + C_{1\phi}}{ГДК_1} + \frac{C_{21} + C_{22} + \dots + C_{2n} + C_{2\phi}}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_{m1} + C_{m2} + \dots + C_{mn} + C_{m\phi}}{ГДК_m},$$

де  $C_{11}, C_{12}, C_{13}, \dots, C_{mn}$  – концентрація речовини, перша цифра в індексі якої – номер речовини, друга – номер джерела викиду,  $мг/м^3$ ;

$C_\phi$  – фонові концентрації,  $мг/м^3$ .

## 2.1 Розрахунок забруднення атмосфери викидами групи джерел

Приземну концентрацію забруднюючої речовини у будь-якій точці  $C$  ( $мг/м^3$ ) при наявності  $n$  джерел визначають, як суму концентрацій від окремих джерел викидів за формулою

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n ,$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрації забруднюючих речовин від 1, 2, ...,  $n$ -го джерела відповідно, які розташовані з підвітряного боку при заданому напрямі вітру.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ПІДПРИЄМСТВА

Розміри нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ)  $l_0(m)$ , що встановлюються Державними санітарними нормами проектування та забудови населених пунктів, необхідно перевіряти розрахунками забруднення атмосфери відповідно до вимог [3] з урахуванням перспективи розвитку підприємства та фактичного забруднення атмосферного повітря.

### 3.1 Коригування розрахункової санітарно-захисної зони по розі вітрів

Одержані шляхом розрахунку розміри  $L_0$  ( $м$ ) розрахункової СЗЗ (лінія ІГДК) повинні уточнюватися окремо для різних напрямів вітру залежно від середньорічної рози вітрів щодо району розташування підприємства за формулою

$$l = L_0 \frac{P}{P_0} , \quad (2)$$

де  $l$  – розрахунковий розмір СЗЗ,  $м$ ;

$L_0$  – розрахунковий розмір ділянки місця розташування підприємства в заданому напрямі, де концентрації шкідливих речовин з урахуванням фонові концентрації перевищують гранично допустиму,  $м$ ;

$P$  – середньорічна повторюваність напрямів вітру цього румбу, %;

$P_0$  – повторюваність напрямів вітру одного румбу при круговій розі вітрів і при восьмирумбовій розі вітрів  $P=12,5\%$ .

Значення  $l$  та  $L_0$  відраховують від джерела викиду (при наявності одного джерела викиду). У випадку двох і більше джерел для визначення  $l$  та  $L_0$  беруть середньозважені координати джерел, які викидають в атмосферне повітря однакові забруднюючі речовини. Приклад визначення середньозважених координат наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Середньозважені координати джерел

Номер джерела викиду	Координати джерела		Середньозважені координати джерел	
	$X$	$Y$	$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2}{2}$	$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2}{2}$
1	0	0	0	50
2	0	100		

## 4 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

### 4.1 Вихідні дані

Для виконання роботи необхідні такі вихідні дані:

- параметри розрахункового прямокутника;
- координати джерел викидів;
- параметри джерел викидів: діаметр, висота гирла димових труб, швидкість виходу з гирла джерела викиду, температура, об'ємна витрата, кількість викидів від кожного джерела;
- значення фонових концентрацій забруднюючих речовин;
- метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Перелік наведеної інформації містить індивідуальне завдання до розрахунково-графічної роботи, варіант якого одержує кожний студент. Зразок індивідуального завдання наведено в додатку А.

## 5 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

### 5.1 Розрахунок концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери

Розрахунок потрібно проводити в такий послідовності:

– створити вихідну (початкову) карту-схему розрахункового прямокутника, на яку згідно із завданням необхідно нанести розрахунковий прямокутник, координатну сітку, джерела викидів. Вузли (точки) розрахункової сітки необхідно пронумерувати, і номери точок нанести на карту-схему. Зразок карти-схеми наведено в додатку Б;

– розрахувати параметри викиду для кожного джерела:  $C_m$  (частка ГДК) – максимальну приземну концентрацію для речовин з ефектом сумачії;  $U_m$  (м/с) – небезпечну швидкість вітру;  $X_m$  (м) – відстань, де приземна концентрація має найбільше значення. Результати розрахунків початкового етапу роботи потрібно внести в таблицю, зображену на рисунку 1;

№ варіанта	№ джерела	f	Vm	V'm	fe	m	n	$C_m(NO_2 + SO_2)$ , частки ГДК	Xm, м	Um, м/с

Рисунок 1 – Параметри джерел викидів

– розрахувати сумарну приземну концентрацію  $C$  (частка ГДК) для речовин з ефектом сумачії від трьох джерел з урахуванням фонові концентрації у вузлах розрахункового прямокутника (пронумеровані точки на вихідній карті-схемі). Результати розрахунків  $C$  (частка ГДК) приземної концентрації в точках (вузлах) розрахункової сітки внести в таблицю (рис. 1). Зразок таблиці результатів розрахунків наведено в додатку В.

## 5.2 Побудова ізоліній концентрацій заданого рівня

Побудову ізоліній концентрацій заданого рівня потрібно проводити в такий послідовності:

– за даними результатів розрахунків (дод. В) створити таблицю вихідних даних для побудови залежності  $c=f(L)$  (концентрації від відстані до центру розсіювання розрахункового прямокутника) із кроком перебору напрямів  $45^\circ$  (дод. Г);

– за даними таблиці даних додатка Г побудувати графіки  $c=f(L)$  – залежності концентрації від відстані до центру розсіювання для восьми напрямів. Приклади побудови графіків для чотирьох напрямів із восьми наведені в додатках Д і Е;

– за графіками  $c=f(L)$  (дод. Д, Е) знайти відстані  $L$  (м), які відповідають заданим концентраціям згідно із завданням для восьми напрямів. Приклад знаходження точок для напрямку «північ – схід» подано в додатку Ж;

– визначені відстані  $L$  (м) до точок із заданою концентрацією подати у вигляді таблиці (дод. И);

– побудувати карту ізоліній заданого рівня: на розрахунковому прямокутнику нанести знайдені точки з таблиці (дод. Ж) і з'єднати точки однакового рівня концентрації. Зразок побудови карти ізоліній 0,7; 0,8 і 1ГДК наведено в додатку К.

