

**Міністерство освіти і науки України**  
**Одеська державна академія будівництва та архітектури**  
**Інститут гідротехнічного будівництва та цивільної інженерії**  
**Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання розрахунково-графічної роботи**  
**з дисципліни**  
**«Екологічне обґрунтування проектів в теплогазопостачанні і**  
**вентиляції»**

для студентів другого (магістерського) рівня,  
за освітньою програмою  
Теплогазопостачання і вентиляція  
спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ОДЕСА – 2020

УДК 502.7(075)

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Вченою радою інституту  
гідротехнічного будівництва та  
цивільної інженерії

Укладачі: к.т.н., доц. Даніченко М.В.

Рецензенти: директор ТОВ "ОМЗЗ-Монтаж" Піроженко Ю.І.,  
доц. кафедри ТГПтаВ Семенов С.В.

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри  
ТГПіВ.

Відповідальний за випуск: зав. кафедрою ТГПтаВ доц. Елькін Ю.Г.

## ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА.....	5
1.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	6
1.1 Характеристика забруднень атмосфери. ....	6
1.2 Поведінка забруднень в атмосфері .....	6
1.3 Джерела забруднення атмосфери.....	7
1.4 Наслідки забруднення атмосферного повітря.....	7
2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ .....	9
2.1 Методика визначення площі санітарно-захисної зони підприємства.....	9
2.2 Методика розрахунку розсіювання домішок в атмосфері.....	10
2.3 Методика визначення гранично-допустимих концентрацій газових викидів.....	16
2.4 Методика розрахунку компенсаційного збору за викид шкідливих речовин в атмосферу .....	18
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	19
2.5 Вибір варіанта, вимоги до оформлення .....	19
2.6 Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи. ....	21
2.7 Приклад виконання завдання .....	22
ЛІТЕРАТУРА .....	32
ДОДАТКИ .....	34
Додаток П.1 Таблиця П.1 – Приблизний склад продуктів згорання, що утворюються при спалюванні палив, % (мас).....	34
Додаток П.2 Таблиця П.2 - Розподіл середньорічного коефіцієнта турбулентності $K$ і висота над рівнем моря по території України.....	35
Додаток П.3 Таблиця П.3 - Середньосезонна повторюваність спрямованості вітру .....	36
Додаток П.4 Таблиця П.4 – Клас шкідливості підприємств.....	37

Додаток П.5 Таблиця П.5 - Густина газових викидів при тиску 101 325 Па (760 мм рт.ст.).....	38
Додаток П.6 Таблиця П.6 -Значення гранично-допустимих концентрацій шкідливих викидів.....	39
Додаток П.7 Таблиця П.7 –Базові нормативи збору за викид основних забруднюючих речовин від стаціонарних джерел .....	39
Додаток П.8 Таблиця П.8 – Залежність коефіцієнта $K_{нас}$ від чисельності населення міста.....	40
Додаток П.9 Таблиця П.9 – Залежність коефіцієнта $K_{\phi}$ від категорії населеного пункту.....	40

## ПЕРЕДМОВА

Зміна стану атмосферного повітря відбувається під дією безлічі антропогенних чинників, обумовлених наслідками людського втручання в природу. Промислові і транспортні викиди у виді метану, оксиду вуглецю і галогеновміщуючих вуглеводнів сприяють розвитку парникового ефекту.

Розвиток сучасної економічної бази міст приводить до стрімкого зростання виробництв, у тому числі і підприємств малого і середнього бізнесу. Навіть при високій ефективності очисних установок масовість таких підприємств призводить до істотного забруднення повітряного басейну. Тому при проектуванні і будівництві підприємств, будівель і споруд загальнотехнічного або соціально-побутового призначення повинні передбачатися дії, що забезпечують мінімальні викиди забруднюючих речовин і природоохоронні заходи.

У даній розрахунково-графічній роботі студентам пропонується самостійно оцінити кількість і зону дії джерел забруднення, матеріальні витрати і запропонувати реальні заходи для їх зниження. Метою виконання розрахунково-графічної роботи є закріплення студентами отриманих на лекціях і практичних заняттях знань з охорони повітряного басейну.

Методичні вказівки складені відповідно до учбової програми курсу **«Екологічне обґрунтування проектів теплогазопостачання і вентиляції»** для студентів Освітньо-кваліфікаційного рівня «МАГІСТР» (освітньо-професійної програми підготовки), напрям - 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціальність – Теплогазопостачання і вентиляція.

У трьох розділах методичних вказівок представлені основні розрахункові залежності і необхідний довідковий матеріал з прикладами розрахунку і поясненнями, а також таблиця варіантів для виконання розрахунково-графічної роботи студентами денної і заочної форм навчання.

## **1.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

### **1.1 Характеристика забруднень атмосфери**

Речовини, що забруднюють атмосферу, можуть бути твердими, рідкими або газоподібними і шкідливо діяти на довкілля безпосередньо, після хімічних перетворень в атмосфері, або спільно з іншими речовинами. Забруднення обумовлюють зміну природного складу атмосфери, що супроводжується серйозними наслідками, які є небезпечними для людей і тварин.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є підприємства енергетичної, вугільної, металургійної та будівельної галузей. В Україні частина цих підприємств у загальному числі викидів не перевищує 10%, проте сумарна емісія шкідливих речовин від них досягає 83%. Шкідливі викиди в атмосферу надходять від промислових підприємств, транспорту і внаслідок порушення правил природокористування і екологічної рівноваги в природі. Більше половини забруднюючих речовин (~ 2,2 млн. тонн) скидають в атмосферу підприємства недержавної форми власності.

### **1.2 Поведінка забруднень в атмосфері**

При потужній емісії забруднюючих речовин змінюються абіотичні і біотичні чинники атмосфери, внаслідок чого виникає негативний екологічний ефект. Проявом цього негативного екологічного ефекту є виникнення концентраційних полів домішок і продуктів їх взаємодії з постійними компонентами атмосфери.

Екологічний ефект і відповідно антропогенне навантаження на екосистеми залежить від спроможності повітряного середовища до розбавлення домішок і до самоочищення. Розбавляюча здатність визначається властивостями атмосфери, характером її руху, а здатність до самоочищення - формою і виглядом ландшафту.

### **1.3 Джерела забруднення атмосфери**

При аналізі стану атмосфери звичайно контролюють вміст наступних шкідливих речовин: вуглецю (сажі), вуглеводнів ( $C_nH_m$ ), оксидів азоту ( $N_nO_m$ ), аміаку ( $NH_3$ ), оксиду сірки ( $SO_2$ ), аерозолів неорганічних сполук свинцю ( $PbO$ ) і димности ( $CO$ ).

Основними джерелами забруднення атмосфери міст України є котельні установки і автомобільний транспорт. У зв'язку зі зростаючою кількістю автотранспорту і новобудов на вулицях міст проблема забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автотранспорту і індивідуальних дахових котелен набуває все більшого значення. Склад вихлопних газів залежить від виду і якості спалюваного палива, режиму роботи, навантаження і технічного стану котельної, або двигуна. Точна характеристика складу і кількості шкідливих викидів може бути визначена при багатократних вимірах реальних концентрацій забрудників атмосфери. Для проведення таких досліджень необхідні спеціальне устаткування і значні матеріальні витрати. Тому розрахунок забруднення атмосфери вихлопними газами зазвичай проводиться за усередненими показниками і є наближеним.

Приблизний склад вихлопних газів, що утворюються при спалюванні газу, бензину, твердого або дизельного палива, наведений в табл.Д.1 додатку.

### **1.4 Наслідки забруднення атмосферного повітря**

Забруднення атмосфери в комплексі шкідливо діє на стан здоров'я людей.

Негативна дія забрудненої атмосфери виявляється у виді безлічі хвороб дихальної системи, таких як рак легенів, хронічні бронхіти і екзема, або сприяє їх виникненню. Особливо гостро реагують на забруднення повітря люди похилого віку і страждаючі захворюваннями серця.

Вдихання озону (компонента фотохімічного смогу) викликає кашель, задишку, подразнення слизової оболонки дихальних шляхів і ускладнює

перебіг цих захворювань. Встановлено, що озон руйнує клітинну структуру м'язової тканини і ослабляє імунну систему.

