

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА  
ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

для студентів спеціальностей  
101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро  
НГУ  
2018

**Нормування антропогенного навантаження на природне середовище.** Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / Д.В. Кулікова, А.Г. Рудченко. – Дніпро: Національний гірничий університет. – 2018. – 68 с.

Автори:

Д. В. Кулікова, к-т техн. наук;

А. Г. Рудченко, ст. викл.

Затверджено методичними комісіями з спеціальностей 101 «Екологія» (протокол №5 від 12.02.2018) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол №5 від 12.02.2018) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол №6 від 31.01.2018).

Подано методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище» для студентів спеціальності 101 «Екологія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Розглянуто екологічні аспекти нормування антропогенного навантаження на компоненти навколишнього середовища.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, д-р техн. наук, доц. А. В. Павличенко

© Кулікова Д.В., Рудченко А.Г.  
ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2018

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Важливим завданням сучасної екології є вивчення загальних закономірностей впливу антропогенної діяльності на стан об'єктів довкілля. При цьому якість навколишнього середовища є визначальним фактором здоров'я нації та збереження її генофонду. У колі сучасних екологічних проблем першочергового значення набуває нормування допустимих рівнів антропогенного навантаження на навколишнє середовище, подальша екологізація науки і виробництва. Все це потребує створення сучасних підходів до оцінки небезпеки забруднення навколишнього середовища.

Система екологічних нормативів передбачає міждисциплінарну діяльність і постійне вдосконалення екологічних норм і правил на основі тісної взаємодії спеціалістів різного профілю. Саме тому виникає потреба в нормуванні якості середовища, розробці методів і заходів контролю викидів і скидів забруднюючих речовин у різні компоненти довкілля для зниження негативного впливу на довкілля.

**Мета практичних робіт** полягає у засвоєнні основних теоретичних знань та практичних навичок основних принципів нормування антропогенного навантаження в Україні, можливих способах оцінювання забруднення довкілля, опанування критеріїв оцінки якості навколишнього середовища, обґрунтування основних напрямків контролю та техніко-економічних показників щодо захисту довкілля та проведення природоохоронних заходів.

Послідовність проведення практичних робіт відповідає темам лекційних занять, що сприяє практичному закріпленню теоретичних знань з даної дисципліни.

***В результаті виконання практичних робіт студенти повинні:***

- ❖ опанувати методики розрахунку величин викиду забруднюючих речовин промисловими підприємствами в атмосферу і встановлення гранично допустимого викиду;
- ❖ ознайомитися з особливостями розрахунку параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері від промислових підприємств для різних умов викиду;
- ❖ засвоїти методику розрахунку умов скиду стічних вод промисловими підприємствами у поверхневі водойми та встановлення величин гранично допустимого скиду забруднюючих речовин;
- ❖ ознайомитися з особливостями оцінки технічної досконалості автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.

# **ПРАКТИЧНА РОБОТА №1**

## **РОЗРАХУНОК ВЕЛИЧИН ВИКИДУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ В АТМОСФЕРУ І ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО ВИКИДУ (ГДВ)**

**Мета роботи:** опанування методик розрахунку величин викиду забруднюючих речовин промисловими підприємствами в атмосферу і встановлення норм гранично допустимого викиду (ГДВ).

### **1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.**

#### **1.1.1 Загальні положення**

Промислові викиди в атмосферу несприятливо впливають, перш за все, на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються на промислових майданчиках та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, котрі перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) в 2-5, а нерідко і в більше разів, і саме на цих територіях акумулюється їхня основна маса ґрунтом та поверхнею водоймищ. У зв'язку з цим особливо гострою є проблема запобігання забрудненню атмосфери міст, де зосереджена більша частина населення та промисловості.

Причиною несприятливої екологічної ситуації є невирішені проблеми, пов'язані з реалізацією природоохоронних заходів, недосконалістю методичних матеріалів з проектування повітроочисних пристроїв, недостатністю вихідних даних для проведення екологічних експертиз продукції, що випускається, та розроблюваних технологічних процесів.

Промислові викиди в атмосферу поширюються на значну відстань, забруднюючи приземний шар повітря не лише на промислових майданчиках, але й на прилеглих населених територіях. Суттєвий вплив на рівень забруднення повітря справляють організовані та неорганізовані технологічні викиди. Існуюча нормативно-технічна документація допускає граничне забруднення повітряного середовища, в місцях повітря-приймальних пристроїв систем промислової вентиляції, воно становить 0,3 ГДК, а забруднення повітряного середовища викидами з вентиляційних систем не повинне перевищувати 1 ГДК. Однак на багатьох підприємствах згадані вимоги не виконуються, а забрудненість повітря нерідко перевищує не лише ГДК, але й норми ГДВ в декілька разів.

Джерела викидів в атмосферу розділяють на природні, які обумовлені природними процесами, та антропогенні (техногенні), що є результатом діяльності людини.

Антропогенні (техногенні) джерела забруднення атмосферного повітря представлені, головним чином, викидами промислових підприємств і автотранспорту (рис. 1.1).

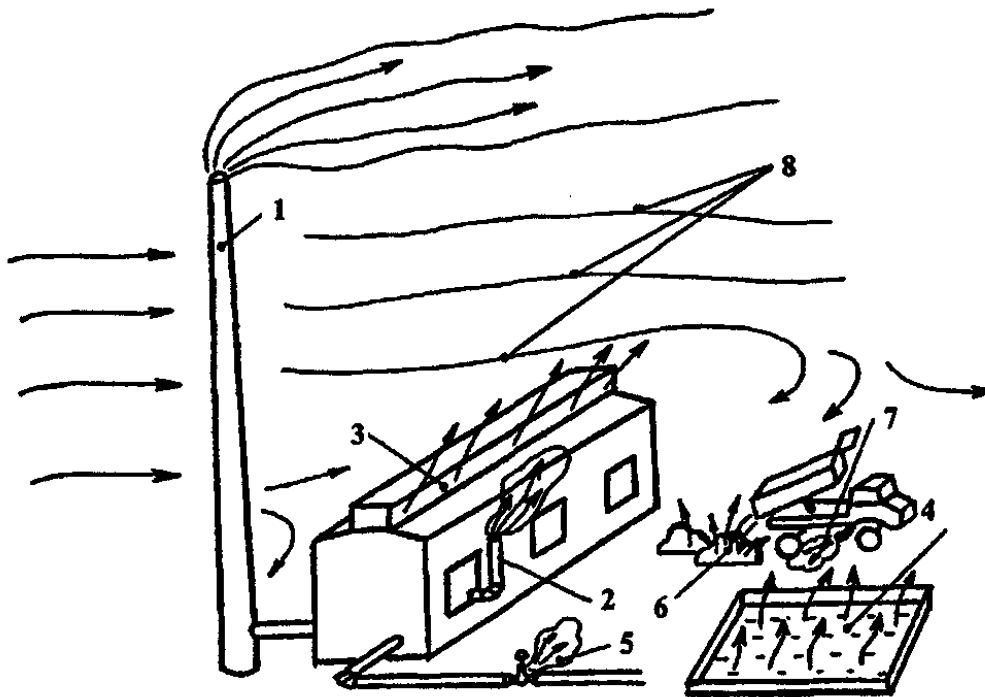
Джерела викидів в атмосферу бувають точкові, лінійні та площинні. Кожний з них може бути затінений і незатінений.

Точкові джерела (на рис. 1.1 – 1, 2, 5, 7) – це забруднення, що зосереджені

в одному місці. До них відносять димові труби, вентиляційні канали, дахові вентилятори тощо.

Лінійні джерела (3) мають значну протяжність. Це аераційні ліхтарі, ряди відкритих вікон, близько розташовані дахові вентилятори. До них можуть бути також віднесені автотраси.

Площинні джерела забруднення (4, 6) розповсюджені по площині промислової ділянки підприємства. До площинних джерел відносять місця складування промислових і побутових відходів, автостоянки, склади паливно-мастильних матеріалів тощо.



**Рис. 1.1. Джерела забруднення атмосфери:**

1 – висока димова труба; 2 – низька димова труба; 3 – аераційний ліхтар цеха; 4 – випаровування з поверхні відстійника; 5 – витіки забруднюючих речовин через недостатньо герметичне обладнання; 6 – викид пилу при розвантаженні сипучих матеріалів; 7 – вихлопна труба автомобіля; 8 – напрямок руху потоку повітря

Незатінені (1) чи високі джерела розташовані у недеформованому потоці вітру. Це димові труби та інші джерела, що викидають забруднюючі речовини на висоту, яка перевищує 2-5 висоти розташованих поблизу споруд та інших перешкод.

Затінені джерела (2-7) розташовані в зоні підпору або аеродинамічної тіні споруд та інших перешкод.

Забруднення атмосфери – це зміна складу атмосферного повітря внаслідок потрапляння до неї домішок.

Домішка в атмосфері – це розсіяна в атмосфері речовина, яка не міститься в її постійному складі.