## 5.3 Побудова нормативної, розрахунково відкоригованої санітарно-захисної зони

### *Побудова нормативної і розрахункової санітарно-захисної зони*

Межі нормативної санітарно-захисної зони (далі – СЗЗ) для підприємства визначається відстанню від крайніх джерел викиду до меж, де концентрація забруднюючих речовин не перевищує рівень одного ГДК. Порядок визначення нормативних СЗЗ регламентується Державними санітарними правилами проектування та забудови населених міст [3]. Межа розрахункової СЗЗ визначається розрахунком і відповідає ізолінії концентрації 1ГДК.

### *Побудова розрахункової (скоригованої) і фактичної санітарно-захисної зони*

Побудову відкоригованої СЗЗ потрібно проводити в такий послідовності:

– на карту-схему розрахункового прямокутника нанести ізолінію  $I$  ГДК і точку середньозважених координат джерел (координати визначають за табл. 1);

– визначити за картою-схемою довжину відрізка  $L_o$ , розрахувати  $l$  за формулою (2) і нанести  $L_o$  і  $l$  на карту-схему;

– скоригувати і нанести на карту-схему ізолінію  $I$  ГДК з урахуванням зміни  $L_o$  на  $l$ . Визначення відрізків  $L_o$  і  $l$ , а також побудова скоригованої ізолінії  $I$  ГДК наведені в додатку Л.

#### **5.4 Побудова підсумкової ситуаційної карти-схема підприємства**

Підсумкова карта-схема є результатом виконаного завдання. На карті-схемі необхідно вказати:

- розрахункову сітку;
- джерела викиду;
- межі території підприємства;
- межі забудованої території;
- нормативну СЗЗ;
- скориговану розрахункову СЗЗ;
- дійсну (фактичну) СЗЗ підприємства.

Зразок підсумкової карти-схеми наведено в додатку М.

#### **5.5 Виконання розрахунків на ЕОМ**

Вирішення завдання на ЕОМ виконують тільки після закінчення ручних розрахунків і графічних побудов. Результати розрахунків на ЕОМ потрібно внести у графу 8 таблиці додатка В.

### **6 ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

Виконану роботу потрібно оформити у вигляді пояснювальної записки. У вступі до роботи треба визначити мету та завдання роботи.

У теоретичній частині навести основні положення використовуваної розрахункової методики,

Практична частина роботи складається з розрахункової та графічної частин.



## 6.1 Розрахункова частина

Розрахункова частина включає:

- індивідуальне завдання до розрахунково-графічної роботи;
- схему розрахункового прямокутника із заданим кроком;
- розрахункові формули та розрахунок концентрацій шкідливих речовин з урахуванням ефекту сумачії;
- зведену таблицю результатів розрахунку з урахуванням фонові концентрації забруднюючих речовин. Зразок таблиці наведено в індивідуальному завданні додатка В.

## 6.2 Графічна частина

Графічна частина включає:

- таблицю залежності концентрацій забруднюючих речовин від відстані від джерела викиду з кроком перебору напрямів  $45^\circ$  (дод. Г);
- допоміжні графіки залежності  $C = f(L)$  для усіх напрямів (8 румбів) щодо визначення координат точок, за якими будують ізолінії концентрацій у частках ГДК заданого рівня (дод. Д, Е);
- графіки визначення відстаней, які відповідають заданим концентраціям згідно із завданням для восьми напрямів (дод. Ж).
- зведену таблицю щодо побудови ізолінії концентрацій заданого рівня (дод. И);
- карту-схему ізолінії концентрацій заданого рівня (дод. К);
- карту-схему щодо коригування розмірів розрахункової СЗЗ (дод. Л);
- підсумкову карту-схему промайданчика підприємства, на якій зазначені джерела викиду, нормативна, розрахункова, розрахункова відкоригована (фактична) СЗЗ, межі території підприємства і житла.

## 6.3 Висновки

У висновках потрібно подати коротку інформацію про здійснену роботу при виконанні завдання і про здобуті результати, аналіз результатів розрахунків забруднення атмосферного повітря і, за необхідності, рекомендації щодо поліпшення екологічної ситуації.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Экология города / Под ред. Стольберга Ф. В. – Киев : Либра, 2000. – 464 с. – Существует электрон. версия. (Режим доступа: <http://koha.kname.edu.ua/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=1559>, свободный).

2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86 [Электрон. ресурс] /ответств. исполн. Е. Л. Генрихович, Р. И. Оникол, И. С. Буренин и др. ; науч. руков. М. Е. Берлянд. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1986. – 93 с. – Электрон. текст. данные. – Режим доступа: <chromeextension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/http://www.sfund.kiev.ua/download/ond86.pdf>, свободный (дата обращения: 20.12.2023). – Название с экрана.

3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 № 173 // Офіц. вісн. України. – 2019. – № 19. – С. 99, ст. 670.

4. Бекетов В. Є. Дистанційний курс «Методологія прогнозування забруднення атмосферного повітря міст» на платформі Moodle [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст дані. – Режим доступу: <https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=814>, вільний (дата звернення: 26.01.2023). – Назва з екрана.

