

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Розрахунок розведення стічних вод в річках»

з дисципліни
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО
КОМПЛЕКСУ»**

Одеса – 2011

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Розрахунок розведення стічних вод в річках»

з дисципліни
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО
КОМПЛЕКСУ»**

для студентів V курсу природоохоронного факультету
Спеціальність: екологія та охорона навколишнього середовища
Спеціалізація: гідроекологія

«Затверджено»
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ _____ 2011 р.

Одеса – 2011

Гідроекологічна експертиза водогосподарського комплексу.
Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок розведення стічних вод в річках». /Колодеєв Є.І./ – Одеса, ОДЕКУ, 2011. – 32 с.

Методичні вказівки призначені для студентів V курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища», спеціалізація «Гідроекологія».

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. РОЗРАХУНКИ РОЗВЕДЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	5
1.1 Рівняння балансу і турбулентної дифузії.....	5
1.2 Детальні методи розрахунку турбулентної дифузії (розрахунок розведення стічних вод).....	8
1.2.1 Основний метод.....	8
1.2.2 Розрахунок загального розведення з врахуванням початкового розведення.....	14
2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА. СКЛАД ЗАВДАНЬ З ПОЯСНЕННЯМИ ЩОДО ЇХ ВИКОНАННЯ.....	16
2.1 Завдання 1. Плоска задача.....	16
2.2 Завдання 2. Просторова задача.....	16
2.3 Завдання 3. Розрахунок розведення детальним методом з врахуванням початкового розведення.....	16
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАВДАНЬ.....	17
3.1 Приклади виконання завдань.....	17
3.1.1 Завдання 1. Приклад 1.....	17
3.1.2 Завдання 2. Приклад 2.....	21
3.1.3 Завдання 3. Приклад 3.....	24
3.2 Початкові дані. Варіанти до завдань.....	28
3.2.1 Завдання 1.....	28
3.2.2 Завдання 2.....	28
3.2.3 Завдання 3.....	29
3.3 Контрольні запитання.....	29
3.4 Оцінювання роботи.....	30
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	31

ПЕРЕДМОВА

Ця методична розробка є допоміжним матеріалом для виконання студентами завдань до практичної роботи на тему: «Розрахунок розведення стічних вод в річках». Вона складається з теоретичної та практичної частини, в якій розкривається хід виконання роботи.

Теоретична частина методичних вказівок базується на розгляді балансу консервативної речовини для водотоку в цілому.

При розгляді питань, пов'язаних із забрудненням річок вирішуються задачі про місце розташування створу достатнього перемішування або створу з будь-яким заданим ступенем розведення стічних вод від створу їх випуску. Для вирішення таких задач використовуються розрахунки за допомогою рівняння турбулентної дифузії, яке було виведене В.М. Маковєєвим [2]. Воно використовується для вирішення багатьох задач перемішування розчинених і завислих речовин.

В практичній частині методичних вказівок наводяться детальні методи розрахунків розведення стічних вод за схемами плоскої і просторової задачі та з врахуванням початкового розведення при скидах стічних вод. Кожна з трьох задач супроводжується детальними прикладами, які демонструють логічний та аналітичний хід їх реалізації.

Початкові дані цієї роботи забезпечені десятьма варіантами.

Оцінювання роботи здійснюється за показниками, які наведені окремо в завершальному розділі методичних вказівок.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. РОЗРАХУНКИ РОЗВЕДЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

1.1 Рівняння балансу і турбулентної дифузії

Стичні води – це води, які були використані на виробничі або побутові потреби, одержали при цьому додаткові домішки (забруднення), що змінило їх первісний хімічний склад або фізичні властивості, та підлягають видаленню з населених пунктів або промислових підприємств.

При розгляді динаміки забруднення і самоочищення в річках, озерах і водосховищах у першу чергу звертають увагу на процес розведення стічних вод як на один із найбільш вагомих чинників зниження концентрацій забруднювальних речовин у водному середовищі. Ефект розведення в річковому потоці може бути визначений на основі рівняння балансу речовини, складеного для потоку в цілому. Місце розташування створу достатньо повного перемішування річкової води зі стічними водами може бути визначене на основі розрахунку розведення (розрахунку турбулентної дифузії речовини) у потоці. Передбачається, що в цьому створі досягнуто достатній ступінь однорідності водних мас, який оцінюється середнім значенням концентрації скинутих у потік речовин. Ступінь неоднорідності водних мас оцінюється за різницею між максимальним і середнім значеннями концентрації в створі.

Рівняння балансу консервативної речовини, записаного для водотоку в цілому, має вигляд

$$s_e Q_e + s_{CT} Q_{CT} = s_{II} (Q_e + Q_{CT}), \quad (1.1)$$

де Q_e – витрата води в потоці вище місця скидання стічних вод, м³/с;
 s_e – концентрація речовини в потоці вище місця скидання стічних вод, г/дм³;

Q_{CT} – витрата стічних вод, м³/с;

s_{CT} – концентрація тієї ж речовини в стічних водах, г/дм³;

s_{II} – середня концентрація речовини в створі достатнього перемішування, г/дм³.

Очевидно, що

$$s_{II} = \frac{s_e Q_e + s_{CT} Q_{CT}}{Q_e + Q_{CT}}. \quad (1.2)$$

Рівняння балансу речовини можна скласти і для концентрації $s_{ПРИВ}$, що виражається рівністю

$$s_{ПРИВ} = s - s_e, \quad (1.3)$$

де s – дійсна концентрація забруднювальної речовини в будь-якій точці або перерізі потоку, г/дм³.

Рівняння балансу консервативної речовини (1.1) у потоці, що має фонову концентрацію s_e , для приведених величин, тобто в перевищеннях над фоном, записується у вигляді

$$s_{СТ} Q_{СТ} = (Q_e + Q_{СТ}) s_{П}, \quad (1.4)$$

де концентрації $s_{СТ}$ і $s_{П}$ є приведеними, проте індекс «ПРИВ» при цих величинах опущено для спрощення запису.

Цілком очевидно, що при $s_e = 0$ рівняння балансу, записане в дійсних величинах концентрації речовини, має той же вигляд, що й вираз (1.4).

При розгляді різних запитань, пов'язаних із забрудненням водотоків та водойм, важливою є задача про визначення відстані від створу скиду стічних вод до створу достатнього перемішування або створу з будь-яким заданим ступенем розведення. Для вирішення цієї задачі виконується розрахунок турбулентної дифузії.

Турбулентна дифузія розчинених і завислих речовин у річкових потоках, озерах і водосховищах в загальному вигляді описується диференціальним рівнянням турбулентної дифузії. Це рівняння виведене В.М. Маковєєвим [2] і використовується для вирішення багатьох задач про поширення і перенесення розчинених та завислих речовин (наносів) у природних потоках. Рівняння Маковєєва має вигляд

$$\frac{ds}{dt} = D \left(\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial s}{\partial y}, \quad (1.5)$$

де

$$\frac{ds}{dt} = \frac{\partial s}{\partial t} + v_x \frac{\partial s}{\partial x} + v_y \frac{\partial s}{\partial y} + v_z \frac{\partial s}{\partial z}, \quad (1.6)$$

де s – концентрація забруднювальної речовини у воді, г/м³, мг/дм³ або в інших одиницях;

t – час, с;

u – величина, що виражає гідравлічну крупність завислих частинок, м/с. Для розчинених речовин ($u = 0$) рівняння записується без останнього

члена;

v_x, v_y, v_z – компоненти швидкості течії відносно координат x, y, z , м/с. Вісь x спрямована за течією потоку, вісь y – від поверхні до дна, вісь z – за шириною потоку;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії, м²/с.