Забруднююча повітря речовина – це домішка в атмосфері, що спричинює

негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення. Оскільки домішкам в атмосфері властиве перетворення, їх можна умовно розділити на первинні та вторинні.

Первинна домішка в атмосфері – домішка, що зберігає за розглянутий інтервал часу свої фізичні та хімічні властивості.

Перетворення домішок в атмосфері – процес, при якому домішки в атмосфері підлягають фізичним і хімічним змінам під впливом природних і антропогенних чинників, а також внаслідок взаємодії між собою.

Вторинна домішка в атмосфері – це домішка в атмосфері, що утворилася внаслідок перетворення первинних домішок.

Забруднення атмосферного повітря – змінення складу і властивостей атмосферного повітря в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища.

Забруднюючі речовини викидаються в атмосферу у вигляді суміші пилу, диму, туману, парів та газоподібних речовин.

Найбільш поширеними забруднюючими речовинами, що надходять до атмосферного повітря від техногенних джерел, є оксид вуглецю CO, двоокис сірки SO<sub>2</sub>, оксид азоту NO<sub>x</sub> та пил.

Оксид вуглецю (CO) – один з найпоширеніших забруднювачів повітря, який називається у побуті чадним газом. Вміст CO в природних умовах від 0,01 до 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Основні його техногенні джерела – теплові електростанції та транспорт. Значна маса викиду CO утворюється в процесі згоряння органічного палива, перш за все у двигунах внутрішнього згоряння. Найбільш висока концентрація CO спостерігається на вулицях і площах міст з інтенсивним рухом, особливо на перехрестях. Висока концентрація CO в повітрі може привести до фізіологічних змін в організмі людини, а концентрація понад 750 мг/м<sup>3</sup> – до загибелі. Ступінь впливу CO на організм людини залежить також від тривалості впливу та виду діяльності людини. Час перебування CO в атмосфері складає 2-4 місяця.

Двоокис сірки (SO<sub>2</sub>) – безкольоровий газ із гострим запахом. На його долю припадає до 95% від загального об'єму сірчистих сполук, що надходять в атмосферу від антропогенних джерел. До 70% викиду SO<sub>2</sub> утворюється при згорянні вугілля, мазуту – приблизно 15%. При концентрації двоокису сірки 20-30 мг/м<sup>3</sup> подразнюється слизова оболонка рота й очей. Дуже чутливі до SO<sub>2</sub> хвойні ліса. При концентрації SO<sub>2</sub> у повітрі 0,23-0,32 мг/м<sup>3</sup>, внаслідок порушення фотосинтезу, відбувається засихання хвої протягом 2-3 років. Аналогічні зміни у листвяних дерев відбуваються при концентраціях SO<sub>2</sub> – 0,5-1 мг/м<sup>3</sup>.

Оксид азоту (NO<sub>x</sub>) утворюється в процесі згоряння при підвищеній температурі шляхом окислення частки азоту, присутнього в атмосферному повітрі. Основні джерела викиду NO<sub>x</sub> – двигуни внутрішнього згоряння, топки промислових котлів.

NO<sub>2</sub> – газ жовтого кольору, що надає повітрю у містах буруватий відтінок.

Негативний вплив  $\text{NO}_x$  починається з легкого кашлю. При контакті  $\text{NO}_x$  з водяною парою, поверхнею слизової оболонки утворюються кислоти  $\text{HNO}_3$  і  $\text{HNO}_2$ , що може призвести до набряку легенів. Тривалість знаходження  $\text{NO}_2$  в атмосфері – близько 3 діб.

Пил. Основні джерела утворення пилу в атмосфері: будівельна промисловість, ТЕС, які споживають вугілля високої зольності, чорна і кольорова металургія, місця складування промислових і побутових відходів, автотранспорт, кар'єри видобутку корисних копалин і т. д. Розміри частинок в повітрі складають від сотих доль до декількох десятків мікрометрів. Середній розмір часток пилу в атмосферному повітрі – 7-8 мкм. Найчастіше в їх складі виявляються з'єднання кремнію, кальцію, вуглецю, а також оксиди металів. Пил спричиняє шкідливий вплив на людину, рослинний та тваринний світ, поглинає сонячну радіацію, внаслідок чого впливає на термічний режим атмосфери і земної поверхні. Частки пилу є ядрами конденсації при утворенні хмар і туманів. Основна маса пилу вимивається з атмосфери опадами.

До найважливіших нормативів якості довкілля належать гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин у природних середовищах. На основі ГДК розробляють нормативи гранично допустимого викиду (ГДВ) забруднюючих речовин у повітря. Через зміни загального екологічного стану довкілля ГДК і ГДВ найнебезпечніших і найпоширеніших забруднювачів уточнюють кожні 3-5 років з урахуванням посилення негативного ефекту їхньої спільної дії.

Безпечних для організму концентрацій забруднюючих речовин або рівнів іонізуючої радіації практично не існує, тому що будь-яке перевищення звичного природного фону вже є небезпечним для живих організмів. Це яскраво демонструють генетичні відхилення в ланцюгу поколінь в зв'язку з виникненням несприятливих мутацій.

ГДК це максимальна кількість забруднюючих речовин в одиниці об'єму або маси середовища повітря, води або ґрунту, яка практично не впливає на стан здоров'я людини. ГДК встановлюється компетентними установами, організаціями, комісіями як норма.

Для оцінки якості атмосферного повітря встановлені дві категорії ГДК: максимально разова (ГДК<sub>м.р.</sub>) та середньодобова (ГДК<sub>с.д.</sub>).

ГДК<sub>м.р.</sub> – гранично допустима максимально разова концентрація хімічної речовини у повітрі населених пунктів,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . Ця концентрація при вдиханні впродовж 30 хвилин не повинна викликати рефлекторних реакцій в організмі людини.

ГДК<sub>с.д.</sub> – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у повітрі населених пунктів,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . Ця концентрація не повинна чинити прямої чи опосередкованої дії при необмежено тривалому (роки) вдиханні.

ГДК<sub>р.з.</sub> – гранично допустима концентрація хімічної речовини у повітрі робочої зони,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . Ця концентрація за умови щоденної (крім вихідних днів) роботи в межах 8 годин чи іншої тривалості, але не більше, ніж 41 година на тиждень упродовж всього робочого стажу не повинна викликати захворювань

чи відхилень у стані здоров'я, які можна виявити сучасними методами дослідження в процесі роботи чи у віддалені терміни життя сучасного і наступного поколінь. Робочою зоною називають простір висотою 2 м над рівнем підлоги чи майданчика, на якому знаходиться місце постійного чи тимчасового перебування працівника.

Нормативи ГДК для атмосферного повітря єдині для всієї території України.

Для кожного підприємства, що проектується, або діючого об'єкта, що є стаціонарним джерелом забруднення повітряного басейну, встановлюють нормативи гранично допустимого викиду (ГДВ) забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – це така кількість речовини, що викидається джерелом в атмосферу, при якій її концентрація в приземному шарі не перевищує величину гранично допустимої концентрації (ГДК).

Визначення ГДВ здійснюється для конкретного промислового підприємства з урахуванням фізико-географічних і кліматологічних характеристик району.

ГДВ встановлюється при умові, що викиди забруднюючих речовин від даного джерела в сукупності з іншими джерелами не створюють приземну концентрацію, яка перевищує ГДК за межами санітарно-захисної зони:

$$C + C_{\phi} \leq ГДК,$$

де  $C$  – концентрація речовин у приземному шарі від розрахункового джерела при дотриманні нормативів ГДВ;  $C_{\phi}$  – фонові концентрації цієї ж речовини.

Термін дії нормативу ГДВ, як правило, не перевищує 5 років. При появі нових виробництв, реконструкції діючих, зміні технологічного процесу чи виду сировини, яку використовують, та в інших аналогічних випадках нормативи ГДВ потребують перегляду.

Для розрахунку ГДВ необхідно спочатку скласти характеристику підприємства як джерела забруднення атмосфери за наступними параметрами:

- стисла характеристика технології виробництва і технологічного устаткування;
- стисла характеристика існуючого очисного обладнання;
- перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу;
- економічний збиток від забруднення атмосфери.

## **1.2. Порядок розрахунку величин викиду забруднюючих речовин промисловими підприємствами в атмосферу і встановлення норм гранично допустимого викиду (ГДВ)**

### **1.2.1. Розрахунок викидів забруднюючих речовин котельнею**

**Тверді частки.** Розрахунок викиду твердих часток летучої золи і палива, що не догоріло (т/рік, г/с) і викидається в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу при спалюванні твердого палива й мазуту, здійснюється за формулою:



$$M_{TЧ} = N \cdot B \cdot A^r \cdot \chi \cdot (1 - \eta), \quad (1.1)$$

де  $B$  – витрати палива, т/рік або г/с;  $N$  – кількість котлів;  $A^r$  – зольність палива, %;  $\chi$  – коефіцієнт зольності, що залежить від типу топки;  $\eta$  – частка твердих часток, що уловлюються в золоуловлювачах (у даному завданні приймається рівною ступеню очистки).