Деякі газоподібні компоненти, такі як діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), сполуки азоту ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NH}_3$ ) порушують процес фотосинтезу в листі рослин, руйнують воскову оболонку плодів і листя, знижують водоутримуючу здатність клітинок і стійкість до хвороб, грибкових уражень, засухи і заморожування.

Окрім безпосереднього пошкодження листя і хвої, кислотні дощі вимивають з ґрунту, або переводять в нерозчинний стан життєво важливі поживні речовини, такі як кальцій, магній, натрій, руйнують корисну ґрунтову мікрофлору. Кислотні опади стають причиною попадання в ґрунтові води іонів алюмінію, які пригнічують тонкі кореневі волоски, перешкоджаючи, таким чином, всмоктуванню води і поживних речовин з ґрунту. При цьому рослини стають чутливішими до несприятливих погодних умов, хвороб і шкідників. Такий непрямий збиток вважається небезпечнішим у порівнянні з прямим збитком від забруднення повітря. Тривала дія забруднюючих речовин здатна знищити рослинність на певній території.

Кислотні опади впливають і на водні організми, які проживають у річках, озерах або в штучних водоймищах. Першою ознакою зайвої кислотності є зменшення кількості земноводних, молюсків і комах, що виконують функцію санітарів у водоймищах.

Величезного збитку завдають кислотні дощі конструкційним матеріалам, викликаючи їх корозію і руйнування. Без відповідного захисту і офарблення метали іржавіють і втрачають міцність. Сажа і пил, осідаючи на поверхні пам'ятників, вітражів і історичних будівель, змінює їх зовнішній вигляд. Тому виникає необхідність їх регулярного чищення.

## **2. Методика розрахунків**

### **2.1 . Методика визначення площі санітарно-захисної зони підприємства**

Санітарно-захисна зона є ділянкою землі, що відділяє промислове



підприємство від житлового масиву, і призначена для запобігання попаданню шкідливих викидів у зону компактного мешкання людей. На території санітарно-захисної зони відбувається осідання твердих частинок, уловлювання і поглинання шкідливих речовин зеленими насадженнями або природними водоймищами.

Санітарно-захисна зона промислових підприємств створюється відповідно до вимог [2,3], згідно яким всі промислові підприємства залежно від характеру і потужності виробництва підрозділяються на п'ять класів шкідливості. Для кожного класу підприємства встановлюється відповідна санітарно-захисна зона.

Для підприємств **першого класу** шкідливості ширина санітарно-захисної зони складає 1000 м. До цього класу відносять підприємства, на яких виплавляється сталь, виробляються алюміній, цемент, будматеріали, залізобетонні вироби, кокс, продукти нафтохімічного і основного органічного синтезу.

Підприємства **другого класу** шкідливості мають ширину санітарно-захисної зони до 500 м. Він присвоюється підприємствам добувної і переробної промисловості, в асортименті яких містяться важкі метали, азбест, сланці, полімери, гіпс.

До **третього класу** підприємств відносять виробництва кабельної продукції зі свинцевою або гумовою ізоляцією, лакофарбні, шинні, електротехнічні і електролампові заводи. Ширина санітарно-захисної зони складає до 300 м.

Металообробні, машинобудівні заводи, а також виробництво неізольованого кабелю і деревообробки відносять до **четвертого класу** шкідливостей, якому відповідає санітарно-захисна зона радіусом 100 м.

Підприємства малого і середнього бізнесу, не пов'язані з виробництвом перерахованої вище продукції, складають **п'ятий клас** з санітарно-захисною

зоною до 50 м. У цю категорію входять підприємства громадського харчування, пекарні, лісопилки, станції технічного обслуговування автотранспорту, друкарні, кузні. Розміри санітарно-захисної зони, визначені відповідно до вимог [2-4], уточнюються розрахунком забруднення атмосфери з урахуванням перспективи розвитку підприємства і дійсного стану атмосфери.

При уточненні розмірів санітарно-захисної зони в процесі проектування, реконструкції або модернізації підприємства враховують дійсний характер і об'єм викидів, і переважну розу вітрів. Фактичний розмір санітарно-захисної зони визначається за формулою

$$L_{сзз} = \frac{L_{(1-5)} \cdot P}{\bar{P}_o} \quad (2.14)$$

де:  $L_{сзз}$  - фактичний розмір санітарно-захисної зони, м;

$L_{(1-5)}$  - розмір санітарно-захисної зони відповідно до класу (1-5) підприємства, м;

$P$  - середньорічна повторюваність напрямку вітрів розглянутого румба, відсоток, визначається за даними табл.Д.3 додатку;

$\bar{P}_o$  - середньорічна повторюваність напрямку вітрів румба при круговій розі вітрів, відсоток.

Відповідно до загальноприйнятої 8-румбової рози вітрів повторюваність напрямку  $\bar{P}_o = 12,5 \%$ . Площа території санітарно-захисної зони визначається за результатами графічної побудови плану території на масштабній сітці.

## 2.2 Методика розрахунку розсіювання домішок в атмосфері

Відповідно до методики [1], розрахунок розсіювання домішок проводиться для несприятливих метеорологічних умов, коли швидкість вітру досягає небезпечного значення і відбувається інтенсивне вертикальне турбулентне переміщення повітряних мас в атмосфері.

Небезпечна швидкість вітру – це швидкість, при якій для фактичного стану атмосфери, концентрації шкідливих домішок на рівні дихання людей досягають своєї максимальної величини. Для даних умов стан атмосфери характеризується розвиненим турбулентним режимом, а вираз для визначення максимальної разової концентрації має вигляд

$$C_{\max} = \frac{235 \cdot L_m}{u \cdot H^2}, \quad [\text{кг/м}^3] \quad (2.1)$$

де:  $L_m$  - масова витрата викидів [кг/с];

$u$  - швидкість повітря [м/с];

$H$  - висота джерела викидів.

Із співвідношення (2.1) виходить, що при збільшенні швидкості вітру  $u$  максимальна приземна концентрація забруднень, які надходять від точкового джерела, що знаходиться на висоті  $H_{p.m.}$  над рівнем моря, зменшується. Проте при збільшенні швидкості вітру зменшується ефективна висота джерела із-за зниження гідродинамічного і теплового підняття факела. Отже, безпечна швидкість повітря визначається з умови

$$\frac{\partial C_{\max}}{\partial v} = 0$$

Точка розміщення максимуму концентрації віддалена від джерела викидів на відстань

$$X_{\max} = \frac{v \cdot H_{y.m.}^2}{4 \cdot K}, \quad [M] \quad (2.2)$$

де:  $K$  - коефіцієнт турбулентної дифузії, [м<sup>2</sup>/с], визначається за табл.Д.2 додатка.

Небезпечна швидкість вітру на рівні флюгера (зазвичай 10 м від рівня Землі) визначається за наступними співвідношеннями:

$$\left. \begin{array}{ll} u_{\max} = 0,5 & \text{при } v_{\max} = 0,5 \\ u_{\max} = v_{\max} & \text{при } 0,5 < v_{\max} \leq 2 \\ u_{\max} = v_{\max} (1 + 0,12\sqrt{f}) & \text{при } v_{\max} > 2 \end{array} \right\}, \quad (2.3)$$

$$\text{здесь: } v_{\max} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{L_v \cdot \Delta T}{H}}; \quad f = \frac{v^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \cdot 10^3;$$

$L_v$  - об'ємна витрата газових викидів, [м<sup>3</sup>/с];

$\Delta T$  - різниця температур газових викидів і довкілля, [°С];

$H$  - висота джерела викидів, [м];

$v$  - швидкість виділення газових викидів з устя труби, [м/с];

$D = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{L_v}{v}}$  - діаметр устя труби, [м].

При небезпечній швидкості повітря максимальна приземна концентрація шкідливих речовин (для викидів з одиничного точкового джерела з круглим устям труби) визначається за співвідношенням [1]

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{L_v \cdot \Delta T}} \quad (2.4)$$

де:  $A$  - коефіцієнт, залежний від температурної стратифікації атмосфери. За несприятливих метеорологічних умов визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих домішок в атмосфері [(с<sup>2/3</sup>·мг)/К<sup>1/3</sup>]. Значення коефіцієнта  $A$  залежать від географічної широти місцевості і для міст України складають відповідно:

$A=160$  для джерел викидів, що знаходяться північніше 52° півн.ш.;

$A=180$  для джерел, що потрапляють в область від 50° до 52° півн.ш.;

$A=200$  для джерел, що потрапляють в область від 48° до 50° півн.ш.;

$A=220$  для джерел, що потрапляють в область від 48° до 46° півн.ш.;

$A=240$  для джерел викидів, розташованих південніше 46° півн.ш.