В залежності від характеру потоку і особливостей розв'язуваної задачі рівняння (1.6) записується з відповідними спрощеннями. Так, для умов сталого процесу дифузії розчинених речовин у потоках рівняння можна подати у вигляді

$$v_x \frac{\partial s}{\partial x} + v_z \frac{\partial s}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial z^2} \right). \quad (1.7)$$

Якщо не брати до уваги поперечну складову швидкості течії, то рівняння (1.7) запишеться без другого члена в лівій частині, тобто

$$v_x \frac{\partial s}{\partial x} = D \left(\frac{\partial^2 s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 s}{\partial z^2} \right). \quad (1.8)$$

Рівняння дифузії можна записати і для випадку плоскої задачі, тобто поширення забруднених вод в одній будь-якій площині, наприклад, у горизонтальній. Ця задача виникає в потоці у випадку дуже швидкого перемішування за вертикаллю і відсутності поперечної течії. Для вказаного випадку рівняння записується таким чином

$$v_x \frac{\partial s}{\partial x} = D \frac{\partial^2 s}{\partial z^2}. \quad (1.9)$$

Граничні умови, які використовуються при розрахунках, засновані на принципі зберігання речовини і враховують, що перенос речовини через поверхні, які обмежують потік, дорівнює нулю. Так для бокової поверхні потоку (берега) гранична умова має вигляд

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0. \quad (1.10)$$

Початкова умова при розрахунку може задаватися таким способом:

1) у вигляді розповсюдження концентрації на початковому поперечнику;

2) у вигляді витрати та концентрації речовини, що надходить у потік, з вказівкою місця її випуску.

В практиці розрахунків використовується поняття кратності розведення n та коефіцієнта змішування γ . Перший показник є найбільш універсальним, а коефіцієнт γ обчислюється лише в особливих випадках.

Для обчислення кратності розведення на ділянці від пункту скидання стічних вод до заданого створу або заданої точки потоку в випадку, коли фонові концентрація s_e забруднювального інгредієнта в потоці не дорівнює або дорівнює нулю, використовуються відповідно такі залежності

$$n = \frac{s_{CT} - s_e}{s_{\max} - s_e}; \quad n = \frac{s_{CT}}{s_{\max}}. \quad (1.11)$$

Для розрахунків розведення стічних вод в річках та водоймах існують методи, засновані на використанні чисельних рішень рівнянь турбулентної дифузії. Серед них виділяються детальні і спрощені. Детальні методи розрахунку являють собою безпосередньо чисельні рішення рівнянь, а спрощені будуються на аналітичній або графічній апроксимації цих рішень.

1.2 Детальні методи розрахунку турбулентної дифузії (розрахунок розведення стічних вод)

1.2.1 Основний метод

Детальні методи розрахунку дозволяють одержати поле концентрації речовини в межах розрахункової області, починаючи від джерела забруднення аж до конкретного контрольного створу (створ водокористування). Детальні методи, розроблені А.В. Караушевим, базуються на загальному диференціальному рівнянні турбулентної дифузії.

Рівняння турбулентної дифузії реалізується у формі кінцевих різниць заміною диференціалів ∂s , ∂x , ∂y та ін. скінченними приростами Δs , Δx , Δy та ін.

Для умов просторової задачі при достатньо малих поперечних швидкостях течії і стаціонарного в часі процесу маємо

$$\frac{\Delta x^s}{\Delta x} = \frac{D_{CEP}}{v_{CEP}} \left(\frac{\Delta y^2 s}{\Delta y^2} + \frac{\Delta z^2 s}{\Delta z^2} \right). \quad (1.12)$$

Вся розрахункова область потоку поділяється площинами, паралельними координатним (рис. 1.1), на розрахункові клітини – елементи (паралелепіеди зі сторонами Δx , Δy , Δz).

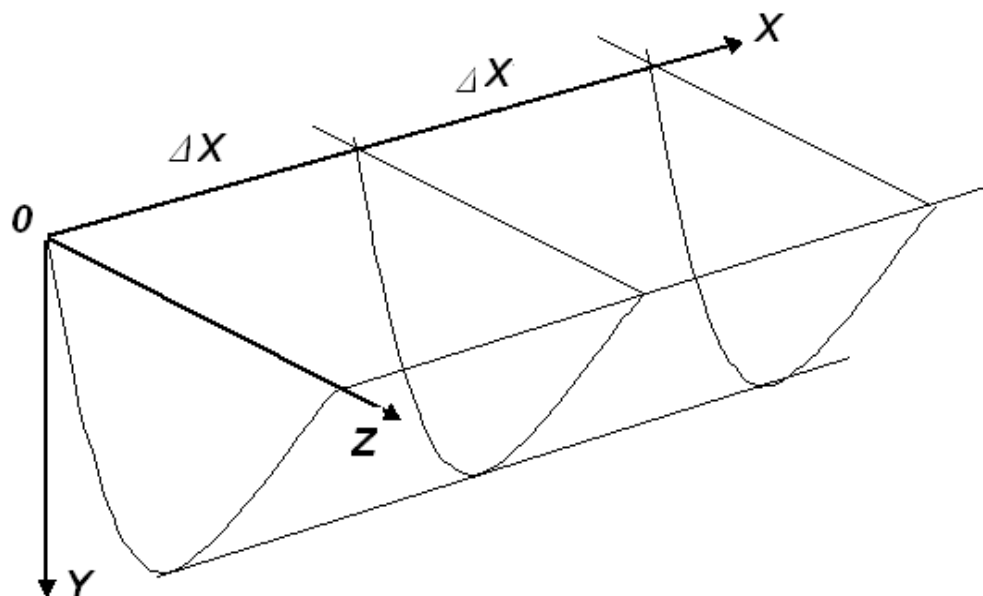


Рис. 1.1 – Фрагмент руслової ділянки з системою координат

На рис. 1.2 показано таке ділення у площині yOz . Кожному елементу додано свій індекс по відповідних осях координат: по осі x – k , по осі y – n , по осі z – m .

Зміна індексу на одиницю показує перехід уздовж координатної осі від даного елемента до сусіднього. Значенням концентрації в кожній клітині приписуються ті ж самі індекси. Задача спрощується, коли $\Delta y = \Delta z$. Розрахункове рівняння для умов просторової задачі в цьому випадку має вигляд

$$s_{k+1,n,m} = 0,25(s_{k,n+1,m} + s_{k,n-1,m} + s_{k,n,m+1} + s_{k,n,m-1}), \quad (1.13)$$

при обов'язковому виконанні такого співвідношення між подовжніми і поперечними розмірами розрахункових елементів