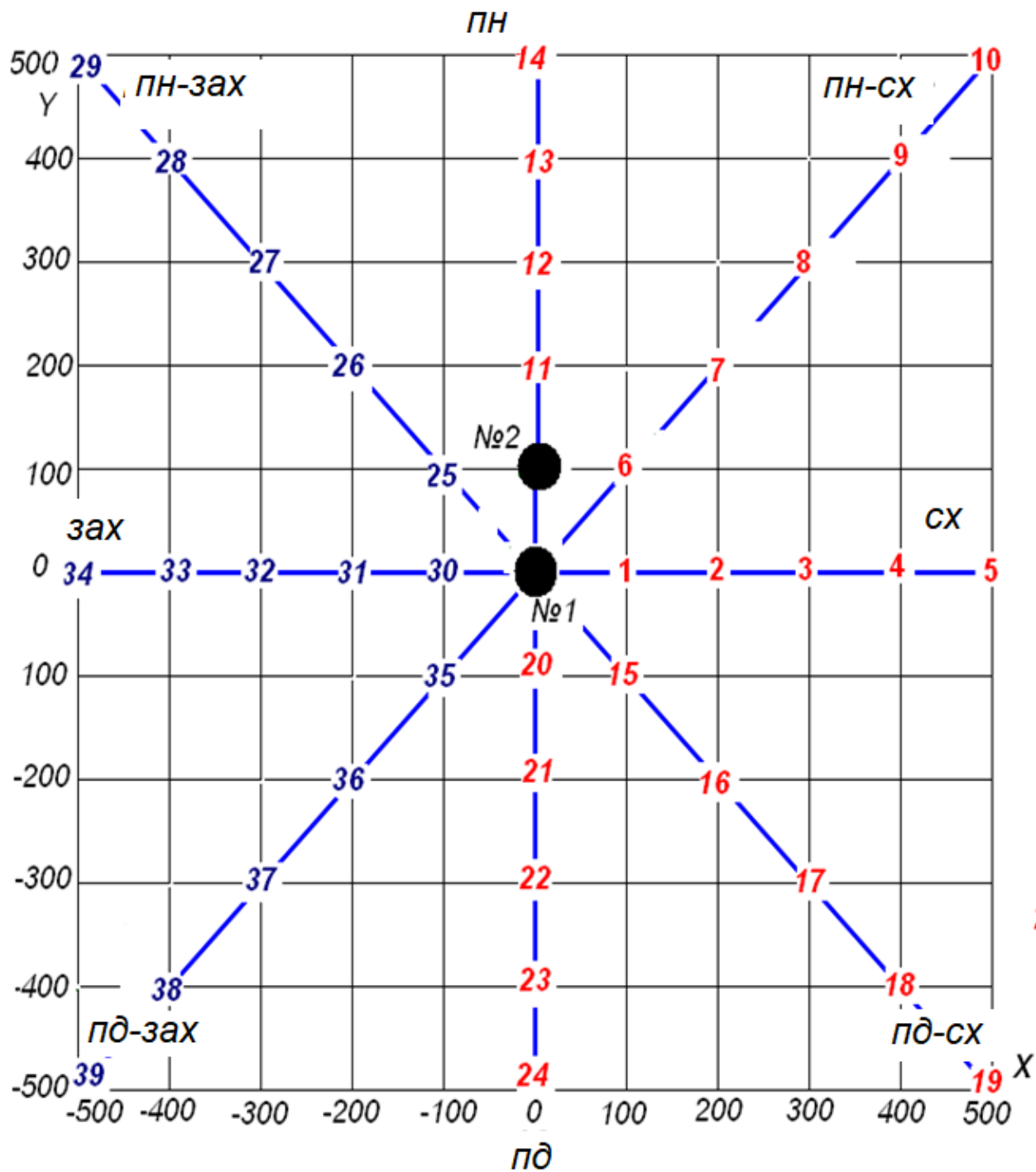
## ДОДАТОК А

### Завдання для розрахунково-графічної роботи

Початкові дані			A=180; T <sub>max</sub> =25,1; T <sub>min</sub> =-8; V= 5,6м/с .						
1)Характеристика джерел забруднення:									Табл.1
№ джерела	Висота джерела, м	Діаметр гріла труби, м	Координати джерела		Швидкість, м/с	Об'ємн. витрата газу, м <sup>3</sup> /с	Температура, °С	Назва речовини	Потужність викиду, г/с
			X	Y					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20	0,3	0	0	9,9	0,70	140	Азота двоокис Діоксид сірки	0,2 1,5
2	35	0,3	0	100	12,0	0,85	110	Азота двоокис Діоксид сірки	0,13 0,6
2) Фонова концентрація (ГДК): Двоокис азоту							0,1	Діоксид сірки	0,2
3) Розміри розрахункового прямокутника - 1000x1000м. Координати центру: X=0; Y=0.									
4) Крок розрахункової сітки по осях X и Y - 100 м.									
5)Роза вітрів:									
ПН	ПН-СХ	СХ	ПД-СХ	ПД	ПД-ЗАХ	ЗАХ	ПН-ЗАХ		
8	9	10	8	12	25	18,5	9,5		
6)Клас підприємства відповідно до санітарної класифікації - "третій"									
7)Житловий масив - трикутник с координатами вершин: X <sub>1</sub> = 100; Y <sub>1</sub> =500; X <sub>2</sub> = 500; Y <sub>2</sub> =500; X <sub>3</sub> = 500; Y <sub>3</sub> = 100;									
8) Територія підприємства - прямокутник с координатами вершин:X <sub>1</sub> =-100; Y <sub>1</sub> = 150; X <sub>2</sub> = 100; Y <sub>2</sub> = 150; X <sub>3</sub> = 100; Y <sub>3</sub> = -150; X <sub>4</sub> = -100; Y <sub>4</sub> =-150;									
<b>ЗАВДАННЯ:</b>									
1)Скласти карту-схему розрахункового майданчика за початковими даними вказаного варіанту.									
2) Розрахувати концентрації SO <sub>2</sub> і NO <sub>2</sub> від двох джерел з урахуванням ефекту сумації і фонової концентрації. Розрахунки виконати з кроком пошуку небезпечного напрямку вітру 45 градусів (для вузлів розрахункового прямокутника, що лежать на променях восьмиріумбової рози вітрів з центром в координатах x=y=0). Результати розрахунку занести в таблицю 2 (графи 1-7).									
3) Побудувати на карті-схемі для сумації "SO <sub>2</sub> і NO <sub>2</sub> " ізолінії концентрацій заданого рівня (в частках ГДК): <b>0,7; 0,8; 1,0.</b>									
4)Нанести на карту-схему територію підприємства, нормативну СЗЗ, розрахункову СЗЗ, відкориговану СЗЗ з урахуванням рози вітрів, фактичну СЗЗ і житлову забудову.									
5)Виконати розрахунки розсіювання забруднюючих речовин за програмою " ЕОЛ2000h". За результатами машинного розрахунку заповнити графу 8 таблиці 2.									
6) Зробити висновки за результатами виконаної роботи									
									Табл.2
Номер точки	Координати точки		Концентрація в точці, частки ГДК						
	X	Y	Дж.1	Дж.2	Фон	Дж.1+Дж.2+фон			
						Розрахунок	Розрахунок (ЕОЛ)		
1	2	3	4	5	6	7	8		