*Примітка:* Для сажі гранично допустима максимальна розова концентрація ( $ГДК_{м.р.}$ ) дорівнює  $0,2 \text{ мг/м}^3$ , а гранично допустима середньодобова концентрація ( $ГДК_{с.с.}$ ) дорівнює  $0,15 \text{ мг/м}^3$ . Клас небезпеки – 3.

**Діоксид сірки.** Розрахунок викиду оксидів сірки в перерахунку на  $SO_2$  (т/рік, г/с), що потрапляють в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу, здійснюється за формулою:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot N \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (1.2)$$

де  $S^r$  – вміст сірки у паливі, %;  $\eta'_{SO_2}$  – частка оксидів сірки, що зв'язуються летучою золою палива;  $\eta''_{SO_2}$  – частка оксидів сірки, що уловлюються в золоуловлювачі.

Інші величини такі ж самі, що й у формулі (1.1).

*Примітка:* Для двоокису сірки  $ГДК_{м.р.}=0,03 \text{ мг/м}^3$ ,  $ГДК_{с.с.}=0,05 \text{ мг/м}^3$ . Клас небезпеки – 3.

**Оксид вуглецю.** Розрахунок викиду оксиду вуглецю, що потрапляє в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу (т/рік, г/с) здійснюється за формулою:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot q_3 \cdot R \cdot Q_i^r \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (1.3)$$

де  $Q_i^r$  – теплота згоряння палива ( $\text{МДж/кг}$ ,  $\text{МДж/м}^3$ );  $R$  – втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива, обумовленої наявністю в продуктах згоряння  $CO$ ;  $q_3$  – втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива, %;  $q_4$  – втрати теплоти внаслідок механічної неповноти згоряння палива, %.

Інші величини такі ж самі, що й у формулі (1.1).

*Примітка:* Для оксиду вуглецю  $ГДК_{м.р.}=3 \text{ мг/м}^3$ ,  $ГДК_{с.с.}=1 \text{ мг/м}^3$ . Клас небезпеки – 4.

**Оксиди азоту.** Кількість оксидів азоту (у перерахунку на  $NO_2$ ), що викидаються в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу (т/рік, г/с) розраховується за формулою (1.4):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta), \quad (1.4)$$

де  $K_{NO_2}$  – параметр, що характеризує кількість оксидів азоту, що утворюються на  $1 \text{ ГДж}$  тепла ( $\text{кг/ГДж}$ );  $\beta$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня зниження викиду оксидів азоту в результаті впровадження технічних рішень.

Інші величини такі ж самі, що й у формулі (1.1).

*Примітка:* Для діоксиду азоту  $ГДК_{м.р.}=ГДК_{с.с.}=0,085 \text{ мг/м}^3$ . Клас небезпеки – 2.

### 1.2.2. Розрахунок викиду забруднюючих речовин при використанні природного газу

Для забезпечення різкого скорочення викиду в атмосферу твердих часток у вигляді золи та сажі, оксидів азоту, сірчистих сполук, можливий перехід котлоагрегатів з твердого палива на природний газ. Практично, крім діоксиду вуглецю і водяної пари, що є результатом реакції горіння, при спалюванні газу утворюються оксиди азоту.

Укрупнену оцінку переведення котлоагрегатів на природний газ проводять за калорійністю палива.

Кількість природного газу для заміни 1 кг вугілля визначаємо:

$$q_{\text{пр.газ}} = \frac{Q_{\text{н.в.}}^r \cdot \eta_{\text{в}}}{Q_{\text{н.г.}}^r \cdot \eta_{\text{г}}}, \quad (1.5)$$

де  $Q_{\text{н.в.}}^r$ ,  $Q_{\text{н.г.}}^r$  – нижча теплота згоряння вугілля і природного газу, відповідно, МДж/кг;  $\eta_{\text{в}}$ ,  $\eta_{\text{г}}$  – ККД котла при роботі на твердому й газоподібному паливі. У даному завданні дорівнює 0,82 та 0,92 відповідно.

Річні витрати природного газу на котельню визначаються за формулою:

$$V_{\text{пр.г.}} = V \cdot \frac{q_{\text{пр.г.}}}{\rho}, \quad (1.6)$$

де  $\rho$  – питома вага природного газу ( $\rho=0,85$  г/м<sup>3</sup>).

Для розрахунку величин викиду у формули (1.1)-(1.4) при використанні природного газу необхідно замість  $V$  підставляти  $V_{\text{пр.г.}}$ .

### 1.2.3. Розрахунок викиду забруднюючих речовин від зварювальних постів

На шахті  $N_1$  постів зварювання. Режим роботи однозмінний, з п'ятиденним тижнем. Для зварювання використовуються апарати ТД-500-У-2. За рік на шахті витрачається  $N_2$  електродів  $N_3$ -типу.

Кількість зварювального аерозолю  $M_{\text{зв.а.}}$ , від зварювальних постів розраховується за формулою:

$$M_{\text{зв.а.}} = N_1 \cdot q_1 \cdot N_2, \text{ г/рік} \quad (1.7)$$

де  $N_2=3000$  – середня кількість електродів, що витрачаються за рік;  $q_1$  – питома кількість зварювального аерозолю, г/шт.

*Примітка:* Для зварювального аерозолю в робочій зоні  $\text{ГДК}_{\text{р.з}}=4$  мг/м<sup>3</sup>. Клас безпеки – 4.

Кількість марганцю та його оксидів від зварювальних постів знаходимо:

$$M_{\text{MnO}_2} = N_1 \cdot q_2 \cdot N_2, \text{ г/рік} \quad (1.8)$$

де  $q_2$  – питома кількість марганцю та його оксидів, г/шт.

*Примітка:* Для марганцю та його оксидів  $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}=0,05$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ГДК}_{\text{с.с.}}=0,01$  мг/м<sup>3</sup>. Клас безпеки – 3.

### 1.2.4. Розрахунок гранично допустимого викиду (ГДВ) забруднюючих речовин

Якщо в результаті виконаних розрахунків з'ясується, що концентрація

забруднюючих речовин перевищує значення ГДК, необхідно розрахувати величину ГДВ забруднюючої речовини, при якій у приземному шарі забезпечується концентрація не більша, ніж ГДК.

ГДВ встановлюється для кожного стаціонарного джерела з розрахунком, що сукупний викид від усіх джерел забруднення атмосферного повітря міста з урахуванням перспективи розвитку не призведе до перевищення нормативу ГДК<sub>м.р.</sub> у приземному шарі. ГДВ встановлюється для умов повного навантаження технологічного і газоочисного обладнання та їх нормальної роботи. ГДВ не повинен перевищуватись в будь-який 20-хвилинний період часу. Для дрібних джерел доцільно встановлення ГДВ від їх сукупності з передчасним об'єднанням їх у площинне або умовно точкове джерело. ГДВ визначається для кожної речовини окремо, в тому числі й у випадку сумачії забруднюючої дії декількох речовин.

За результатами розрахунку нормативів ГДВ для кожного стаціонарного джерела викиду встановлюється сумарний граничний викид підприємства в цілому.

ГДВ встановлюється з урахуванням фонових концентрацій. Для реконструйованого підприємства розрахунок виконується за фактичним положенням і на перспективу.

Значення гранично допустимого викиду (ГДВ) для газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела або групи таких близько розташованих одиночних джерел визначаються за формулами (1.9), (1.14):

- для нагрітого викиду:

$$ГДВ = \frac{H^2 \cdot ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}, \text{ г/с} \quad (1.9)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що враховує умови вертикального й горизонтального розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері,  $\text{с}^{1/3} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{град}^{1/3} / \text{г}$  (для України – 160);  $ГДК$  – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини, що викидається в атмосферу,  $\text{мг}/\text{м}^3$ . У якості ГДК використовується ГДК<sub>м.р.</sub> або ГДК<sub>с.с.</sub>;  $H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;  $F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (для газів  $F=1$ ; для пилу при ККД очисних споруд більше 90%  $F=2$ ; при ККД від 75 до 90%  $F=2,5$ ; при ККД менше 75%  $F=3$ );  $m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виходу газоповітряної суміші з устя джерела викиду;  $V_1$  – об'єм газоповітряної суміші,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші  $T_G$ , що викидається, та температурою навколишнього повітря  $T_H$ , °С.

Значення безрозмірного коефіцієнту  $m$  визначається в залежності від параметра  $f$  і розраховується за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} \quad (1.10)$$

Параметр  $f$  визначається за допомогою виразу:

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (1.11)$$

де  $W_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду, м/с;  $D$  – діаметр отвору джерела викиду, м.