$$\Delta x = \frac{v_{CEP} \Delta z^2}{4D}. \quad (1.14)$$

Для умов плоскої задачі розрахункове рівняння запишеться таким чином

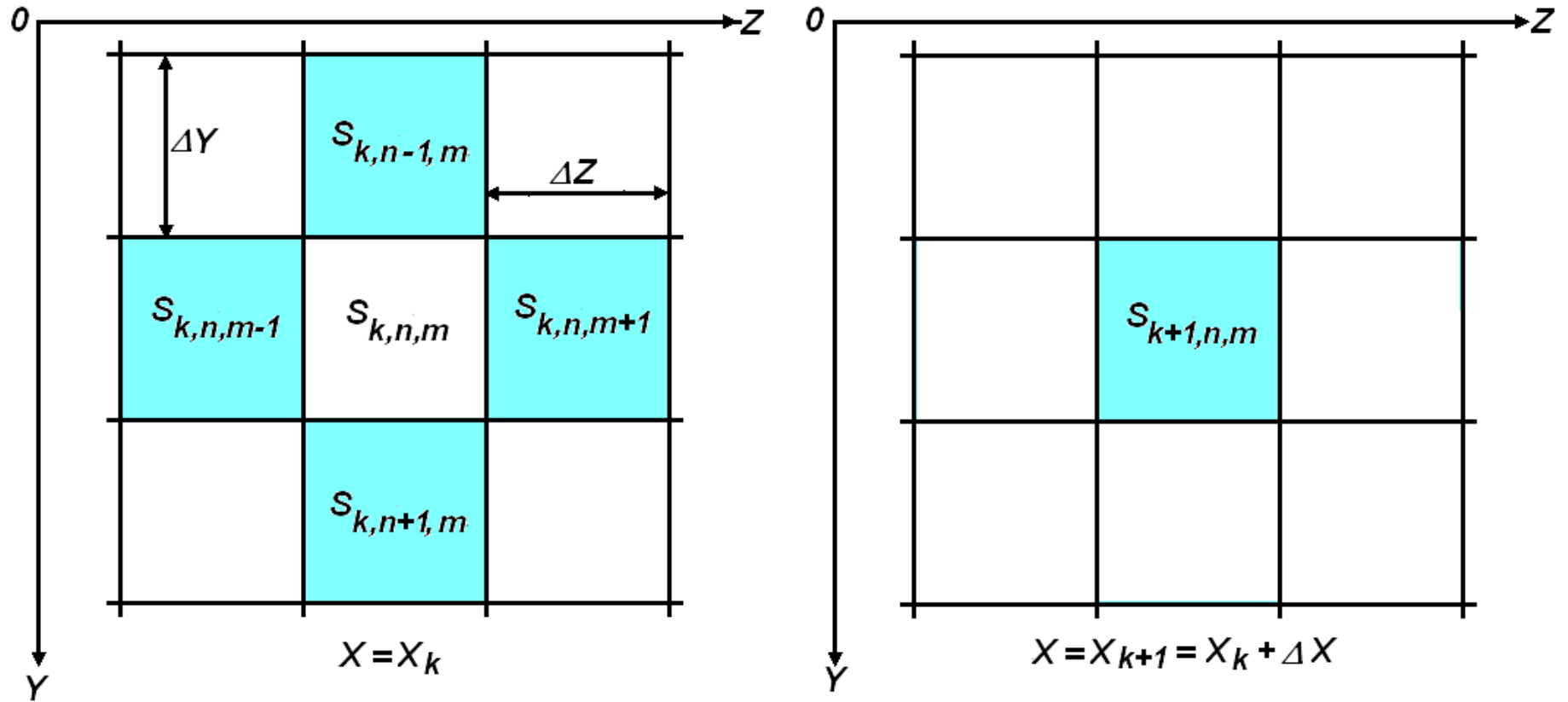


Рис. 1.2 – Сітка до розрахунку турбулентної дифузії. Просторова задача.

$$s_{k+1,m} = 0,5(s_{k,m-1} + s_{k,m+1}). \quad (1.15)$$

Умовні позначки показані на рис. 1.2. Значення Δx і Δz пов'язані залежністю

$$\Delta x = \frac{v_{CEP} \Delta z^2}{2D}. \quad (1.16)$$

Коефіцієнт D визначається за формулою

$$D = \frac{gHv_{CEP}}{MC}, \quad (1.17)$$

де H – середня глибина на ділянці, м;

C – коефіцієнт Шезі, м^{1/2}/с;

M – коефіцієнт, що залежить від C ;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

За умови $10 < C < 60$ маємо залежність $M = 0,7C + 6$, при $C \geq 60$ параметр $M = 48 = const$. Добуток MC має розмірність м/с².

При розрахунку враховується умова біля стінок (на межі потоку)

$$\left(\frac{\Delta s}{\Delta z} \right)_{ГР.ПОВ} = \left(\frac{\Delta s}{\Delta y} \right)_{ГР.ПОВ} = 0. \quad (1.18)$$

Поле концентрацій та розрахункову сітку можна умовно поширити за межі потоку (рис. 1.3), тобто проєкстраполювати концентрацію за обмежуючі потік поверхні. Екстраполяційне значення концентрації $s_{ЕКСТР}$ в клітині прилеглий до зовнішньої поверхні стінки, та значення концентрації s_1 у клітині, що перебуває в потоці та примикає до внутрішньої поверхні стінки на тому ж поперечнику, повинні задовольняти умову (1.18), що можливо у випадку, якщо

$$s_{ЕКСТР} = s_1. \quad (1.19)$$

Останнє співвідношення визначає правило екстраполяції концентрації розчину (екстраполяційні значення беруться за дійсні).

Розв'язання задачі здійснюється таким чином: початкові умови враховуються при завданні місця випуску розчину, його витрати $Q_{СТ}$ і концентрації речовини, що випускається (початкової концентрації $s_{СТ}$). На плані річки позначається місце надходження стічних вод і через нього

проводиться початковий поперечник. Нижче за течією річковий потік схематизується і поділяється на розрахункові клітини.

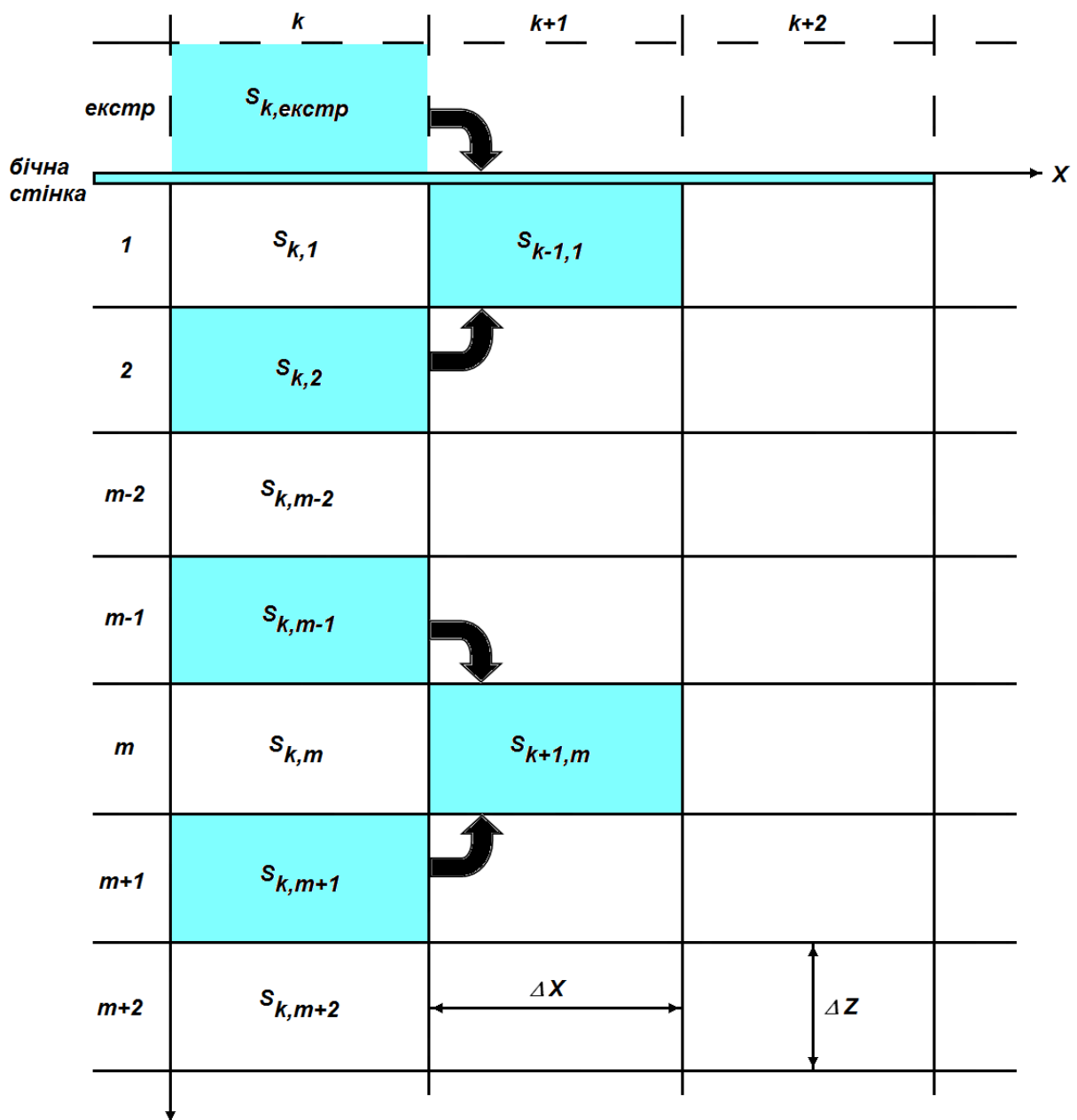


Рис. 1.3 – Сітка до розрахунку турбулентної дифузії. Плоска задача.