Широтну приналежність міст України ілюструє мал.2.1.

$M$  - сумарна кількість домішок, що викидаються в атмосферу, [г/с];

$F$  - безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Значення коефіцієнта  $F=1$  характеризує газоподібні домішки і дрібнодисперсні аерозолі;  $F=2$  характеризує пил при мірі уловлювання більше 90%;  $F=2,5$  - тверді частинки при мірі уловлювання менше 90%.



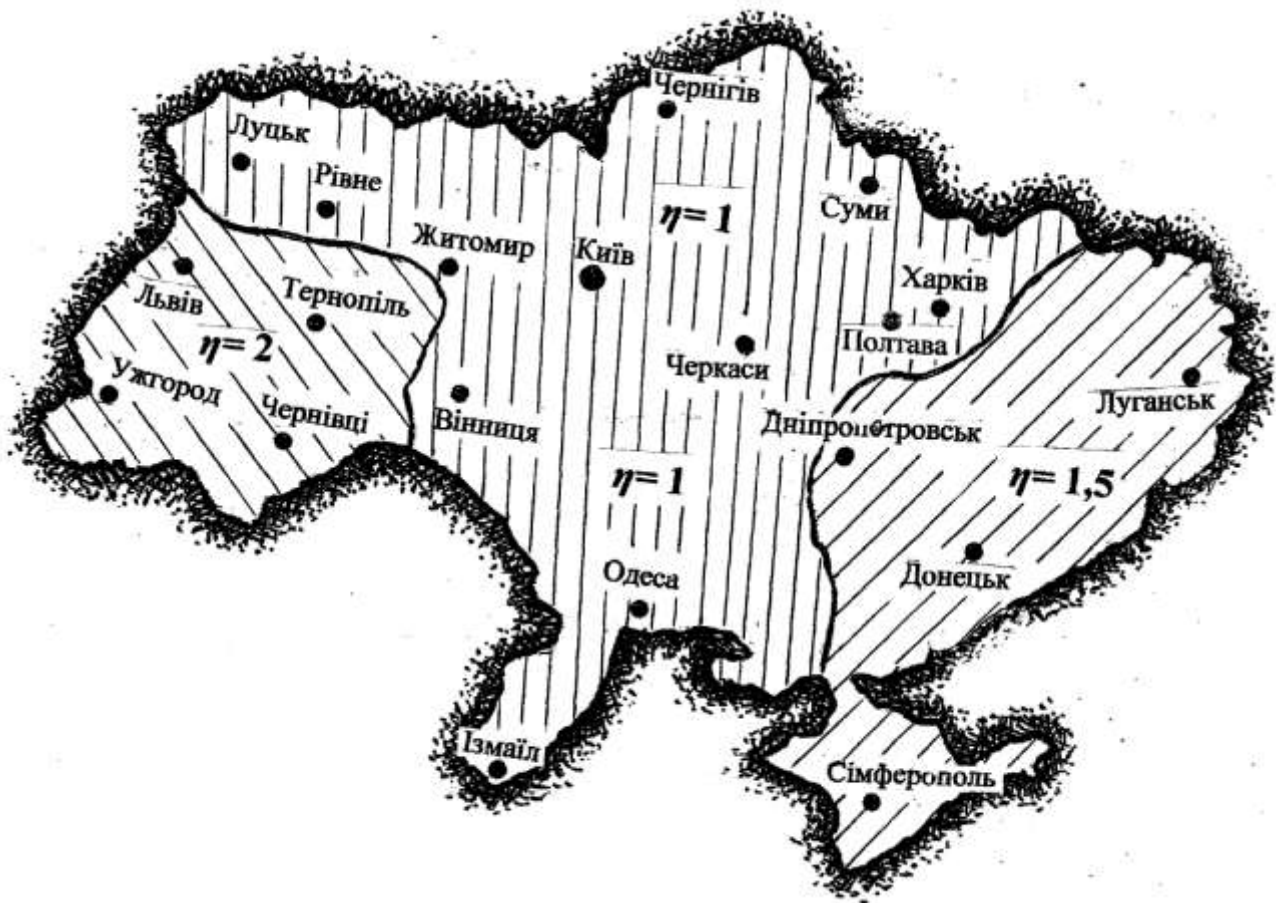
Мал. 2.1 – Карта України

$m$ ,  $n$  - безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виведення пилогазоповітряної суміші з устя джерела викидів;

$\eta$  - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. В разі рівної або слабопересічної місцевості з перепадом висот менше 50 м на 1 км можна приймати  $\eta = 1$ . Для гірської місцевості значення  $\eta = 1,5...2,0$ . Рекомендовані значення коефіцієнта  $\eta$  залежно від рельєфу місцевості наведені на мал.2.2.

Коефіцієнт  $m$  визначається залежно від параметра  $f = \frac{v^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \cdot 10^3$ .

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (2.5)$$



Мал.2.2 – Рекомендовані значення коефіцієнта  $\eta$  у залежності від рельєфу місцевості

Коефіцієнт  $n$  залежить від параметра  $v_{\max}$ , і складає відповідно

$$n = \begin{cases} n = 3 & \text{при } v_{\max} \leq 0,3 \\ n = 3 - \sqrt{(v_{\max} - 0,3) \cdot (4,36 - v_{\max})} & \text{при } 0,3 \leq v_{\max} \leq 2 \\ n = 1 & \text{при } v_{\max} < 2 \end{cases} \quad (2.6)$$

Максимальна концентрація  $C_{\max}$  шкідливих домішок біля земної поверхні за несприятливих метеорологічних умов досягається на осі факела викиду на відстані

$$X_{\max} = d \cdot H, \quad [\text{м}]. \quad (2.7)$$

Значення безрозмірного коефіцієнта  $d$  визначається із умов

$$\begin{aligned} \text{при } v_{\max} \leq 2 \quad d &= 4,25 \cdot v_{\max} \cdot (1 + 0,28^3 \sqrt{f}); \\ \text{при } v_{\max} > 2 \quad d &= 7 \cdot \sqrt{v_{\max}} \cdot (1 + 0,28^3 \sqrt{f}). \end{aligned} \quad (2.8)$$

Якщо безрозмірний коефіцієнт  $F \geq 2$ , то величина  $X_{\max}$  визначається із співвідношення

$$X_{\max} = 0,25 \cdot (5 - F) \cdot d \cdot H. \quad (2.9)$$

Приземна концентрація шкідливих речовин в атмосфері по осі факела на різних відстанях  $X$  від джерела викиду дорівнює

$$C = S_1 \cdot C_{\max}. \quad (2.10)$$

Безрозмірна величина  $S_1$  визначається залежно від відносної координати  $x = \frac{X}{X_{\max}}$  і складає відповідно:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } x \leq 1 \quad F = 1 \quad S_1 &= 3 \cdot x^4 - 8 \cdot x^3 + 6 \cdot x^2 \\ \text{при } 1 < x \leq 8 \quad F = 1 \quad S_1 &= \frac{1}{13} \cdot (0,13 \cdot x^2 + 1) \\ \text{при } x > 8 \quad F = 1 \quad S_1 &= \frac{1}{3,18 \cdot x^2 + 3,52 \cdot x + 12,0} \\ \text{при } x > 8 \quad F = 2 \dots 3 \quad S_1 &= \frac{1}{0,1 \cdot x^2 + 2,47 \cdot x - 17,8} \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

Значення приземних концентрацій шкідливих речовин в атмосфері  $C_y$  на відстані  $y$  по нормалі до осі викиду залежно від швидкості повітря  $u$  визначаються із співвідношення

$$C_y = S_2 \cdot C, \quad (2.12)$$

де  $S_2 = \frac{1}{[1 + 8,4 \cdot u \cdot (y/x)^2] \cdot [1 + 28,2 \cdot u^2 \cdot (y/x)^4]}$  - безрозмірна величина.

На основі запропонованої методики розрахунку розсіювання домішок визначається висота труби. Оскільки розрахунок проводиться за несприятливих метеорологічних умов, вибрана висота труби забезпечить підприємству екологічно безпечні умови роботи. При цьому вміст шкідливих домішок на рівні дихання людей не перевищуватиме гранично допустимі концентрації.