ДОДАТОК Б

Вихідна карта-схема розрахункового прямокутника



## ДОДАТОК В

### Результати розрахунку концентрацій у вузлах розрахункової сітки

№ точки	Координати, м		Концентрація в точці, частки ГДК				
	X	Y	Дж.1	Дж.2	Фон	Дж.1+ дж.2 +фон	
						расчет	ЭВМ
1	2	3	4	5	6	7	8
1	100	0	0,77	0,00	0,3	1,07	
2	200	0	0,69	0,01	0,3	1,00	
3	300	0	0,52	0,05	0,3	0,87	
4	400	0	0,42	0,04	0,3	0,76	
5	500	0	0,33	0,05	0,3	0,68	
6	100	100	0,78	0,00	0,3	1,08	
7	200	200	0,55	0,05	0,3	0,90	
8	300	300	0,40	0,06	0,3	0,76	
9	400	400	0,28	0,07	0,3	0,65	
10	500	500	0,20	0,06	0,3	0,56	
11	0	200	0,69	0,12	0,3	1,11	
12	0	300	0,53	0,16	0,3	0,99	
13	0	400	0,42	0,12	0,3	0,84	
14	0	500	0,32	0,11	0,3	0,73	
15	100	-100	0,72	0,11	0,3	1,13	
16	200	-200	0,55	0,08	0,3	0,93	
17	300	-300	0,39	0,07	0,3	0,76	
18	400	-400	0,28	0,06	0,3	0,64	
19	500	-500	0,20	0,05	0,3	0,55	
20	0	-100	0,77	0,16	0,3	1,23	
21	0	-200	0,71	0,11	0,3	1,12	
22	0	-300	0,53	0,11	0,3	0,94	
23	0	-400	0,42	0,09	0,3	0,81	
24	0	-500	0,32	0,08	0,3	0,70	
25	-100	100	0,78	0,00	0,3	1,08	
26	-200	200	0,55	0,05	0,3	0,90	
27	-300	300	0,40	0,06	0,3	0,76	
28	-400	400	0,28	0,07	0,3	0,65	
29	-500	500	0,20	0,06	0,3	0,56	
30	-100	0	0,77	0,00	0,3	1,07	
31	-200	0	0,69	0,01	0,3	1,00	
32	-300	0	0,52	0,05	0,3	0,87	
33	-400	0	0,42	0,04	0,3	0,76	
34	-500	0	0,33	0,05	0,3	0,68	
35	-100	-100	0,78	0,05	0,3	1,13	
36	-200	-200	0,52	0,11	0,3	0,93	
37	-300	-300	0,39	0,07	0,3	0,76	
38	-400	-400	0,28	0,06	0,3	0,64	
39	-500	-500	0,20	0,05	0,3	0,55	