Значення безрозмірного коефіцієнту  $n$  визначаються такими рівняннями в залежності від параметру  $V_M$ :

Якщо  $V_M \leq 0,3$ ,

$$n=3.$$

Якщо  $0,3 < V_M \leq 2$ ,

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)}.$$

Якщо  $V_M > 2$ ,

$$n=1.$$

При цьому коефіцієнт  $V_M$  визначається за виразом:

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}. \quad (1.12)$$

Об'єм газопилової суміші  $V_1$ , розраховується за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.13)$$

- для холодного викиду (холодним вважається викид, для якого величина  $\Delta T$  менша або дорівнює нулю):

$$\Gamma_{ДВ} = \frac{8 \cdot V_1 \cdot \Gamma_{ДК} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}, \quad (1.14)$$

$V_M$ , у свою чергу, для холодного викиду визначається за формулою:

$$V_M = 1,3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H}. \quad (1.15)$$

### 1.2.5. Визначення категорії небезпеки підприємства

Визначаємо категорію небезпеки підприємства залежно від маси, виду й складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря.

Категорія небезпеки підприємства (КНП), розраховується за формулою:

$$КНП = \sum_{i=1}^n КНП_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{\Gamma_{ДК}_i^{cp}} \right)^{\alpha_i}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.16)$$

де  $КНП_i$  – категорія небезпеки  $i$ -ої забруднюючої речовини, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря підприємством;  $M_i$  – фактична маса викиду  $i$ -ої забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря підприємством, т/рік;  $\Gamma_{ДК}_i^{cp}$  – середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря населеного пункту, мг/м<sup>3</sup>;  $\alpha_i$  – безрозмірна константа, що дозволяє порівнювати ступінь шкідливості  $i$ -ої забруднюючої речовини зі шкідливістю двооксиду сірки (табл. 1.1).

Значення КНП розраховується за умови, що  $\frac{M_i}{\Gamma_{ДК}_i^{cp}} > 1$ . Якщо  $\frac{M_i}{\Gamma_{ДК}_i^{cp}} < 1$ , значення КНП не розраховується й прирівнюється до нуля.

Таблиця 1.1 – Значення безрозмірної константи  $\alpha_i$  для забруднюючих речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки речовини	1	2	3	4
Значення константи $\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Для розрахунку категорії небезпеки підприємства при відсутності середньодобових значень ГДК використовуються значення максимально разових ГДК, ОБРВ (орієнтовний безпечний рівень впливу) або зменшені в десять разів значення ГДК забруднюючих речовин робочої зони. Для речовин, які не мають встановлених рівнів ГДК або ОБРВ, значення категорії небезпеки підприємства прирівнюється до маси викиду даних речовин.

За величиною категорії небезпеки підприємства поділяються на 4 категорії. Граничні умови для виділення підприємств за категоріями небезпеки наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Категорії небезпеки підприємств і граничні значення КНП

Категорія небезпеки підприємства	Значення КНП	Санітарно-захисна зона, м
I	$\geq 10^8$	1000
II	$10^8 > \text{КНП} \geq 10^4$	500
III	$10^4 > \text{КНП} \geq 10^3$	300
IV	$< 10^3$	100

Залежно від тієї чи іншої категорії небезпеки підприємства здійснюється облік викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря і вводиться періодичність контролю за викидами підприємств, а також встановлюється санітарно-захисна зона (СЗЗ) від джерела забруднення до житлових районів.

## 1.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Вихідні дані.** Шахта «Україна» ВО «Селідіввугілля» видобуває вугілля марки – Г-концентрат, добовий видобуток – 2280 т, річний – 620000 т.

Подача свіжого повітря в шахтні виробки здійснюється через вантажолюдський ствол. Використане повітря викидається через вентиляційні стволи. За даними лабораторії гірничорятувальної служби у вентиляційних викидах забруднюючих речовин немає.

Поверхневий технологічний комплекс шахти розташований навколо клітьового й скіпового стволів, і включає:

- механічні майстерні з постом зварювання металів, а також кузню;
- майстерню вибійного обладнання зі зварювальним постом;
- промислову котельню з постом зварювання;
- столярні майстерні, складські приміщення;
- котельню мікрорайону.

Котли промислової котельні й мікрорайону обладнані батарейними циклонами БЦ 2-6, середній ступінь очистки у яких становить 80%.

Необхідно зробити розрахунок ГДВ для кожної технологічної ділянки згідно двох умов: з урахуванням викиду з котельні мікрорайону та без урахування з переходом на газоподібне паливо. Вихідні дані в табл. 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розрахунку залежно від виду палива

Найменування показника	Позначення	Одиниці виміру	Вид палива	
			вугілля	газ
Зольність палива	$A^r$	%	11	-
Вміст сірки у паливі	$S^r$	%	3	-
Нижча теплота згоряння	$Q_i^r$	МДж/кг	25,95	35,7
Частка оксидів сірки, що зв'язані золюю	$\eta'_{SO_2}$	відносні одиниці	0,1	0
Частка оксидів сірки, що уловлюються в золюловлювачі	$\eta''_{SO_2}$	відносні одиниці	0,1	0
Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива	$q_3$	%	0,8	0,5
Втрати тепла внаслідок механічної неповноти згоряння палива	$q_4$	%	20	0,5
Кількість оксидів азоту, що утворюються на 1 ГДж тепла	$K_{NO_2}$	кг/ГДж	0,2	0,09
Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива, обумовленої наявністю в продуктах згоряння СО	$R$	-	1	0,5
Коефіцієнт	$\beta$	-	0,05	0,1
Коефіцієнт зольності	$\chi$	-	0,002	-
Витрати палива	$B$	г/с	8500	
Кількість котлів	$N$	шт.	3	
Кількість постів	$N_1$	шт.	6	
Питома кількість зварювального аерозолю	$q_1$	г/шт.	16,3	
Питома кількість марганцю та його оксидів	$q_2$	г/шт.	1,95	

Примітки: 1. У котельній мікрорайону один котел з параметрами, аналогічними для котлів шахти; 2. Ступінь очистки  $\eta=80\%$ .

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку залежно від джерела викиду

Найменування показника	Позначення	Одиниці виміру	Значення		
			Котельня шахти	Котельня мікрорайону	Зварювальний пост
1	2	3	4	5	6
Висота труби	$H$	м	56	36	7
Діаметр устя труби	$D$	м	1,6	1,2	0,6

1	2	3	4	5	6
Різниця між температурою газу і температурою атмосферного повітря	$\Delta T$	°C	190	270	0
Середня швидкість газоповітряної суміші	$W_0$	м/с	6,8	6,1	1,8
Коефіцієнт розсіювання	$A$	-	160	160	160

### Розв'язок прикладу:

1. Визначаємо обсяг викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні шахти на вугільному паливі.

Розрахунок викиду твердих часток летучої золи і палива, що не догоріли (т/рік, г/с) і викидаються в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу при спалюванні твердого палива й мазуту, здійснюється за формулою (1.1):

$$M_{Tч} = N \cdot B \cdot A' \cdot \chi \cdot (1 - \eta) = 3 \cdot 8500 \cdot 11 \cdot 0,002 \cdot (1 - 0,80) = 112,2 \text{ г/с} = 3538,34 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок викиду оксидів сірки в перерахунку на SO<sub>2</sub> (т/рік, г/с), що потрапляють в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу, здійснюється за формулою (1.2):

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot N \cdot B \cdot S' \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) = 0,02 \cdot 3 \cdot 8500 \cdot 3 \cdot (1 - 0,1) \cdot (1 - 0,1) = 1239,3 \text{ г/с} = 39082,56 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок викиду оксиду вуглецю, що потрапляє в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу (т/рік, г/с) здійснюється за формулою (1.3):

$$M_{CO} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot q_3 \cdot R \cdot Q'_i \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,001 \cdot 3 \cdot 8500 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 25,95 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 423,504 \text{ г/с} = 13355,62 \text{ т/рік.}$$

Кількість оксидів азоту (у перерахунку на NO<sub>2</sub>), що викидаються в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу (т/рік, г/с) розраховується за формулою (1.4):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot Q'_i \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) = 0,001 \cdot 3 \cdot 8500 \cdot 25,95 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,05) = 125,73 \text{ г/с} = 3965,02 \text{ т/рік.}$$

2. Визначаємо обсяг викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні мікрорайону на вугільному паливі.