Висота труби відповідно дорівнює

$$H = \sqrt[3]{\frac{b}{L_v \cdot \Delta T} \cdot \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{ГДК}}, \quad (2.13)$$

де:  $b$  - кількість труб однакої висоти, встановлених на підприємстві;  
 $ГДК$  - гранично допустима концентрація домішки.

### **2.3 Методика визначення гранично-допустимих концентрацій газових викидів**

Сучасні уявлення про допустимі рівні забруднення атмосфери засновані на відомостях про шкідливу дію на здоров'я людей і тварин, рослинний світ і матеріальні цінності.

Всесвітньою організацією з питань охорони здоров'я при ООН ще в 1963 році рекомендовано визначення критерію чистоти повітряного басейну за допомогою чотирьох рівнів гранично допустимих концентрацій ( $ГДК$ ). Перший рівень – неможливість виявлення прямого або непрямого впливу забруднень на людей, тварин або рослини. Другий рівень – можливе подразнення органів чуття, шкідлива дія на людей, тварин або рослини. Третій рівень – порушення життєво важливих фізіологічних функцій і виникнення хронічних захворювань у людей і тварин. Четвертий рівень – виникнення гострих захворювань і загибель людей і тварин.

Як основний показник  $ГДК$  приймається масова концентрація домішки. Гранично допустима концентрація забруднюючих речовин ( $ГДК$ ) - це максимальна маса шкідливої речовини в одиниці об'єму [ $\text{мг}/\text{м}^3$ ] окремих складових біосфери, періодична або постійна цілодобова дія якої на організм людини, тварин і рослин не викликає жодних відхилень в їх нормальному функціонуванні впродовж всього життя людей і подальших поколінь. Значення  $ГДК$  наведені в таблиці. П.6 додатка.

Усі шкідливі речовини по мірі небезпечної дії на живі організми і екосистеми [14] підрозділяються на чотири класи:

- 1 - надзвичайно небезпечні;
- 2 - високо небезпечні;
- 3 - помірно небезпечні;



4 – мало небезпечні.

Чим небезпечніша шкідлива речовина, тим складніші і масштабніші зусилля по захисту атмосферного повітря і тим нижча її *ГДК*. Для кожної шкідливої речовини встановлено два нормативи: максимальна разова *ГДК<sub>р.з.</sub>* і середньодобова *ГДК<sub>доб.</sub>*.

Максимальна концентрація кожної шкідливої домішки в приземному шарі атмосфери не повинна перевищувати максимальну разову *ГДК<sub>р.з.</sub>*. Для порівняння в табл.Д.6 додатка наведені максимальні разові *ГДК<sub>р.з.</sub>* і середньодобові *ГДК<sub>доб.</sub>* залежно від класу їх небезпеки.

Зазвичай враховується дія окремих домішок і сумарна дія декількох забруднюючих речовин. За наявності в атмосфері *n* шкідливих домішок однонаправленої дії, що викликає ефект синергізму, повинна виконуватися така умова:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (2.14)$$

де  $C_i$  – фактична концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;  $ГДК_i$  – гранично допустимі середньодобові концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Окрім *ГДК*, важливу роль в забезпеченні чистоти повітряного басейну відіграє і нормування гранично-допустимих викидів (*ГДВ*).

Відповідно до [14], для кожного джерела шкідливих викидів встановлюється *ГДВ* з умов, що викиди з даного джерела в сукупності з фоновими концентраціями місцевості не створюють приземну концентрацію, яка перевищує *ГДК*.

Для “гарячих” викидів розрахунок *ГДВ* проводиться за співвідношенням [15]

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{L_v \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.15)$$

де  $C_{\phi}$  – фоновая концентрація домішки; інші позначення розшифровані у формулах (2.4) і (2.13).

Гранично допустима концентрація “холодних” викидів [15] розраховується за формулою

$$ГДВ = \frac{8 \cdot (ГДК - C_{\phi}) \cdot H \cdot \sqrt[3]{H \cdot L_v}}{A \cdot F \cdot D \cdot n \cdot \eta} . \quad (2.16)$$

## 2.4 Методика розрахунку компенсаційного збору за викид шкідливих речовин в атмосферу

Природоохоронні заходи, що проводяться державою для моніторингу і підтримки екологічної обстановки на належному рівні, є дорогими і потребують постійного фінансування. Тому на державному рівні встановлена плата за скидання шкідливих викидів в атмосферу.

Розрахунок компенсаційних зборів за викид забруднюючих речовин в повітряний простір проводиться за затвердженою методикою [13]. Оплата за негативну дію на повітряне довкілля визначається за формулою

$$П = \sum_{i=1}^n M_i \cdot N_i \cdot K_{нас} \cdot K_{\phi} \cdot K_{ind} , \quad (2.17)$$

де:  $M_i$  - фактичний об'єм викидів  $i$ -го компонента, т/рік;

$N_i$  - норматив збору за викид 1 тонни забруднюючої речовини в атмосферу, грн/т (табл.Д.7) додатка;

$K_{нас}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує чисельність мешканців населеного пункту, в якому розміщене підприємство (табл.Д.8) додатка;

$K_{\phi}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує народногосподарске, (функціональне) значення населеного пункту (табл.Д.9) додатка;

$K_{ind}$  - коефіцієнт індексації (у даній роботі прийняти рівним 1).

## 3.ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

### 3.1 Вибор варіанта, вимоги до оформлення

Вихідні дані для виконання розрахунково-графічної роботи вибираються відповідно до таблиці варіантів (табл.3.1) за першими трьома буквами прізвища. Наприклад, студент Іванов при виконанні розрахунково-графічної роботи вибирає дані, які виділені у клітинках.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для виконання розрахунково-графічної роботи

Перша буква прізвища										
	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
1. Місто	Він-ни-ця	До-не-цьк	Дні-про-пет-ро-вськ	Жи-то-мир	Із-ма-їл	Ки-їв	Лу-ган-ськ	Пол-та-ва	Рів-не	Су-ми
	О	П	Р	С	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	Я
	Оде-са	Лу-цьк	Львів	Уж-го-род	Харь-ків	Чер-нов-ці	Сим-феро-поль	Тер-но-піль	Чер-ка-си	Чер-ни-гів
	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
2. Підпри-ємство*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
3. Характерис-тика джере-ла забруд-нень*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
4. Клас шкідли-востей*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Друга буква прізвища									
5. Потужність джерела викидів, $L_{v(кот)}, [M^3/c]$	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
	1,1	0,9	0,8	1,0	1,3	1,7	2,4	1,8	2,3	1,8
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	1,2	1,9	1,4	2,9	1,5	2,6	1,5	1,6	2,5	2,1
6. Потужність викидів із вентиляцій-ної системи,	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,И	Ї,К	Л	М	Н
	0,1	0,7	0,3	0,15	0,08	0,13	0,31	0,18	0,05	0,18
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я

$L_{v(вент)}, [м^3/с]$	0,2	0,4	0,9	0,22	0,06	0,11	0,29	0,33	0,44	0,42
7. Концентрація пилу в вентиляційних викидах, $C_{v(вент)}$ [% <sub>(мас)</sub> ] від $L_{v(вент)}$	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,І	Ї,К	Л	М	Н
	1,42	0,95	0,15	0,64	0,55	0,91	1,19	2,05	1,34	1,88
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	0,45	0,77	0,80	3,05	2,77	1,42	0,99	0,26	0,72	2,98
Третя буква прізвища										
8. Фонова концентрація, [%] від ГДК	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,І	Ї,К	Л	М	Н
	13	5	10	17	9	2	11	8	14	1
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	14	3	4	12	6	15	7	18	13	20
9. Температура викидів, $t_{кот}, [°C]$ $t_{вент}, [°C]$	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,І	Ї,К	Л	М	Н
	120	65	80	55	175	96	150	70	110	220
	24	23	18	16	26	20	28	19	25	224
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	100	125	165	90	136	200	60	45	86	130
	20	19	29	17	29	27	16	19	18	21
10. Висота джерела викидів, $H, [м]$	А	Б,В	Г	Д	Є,Ж	З,І	Ї,К	Л	М	Н
	60	48	36	70	55	90	30	65	75	80
	О	П	Р	С,Ь	Т,У	Ф,Х	Ц,Ч	Ш,Щ	Е,Ю	И,Я
	35	58	25	50	19	40	27	63	88	95

\* Визначається відповідно до порядкового номера рядка в табл.Д.4 додатка.