Швидкість стічних вод $v_{СТ}$, що скидаються у водний об'єкт у місці їхнього надходження, беруться рівною середній швидкості течії річки $v_{СЕР}$. Обчислюється умовна площа поперечного перерізу потоку δ у місці впадання струменя стічних вод у річку за формулою

$$\delta = Q_{CT} / v_{CEP}. \quad (1.20)$$

Потім (для плоскої задачі) визначається ширина забрудненого струменя потоку b в початковому створі

$$b = \frac{\delta}{H_{CEP}} = \frac{Q_{CT}}{v_{CEP} H_{CEP}}. \quad (1.21)$$

Відповідно до величини b призначається ширина розрахункової клітини Δz . Найбільша допустима величина Δz при впаданні стічних вод біля берега визначається із співвідношення

$$\Delta z = b. \quad (1.22)$$

При випуску стічних вод на деякій відстані від берега або на середині потоку необхідно брати

$$\Delta z = b/2. \quad (1.23)$$

Якщо одержувані за співвідношеннями (1.22)-(1.23) значення Δz дуже великі ($\Delta z > 1/10$ ширини річки B), то їх зменшують, щоб виконувалася нерівність $\Delta z \leq 1/10B$.

При виконанні розрахунків ділянку потоку поділяють на клітини зі сторонами Δx , Δz , одержуючи розрахункову сітку. Клітини, що потрапляють у струмінь потоку стічних вод у початковому поперечнику, заповнюються числами, які виражають початкову концентрацію, тобто концентрацію забруднювальних речовин у стічних водах s_{CT} , інші клітини – числами, що виражають природну концентрацію забруднювальних речовин у річці (в окремому випадку – нульова концентрація).

При розрахунку за схемою просторової задачі площа поперечного перерізу забрудненого струменя на початковому створі визначається за формулою (1.20). Площа однієї розрахункової клітини, що розташовується в поперечному перерізі потоку $\Delta \omega = \Delta y \cdot \Delta z$, обчислюється зі співвідношення $n_{zag} \cdot \Delta \omega = \delta$, де n_{zag} – число клітин, зайнятих забрудненими водами; воно повинне задовольняти нерівності $n_{zag} \geq 4$.

Якщо величини клітин утворюються дуже малими, то розрахунок із прийнятим розподілом ведеться до створу, у якому забруднювальна речовина виявиться розподіленою у 20-50 клітинах. Після цього клітини в перерізі об'єднуються по 2-4 (плоска задача) або по 4-9 (просторова задача), одержуючи нові середні значення концентрації в клітинах і нові їхні лінійні розміри. Величина Δx після укрупнення клітин розраховується

за формулою

$$\Delta x_{укр} = \Delta x \cdot \mu^2, \quad (1.24)$$

де μ – число, що показує, у скільки разів збільшено значення Δz після об'єднання клітин. Операцію об'єднання можна повторювати декілька разів.

У результаті послідовних розрахунків від поперечника до поперечника одержується поле концентрації на ділянці нижче скидання стічних вод. Це поле можна представити у вигляді ізоліній концентрацій. Ізолінія концентрації забруднювальної речовини, що відповідає значенню ГДК цієї речовини, є межею зони забруднення. Таким чином, розрахунок дозволяє визначити вказану зону й обчислити її параметри.

1.2.2 Розрахунок загального розведення з врахуванням початкового розведення

У низці випадків доцільно застосовувати метод кінцевих різниць, розглянутий вище, у сполученні з методом М.М. Лапшева [3], призначеним для врахування початкового розведення. Доцільність такого сполучення видно при визначенні кратності розведення поблизу від випуску стічних вод. Метод Лапшева застосовується в тому випадку, якщо спостерігається значна різниця між швидкістю витікання стічної рідини $v_{СТ}$ і швидкістю течії в потоці $v_{П}$, куди здійснюється скидання. У такому разі розрахунок починається з визначення кратності початкового розведення $n_{П}$ за формулою

$$n_{П} = \frac{0,248}{1-m} \tilde{d}^2 \left(\sqrt{m^2 + 8,1 \frac{1-m}{\tilde{d}^2}} - m \right), \quad (1.25)$$

де $m = v_{П} / v_{СТ}$. Формула застосовується за умови $m \leq 0,25$ і $v_{СТ} \geq 2$ м/с. Відносний діаметр \tilde{d} у формулі (1.25) визначається із співвідношення $\tilde{d} = d / d_0$, в якому d_0 – діаметр оголовка, d – діаметр забрудненого струменя. Значення \tilde{d} обчислюється за такою формулою

$$\tilde{d} = \sqrt{\frac{8,1}{\frac{(1-m)\Delta v_m^2}{0,92} + \frac{2m\Delta v_m}{0,96}}}. \quad (1.26)$$

У цій формулі $\Delta v_m = v_m - v_{II}$ (v_m – швидкість на осі струменя). За даними досліджень умовно приймається $\Delta v_m \approx 0,10 \div 0,15$ м/с. Якщо струмінь, розширюючись, досягає граничних поверхонь, інтенсивність розведення знижується. Кількісно це зниження враховується шляхом введення у формулу (1.25) множника $f(H/d)$, що являє собою функцію, яка враховує стиснення струменя.

Приймається, що кратність у стислому струмені $n_{n.c.} = n_{II} \cdot f(H/d)$. Величина $f(H/d)$ визначається за графіком (рис. 1.4) в залежності від відношення H/d . Відстань від створу випуску до замикального створу зони початкового розведення розраховується за залежністю

$$x_{II} = \frac{d}{0,48(1 - 3,12m)}. \quad (1.27)$$

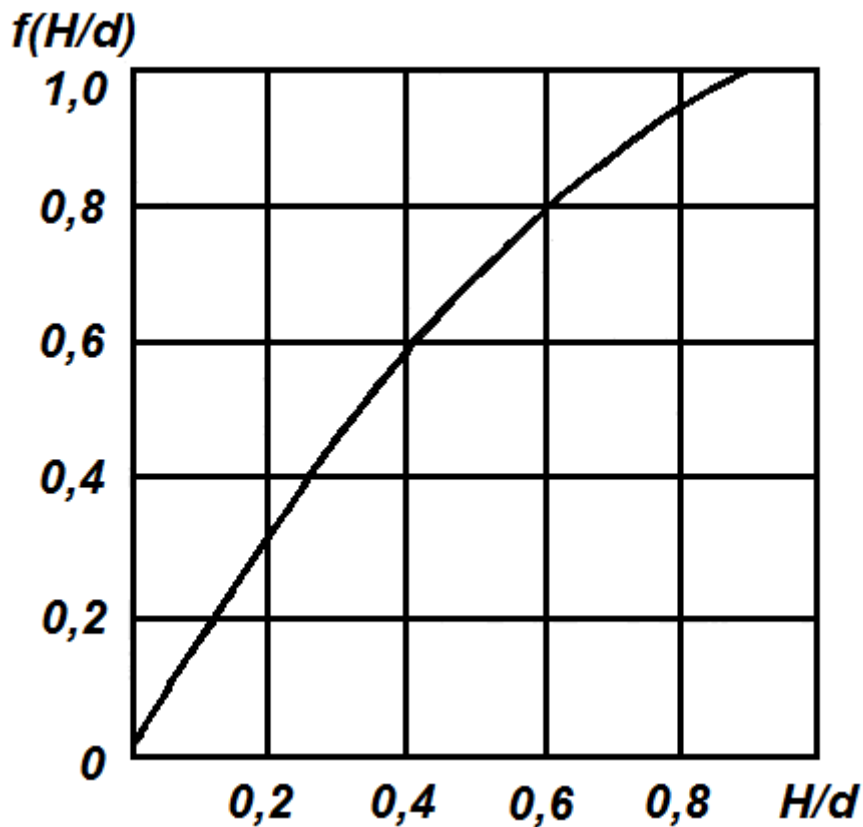


Рис. 1.4 – Графік функції $f(H/d)$

Подальший розрахунок розведення ведеться за кінцево-різницевою схемою. Переріз струменя наприкінці зони початкового розведення схематизується як квадратний, а концентрація забруднювальних інгредієнтів по всьому перерізу приймається однаковою та рівною $s = s_{CT}/n_{II}$. Відповідно до величини перерізу призначається розмір i

число розрахункових клітин і виконується розрахунок за викладеною вище методикою.

2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА. СКЛАД ЗАВДАНЬ З ПОЯСНЕННЯМИ ЩОДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Практична робота складається з трьох самостійних розрахункових завдань до визначення розведення стічних вод у річці детальним методом і завершується контрольними запитаннями, на які необхідно дати письмові відповіді у пояснювальній записці до цієї практичної роботи.