Розрахунок викиду твердих часток летучої золи і палива, що не догоріли (т/рік, г/с) і викидаються в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в

одиницю часу при спалюванні твердого палива й мазуту, здійснюється за формулою (1.1):

$$M_{Tч} = N \cdot B \cdot A^r \cdot \chi \cdot (1 - \eta) = 1 \cdot 8500 \cdot 11 \cdot 0,002 \cdot (1 - 0,80) = 37,4 \text{ г/с} = 1179,45 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок викиду оксидів сірки в перерахунку на SO<sub>2</sub> (т/рік, г/с), що потрапляють в атмосферу з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу, здійснюється за формулою (1.2):

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot N \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) = 0,02 \cdot 1 \cdot 8500 \cdot 3 \cdot (1 - 0,1) \cdot (1 - 0,1) = 413,1 \text{ г/с} \\ = 13027,52 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок викиду оксиду вуглецю, що потрапляє в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу (т/рік, г/с) здійснюється за формулою (1.3):

$$M_{CO} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot q_3 \cdot R \cdot Q_i^r \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,001 \cdot 1 \cdot 8500 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 25,95 \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 141,168 \\ \text{г/с} = 4451,87 \text{ т/рік.}$$

Кількість оксидів азоту (у перерахунку на NO<sub>2</sub>), що викидаються в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу розраховується за формулою (1.4):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) = 0,001 \cdot 1 \cdot 8500 \cdot 25,95 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,05) = 41,91 \\ \text{г/с} = 1321,67 \text{ т/рік.}$$

### 3. Визначаємо викид забруднюючих речовин від зварювальних постів.

На шахті N<sub>1</sub> постів зварювання. Режим роботи однозмінний, з п'ятиденним тижнем. Для зварювання використовуються апарати ТД-500-У-2. За рік на шахті витрачається N<sub>2</sub> електродів N<sub>3</sub>-типу.

Кількість зварювального аерозолу від зварювальних постів розраховується за формулою (1.7):

$$M_{зв.а.} = N_1 \cdot q_1 \cdot N_2 = 6 \cdot 16,3 \cdot 3000 = 293400 \text{ г/рік} = 0,2934 \text{ т/рік}$$

де N<sub>2</sub> у даному завданні дорівнює 3000.

Кількість марганцю та його оксидів від зварювальних постів знаходимо за формулою (1.8):

$$M_{MnO_2} = N_1 \cdot q_2 \cdot N_2 = 6 \cdot 1,95 \cdot 3000 = 35100 \text{ г/рік} = 0,0351 \text{ т/рік.}$$

### 4. Визначаємо викиди забруднюючих речовин при використанні природного газу.

Для забезпечення різкого скорочення викиду в атмосферу твердих часток у вигляді золи та сажі, оксидів азоту, сірчистих сполук, можливий перехід роботи котлоагрегатів твердого палива на природний газ. Практично, крім двоокису вуглецю і водяної пари, що є результатом реакції горіння, при спалюванні газу утворюються оксиди азоту. Укрупнену оцінку переведення котлоагрегатів на природний газ проводять за калорійністю палива.

Обсяг природного газу для заміни 1 кг вугілля визначимо за формулою (1.5):

$$q_{пр.газ} = \frac{Q_{н.б.}^r \cdot \eta_б}{Q_{н.г.}^r \cdot \eta_г} = \frac{25,95 \cdot 0,82}{35,7 \cdot 0,92} = 0,65,$$



де  $\eta_6, \eta_2$  у даному завданні дорівнює 0,82 та 0,92 відповідно.

Річні витрати природного газу на котельню визначаються за формулою (1.6):

$$B_{np.g.} = B \cdot \frac{q_{np.g.}}{\rho} = 8500 \cdot \frac{0,65}{0,85} = 6500 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для розрахунку величин викиду у формули (1.1)-(1.4) при використанні природного газу необхідно замість  $B$  підставляти  $B_{np.g.}$ .

Визначаємо кількість викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні шахти на газоподібному паливі.

При роботі котельні шахти на газоподібному паливі в атмосферне повітря не надходять викиди таких забруднюючих речовин, як тверді частки та діоксид сірки, тому розрахунок здійснюється тільки за викидами оксиду вуглецю і оксидів азоту.

Розрахунок викиду оксиду вуглецю, що потрапляє в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу здійснюється за формулою (1.3):

$$M_{CO} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot q_3 \cdot R \cdot Q_i^r \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,001 \cdot 3 \cdot 6500 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 35,7 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) = 173,17$$

г/с = 5461,09 т/рік.

Кількість оксидів азоту (у перерахунку на  $\text{NO}_2$ ), що викидаються в атмосферне повітря з димовими газами котлоагрегатів в одиницю часу розраховується за формулою (1.4):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot N \cdot B \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) = 0,001 \cdot 3 \cdot 6500 \cdot 35,7 \cdot 0,09 \cdot (1 - 0,1) = 56,39$$

г/с = 1778,31 т/рік.

В альтернативному варіанті котельня мікрорайону не працює.

5. *Визначаємо величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні шахти на вугільному паливі.*

Значення гранично допустимого викиду (ГДВ, г/с) для нагрітої газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела, яким є котельня шахти, з круглим отвором визначаються за формулою (1.9):

$$ГДВ = \frac{H^2 \cdot ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}.$$

Для визначення безрозмірного коефіцієнта  $m$  необхідно розрахувати параметр  $f$  за допомогою виразу (1.11):

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 46,24 \cdot 1,6}{3136 \cdot 190} = 0,12.$$

Коефіцієнт  $m$  визначається за формулою (1.10):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,12} + 0,1 \cdot \sqrt{0,12}} = 1,15.$$

Об'єм газопилової суміші  $V_1$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , розраховується за формулою (1.13):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 = \frac{3,14 \cdot 2,56}{4} \cdot 6,8 = 13,66 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для розрахунку безрозмірного коефіцієнта  $n$  необхідно спочатку визначити коефіцієнт  $V_M$  за виразом (1.12):

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{13,66 \cdot 190}{56}} = 2,33$$

Оскільки  $V_M > 2$ , то  $n = 1$ .

Для пилу при ККД очисних споруд від 75 до 90%  $F=2,5$ ; для газів  $F=1$ .

Таким чином, величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні шахти на вугільному паливі, становлять:

$$ГДВ_{TЧ} = \frac{3136 \cdot 0,15 \cdot \sqrt[3]{13,66 \cdot 190}}{160 \cdot 2,5 \cdot 1,15 \cdot 1} = 14,05 \text{ г/с} = 443,18 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{SO_2} = \frac{3136 \cdot 0,05 \cdot \sqrt[3]{13,66 \cdot 190}}{160 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1} = 11,71 \text{ г/с} = 369,32 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{CO} = \frac{3136 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{13,66 \cdot 190}}{160 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1} = 234,22 \text{ г/с} = 7386,4 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{NO_2} = \frac{3136 \cdot 0,085 \cdot \sqrt[3]{13,66 \cdot 190}}{160 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1} = 19,91 \text{ г/с} = 627,84 \text{ т/рік};$$

*6. Визначаємо величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні мікрорайону на вугільному паливі.*

Розрахунок проводиться аналогічно п. 5.

$$f = \frac{1000 \cdot 37,21 \cdot 1,2}{1296 \cdot 270} = 0,13.$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,13} + 0,1 \cdot \sqrt{0,13}} = 1,14.$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 1,44}{4} \cdot 6,1 = 6,895 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6,895 \cdot 270}{36}} = 2,42.$$

Оскільки  $V_M > 2$ , то  $n=1$ .

Для пилу при ККД очисних споруд від 75 до 90%  $F=2,5$ ; для газів  $F=1$ .

Таким чином, величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи котельні мікрорайону на вугільному паливі, становлять:

$$ГДВ_{TЧ} = \frac{1296 \cdot 0,15 \cdot \sqrt[3]{6,895 \cdot 270}}{160 \cdot 2,5 \cdot 1,14 \cdot 1} = 5,24 \text{ г/с} = 165,39 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{SO_2} = \frac{1296 \cdot 0,05 \cdot \sqrt[3]{6,895 \cdot 270}}{160 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1} = 4,37 \text{ г/с} = 137,82 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{CO} = \frac{1296 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{6,895 \cdot 270}}{160 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1} = 87,41 \text{ г/с} = 2756,47 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{NO_2} = \frac{1296 \cdot 0,085 \cdot \sqrt[3]{6,895 \cdot 270}}{160 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1} = 7,43 \text{ г/с} = 234,3 \text{ т/рік};$$

7. *Визначаємо величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи зварювальних постів.*

Значення гранично допустимого викиду для холодної газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела, якими є зварювальні пости, з круглим отвором визначаються за формулою (1.14):

$$ГДВ = \frac{8 \cdot V_1 \cdot ГДК \cdot H \cdot \sqrt[3]{H}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}, \text{ г/с.}$$

Об'єм газопилової суміші розраховується за формулою (1.13):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,36}{4} \cdot 1,8 = 0,51 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для розрахунку безрозмірного коефіцієнта  $n$  необхідно спочатку визначити коефіцієнт  $V_M$  за виразом (1.15):

$$V_M = 1,3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H} = 1,3 \cdot \frac{1,8 \cdot 0,6}{7} = 0,2.$$

Оскільки  $V_M \leq 0,3$ , то  $n=3$ .

Для газів  $F=1$ .