При оформленні розрахунково-графічної роботи слід дотримуватися наступних правил:

- робота виконується акуратно в рукописному або комп'ютерному варіанті на стандартних листах паперу формату А -1;

- на першій сторінці вказуються назва ВУЗу, кафедри, номер групи, прізвище і ініціали студента, прізвище і ініціали викладача, номер залікової книжки;

- умови завдань відповідно з варіантом записуються повністю;
- усі математичні викладення і пояснення записуються повністю, без скорочень, із зазначенням розрахункових формул в загальному вигляді і з підстановкою числових значень;
- у тексті слід давати посилання на джерела інформації при виборі допоміжних даних;
- розрахунково-графічні роботи, виконані без дотримання вказаних правил, не рецензуються і не приймаються.

## **2.8 Завдання на виконання розрахунково-графічної роботи**

Провести якісну і кількісну оцінку екологічної безпеки населеного пункту (міста) у зв'язку з діяльністю підприємства. Виконання завдання необхідно проводити в наступному порядку:

1. Дати коротку характеристику виробничої діяльності підприємства і оцінити його клас шкідливості.
2. Визначити дійсний розмір санітарно-захисної зони і порівняти його з нормативною площею забруднення відповідно до класу шкідливості підприємства.
3. Визначити положення зовнішньої межі санітарно-захисної зони ізольованого джерела і сукупності джерел викиду забруднюючих речовин.
4. Розрахувати максимальні приземні концентрації шкідливих викидів, які забруднюють атмосферу при заданих швидкостях і напрямках вітру.
5. Визначити оптимальну висоту труби, яка дозволить працювати підприємству за несприятливих погодних умов.
6. Оцінити міру екологічної безпеки даного підприємства для населення, зелених насаджень і водоймищ.

7. Визначити суму компенсаційного збору за викид речовин, які забруднюють атмосферу.

## 2.9 Приклад виконання завдання

1. Місто – Житомир.
2. Підприємство – завод залізобетонних виробів.
3. Характеристика джерел шкідливостей - вугільний котел і вентиляційні викиди з цементним пилом.
4. Потужність джерела викидів з котельної  $L_{v(кот)} = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$ .
5. Потужність викидів з вентиляційної системи  $L_{v(вент)} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ .
6. Концентрація цементного пилу у вентиляційних викидах складає  $C_{v(вент)} = 1,7\%(\text{мас})$  від  $L_{v(вент)}$ .
7. Фонова концентрація шкідливої домішки в повітрі міста приймається 10% від ГДК викиду (за варіантом завдання).
8. Клас шкідливості підприємства – І.
9. Температура викидів з котельної –  $t_{кот} = 90^\circ\text{C}$ , з вентиляційної системи -  $t_{вент} = 20^\circ\text{C}$ .
10. Висота джерела викидів -  $H = 35 \text{ м}$ .

1. Об'єктом дослідження є точкове джерело викидів забруднюючих речовин в атмосферу, розміщене на території заводу залізобетонних виробів в м. Житомирі. На заводі для технологічних потреб і обігріву виробничих приміщень виробляється пара у вугільній котельній. Продукти згоряння вугілля в кількості  $L_{v(кот)} = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  і вентиляційних викидів в кількості  $L_{v(вент)} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$  виводяться в атмосферу без очищення. У вентиляційних викидах технологічних приміщень присутній цементний пил.

2. Визначення необхідного розміру санітарно-захисної зони і порівняння його з нормативним радіусом забруднення.

2.1. Визначаємо нормативну санітарно-захисну зону для заводу залізобетонних виробів за табл. Д.4. Для I класу шкідливості підприємства

$$L_I = 1000 \text{ м.}$$

2.2. Визначаємо повторність напрямів вітру кожного румба при 8-мі румбовій розі вітрів

$$\overline{P}_o = \frac{100}{8} = 12,5 \text{ \%}.$$

2.3. Визначаємо середньорічну повторюваність напрямів рози вітрів для м. Житомира. Для цього визначаємо середньоарифметичну повторюваність напрямів вітрів для зимового і літнього сезонів за даними табл.Д.3 додатка.

2.4. Розраховуємо необхідний розмір санітарно-захисної зони для кожного румба рози вітрів за формулою (2.14)

$$L_{сзз} = \frac{L \cdot P}{P_o}$$

наприклад, для північного напрямку

$$L_{сзз} = \frac{1000 \cdot 10,5}{12,5} = 840 \text{ м.}$$

Результати розрахунків представляються в табличному і графічному вигляді (табл.3.2).

3. Побудова плану необхідної санітарно-захисної зони заводу і визначення зовнішньої межі санітарно-захисної зони виконується в наступній послідовності:

3.1. На плані місцевості малюється коло, радіус якого в певному масштабі, наприклад (1:20000), відповідає розміру санітарно-захисної зони підприємства даного класу шкідливості (рис.3.1).

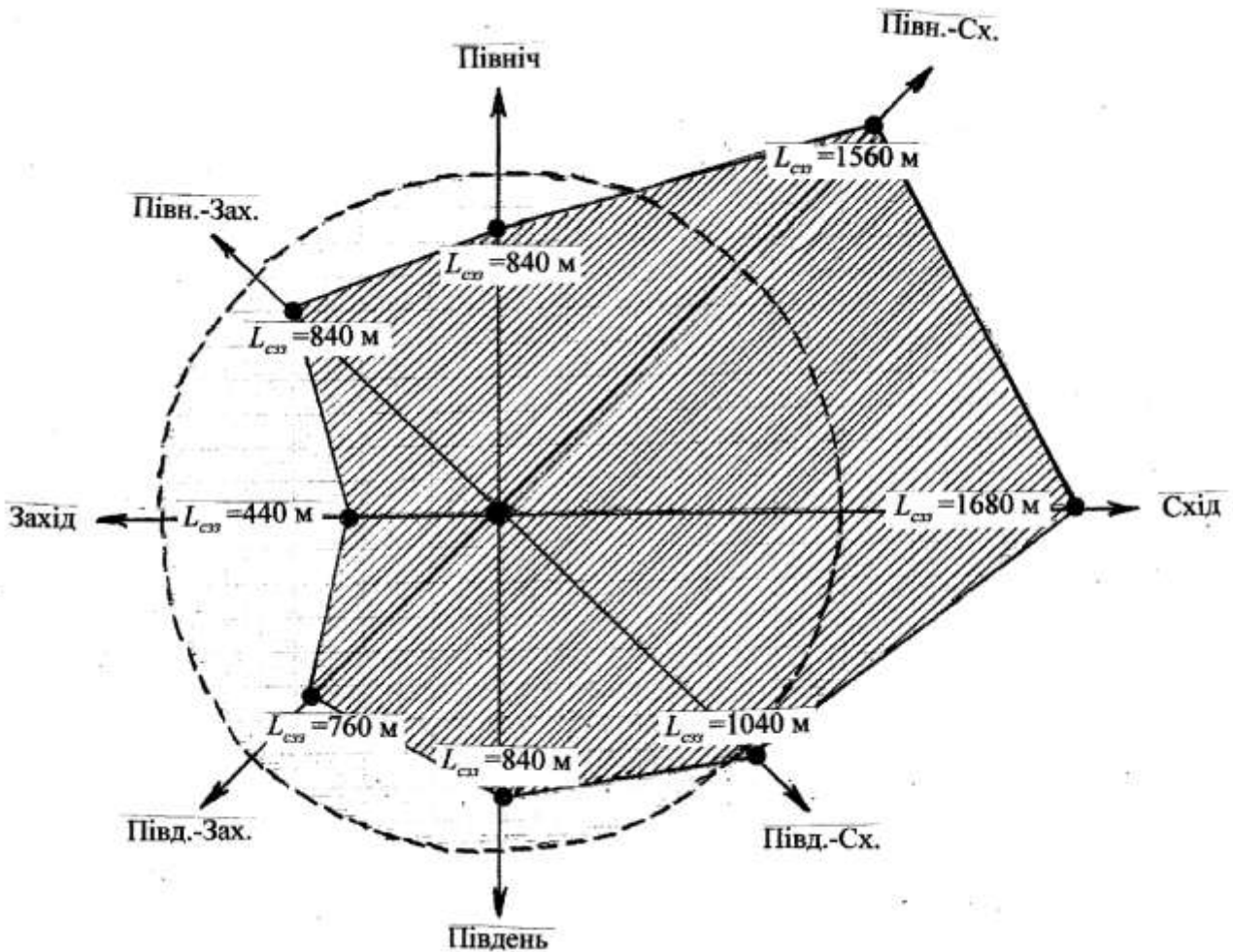


Рис.3.1 - План фактично необхідної санітарно-захисної зони заводу залізобетонних виробів

3.2. Наносяться покажчики напрямку рози вітрів, відповідні 8-румбовій структурі плану.