В цій практичній роботі ставляться такі запитання (задачі):

2.1 Завдання 1. Плоска задача

- а) виконати оцінку концентрації забруднювальної речовини на вказаній відстані від створу випуску стічних вод детальним методом за схемою плоскої задачі;
- б) визначити кратність розведення стічних вод в заданому створі;
- в) навести графічний розподіл концентрації забруднювальної речовини за шириною річки в розрахунковому створі;
- г) зробити аналіз одержаних результатів цього завдання.

2.2 Завдання 2. Просторова задача

- а) розрахувати розподіл концентрації забруднювальної речовини в перерізі заданого створу;
- б) побудувати ізолінії концентрації забруднювальної речовини у заданому створі;
- в) визначити кратність розведення стічних вод в заданому створі;
- г) зробити аналіз одержаних результатів цього завдання.

2.3 Завдання 3. Розрахунок розведення детальним методом з врахуванням початкового розведення

- а) визначити кратність початкового розведення;
- б) визначити розмір зони початкового стиснення;
- в) обчислити кратність розведення стічних вод у розрахунковому створі;
- г) зробити аналіз одержаних результатів цього завдання.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАВДАНЬ

3.1 Приклади виконання завдань

3.1.1 Завдання 1. Приклад 1

Розрахунок детальним методом за схемою плоскої задачі.

Початкові дані:

- 1) Витрата води в створі випуску стічних вод $Q_P = Q_e + Q_{CT} = 152$ м³/с;
 - 2) Витрата стічних вод $Q_{CT} = 50,6$ м³/с;
 - 3) Ширина річки $B = 26,5$ м;
 - 4) Середня глибина $H = 2,37$ м;
 - 5) Середня швидкість течії $v_{СЕР} = 2,42$ м/с;
 - 6) Коефіцієнт Шезі $C = 29,2$ м^{1/2}/с;
 - 7) Концентрація забруднювальної речовини в річковій воді $s_e = 0$ г/м³;
 - 8) Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах $s_{CT} = 100$ г/м³;
 - 9) Коефіцієнт турбулентної дифузії $D = 0,073$ м²/с.
- Розрахунковий створ розташовується на відстані 700 м від місця скидання стічних вод. Скидання стічних вод – берегове.
Складові завдання визначені у п. 2.1.

Рішення:

а) Виконується оцінка концентрації забруднювальної речовини на відстані 700 м від створу випуску стічних вод детальним методом за схемою плоскої задачі згідно з п. 1.2.1.

1) Обчислюється початковий переріз струменя стічних вод за формулою (1.20)

$$\delta = \frac{Q_{CT}}{v_{СЕР}} = \frac{50,6}{2,42} = 20,9 \text{ м}^2.$$

2) Ширина забрудненої частини річки в початковому створі визначається за формулою (1.21)

$$b = \frac{\delta}{H} = \frac{20,9}{2,37} = 8,8 \text{ м}.$$

3) Ширина розрахункової клітини Δz приймається рівною 1,3 м ($1/20B$), тоді число клітин, зайнятих забрудненими водами, дорівнює

$$n_{ЗАБ} = \frac{b}{\Delta Z} = \frac{8,8}{1,3} \approx 7.$$

Загальне число клітин за шириною річки

$$n = \frac{B}{\Delta Z} = \frac{26,5}{1,3} \approx 20.$$

4) Відстань між розрахунковими перерізами Δx визначається за формулою (1.16)

$$\Delta x = \frac{v_{СЕР} \Delta Z^2}{2D} = \frac{2,42 \cdot 1,69}{2 \cdot 0,073} = 28 \text{ м.}$$

У початковому перерізі сім клітин заповнюються цифрами 100 (концентрація забруднювальної речовини), а інші відповідають нульовій концентрації (табл. 3.1 а). Після цього виконується розрахунок турбулентної дифузії за формулою (1.15).

Результати розрахунку заносяться до табл. 3.1 а. Для скорочення обсягу розрахункових робіт після перерізу, розташованого в 364 м від випуску, розрахункові клітини укрупнюються в 2 рази. Концентрація в укрупнених клітинах обчислюється як середнє арифметичне з концентрацій в об'єднаних клітинах.

б) Кратність розведення стічних вод в заданому створі визначається за відношенням концентрації стічних вод (вихідної – 100 г/м³) до максимальної концентрації забруднювальної речовини в заданому створі (81 г/м³)

$$n = \frac{s_{СТ}}{s_{\max}} = 100/81 = 1,23.$$

в) За даними четвертої колонки табл. 3.1 б будується графік розподілу концентрації забруднювальної речовини за шириною річки в розрахунковому створі (рис. 3.1).

Таблиця 3.1 а – Розрахункові значення концентрації забруднювальної речовини (за схемою плоскої задачі)

до укрупнення клітин $\Delta z = 1,3$ м; $\Delta x = 28$ м

s_0	s_i													$s_{укр}$	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	2	4	3	6	6	
0	0	0	0	0	0	1	1	4	3	6	4	8	6	6	6
0	0	0	0	0	3	2	7	4	9	6	12	8	13	13	
0	0	0	0	6	3	11	7	15	9	17	12	19	4	4	13
0	0	0	12	6	19	11	23	15	26	18	27	20	28	28	
0	0	25	13	31	19	35	23	36	26	38	28	38	29	29	28
0	50	25	50	32	50	35	50	37	50	38	50	39	49	49	
100	50	75	50	69	51	66	50	63	50	62	50	61	50	50	49
100	100	75	87	69	81	66	77	63	74	62	72	61	70	70	
100	100	100	88	93	82	88	77	85	74	82	72	79	70	70	70
100	100	100	100	94	96	89	93	85	90	82	87	79	85	85	
100	100	100	100	100	97	98	93	96	90	93	87	91	85	85	85
100	100	100	100	100	100	98	99	96	97	93	95	91	93	93	
100	100	100	100	100	100	100	99	99	97	97	95	95	93	93	93
$s_{ЕКСТР}$ 100	100	100	100	100	100	100	99	99	97	97	95	95	93	93	
x 0	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308	336	364	364	

Таблиця 3.1 б – Розрахункові значення концентрації забруднювальної речовини (за схемою плоскої задачі) після укрупнення клітин $\Delta z = 2,6$ м; $\Delta x = 112$ м

		s_i			
1		2		2	3
2		2		3	4
3		4		5	7
6		8		10	13
13		17		20	21
28		31		33	34
49		49		49	49
70		67		65	63
85		81		78	75
93		89		85	81
s_{EKCTP}	93	89		85	81
x	364	476		588	700