Таким чином, величини гранично допустимого викиду забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від роботи зварювальних постів, становлять:

$$ГДВ_{зв.а} = \frac{8 \cdot 0,51 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \sqrt[3]{7}}{160 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 0,6} = 0,76 \text{ г/с} = 23,93 \text{ т/рік};$$

$$ГДВ_{MnO_2} = \frac{8 \cdot 0,51 \cdot 0,01 \cdot 7 \cdot \sqrt[3]{7}}{160 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 0,6} = 0,002 \text{ г/с} = 0,06 \text{ т/рік};$$

8. *Визначаємо категорію небезпеки підприємств залежно від маси, виду й складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря.*

Для розрахунку категорії небезпеки підприємства при відсутності середньодобових значень ГДК використовуються значення максимально разових ГДК, ОБРВ (орієнтовний безпечний рівень впливу) або зменшені в десять разів значення ГДК забруднюючих речовин робочої зони. Для речовин, які не мають встановлених рівнів ГДК або ОБРВ, значення категорії небезпеки підприємства прирівнюється до маси викиду даних речовин.

Категорія небезпеки підприємства (КНП),  $\text{м}^3/\text{с}$ , розраховується за формулою (1.16):

$$КНП = \sum_{i=1}^n КНП_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_i^{cp}} \right)^{\alpha_i}.$$

Результати розрахунків фактичного викиду, ГДВ та категорії небезпеки для кожної технологічної ділянки наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунків фактичного викиду, ГДВ та категорії небезпеки для кожної технологічної ділянки

Цех, ділянка	Речовина	Фактичне значення викиду, М, т/рік	ГДВ, т/рік	КНП, м <sup>3</sup> /с
Котельня шахти	Тверді частки	$\frac{112,2г}{с} / \frac{3538,34т}{рік}$ –	14,05 г/с 443,18 т/рік	$\frac{748000}{-}$
	Двоокис сірки	$\frac{1239,3г}{с} / \frac{39082,56т}{рік}$ –	11,71 г/с 369,32 т/рік	$\frac{24786000}{-}$
	Оксид вуглецю	$\frac{423,5г}{с} / \frac{13355,62т}{рік}$ $\frac{173,17г}{с} / \frac{5461,09т}{рік}$	234,22 г/с 7386,4 т/рік	$\frac{115922,6}{51835,3}$
	Оксиди азоту	$\frac{125,73г}{с} / \frac{3964,02т}{рік}$ $\frac{56,39г}{с} / \frac{1778,31т}{рік}$	19,91 г/с 627,84 т/рік	$\frac{1049605232}{37009917,7}$
Котельня мікрорайону	Тверді частки	$\frac{37,4г}{с} / \frac{1179,45т}{рік}$ –	5,24 г/с 165,39 т/рік	$\frac{2493333}{-}$
	Двоокис сірки	$\frac{413,1г}{с} / \frac{13027,52т}{рік}$ –	4,37 г/с 137,82 т/рік	$\frac{8262000}{-}$
	Оксид вуглецю	$\frac{141,17г}{с} / \frac{4451,87т}{рік}$ –	87,41 г/с 2756,47 т/рік	$\frac{43128,9}{-}$
	Оксиди азоту	$\frac{41,91г}{с} / \frac{1321,67т}{рік}$ –	7,43 г/с 234,3 т/рік	$\frac{2516334405}{-}$
Зварювальні пости	Зварювальний аерозоль	293400 г/рік 0,2934 т/рік	0,76 г/с 23,93 т/рік	0,034
	Оксиди марганцю	35100 г/рік 0,0351 т/рік	0,002 г/с 0,06 т/рік	0,1113
КНП, м <sup>3</sup> /с				$\frac{1643282522}{3706175315}$

*Примітка:* у чисельнику – існуюче значення, у знаменнику – після заходів (перехід на газоподібне паливо і закриття котельні мікрорайону).

**Висновок.** Розглядаючи базовий варіант (котельня шахти і мікрорайону працюють на вугільному паливі + зварювальні пости), можна зробити висновок, що отримане значення КНП перевищує  $10^8$ , що є свідченням того, що підприємство є джерелом забруднення навколишнього середовища і відноситься до 1 категорії небезпеки. За ступенем забруднення перше місце посідають оксиди азоту, на другому місці знаходиться двоокис сірки.

Розглядаючи альтернативний варіант (котельня шахти працює на газоподібному паливі + зварювальні пости, котельня мікрорайону не працює), також треба відмітити, що отримане значення КНП перевищує  $10^8$ , тобто, навіть після переходу котельної шахти на природний газ і закриття котельної мікрорайону, підприємство продовжує залишатися небезпечним, про що свідчить присвоєння йому 1 категорії небезпеки за значенням КНП. Однак треба зауважити, що у другому випадку значення КНП у 4 рази менше, ніж у порівняння з базовим варіантом.

Таким чином, від джерела забруднення до житлових районів, як в першому випадку, так і в другому, повинна бути встановлена санітарно-захисна зона

(СЗЗ) розміром 1000 м.

**Практичне завдання.** Виконайте розрахунок ГДВ для кожної технологічної ділянки згідно двох умов: з урахуванням викиду з котельні мікрорайону та без урахування з переходом на газоподібне паливо. Вихідні дані в табл. 1.6-1.8.

Таблиця 1.6 – Витрати палива і кількість котлів шахтної котельні

Варіант	Витрати палива $B$ , г/с	Кількість котлів $N$ , шт.	Варіант	Витрати палива $B$ , г/с	Кількість котлів $N$ , шт.	Варіант	Витрати палива $B$ , г/с	Кількість котлів $N$ , шт.
1	1000	10	11	5000	4	21	8200	6
2	1200	9	12	5200	5	22	8400	7
3	1400	8	13	5400	6	23	8600	8
4	1600	7	14	5600	7	24	8800	9
5	1800	6	15	5800	8	25	7900	10
6	2000	5	16	6000	9	26	8100	1
7	2200	4	17	6200	10	27	8300	2
8	2400	3	18	6400	1	28	8600	7
9	2600	2	19	6600	2	29	8700	4
10	2800	3	20	6800	3	30	8900	5

*Примітка:* 1. У котельній мікрорайону один котел з параметрами, аналогічними для котлів шахти; 2. Ступінь очистки  $\eta=80\%$ .

Таблиця 1.7 – Дані для розрахунку викиду забруднюючих речовин від зварювальних постів

№ варіанту	Кількість постів, $N_1$	Тип електроду, $N_3$	Зварювальний аерозоль, $q_1$ , г/шт.	Марганець та його оксиди, $q_2$ , г/шт.
1-5	14	АНО-1	7,1	0,43
6-10	12	АНО-3	17,0	1,85
11-15	10	АНО-4	6,0	0,69
16-20	8	АНО-5	14,4	1,87
21-25	6	АНО-6	16,3	1,95
26-30	4	АНО-7	12,4	1,45

Таблиця 1.8 – Вихідні дані для розрахунку ГДВ

Показники	Позначення	Одиниці виміру	Значення		
			Котельня шахти	Котельня мікрорайону	Зварювальний пост
Висота труби	$H$	м	48	30	5
Діаметр устя труби	$D$	м	1,5	1,0	0,4
Різниця між температурою газу і температурою атмосферного повітря	$\Delta T$	°C	220	300	0
Середня швидкість газоповітряної суміші	$W_0$	м/с	6,3	6,3	1,5
Коефіцієнт розсіювання	$A$	-	160	160	160

### ***Питання для самоконтролю***

1. Надати визначення поняттю «забруднення атмосферного повітря».
2. Що є основними джерелами забруднення атмосферного повітря?
3. Де вникають найбільш високі концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі?
4. Що є головною причиною несприятливої екологічної ситуації в Україні?
5. Надати класифікацію джерел забруднення атмосфери.
6. Надати визначення поняттю «забруднююча речовина» та привести їх класифікацію.
7. Надати характеристику оксиду вуглецю, що надходить в атмосферне повітря від техногенних джерел.
8. Надати характеристику діоксиду сірки, що надходить в атмосферне повітря від техногенних джерел.
9. Надати характеристику оксиду азоту, що надходить в атмосферне повітря від техногенних джерел.
10. Надати характеристику пилу, що надходить в атмосферне повітря від техногенних джерел.
11. Надати визначення поняттю «ГДК».
12. Надати характеристику ГДК<sub>м.р.</sub> і ГДК<sub>с.д.</sub>
13. Надати характеристику ГДК<sub>р.з.</sub>
14. Надати визначення та характеристику «ГДВ».
15. За якими параметрами можна охарактеризувати підприємство як джерело забруднення атмосферного повітря?
16. Які величини входять до розрахунку ГДВ забруднюючої речовини?
17. Як визначають категорію небезпеки підприємства?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА №2**

#### **РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ РІЗНИХ УМОВ ВИКИДУ**

**Мета роботи:** набуття студентами знань у сфері нормування антропогенного забруднення атмосферного повітря та здобуття навичок із розрахунку параметрів розсіювання забруднюючих речовин.

#### **2.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

##### **2.1.1. Загальні положення**

Згідно з нормативно-технічною документацією нормування якості навколишнього природного середовища здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу на навколишнє середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду, забезпечує раціональне використання і відтворення природних ресурсів за умов стійкого розвитку господарської діяльності. В Україні розроблені та діють нормативи ГДК, перевищення яких за певних умов негативно впливає на здоров'я людини.