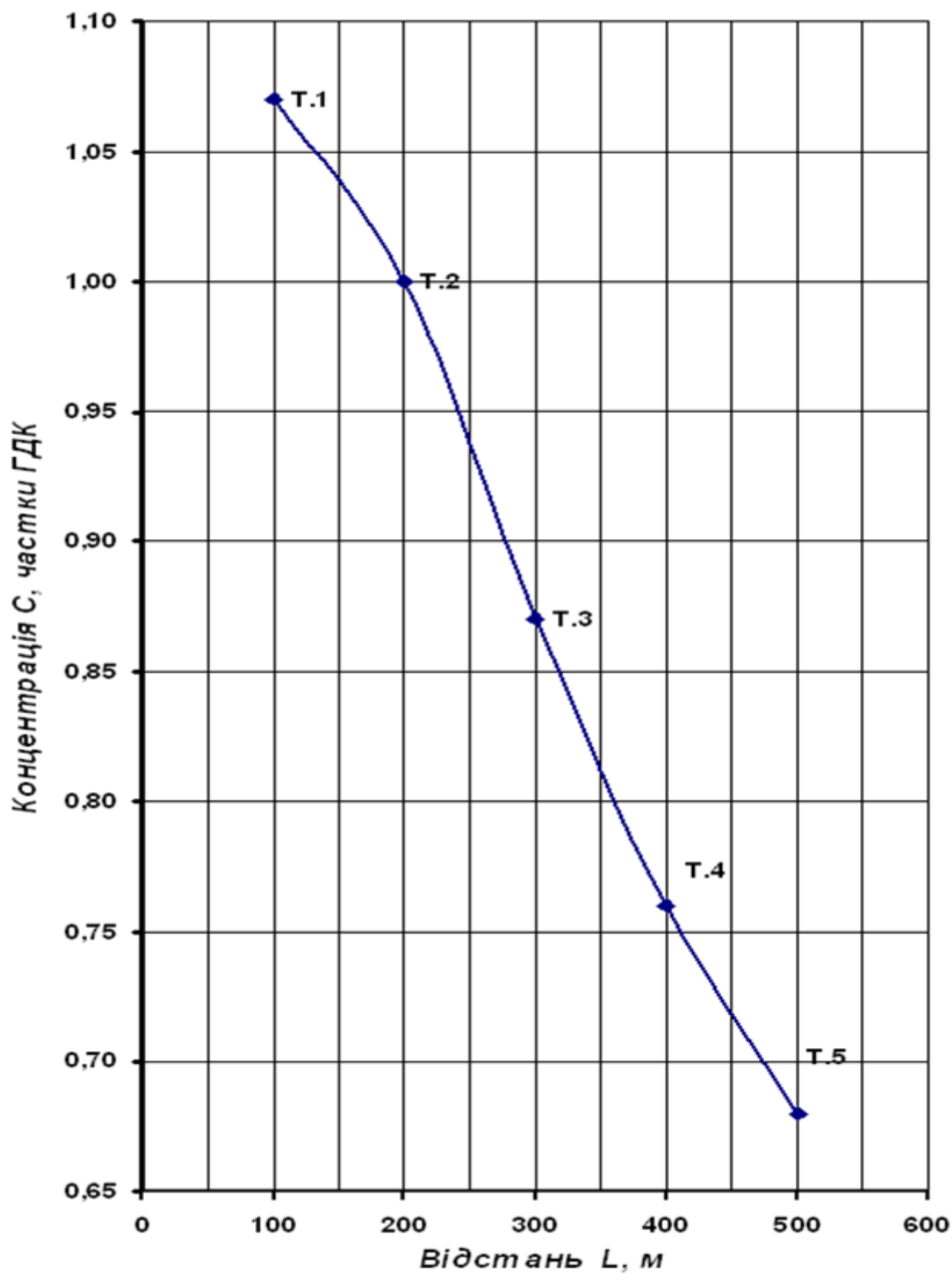
## ДОДАТОК Г

Вихідні дані для побудови залежності  $C = f(L)$  (крок перебору напрямів  $45^\circ$ )

№ точки	РУМБ	Координати точки		Конц. в точці С, частки ГДК	Відстань L, м
		X, м	Y, м		
1	2	3	4	5	6
1(30)	СХІД (ЗАХІД)	100(-100)	0(0)	1,07	100
2(31)		200(-200)	0(0)	1	200
3(32)		300(-300)	0(0)	0,87	300
4(33)		400(-400)	0(0)	0,76	400
5(34)		500(-500)	0(0)	0,68	500
6(25)	ПІВНІЧНИЙ СХІД (ПІВНІЧНИЙ ЗАХІД)	100(-100)	100(100)	1,08	141
7(26)		200(-200)	200(200)	0,9	282
8(27)		300(-300)	300(300)	0,76	423
9(28)		400(-400)	400(400)	0,65	564
10(29)		500(-500)	500(500)	0,56	705
11	ПІВНІЧ	0	200	1,11	200
12		0	300	0,99	300
13		0	400	0,84	400
14		0	500	0,73	500
15(35)	ПІВДЕННИЙ СХІД (ПІВДЕННИЙ ЗАХІД)	100(-100)	-100(-100)	1,13	141
16(36)		200(-200)	-200(-200)	0,93	282
17(37)		300(-300)	-300(-300)	0,76	423
18(38)		400(-400)	-400(-400)	0,65	564
19(39)		500(-500)	-500(-500)	0,55	705
20	ПІВДЕНЬ	0	-100	1,23	100
21		0	-200	1,12	200
22		0	-300	0,94	300
23		0	-400	0,81	400
24		0	-500	0,7	500