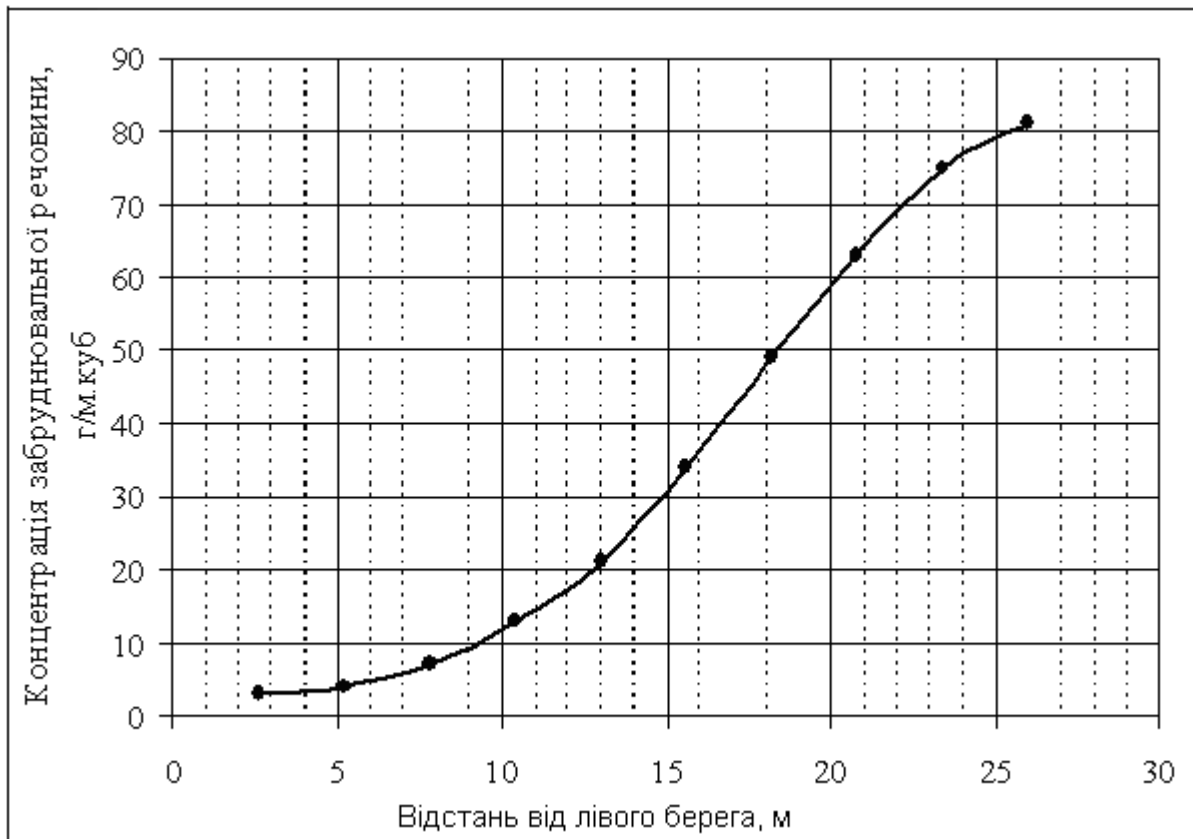


Рис. 3.1 – Розподіл забруднювальної речовини в розрахунковому створі

г) з табл. 3.1 б можна побачити, що на відстані 700 м від випуску максимальна концентрація забруднювальної речовини дорівнює 81 г/м^3 , тобто в аналізованому випадку зниження концентрації біля правого берега річки (з якого здійснюється випуск стічних вод) є невеликим. Біля протилежного берега, на тій же відстані від випуску, концентрація забруднювальної речовини досягає лише 2-3% від початкової. В поперечному перерізі концентрація забруднювальної речовини змінюється від 3 г/м^3 до 81 г/м^3 .

3.1.2 Завдання 2. Приклад 2

Розрахунок за схемою просторової задачі.

Початкові дані:

У річку впадає притока з дуже забрудненою водою, яку можна розглядати як скидання стічних вод. В цих водах лімітуюча забруднювальна речовина розподілена рівномірно за перерізом.

- 1) Витрата води в річці у вихідному створі $Q_P = Q_e + Q_{CT} = 250 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 2) Витрата стічних вод $Q_{CT} = 25,3 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 3) Ширина річки $B = 16 \text{ м}$;
- 4) Середня глибина $H = 6,4 \text{ м}$;
- 5) Середня швидкість течії в річці $v_{СЕР} = 2,44 \text{ м/с}$;
- 6) Концентрація забруднювальної речовини в притоці $s_{CT} = 100 \text{ г/м}^3$;
- 7) Фонова концентрація тієї ж речовини в річці $s_e = 0 \text{ г/м}^3$;
- 8) Коефіцієнт Шезі $C = 50,7 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$;
- 9) Коефіцієнт турбулентної дифузії $D = 0,073 \text{ м}^2/\text{с}$.

Розрахунковий створ розташовується на відстані 150 м від місця скидання стічних вод. Скидання стічних вод – берегове.

Складові завдання визначені у п. 2.2.

Рішення:

а) Розраховується розподіл концентрації забруднювальної речовини в перерізі заданого створу (на відстані 150 м від міста впадіння забрудненої притоки) у такій послідовності згідно з п. 1.2.1.

1) Призначається початковий переріз забруднюючого струменя за формулою (1.20)

$$\delta = \frac{Q_{CT}}{v_{СЕР}} = \frac{25,3}{2,44} = 10,4 \text{ м}^2.$$

2) Розмір сторін розрахункової клітини приймається рівним $\Delta y = \Delta z = 1,6$ м ($1/4H$, $1/10B$), тоді площа клітини $\Delta \omega = \Delta z \cdot \Delta y = 2,56$ м².

3) Число клітин, зайнятих забрудненими водами в початковому перерізі

$$n_{ЗАБ} = \frac{\delta}{\Delta \omega} = \frac{10,4}{2,56} \approx 4,$$

а загальне число клітин у перерізі дорівнює

$$n = \frac{BH}{\Delta \omega} \approx 40.$$

Розташовують ці клітини в чотири шари за глибиною, у кожному шарі при цьому буде 10 клітин (табл. 3.2).

4) Відстань між розрахунковими перерізами визначається за формулою (1.14)

$$\Delta x = \frac{v_{СЕР} \cdot \Delta y^2}{4D} = \frac{2,44 \cdot 2,56}{4 \cdot 0,073} = 21,4 \text{ м.}$$

Після цього в дві поверхневі клітини двох стовпчиків, що примикають до лівого берега, виписується число 100, а інші клітини заповнюються 0, що свідчить про відсутність забруднювальної речовини. Далі розраховується розподіл забруднювальної речовини у річковому потоці методом турбулентної дифузії за формулою (1.13).

Результати розрахунків наведені в табл. 3.2.

б) За даними табл. 3.2 будуються ізолінії розподілу концентрації забруднювальної речовини у заданому створі (рис. 3.2).

в) Кратність розведення стічних вод в заданому створі визначається відношенням концентрації стічних вод (вихідної – 100 г/м³) до максимальної концентрації забруднювальної речовини в заданому створі (48 г/м³)

$$n = \frac{s_{CT}}{s_{\max}} = 100/48,0 = 2,08.$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок турбулентної дифузії (розведення стічних вод) за схемою просторової задачі

$$\Delta z = \Delta y = 1,6 \text{ м}; \Delta x = 21,4 \text{ м}$$

x = 0 м									
100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x = 21,4 м									
100	75,0	25,0	0	0	0	0	0	0	0
100	50	25,0	0	0	0	0	0	0	0
25,0	25,0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x = 42,8 м									
87,5	62,5	31,2	6,2	0	0	0	0	0	0
62,5	50,0	18,8	6,2	0	0	0	0	0	0
31,2	18,8	12,5	0	0	0	0	0	0	0
6,2	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0
x = 64,2 м									
75,0	57,8	10,9	1,6	0	0	0	0	0	0
57,8	40,6	25,0	1,6	0	0	0	0	0	0
29,7	25,0	9,4	4,7	0	0	0	0	0	0
12,4	7,8	4,7	0	0	0	0	0	0	0
x = 85,6 м									
66,4	50,8	30,8	12,1	3,5	0,4	0	0	0	0
50,8	41,4	21,5	10,6	2,0	0,4	0	0	0	0
31,2	21,9	14,8	3,9	1,6	0	0	0	0	0
15,6	12,5	5,5	2,4	0	0	0	0	0	0
x = 107 м									
58,6	47,3	28,8	14,2	4,6	1,1	0,1	0	0	0
47,3	36,2	24,4	9,9	4,0	0,6	0,1	0	0	0
30,0	25,0	13,2	7,4	1,5	0,5	0	0	0	0
18,7	13,8	8,7	3,0	1,0	0	0	0	0	0
x = 128 м									
53,1	42,8	28,7	14,4	6,0	1,6	0,3	0	0	0
42,9	36,1	22,0	12,5	4,2	1,4	0,2	0	0	0
30,2	23,2	16,4	6,9	3,2	0,5	0,2	0	0	0
0,3	16,5	9,7	5,0	1,4	0,4	0	0	0	0
x = 150 м									
48,0	40,2	27,0	15,4	6,6	2,3	0,5	0,1	0	0
40,5	32,7	23,4	11,8	5,8	1,6	0,5	0	0	0
29,2	24,8	15,5	9,3	3,2	1,3	0,2	0	0	0
21,8	17,4	11,9	5,8	2,5	0,6	0,2	0	0	0