3.3. По кожному напрямку рози вітрів у вибраному масштабі відзначається фактичний розмір санітарно-захисної зони.

3.4. Отримані точки з'єднуються прямими лініями.

3.5. Площа усередині виділеного багатокутника характеризує план фактично необхідної санітарно-захисної зони заводу залізобетонних виробів.

На рис.3.1 видно, що в північно-східному, східному і південно-східному напрямі дійсна зона забруднення перевищує розмір санітарно-захисної зони



підприємства даного класу шкідливості (максимально в східному напрямі, приблизно на 68%).

Таблиця 3.2

Параметри	Повторюваність напрямку вітру (січень-липень), $P, \%$							
	Півн.	Півн. -Зах.	Зах.	Півд. -Зах.	Півд.	Півд. -Сх.	Сх.	Півн. -Сх.
Середньосезонна повторюваність напрямку вітру	8-13	12-9	6-5	13-6	14-7	15-11	18-24	14-25
Відсоток повторювання напрямку вітрів, $P_{cp} = 0,5(P_{січень} + P_{липень}), \%$	10,5	10,5	5,5	9,5	10,5	13,0	21,0	19,5
Необхідний розмір санітарно-захисної зони, $L_{сзз}, \text{м}$	840	840	440	760	840	1040	1680	1560

Отже, санітарно-захисна зона заводу має бути збільшена (у порівнянні із запланованою) на 560 м в північно-східному, 680 м в східному і 40 м в південно-східному напрямках.

4. Розрахунок максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин, проводиться для всіх компонентів викидів відповідно до варіанта завдання.

4.1. Відповідно до даних табл.Д.1 при потужності джерела викидів з вугільної котельної  $L_{v(кот)} = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  і густині газових викидів  $\rho_{690}^0 \text{ с} = 0,972 \text{ кг}/\text{м}^3$  (табл.Д.5) в атмосферу потрапляють наступні компоненти (див. табл.3.3).

Виділені компоненти (азот, пари води і кисень) не є такими, що забруднюють атмосферу, тому з подальших розрахунків вони виключаються.

4.2. Визначається сумарна кількість газоподібних

$$\sum_{i=1}^n M_{i(газ)} = 0,486 + 0,175 + 0,136 + 0,097 + 0,078 + 0,019 = 0,991 \text{ кг}/\text{с} = 991 \text{ г}/\text{с}$$

і твердих викидів

$$\sum_{i=1}^n M_i (\text{тв}) = 0,019 + 0,078 + 0,001 = 0,098 \text{ кг/с} = 98 \text{ г/с},$$

де  $M_{(\text{цел})} = 0,06 \cdot 1,205 \cdot 0,015 = 9,04 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$ ,  $\rho_{620}^0 = 1,205 \text{ кг/м}^3$  (табл. Д.5).

Таблиця 3.3

Компонент	$ГДК_{\text{доб.}}$ мг/м <sup>3</sup>	Частка $D_i$ %	Кількість $L_i = L_v \cdot D_i$ , м <sup>3</sup> /с	Маса $M_i = L_v \cdot D_i \cdot \rho_6$ , г/с	ГДВ
Азот*	-	20	0,32	311	-
Пари води*	-	6,8	0,11	107	-
Діоксид вуглецю	15	31,4	0,50	486	277
Оксид вуглецю	5	11,1	0,18	175	66
Оксиди азоту	0,085	8,8	0,14	136	1,04
Оксиди сірки	0,05	6,5	0,10	97	0,54
Вуглеводні	25	4,7	0,08	78	253
Альдегіди	0,012	1,3	0,02	19	0,08
Кисень*	-	0,3	0,005	5	-
Сажа	0,05	1,2	0,02	19	0,32
Бензапірен	0,02	2,7	0,04	39	0,16
Пил мінеральний	0,05	5,2	0,08	78	0,08
Цемент	0,02	-	0,001	1	0,01

4.3. Розраховуємо максимальну приземну концентрацію газоподібних шкідливих речовин

$$C_{\text{max}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{L_v \cdot \Delta T}} = \frac{180 \cdot 991 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{1,6 \cdot (90 - 20)}} = 29,64 \text{ мг/м}^3,$$

де діаметр устя труби  $D = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{L_v}{v}} = 1,129 \cdot \sqrt{\frac{1,6}{10}} = 0,46 \text{ м};$

$$f = \frac{v^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \cdot 10^3 = \frac{10^2 \cdot 0,46}{35^2 \cdot (90 - 20)} \cdot 10^3 = 0,536;$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,536} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,536}} = 0,981;$$

$$V_{\max} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{L_v \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot (90 - 20)}{35}} = 1,625, \text{ при } 0,3 \leq V_{\max} \leq 2$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_{\max} - 0,3) \cdot (4,36 - V_{\max})} = 3 - \sqrt{(1,625 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,625)} = 1,096$$

$$\eta = 1 \text{ (відповідно до мал.2.2);}$$

для газоподібних шкідливих речовин приймаємо  $F = 1$ .

4.4. Розраховуємо максимальну приземну концентрацію твердих частинок (цементний і мінеральний пил, сажа)

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{L_v \cdot \Delta T}} = \frac{180 \cdot 98 \cdot 2,5 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{(1,6 + 0,06) \cdot (90 - 20)}} = 8,02 \text{ мг/м}^3;$$

$$v_{\max} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{L_v \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(1,6 + 0,06) \cdot (90 - 20)}{35}} = 1,626;$$

$$n = 3 - \sqrt{(v_{\max} - 0,3) \cdot (4,36 - v_{\max})} = 3 - \sqrt{(1,626 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,626)} = 1,096;$$

для твердих частинок, приймаємо  $F = 2,5$ .

4.5. Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин біля земної поверхні за несприятливих умов досягається на осі факела викиду на відстані

$$X_{\max} = d \cdot H.$$

Безрозмірна величина  $d$  при  $V_{\max} = 1,626 \dots 1,625$  для газоподібних і твердих викидів однакова ( $V_{\max} \leq 2$ ) і визначається за формулою

$$d = 4,25 \cdot V_{\max} \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) = 4,25 \cdot 1,626 \cdot (1 + 0,28 \sqrt[3]{0,536}) = 8,482$$

$$X_{\max} = 8,482 \cdot 35 = 297 \text{ м.}$$

Отже, максимальна приземна концентрація шкідливих викидів досягається в межах санітарно-захисної зони при будь-якому напрямку вітру (рис.3.1)

5. Визначаємо оптимальну висоту труби, яка дозволить заводу працювати за несприятливих погодних умов. Значення ГДК вибираємо з табл.Д.6 додатка. Висоту труби розраховуємо для кожного компонента шкідливих викидів, користуючись даними табл.3.3. За результатами розрахунку визначаємо максимальну висоту труби, яка приймається за оптимальну:

- для діоксиду вуглецю

$$H = \sqrt[3]{\frac{b}{L_v \cdot \Delta T} \cdot \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{ПДК}} = \sqrt[3]{\frac{1}{0,50 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,486 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{15}} = 1,39 \text{ м};$$

- для оксиду вуглецю

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,18 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,175 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{5}} = 1,71 \text{ м};$$

- для оксиду азоту

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,14 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,136 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,085}} = 11,92 \text{ м};$$

- для оксиду сірки

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,05 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,097 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,05}} = 15,75 \text{ м};$$

- для вуглеводнів

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,10 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,078 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{25}} = 0,56 \text{ м};$$

- для альдегідів

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,02 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,019 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,012}} = 16,55 \text{ м};$$

- для бензапирену

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,04 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,039 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,02}} = 11,16 \text{ м};$$

- для сажі

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,02 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,019 \cdot 2,5 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,05}} = 17,15 \text{ м};$$

- для мінерального пилу

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,08 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,078 \cdot 2,5 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,05}} = 20,54 \text{ м};$$

- для викидів цементу

$$H = \sqrt[3]{\frac{1}{0,001 \cdot (90 - 20)} \cdot \frac{180 \cdot 0,001 \cdot 2,5 \cdot 0,981 \cdot 1,096}{0,02}} = 7,67 \text{ м}.$$

Встановлена на заводі залізобетонних виробів труба висотою  $H = 35$  м перевищує розрахункову висоту  $H_{max} = 20,54$  м, отже, відповідає екологічним вимогам до охорони повітряного басейну.