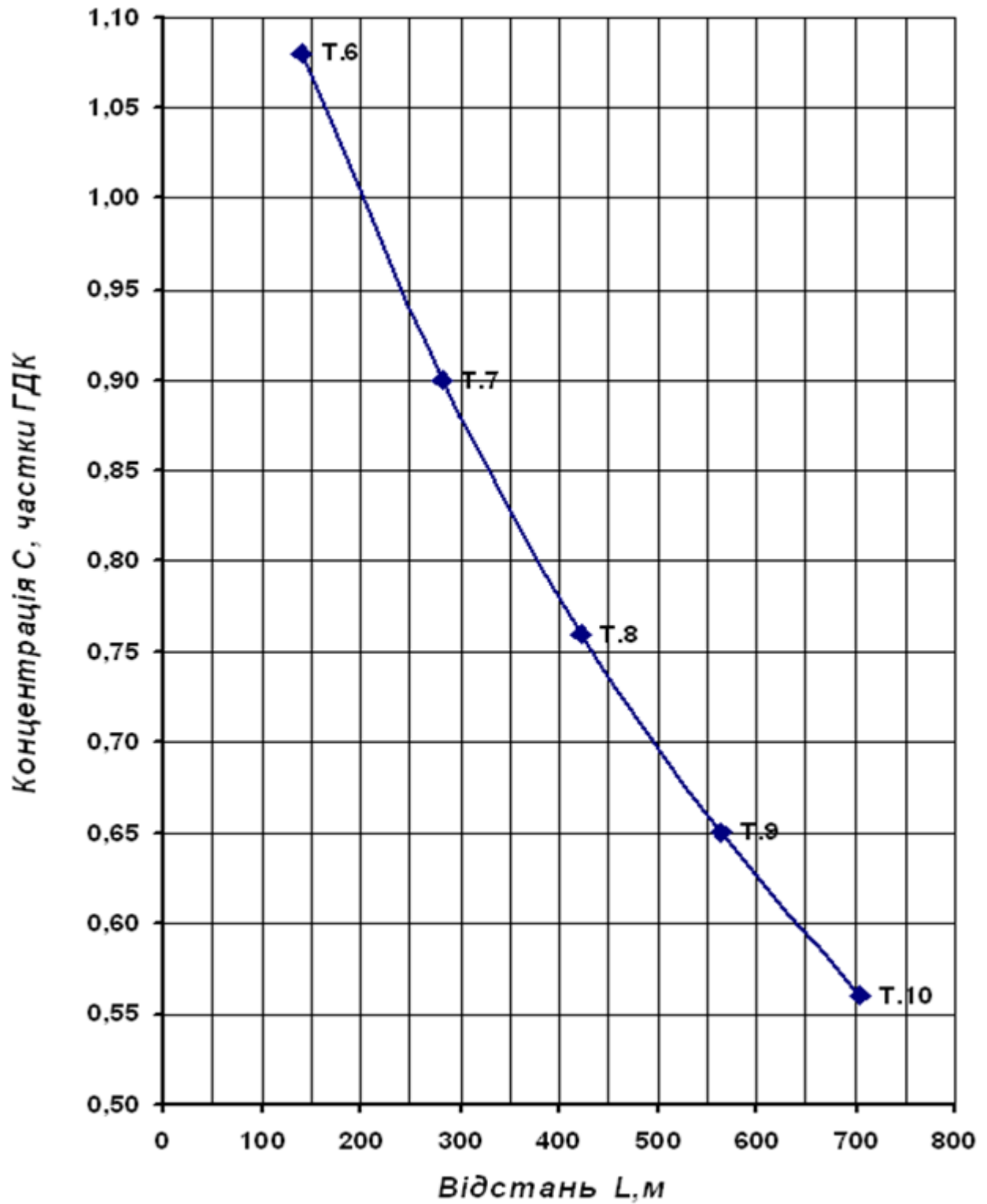
## ДОДАТОК Д

Графік залежності  $C = f(L)$  (схід – захід)



## ДОДАТОК Е

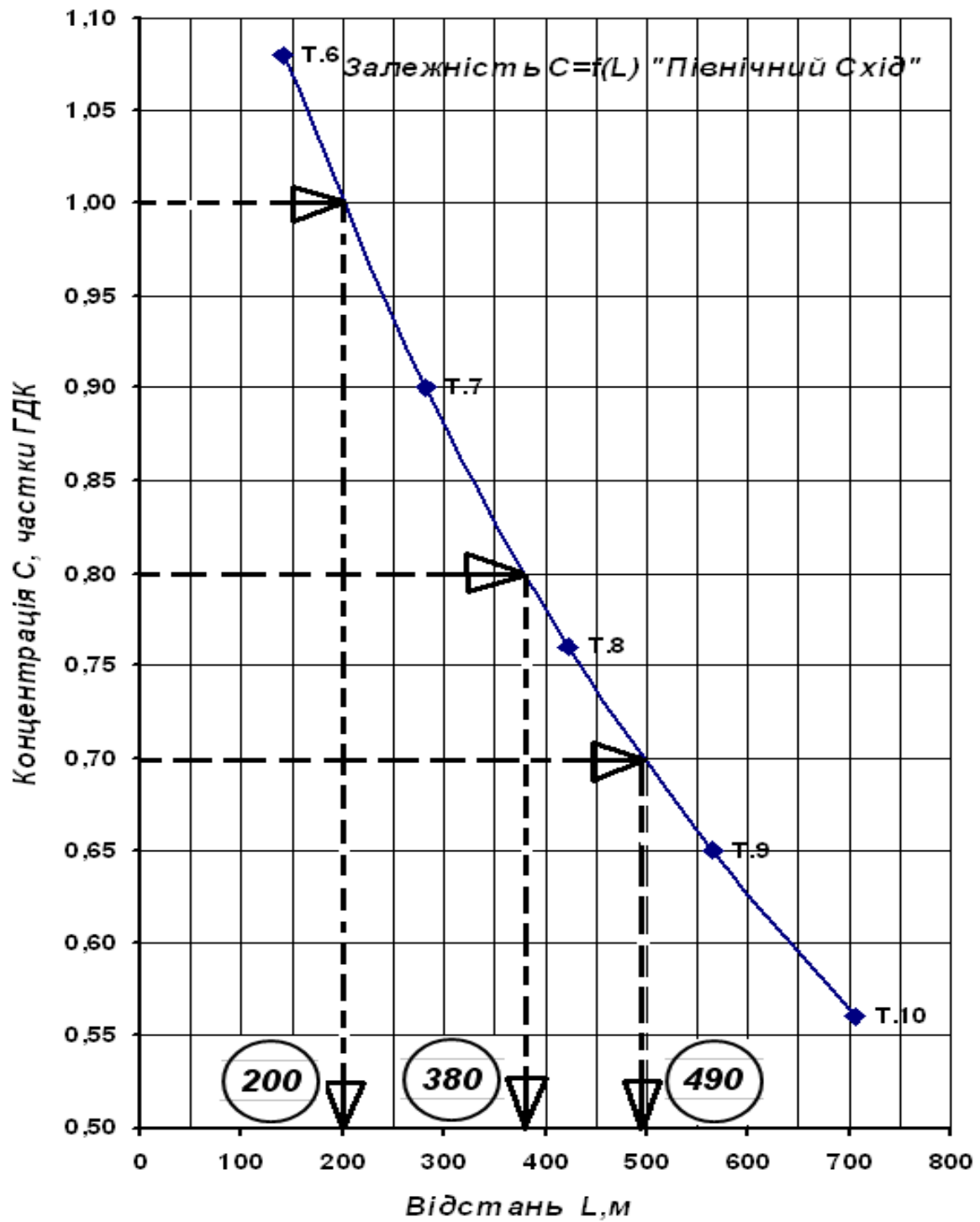
Графік залежності  $C = f(L)$  (північний схід – північний захід)





ДОДАТОК Ж

Визначення відстані L(м) до точок заданої концентрації (0,7; 0,8; 1,0 ГДК) для напрямку «північ – схід»