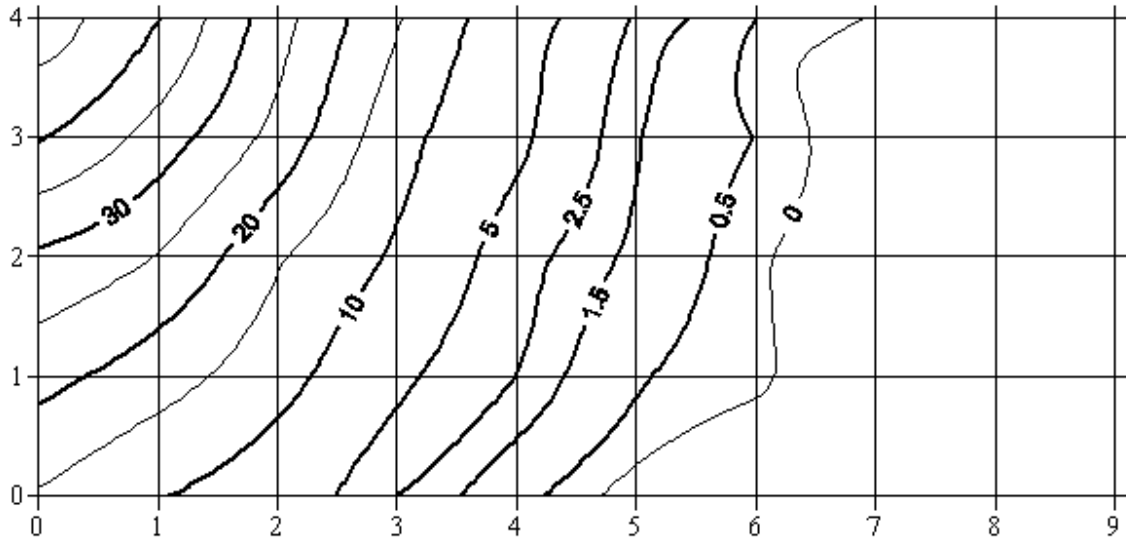


Рис. 3.2 – Поле концентрацій забруднювальної речовини у розрахунковому створі

г) Аналізуючи одержані у табл. 3.2 результати, можна констатувати наступне. На ділянці довжиною 150 м із забруднювальною речовиною відбувся її перерозподіл у площині розрахункового перерізу. Це визначилося в зміні концентрації забруднювача від нуля до $48,0 \text{ г/м}^3$. Найбільша концентрація відмічена з боку берега впадіння припливу забруднених вод (лівий берег). Кратність розведення становить 2,08. Найближча до лівого берега вертикаль має розподіл концентрації забруднювальної речовини від $48,0$ (поверхня) до $21,8$ (придонний шар).

Ближче до правого берега три відсіки не мають забруднення. Лише у поверхневій клітині третього відсіку концентрація забруднювача становить $0,1 \text{ г/м}^3$. Розподіл забруднювальної речовини демонструється на рис. 3.2.

3.1.3 Завдання 3. Приклад 3

Розрахунок розведення детальним методом з урахуванням початкового розведення.

Початкові дані:

У рівнинну річку через сконцентрований випуск, розташований у середині живого перерізу, скидаються стічні води з постійною витратою $Q_{СТ}$ і постійною концентрацією забруднювальних речовин $s_{СТ}$. Розрахунковий створ розташовується на відстані 500 м від місця випуску стічних вод.

Дані до об'єктів:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| для річки | для стічних вод |
| 1) $Q_P = 126 \text{ м}^3/\text{с}$; | $Q_{СТ} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$; |

- 2) $v_{CEP} = 0,35$ м/с; $v_{CT} = 2,04$ м/с;
 3) $H = 6,0$ м; $d_0 = 0,5$ м (діаметр оголовка випуску);
 4) $B = 60,0$ м;
 5) $C = 42$ м^{1/2}/с; $s_{CT} = 100$ г/м³;
 6) $D = 0,0138$ м²/с;
 7) $s_e = 0$ г/м³.

Складові завдання визначені у п. 2.3.

Рішення:

а) Визначається кратність початкового розведення.

1) Розрахунок починається з обчислення кратності початкового розведення n_{II} за формулою (1.25). Для з'ясування придатності цієї формули у цьому випадку визначається величина

$$m = v_{CEP} / v_{CT} = 0,172,$$

тобто $m < 0,25$. Отже, формула (1.25) відповідає умові задачі.

2) Для обчислення початкового розведення n_{II} необхідно спочатку визначити відносний діаметр забрудненого струменя \tilde{d} в розрахунковому перерізі, тобто в замикальному створі зони початкового розведення. Величина \tilde{d} визначається за формулою (1.26). Відповідно до рекомендацій Лапшева в цій формулі величина $\Delta v_m = 0,1$ м/с.

$$\tilde{d} = \sqrt{\frac{8,1}{\frac{(1 - 0,172)0,01}{0,92} + \frac{2 \cdot 0,172 \cdot 0,1}{0,96}}} = 13,4 \text{ м.}$$

3) Визначається діаметр забрудненого струменя d наприкінці зони початкового розведення $\tilde{d} = d / d_0$, звідки $d = \tilde{d} \cdot d_0 = 6,7$ м.

4) Розраховується $H / d_0 = 6 / 0,5 = 12$. Оскільки $\tilde{d} > H / d_0$, то струмінь буде стисненим. Відносне стиснення струменя $H / d = 0,90$. За номограмою (рис. 1.4) $f(H / d) = 0,99$.

5) За формулою (1.25) обчислюється початкове розведення без врахування стиснення

$$n_{II} = \frac{0,248}{1 - 0,172} 13,4^2 \left(\sqrt{0,172^2 + 8,1 \frac{1 - 0,172}{13,4^2}} - 0,172 \right) = 4,7.$$

б) Визначається розведення з врахуванням стиснення струменя

$$n_{n.c.} = 4,7 \cdot 0,99 = 4,7.$$

б) Визначається розмір зони початкового стиснення (початкового розведення). За формулою (1.27) розраховується відстань до створу, що замикає зону початкового розведення

$$x_{II} = \frac{6,7}{0,48(1 - 3,12 \cdot 0,172)} = 30,2 \text{ м.}$$

в) Обчислюється кратність розведення стічних вод у розрахунковому створі.

Починаючи зі створу початкового розведення, розрахунок виконується за кінцево-різницевої схемою для умов просторової задачі. Діаметр забруднювального струменя наприкінці зони початкового розведення дорівнює 6,7 м. Площа забрудненого струменя дорівнює $\pi \cdot 2^2 = 3,14 \cdot 3,35 = 35,2 \text{ м}^2$. Її необхідно схематизувати до квадрату. У цьому квадраті виділяються чотири розрахункові клітини, концентрація в яких буде дорівнювати $s_{ПОЧ} = s_{СТ} / n_{n.c.} = 100 / 4,7 = 21 \text{ г/м}^3$. Площа однієї клітини дорівнюватиме $\Delta\omega = \Delta y \cdot \Delta z = 8,8 \text{ м}^2$, $\Delta y = \Delta z = 2,97 \text{ м}$ (y – вертикальна вісь, z – горизонтальна).

У цьому випадку осереднений профіль являє собою прямокутник із площею $B \cdot H$, де B – ширина річки, а H – її глибина. Число клітин, зайнятих забрудненими водами в початковому створі (на відстані x_{II} від випуску), дорівнює чотирьом, а загальне число клітин у цьому перерізі дорівнює $n = B \cdot H / \Delta\omega \approx 40$. Розташовуються ці клітини в два ряди за глибиною, тобто в кожному шарі буде по 20 клітин. Відстань між розрахунковими створами дорівнює

$$\Delta x = \frac{v_{СЕР} \Delta y^2}{4D} = \frac{0,35 \cdot 8,8}{4 \cdot 0,0138} = 55,8 \text{ м.}$$