Для кількісної оцінки вмісту домішок в атмосфері користуються поняттям

концентрації – кількість речовин, які містяться в одиниці об'єму повітря, що приведені до нормальних умов.

Якість атмосферного повітря – це сукупність його властивостей, що визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних чинників на людину, рослинний та тваринний світ, а також на матеріали, конструкції та навколишнє середовище в цілому. Якість атмосферного повітря може вважатися задовільною, якщо вміст домішок у ньому не перевищує гранично допустимих концентрацій (ГДК).

ГДК – це максимальна концентрація домішок в атмосфері, що віднесена до визначеного часу осереднення, яка при періодичному впливу або протягом усього життя людини не спричиняє на нього та на навколишнє середовище в цілому прямого чи опосередкованого впливу, включаючи віддалені наслідки.

Під прямим впливом розуміють нанесення організму людини тимчасової подразнюючої дії, що визиває відчуття запаху, кашлю, головний біль. При накопиченні в організмі забруднюючих речовин вище визначеної дози можуть виникати патологічні зміни окремих органів чи організму в цілому.

Під опосередкованим впливом розуміють такі зміни у навколишньому середовищі, які, не спричиняючи забруднюючої дії на живі організми, погіршують звичайні умови існування: пошкоджуються зелені насадження, збільшується кількість туманних днів тощо.

У випадку присутності в атмосферному повітрі декількох речовин, які мають здатність до сумарної дії, сума їхньої концентрації не повинна перевищувати одиниці при розрахунку за виразом:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1,$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;  $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$  – гранично допустимі концентрації тих самих речовин, мг/м<sup>3</sup>.

Для кожного об'єкту, що проектується або існує, та є стаціонарним джерелом забруднення повітряного басейну, встановлюються нормативи гранично допустимого викиду (ГДВ) забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Гранично допустимий викид (ГДВ) – це кількість (об'єм) забруднюючої речовини за одиницю часу, перевищення якої (якого) призводить до несприятливих наслідків в природному середовищі або є небезпечним для здоров'я людини (тобто веде до перевищення ГДК). Це викид забруднюючих речовин в атмосферу, який встановлюється окремо для кожного джерела забруднення атмосфери при умові, що приземна концентрація цих речовин не перевищує ГДК.

Викиди характеризуються кількістю забруднюючих речовин, їхнім хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.

Промислові джерела викиду поділяються на організовані та неорганізовані. Організовані джерела викиду – це викиди забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітропроводи

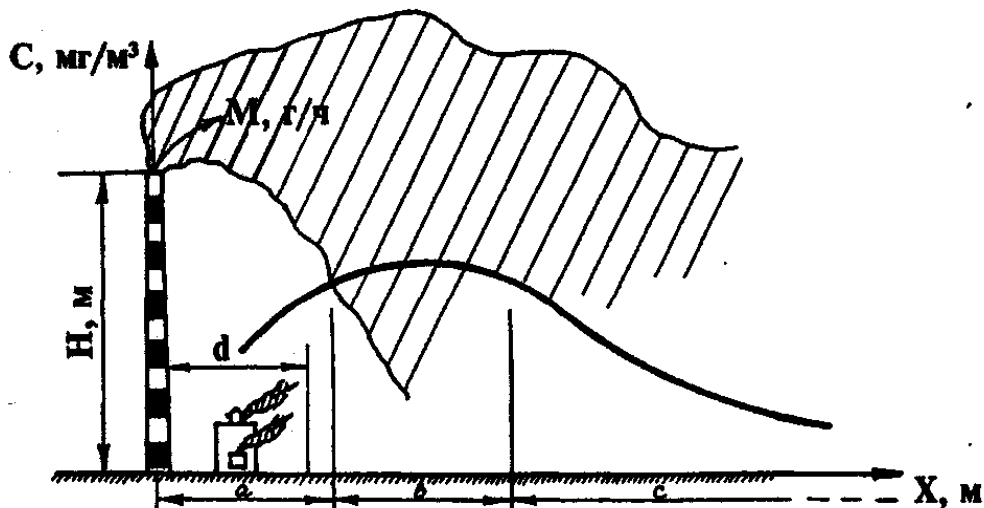
та труби.

Неорганізовані джерела – викиди надходять в атмосферу у вигляді ненаправлених потоків внаслідок порушення герметичності обладнання, невиконання вимог охорони атмосфери в місцях навантаження, розвантаження або збереження продуктів, порушення технології виробництва або несправності обладнання. До неорганізованих джерел відносять автостоянки, склади паливно-мастильних або сипучих матеріалів та інші площинні джерела.

Розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері, що викидаються з димових труб і вентиляційних споруд, підпорядковується законам турбулентної дифузії. На процес їх розсіювання суттєво впливають наступні чинники: стан атмосфери, фізичні та хімічні властивості речовин, що викидаються, висота й діаметр джерела викиду, місце розташування джерел, рельєф місцевості. Розподіл концентрації забруднюючих речовин в атмосфері під факелом точкового джерела представлено на рис. 2.1.

Зона задимлення є найбільш небезпечною й не повинна потрапляти на територію селітебної забудови. Розмір зони задимлення в залежності від метеоумов становить 10-50 висот димових труб.

В межах зони перекиду факела високі концентрації забруднюючих речовин мають місце за рахунок неорганізованих викидів.



**Рис. 2.1. Розподіл концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери під факелом точкового джерела:**

а – зона перекиду факела; в – зона задимлення; с – зона поступового зниження рівня забруднення; d – зона забруднення неорганізованими викидами

На характер поширення забруднюючих речовин в атмосфері та на величину зон забруднення впливають метеорологічні умови (горизонтальний та вертикальний рух мас повітря, їх швидкість, температура, вологість, дощ, сніг, наявність хмар).

Метеоумови суттєво впливають на перенос і розсіювання домішок в атмосфері. Найбільший вплив спричиняють режим вітру та температури (температурна стратифікація), опади, тумани, сонячна радіація.

Вітер може спричиняти різний вплив на процес розсіювання домішок в



залежності від типу джерела і характеристики викиду. Якщо гази, що відходять, є більш перегрітими відносно навколишнього повітря, то вони володіють початковою висотою підйому. У зв'язку з цим поблизу джерела утворюється поле вертикальних швидкостей, які сприяють підйому факела й виносу домішок вгору. Цей підйом обумовлює зменшення концентрацій домішок у землі. Ця концентрація зменшується й при дуже сильних вітрах, однак це відбувається за рахунок швидкого переносу домішок у горизонтальному напрямку. Внаслідок цього найбільші концентрації домішок у приземному шарі формуються при деякій швидкості, яку називають «небезпечною».

При низьких або холодних джерелах викиду підвищений рівень забруднення повітря спостерігається при слабких вітрах ( $u=0-1$  м/с) внаслідок скупчення домішок у приземному шарі. Прямий вплив на забруднення повітря спричинює напрямок вітру. Суттєве збільшення концентрації домішок спостерігається тоді, коли переважає вітер з боку промислових об'єктів.

Якщо температура навколишнього повітря знижується з висотою, нагріте повітря підіймається вгору (конвекція), а замість його опускається холодне. Такі умови називаються конвективними.

Якщо вертикальний градієнт температури буде негативним (температура збільшується з висотою), то потік, що підіймається вертикально, стає холодніше навколишніх мас і його рух затухає. Такі умови називаються інверсійними.

Якщо підвищення температури починається безпосередньо від поверхні землі, інверсію називають приземною, якщо ж із деякої висоти над поверхнею землі – припіднятою. Інверсія погіршує вертикальний повітрообмін і розсіювання домішок в атмосфері.

Для стану атмосфери у містах найбільшу небезпеку являє собою приземна інверсія у поєднанні зі слабкими вітрами, тобто ситуація «застою повітря».

Крім метеорологічних факторів, на розсіювання забруднень впливає рельєф місцевості, наявність лісів, водоймищ, гір тощо. На забрудненість міст та населених пунктів впливає їхнє планування та озеленення.

Розрахунок забруднення атмосфери викидами промислових підприємств виконується згідно з Методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що містяться у викидах підприємств (ОНД-86) або за Збірником методик розрахунку концентраційних викидів в атмосферу забруднюючих речовин різними виробництвами.

## **2.1.2. Порядок розрахунку параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері від промислових підприємств для різних умов викиду**

### **2.1.2.1. Порядок розрахунку параметрів розсіювання викиду від одинарного джерела**

#### ***Нагріті газоповітряні суміші***

Величина максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин від одинарного (точкового) джерела з круглим устям для викидання нагрітої газоповітряної суміші при несприятливих метеорологічних умовах на відстані

$X_M$  визначається за формулою:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.1)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що враховує умови вертикального й горизонтального розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері,  $\text{с}^{1/3} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{град}^{1/3} / \text{Г}$  (для України – 160);  $M$  – кількість забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря за одиницю часу, г/с;  $H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;  $F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (для газів  $F=1$ ; для пилу при ККД очисних споруд більше 90%  $F=2$ ; при ККД от 75% до 90%  $F=2,5$ ; при ККД менше 75%  $F=3$ );  $m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, які враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду;  $V_1$  – об’єм газоповітряної суміші,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші  $T_G$ , що викидається, та температурою навколишнього повітря  $T_H$ , °C.