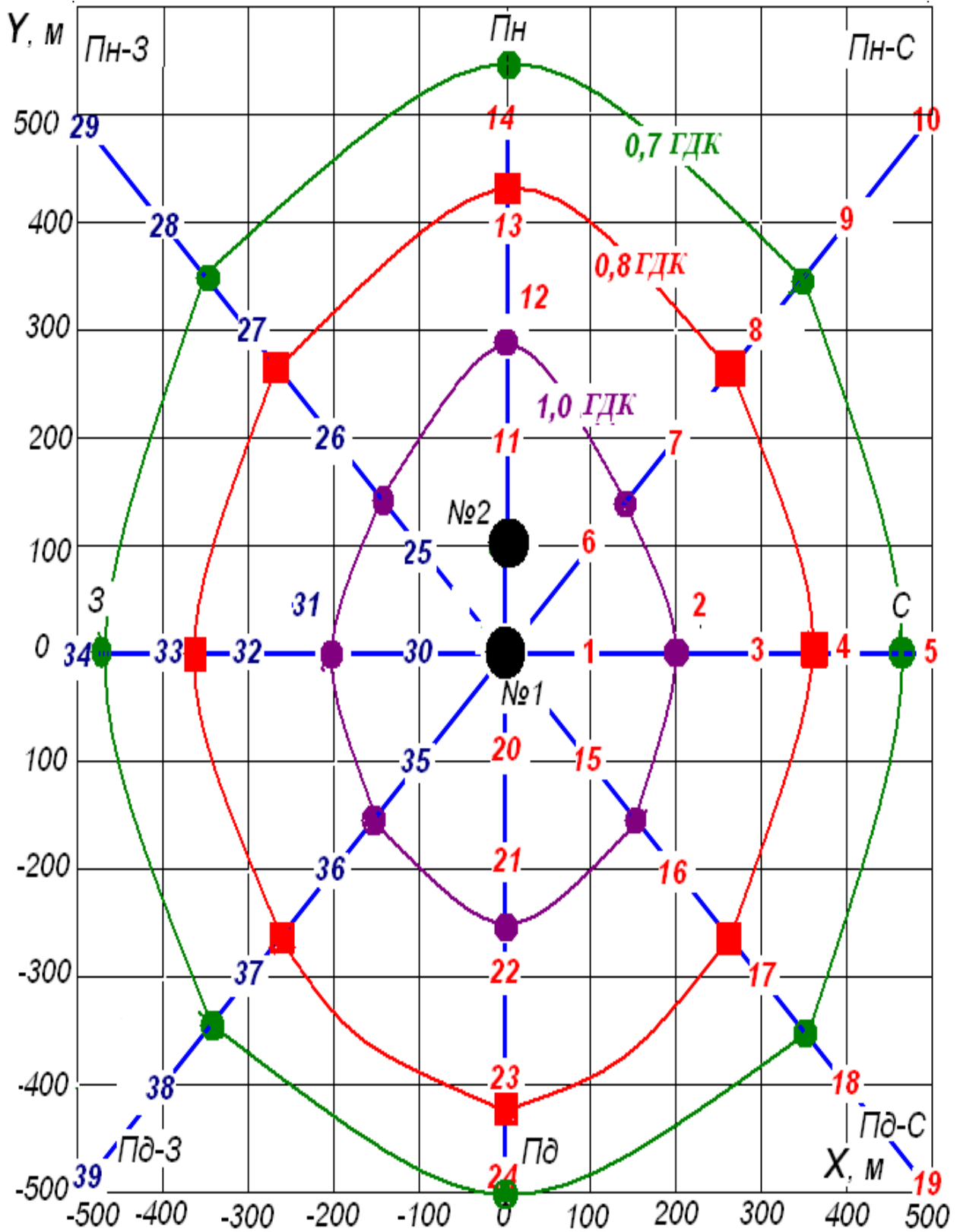
ДОДАТОК И

Точки для побудови ізоліній концентрацій 0,7; 0,8 і 1,0 ГДК

<b>РУМБ</b>	<b>ВІДСТАНЬ L<sub>c</sub>,м</b>	<b>КОНЦЕНТРАЦІЯ, ЧАСТКИ ГДК</b>
Північний Схід (Північний Захід)	490	0,7
	380	0,8
	200	1,0
Північ	530	0,7
	430	0,8
	290	1,0
Схід (Захід)	470	0,7
	360	0,8
	200	1,0
Південний Схід (Південний Захід)	490	0,7
	380	0,8
	230	1,0
Південь	500	0,7
	415	0,8
	265	1,0