Розрахунок дифузії виконується за формулою (1.13). Результати розрахунку наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Схема розрахунку загального розведення детальним методом з врахуванням початкового розведення

$$\Delta z = 2,97 \text{ м}; \Delta x = 55,8 \text{ м}$$

$x=30,2 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,0	21,0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,0	21,0	0	0	0	0	0	0	0	0
$x=86,0 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	15,8	15,8	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5,2	15,8	15,8	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0
$x=142 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0	0	1,3	6,5	13,2	13,2	6,5	1,3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1,3	6,5	13,2	13,2	6,5	1,3	0	0	0	0	0	0	0
$x=198 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0	0,3	2,3	6,9	11,5	11,5	6,9	2,3	0,3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,3	2,3	6,9	11,5	11,5	6,9	2,3	0,3	0	0	0	0	0	0
$x=254 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0,1	0,7	2,9	6,9	10,4	10,4	6,9	2,9	0,7	0,1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,1	0,7	2,9	6,9	10,4	10,4	6,9	2,9	0,7	0,1	0	0	0	0	0
$x=310 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0	0,2	1,1	3,4	6,8	9,5	9,5	6,8	3,4	1,1	0,2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,2	1,1	3,4	6,8	9,5	9,5	6,8	3,4	1,1	0,2	0	0	0	0	0
$x=366 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0,1	0,4	1,5	3,6	6,6	8,8	8,8	6,6	3,6	1,5	0,4	0,1	0	0	0	0
0	0	0	0	0,1	0,4	1,5	3,6	6,6	8,8	8,8	6,6	3,6	1,5	0,4	0,1	0	0	0	0
$x=422 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0,2	0,6	1,8	3,8	6,4	8,2	8,2	6,4	3,8	1,8	0,6	0,2	0	0	0	0
0	0	0	0	0,2	0,6	1,8	3,8	6,4	8,2	8,2	6,4	3,8	1,8	0,6	0,2	0	0	0	0
$x=478 \text{ м}$																			
0	0	0	0	0,3	0,8	2,0	3,9	6,2	7,8	7,8	6,2	3,9	2,0	0,8	0,3	0	0	0	0
0	0	0	0	0,3	0,8	2,0	3,9	6,2	7,8	7,8	6,2	3,9	2,0	0,8	0,3	0	0	0	0
$x=534 \text{ м}$																			
0	0	0	0,1	0,4	0,9	2,2	4,0	6,0	7,4	7,4	6,0	4,0	2,2	0,9	0,4	0,1	0	0	0
0	0	0	0,1	0,4	0,9	2,2	4,0	6,0	7,4	7,4	6,0	4,0	2,2	0,9	0,4	0,1	0	0	0

г) Аналізуючи одержані результати, можна зробити такі висновки. Кратність розведення в зоні початкового розведення без врахування стиснення струменя і з його врахуванням становить одну і ту саму величину – 4,7. Тобто стиснення в цьому випадку не впливає на величину розведення. Зона початкового розведення становить 30,2 м, а концентрація забруднювача на виході з зони початкового розведення – 21,0 г/м³, а на

відстані приблизно 500 м максимальна концентрація забруднювальної речовини дорівнює $s_{МАКС} = 7,4$ г/м³, тобто кратність розведення $n = 21,0/7,4 = 2,9$, а від створу випуску стічних вод $n = 100/7,4 = 13,5$.

3.2 Початкові дані. Варіанти до завдань

Вихідні дані до цієї практичної роботи наведені у різному вигляді:

- без поділу по варіантах (загальні для усіх варіантів);
- відношенням, де чисельник – значення величини для непарного номера варіанта, а знаменник – для парного;
- з вказівкою варіанта.

3.2.1 Завдання 1

$$s_e = 0 \text{ г/м}^3;$$

$$s_{СТ} = 90/70 \text{ г/м}^3;$$

$$C = 32,7/25,8 \text{ м}^{1/2}/\text{с};$$

$$D = 0,073/0,062 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таблиця 3.4 – Дані по варіантах

№ варіанта	$Q_P, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{СТ}, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{СЕР}, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$B, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6
1,2	152	50,6	2,42	2,37	26,5
3,4	142	49,1	2,47	1,98	29,1
5,6	137	45,7	2,15	2,08	30,6
7,8	149	50,3	1,82	2,28	35,8
9,1	132	41,5	1,93	2,42	28,3

3.2.2 Завдання 2

$$s_e = 0 \text{ г/м}^3;$$

$$s_{СТ} = 100/80 \text{ г/м}^3;$$

$$C = 50,3/41,7 \text{ м}^{1/2}/\text{с};$$

$$D = 0,073/0,059 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таблиця 3.5 – Дані по варіантах

№ варіанта	$Q_P, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{CT}, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{CER}, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$B, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6
1,2	250	28	2,16	6,8	17
3,4	270	32	2,31	6,5	18
5,6	219	23	2,12	6,9	15
7,8	201	25	2,03	6,2	16
9,1	238	26	2,25	6,6	16

3.2.3 Завдання 3

$$s_e = 0 \text{ г/м}^3;$$

$$d_0 = 0,5 \text{ м};$$

$$s_{CT} = 95/85 \text{ г/м}^3;$$

$$C = 43,1/38,7 \text{ м}^{1/2}/\text{с};$$

$$D = 0,0153/0,0217 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таблиця 3.6 – Дані по варіантах

№ варіанта	$Q_P, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{CER}, \text{ м/с}$	$H, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$Q_{CT}, \text{ м}^3/\text{с}$	$v_{CT}, \text{ м/с}$
1	2	3	4	5	6	7
1,2	125	0,35	6,0	59,5	0,38	1,94
3,4	117	0,34	5,6	61,4	0,35	1,79
5,6	133	0,37	6,2	58,0	0,36	1,85
7,8	141	0,42	6,5	51,6	0,48	2,47
9,1	118	0,51	5,0	46,2	0,47	2,39

3.3 Контрольні запитання

1. Як виглядає рівняння балансу консервативної речовини для водотоку у цілому?

2. Яка формула використовується для середньої концентрації речовини в створі достатнього перемішування?

3. Як виглядає диференціальне рівняння турбулентної дифузії (Макавєєва)?

4. На чому засновуються детальні методи розрахунку розведення стічних вод у річках?

5. Розрахункова сітка поля концентрації забруднювальної речовини на ділянці річки.

6. Розрахункове рівняння концентрації забруднювальної речовини за умов просторової задачі.

7. Розрахункове рівняння концентрації забруднювальної речовини за умов плоскої задачі.

8. Екстраполяційне значення концентрації в клітині, прилеглій до зовнішньої поверхні стінки, що обмежує потік.

9. Умова визначення кратності початкового розведення стічних вод.

10. Яке призначення функції $f(H/d)$ при розрахунку загального розведення з врахуванням початкового?

3.4 Оцінювання роботи

В цій практичній роботі 3 розрахункові частини, кожна з яких має самостійне значення як окремий практичний модуль. Контрольні запитання слід використовувати як допоміжний елемент освоєння і закріплення знань. Відповіді на них мають бути представлені у письмовому вигляді у пояснювальній записці і використовуватися на усній співбесіді при захисті окремих «практичних модулів».

Кожен з модулів оформлюється як завершене завдання з виконаними розрахунками, табличними, графічними або аналітичними викладеннями результатів відповідно до частин а, б, в, г.

Оцінка кожного модуля складається з чотирьох результатів по окремій частині (а, б, в, г) в 5-бальній системі, тому максимальна для кожного модуля є оцінка в 20 балів (100%), а мінімальна, що зараховується як позитивна – 12 балів (60%).

Зв'язок балів і відсотків при оцінюванні модулів має такий вигляд

90-100% – відмінно – 5 балів

75-89% – добре – 4 бала

60-74% – задовільно – 3 бала

< 60% – незадовільно – 2 бала

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Владимиров А.М. та ін. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 423 с.
2. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. // Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 175 с.
3. Лапшев Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977. – 88 с.
4. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах. – Изд. 2-е. – Л., 1973. – 101 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Розрахунок розведення стічних вод в річках»

з дисципліни
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО
КОМПЛЕКСУ»**

Укладач: Колодєєв Є.І.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат 60×84/16
Наклад 50 прим.

Папір офс.
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичної роботи
«Розрахунок розведення стічних вод в річках»

з дисципліни
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ
ТА МЕЛІОРАТИВНИХ КОМПЛЕКСІВ»**

“Затверджено”

на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ . ____ 2011 р.
Голова комісії _____ Шекк П.В.
(підпис)

“Затверджено”

на засіданні кафедри
гідроекології і водних досліджень
Протокол № _8_ від _20_ січня__ 2011 р.
Зав. кафедри _____ Лобода Н.С.
(підпис)

Одеса -2011