6. Розрахунок гранично-допустимих викидів ( $ГДВ$ ).

6.1. Для “гарячих” викидів [15] розрахунок  $ГДВ$  проводиться за формулою (2.15)

- для діоксиду вуглецю

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{L_v \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} = \frac{(15 - 1,5) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,50 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 277 \text{ г/с};$$

для оксиду вуглецю

$$ПДВ = \frac{(5 - 0,5) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,18 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 66 \text{ г/с};$$

- для оксиду азоту

$$ПДВ = \frac{(0,085 - 0,0085) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,14 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 1,04 \text{ г/с};$$

- для оксиду сірки

$$ПДВ = \frac{(0,05 - 0,005) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,10 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,54 \text{ г/с};$$

- для вуглеводнів

$$ПДВ = \frac{(25 - 2,5) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,08 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 253 \text{ г/с};$$

-- для альдегідів

$$ПДВ = \frac{(0,012 - 0,0012) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,02 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,08 \text{ г/с};$$

- для бензапирену

$$ПДВ = \frac{(0,02 - 0,002) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,04 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,16 \text{ г/с};$$

- для сажі

$$ПДВ = \frac{(0,05 - 0,005) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{0,02 \cdot (90 - 20)}}{180 \cdot 1 \cdot 0,981 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,32 \text{ г/с}.$$

6.2. Гранично допустима концентрація "холодних" викидів [15] розраховується за формулою (2.16)

- для мінерального пилу

$$ПДВ = \frac{8 \cdot (ПДК - C_{\phi}) \cdot H \cdot \sqrt[3]{H \cdot L_v}}{A \cdot F \cdot D \cdot n \cdot \eta} = \frac{8 \cdot (0,05 - 0,005) \cdot 35 \cdot \sqrt[3]{35 \cdot 0,08}}{180 \cdot 2,5 \cdot 0,46 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,08 \text{ г/с};$$

- для викидів цементу

$$ПДВ = \frac{8 \cdot (0,02 - 0,002) \cdot 35 \cdot \sqrt[3]{35 \cdot 0,001}}{180 \cdot 2,5 \cdot 0,46 \cdot 1,096 \cdot 1} = 0,01 \text{ г/с}.$$

Порівняння розрахованих значень  $ГДВ$  з дійсною кількістю викидів  $M_i$  проводимо у табличному вигляді. З табл.3.3 виходить, що по всіх компонентах викидів (окрім вуглеводнів) потужність викидів  $M_i$  істотно перевищує допустиму норму  $ГДВ$ . Отже, експлуатація даного заводу без установки очисного устаткування неможлива. Ефективність очищення газових викидів повинна складати не менше 85%, а твердих мінеральних частинок не менше 90%.

7. Розрахунок компенсаційних зборів за викид забруднюючих речовин в повітряний простір проводиться за затвердженою методикою [13]. Оплата за негативну дію на повітряне довкілля визначається за формулою

$$П = \sum_{i=1}^n M_i \cdot N_i \cdot K_{нас} \cdot K_{\phi} \cdot K_{ind},$$

де  $N_i$  - норматив збору за викид 1 тонни забруднюючої речовини в атмосферу, грн/т (табл.Д.7) додатка;

$K_{нас} = 1,35$  - поправочний коефіцієнт, що враховує чисельність жителів  $N=299000$  люд. у м. Житомирі (табл.Д.2 і Д.8) додатка;

$K_{\phi} = 1,25$  - поправочний коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту (табл.Д.9) додатка;

$K_{ind} = 1$  - приймається без індексації.

Відповідно до даних варіанта в атмосферу викидаються діоксид вуглецю, оксиди вуглецю, азоту і сірки, вуглеводні, альдегіди, бензапірен і тверді речовини. Дані розрахунків доцільно представити в табличному вигляді.

Таблиця 3.4

Компоненти	$M_i$		$N_i$ , грн/т (табл.Д.7)	$\Pi_i$ , грн/рік
	кг/с	т/рік		
Діоксид вуглецю	0,486	15326	3	77588
Оксид вуглецю	0,175	5519	25	232833
Оксиди азоту	0,136	4289	80	579015
Оксиди сірки	0,097	3059	80	412965
Вуглеводні	0,078	2460	90	373613
Альдегіди	0,019	599	100	101081
Бензапірен	0,039	1230	125	259453
Тверді речовини (пил, зола, сажа, цемент)	0,098	3090	3	15643
$\Pi = \sum_{i=1}^n M_i \cdot N_i \cdot K_{нас} \cdot K_{\phi} \cdot K_{ind} = 2\,052\,191 \text{ грн/рік}$				



## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б В.1.1.-27:2-10 Будівельна кліматологія: Мінрегіонбуд України 2010р.
2. Закон України «Про охорону навколишнього середовища»//Екологічне законодавство України / Відповід. Ред. К.ю.н. Ковальський В.С.- К.: Юрінком Інтер, 2001.- с.7-46.
3. Полонский В.М. Охрана воздушного бассейна. Учебник для вузов.- Минск: АСВ.-2006.-152 с.
4. Методическое пособие по определению, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.- С.-Пб.: НИИ «Атмосфера», 2005.- 68 с.
5. Белоусов С.В., Баринов Ф.А., Козяк С.П. Охрана окружающей среды. Учебник для технических специальностей вузов.-М.: Высшая школа.- 1991.-189 с.
6. Основы экологии и природопользования. Учебное пособие./Дикань В.Л., Дейнека А.Г., Позднякова Л.А., Михайлов И.Д., Каграмян А.А.-Харьков: ООО «Олант», 2002.-384 с.
7. [www.ekoman.narod.ru](http://www.ekoman.narod.ru) Выделение вредных веществ в атмосферу при различных технологических операциях промышленных производств.
8. Ветошкин А.Г. Защита атмосферы от газовых выбросов. Учебное пособие для вузов.- Донецк: АВОК-ПРЕСС, 2004.- 127 с.
9. Нормативно-правові акти, що регулюють поводження з відходами в Україні (Електроний ресурс) / [URL:http://www.waste.com.ua](http://www.waste.com.ua)
10. Atmospheric Structure and Pollution Sources. (Electronic resource) / [URL:http://www.ocean world.tamy.edu](http://www.ocean.world.tamy.edu)
11. Бодюл О.І. Охорона повітряного басейну. Завдання для практичних занять студентів спеціальності ТГПіВ всіх форм навчання. Одеса, Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2009, 25 с.
12. Бодюл О.І. Охорона повітряного басейну. Конспект лекцій для студентів спеціальності ТГПіВ всіх форм навчання. Одеса, Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2009, 81 с.

13. Экология города. Учебник. Под общ.ред. Ф.В.Стольберга.-К.:Либра, 2000.-464 с.
14. Постанова Кабінету Міністрів України №303 від 01.03.1999 р. « Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього повітряного середовища і стягнення цього збору».
15. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль.-К.: КНТ Дакор Основа.-2007.-408 с.
16. Стоянов Н.И., Зайцев О.Н., Афтанюк В.В. Практикум по защите воздушного бассейна. Одесса. Одесская государственная академия строительства и архитектуры, 2000, 57 с.