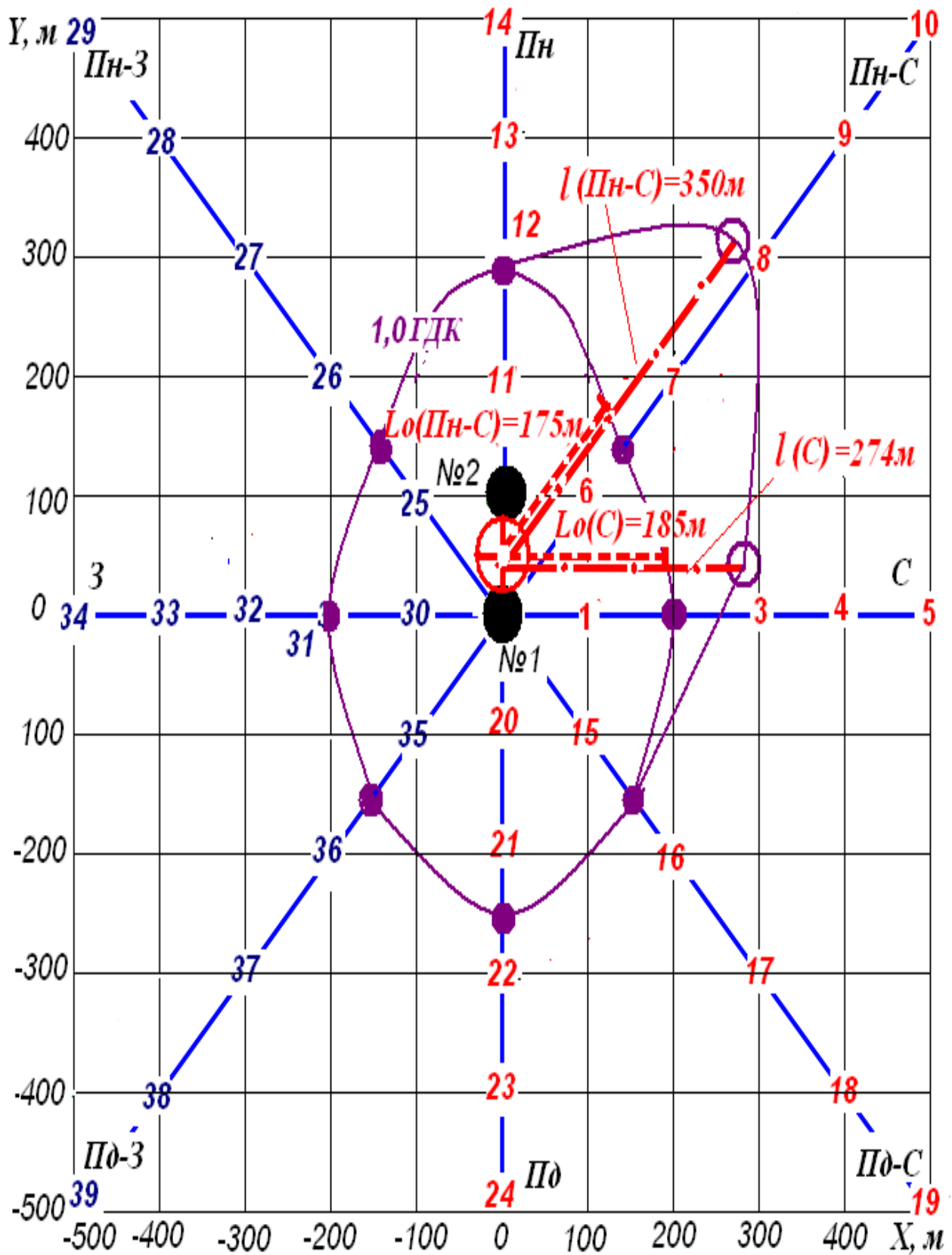
ДОДАТОК К

Ізолінії заданого рівня концентрацій



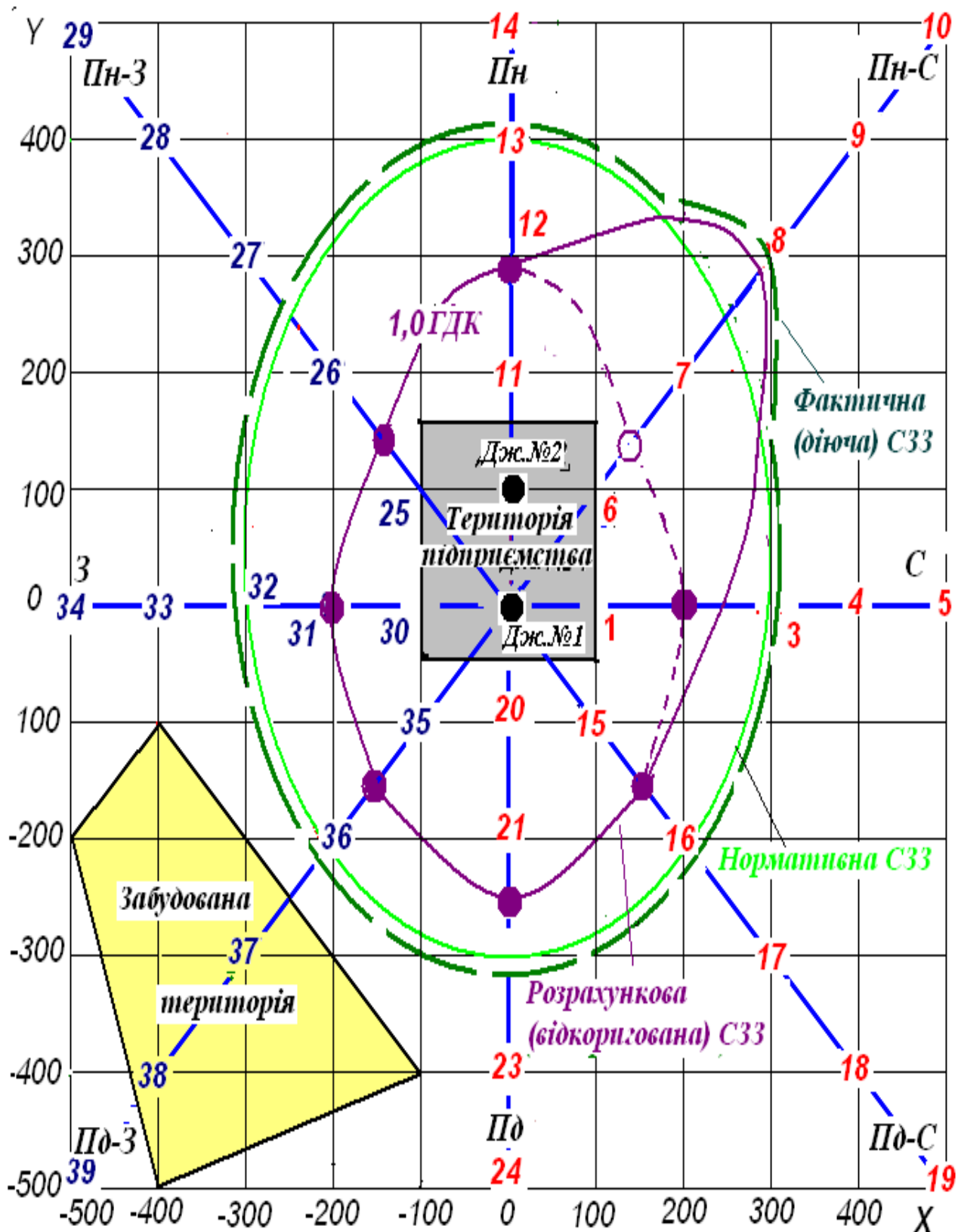
ДОДАТОК Л

Побудова скоригованої розрахункової санітарно-захисної зони



ДОДАТОК М

Карта-схема території підприємства (підсумкова)



*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
з навчальної дисципліни

**«МЕТОДОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ  
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм  
навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

Укладач **БЕКЕТОВ** Володимир Єгорович

Відповідальний за випуск *Д. В. Дядін*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *В. Є. Бекетов*

План 2024, поз. 68М

---

Підп. до друку 13.02.2024. Формат 60 × 84/1.

Ум. друк. арк. 1,7.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: [oficse@kname.edu.ua](mailto:oficse@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.