## ДОДАТКИ

### Додаток Д.1

Таблиця Д.1- Приблизний склад продуктів згоряння, що утворюються при спалюванні палив % (мас)

Компонент	Газ	Бензин	Дизельне паливо	Вугілля
Азот	0,6	74,9	76,3	20
Пари води	5,1	2,1	1,8	6,8
Діоксид вуглецю	72,5	6,5	2,2	31,4
Оксид вуглецю	11,2	5,1	3,8	11,1
Оксиди азоту	0,1	0,4	0,3	8,8
Оксиди сірки	0,2	0,2	0,5	6,5
Вуглеводні	7,9	0,6	0,3	4,7
Альдегіди	0,4	0,2	0,1	1,3
Кисень	0,3	0,5	7,4	0,3
Сажа	1,1	1,4	3,7	1,2
Бензапірен	0	0,1	0,1	2,7
Пил мінеральний	0,6	0,5	0,7	5,2

Таблиця Д.2 – Розподіл середньорічного коефіцієнта турбулентності  $K$  і висота над рівнем моря по території України

№	Міста України	Чисельність населення, люд.	Значення коефіцієнта $K$	Висота над рівнем моря, $H_{p.m.}$ , м
1	Вінниця	391 000	0,08	287
2	Донецьк	1 050 000	0,12	241
3	Дніпропетровськ	1 103 000	0,09	68
4	Житомир	299 000	0,06	218
5	Ізмаїл	95 100	0,07	28
6	Київ	2 628 800	0,09	179
7	Львів	788 000	0,05	409
8	Луганськ	469 000	0,16	188
9	Луцьк	218 000	0,07	181
10	Одеса	1 002 000	0,04	54
11	Полтава	319 000	0,10	162
12	Рівне	245 000	0,05	231
13	Сімферополь	344 000	0,11	205
14	Суми	302 000	0,06	125
15	Тернопіль	235 000	0,04	336
16	Ужгород	127 000	0,05	187
17	Харків	302 000	0,10	122
18	Черкаси	311 000	0,03	80
19	Чернігів	312 000	0,06	117
20	Чернівці	260 000	0,09	240

Таблиця П.3 – Середньосезонна повторюваність спрямованості вітру відповідно для України

№	Назви міст	Повторюваність напрямку вітрів (січень-липень), <i>P</i> ,%							
		Півн.	Півн.-Зах.	Зах.	Півд.-Зах.	Півд.	Півд.-Сх.	Сх.	Півн.-Сх.
1	Вінниця	12-15	13-11	7-5	11-6	15-8	14-8	14-14	14-25
2	Донецьк	7-14	13-15	16-13	26-10	5-5	13-12	12-15	8-16
3	Дніпропетровськ	9-17	13-9	10-6	15-6	15-6	13-8	9-15	16-31
4	Житомир	8-13	12-9	6-5	13-6	14-7	15-11	18-24	14-25
5	Ізмаїл	15-8	14-12	12-22	11-22	11-3	19-3	13-5	5-6
6	Київ	11-18	10-12	11-8	12-7	9-5	11-8	20-18	16-24
7	Львів	12-20	8-9	40-15	14-11	4-7	10-18	10-14	2-6
8	Луганськ	5-13	10-13	27-7	15-4	5-11	12-23	17-19	9-10
9	Луцьк	13-22	17-19	14-11	40-15	8-9	2-6	4-7	12-20
10	Одеса	19-22	15-8	11-3	5-6	8-15	11-12	14-12	17-22
11	Полтава	8-15	13-10	12-11	14-7	11-6	16-9	14-17	12-25
12	Рівне	9-19	17-19	12-23	5-11	15-4	27-7	10-13	5-13
13	Сімферополь	15-23	21-18	12-4	11-3	10-6	10-14	8-9	13-23
14	Суми	7-13	9-13	10-6	19-11	13-16	16-9	14-17	12-15
15	Тернопіль	8-9	2-6	4-7	12-20	40-15	14-11	10-18	10-14
16	Ужгород	10-14	10-14	14-11	40-15	8-9	2-6	4-7	12-20
17	Харків	8-22	12-16	14-11	40-15	8-9	2-6	4-7	12-14
18	Черкаси	9-17	12-14	16-12	17-9	10-4	12-9	13-14	11-21
19	Чернігів	7-13	9-13	10-6	19-8	13-9	16-9	14-17	12-25
20	Чернівці	11-25	14-17	15-9	11-6	14-7	14-11	13-10	8-15

Таблиця Д.4 – Клас шкідливості підприємств

№	Найменування підприємства	Характеристика джерела шкідливостей	Клас
1	Завод по виробництву будівельних матеріалів	Газовий котел, вентиляційні викиди з мінеральним пилом	II
2	Завод залізобетонних виробів	Вугільний котел, вентиляційні викиди з цементним пилом	II
3	Нафтопереробний комбінат	Продукти спалювання дизельного палива і вуглеводні	I
4	Хімічний завод	Продукти спалювання бензину і легкі вуглеводні	I
5	Завод по виробництву мінеральних добрив	Продукти спалювання газу і мінеральний пил	I
6	Завод по виробництву поліетиленових виробів	Продукти спалювання газу і сажа	II
7	Асфальтобетонний завод	Продукти спалювання дизельного палива і вуглеводні	II
8	Завод по виробництву тротуарної плитки	Продукти спалювання вугілля і мінеральний пил	II
9	Лакофарбовий завод	Продукти спалювання газу і мінеральний пил	III
10	Цегельний завод	Продукти спалювання газу і мінеральний пил	III
11	Меблева фабрика	Газовий котел, продукти деревообробки	V
12	Станція техобслуговування автомобілів	Продукти спалювання бензину і сажа	V
13	Фабрика хімчистка	Газовий котел, леткі вуглеводні	IV

14	Кабельний завод	Газовий котел вентиляційні викиди з пилом	IV
15	Целюлозно-паперовий комбінат	Продукти спалювання дизельного палива і пил	IV
16	Крекінг-завод	Продукти спалювання бензину, сажа	I
17	Ресторанно-готельний комплекс	Газова котельня, вентиляційні викиди з пилом	V
18	Взуттєва фабрика	Вугільна котельня, пари органічних розчинників	V
19	Друкарня	Газовий котел, вентиляційні викиди з пилом	V
20	Деревопереробний комбінат	Газовий котел, продукти деревообробки	IV

Додаток Д. 5

Таблиця Д.5 – Густина газових викидів при тиску  
101 325 Па (760 мм рт.ст.)

$t, ^\circ C$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ C$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ C$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ C$	$\rho, \text{кг/м}^3$
-20	1,395	30	1,165	80	1,000	160	0,815
-10	1,342	40	1,128	90	0,972	180	0,779
0	1,293	50	1,093	100	0,946	200	0,746
10	1,247	60	1,060	120	0,898	250	0,674
20	1,205	70	1,029	140	0,854	300	0,615

Таблиця Д.6 – Значення гранично-допустимих концентрацій шкідливих викидів

Домішки	ГДК <sub>р.з.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>доб.</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Діоксид вуглецю	50	15
Оксид вуглецю	20	5
Оксиди азоту	2	0,085
Оксиди сірки	1	0,05
Вуглеводні	100	25
Альдегіди	0,035	0,012
Цемент	0,15	0,02
Сажа	0,5	0,05
Бензапірен	0,2	0,02
Пил мінеральний	0,5	0,05

Таблиця П.7 – Базові нормативи збору за викид основних забруднюючих речовин від стаціонарних джерел

Домішки	Норматив збору, грн/т
Діоксид вуглецю	3
Оксид вуглецю	25
Оксиди азоту	80
Оксиди сірки	80
Вуглеводні	90
Альдегіди	100
Бензапірен	125
Тверді речовини (пил, зола, сажа, цемент)	3



## Додаток Д.8

Таблиця Д.8 – Залежність коефіцієнта  $K_{нас}$   
від чисельності населення міста

Чисельність населення міста, тис. люд.	$K_{нас}$
до 100	1,00
від 100 до 250	1,20
від 250 до 500	1,35
від 500 до 1000	1,55
понад 1000	1,80

## Додаток Д.9

Таблиця Д.9 – Залежність коефіцієнта  $K_{\phi}$   
від категорії населеного пункту

№	Категорія населеного пункту	$K_{\phi}$
1	Організаційно-господарські і культурно-побутові центри місцевого значення, переважно аграрно-промислової спрямованості (районні центри, міста районного значення, селища міського типу): Ізмаїл, Тернопіль, Чернівці	1,00
2	Багатофункціональні центри з переважно промисловою і транспортною інфраструктурою (міста і обласні центри державного і обласного значення): Дніпропетровськ, Луганськ, Вінниця, Донецьк, Житомир, Ужгород, Запоріжжя, Київ, Миколаїв, Полтава, Суми, Харків, Чернігів, Рівне, Луцьк, Львів	1,25
3	Центри з переважно рекреаційними функціями, що мають промислове і курортне значення: Одеса, Сімферополь	1,65