Значення безрозмірного коефіцієнта  $m$  визначається в залежності від параметра  $f$  і розраховується за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} \quad (2.2)$$

Параметр  $f$  визначається за допомогою виразу:

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (2.3)$$

де  $W_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду, м/с;  $D$  – діаметр отвору джерела викиду, м.

Інші величини такі ж самі, що й у формулі (2.1).

Значення безрозмірного коефіцієнта  $n$  визначаються такими рівняннями в залежності від параметра  $V_M$ :

Якщо  $V_M \leq 0,3$ ,

$$n=3.$$

Якщо  $0,3 < V_M \leq 2$ ,

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)}.$$

Якщо  $V_M > 2$ ,

$$n=1.$$

При цьому коефіцієнт  $V_M$  визначається за виразом:

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (2.4)$$

Об’єм газопилової суміші розраховується за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.5)$$

Величина максимальної приземної концентрації забруднюючої речовини при несприятливих метеорологічних умовах спостерігається уздовж осі факелу викиду на відстані  $X_M$  від джерела.

Відстань  $X_M$  на якій при несприятливих метеоумовах досягається максимальна приземна концентрація  $C_M$ , визначається за формулою:

$$X_M = d \cdot H, \text{ м} \quad (2.6)$$

де  $d$  – безрозмірна величина.

При викиді нагрітої газоповітряної суміші безрозмірний коефіцієнт  $d$  визначається за такими виразами:

при  $V_M \leq 2$ ,

$$d = 4,95 \cdot V_M (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$$

при  $V_M > 2$ ,

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

Якщо коефіцієнт  $F \geq 2$ , то величина  $X_M$  визначається за формулою:

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H. \quad (2.7)$$

Значення величини небезпечної швидкості вітру  $U_M$ , м/с, на рівні флюгера (приблизно 10 м від рівня землі), при якій має місце найбільше значення приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі  $C_M$ , визначається за співвідношеннями:

при  $V_M \leq 0,5$ ,

$$U_M = 0,5;$$

при  $0,5 < V_M \leq 2$ ,

$$U_M = V_M;$$

при  $V_M > 2$ ,

$$U_M = V_M \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt[3]{f}).$$

Якщо швидкість вітру  $u$  відрізняється від небезпечної швидкості вітру  $U_M$ , то максимальна величина приземної концентрації забруднюючої речовини визначається за формулою:

$$C_{mn} = r \cdot C_M, \text{ мг/м}^3 \quad (2.8)$$

де  $r$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від співвідношення  $u/U_M$  за такими рівняннями:

при  $u/U_M \leq 1$ :

$$r = 0,67 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right) + 1,67 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - 1,34 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^3;$$

при  $u/U_M > 1$ :

$$r = \frac{3 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)}{2 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_M}\right) + 2}.$$

Відстань від джерела викиду на якій при швидкості вітру  $u$  приземна концентрація забруднюючої речовини досягне максимального значення  $C_{mn}$ , визначається за формулою:

$$X_{mn} = p \cdot X_M \quad (2.9)$$

де  $p$  – безрозмірний коефіцієнт, що також визначається в залежності від співвідношення  $u/U_M$  за такими рівняннями:

при  $u/U_M \leq 0,25$ :

$$p = 3;$$

при  $0,25 < u/U_M \leq 1$ :

$$p = 8,43 \cdot \left(1 - \frac{u}{U_M}\right)^5 + 1;$$

при  $u/U_M > 1$ ,

$$p = 0,32 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right) + 0,68.$$

При небезпечній швидкості вітру  $U_M$ , величини приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі уздовж осі факелу викиду на різних відстанях  $x$  від джерела знаходимо за формулою:

$$C_x = s_1 \cdot C_{mn}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.10)$$

де  $s_1$  – безрозмірний коефіцієнт, що описує зміну концентрації вздовж осі факела, та розраховується в залежності від співвідношення  $x/X_{mn}$  за такими виразами:

при  $x/X_{mn} \leq 1$ :

$$s_1 = 3 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^2 \quad (2.11);$$

при  $1 < x/X_{mn} \leq 8$ ,

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^2 + 1} \quad (2.12)$$

при  $x/X_{mn} > 8$  и  $F=1$  величина  $s_1$  визначається за формулою:

$$s_1 = \frac{\frac{x}{X_{mn}}}{3,58 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right) + 120} \quad (2.13);$$

при  $x/X_{mn} > 8$  и  $F \geq 2$  величина  $s_1$  визначається за формулою:

$$s_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{x}{X_{mn}}\right) - 17,8} \quad (2.14)$$

У формулах (2.11)-(2.14)  $x$  – поточна координата, м.

Для розрахунку розподілу приземної концентрації забруднюючої речовини в атмосфері уздовж осі факелу викиду необхідно підставляти у формули (2.11)-(2.14) різні значення  $x$ . При цьому необхідно попередньо знайти граничні значення  $x$ , при яких концентрація забруднюючої речовини  $C_x$  дорівнює ГДК, тобто визначити довжину зони викиду. Графік функції  $C_x=f(x)$  наведено на рис. 2.2.

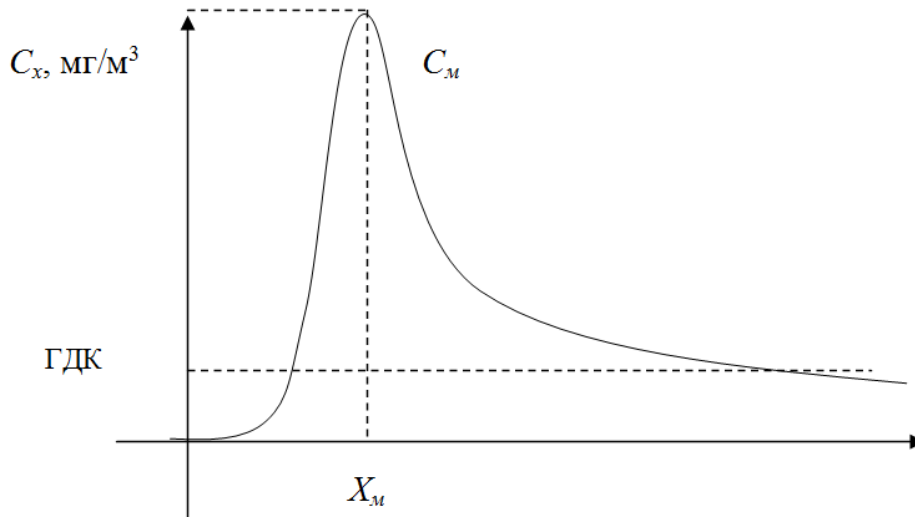


Рис. 2.2. Графік функції  $C_x=f(x)$

Величини приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері на відстані  $y$  за перпендикуляром до осі факелу викиду визначається:

$$C_y = s_2 \cdot C_m, \text{ мг/м}^3 \quad (2.15)$$

де  $s_2$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від швидкості вітру  $u$  та відношення  $y/x$  згідно з рівнянням:

$$s_2 = \frac{1}{\left[1 + 8,4 \cdot u \cdot \left(\frac{y}{x}\right)^2\right] \cdot \left[1 + 28,2 \cdot u^2 \cdot \left(\frac{y}{x}\right)^4\right]} \quad (2.16)$$

У формулі (2.16)  $u$  – фіксоване значення швидкості вітру, м/с;  $x$  – фіксоване значення відстані від джерела по осі факелу викиду, м;  $y$  – поточна координата, м. Значення  $u$ ,  $x$  вибирають довільно або вказуються викладачем.

Для розрахунку розподілу приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері за перпендикуляром на відстані  $x$  від джерела необхідно підставляти у формулу (2.16) різні значення  $y$  при фіксованих значеннях  $x$  та  $u$ .

При цьому необхідно попередньо визначити значення  $y$ , при якому концентрація  $C_y$  дорівнює ГДК, тобто ширину зони викиду. Графік функції  $C_y=f(y)$  наведено на рис. 2.3.

**Холодна газоповітряна суміш.** Холодним вважається викид, для якого величина  $\Delta T$  менша або дорівнює нулю.

Максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин при викиданні холодної газоповітряної суміші з круглого устя одиночного джерела при несприятливих метеорологічних умовах визначається за формулою:

$$C_m = A \cdot F \cdot M \cdot n \cdot \frac{K}{H^{1/3}}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.17)$$

Позначення такі ж самі, що й у формулі (2.1);

$K$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$K = \frac{D}{8V_1}. \quad (2.18)$$

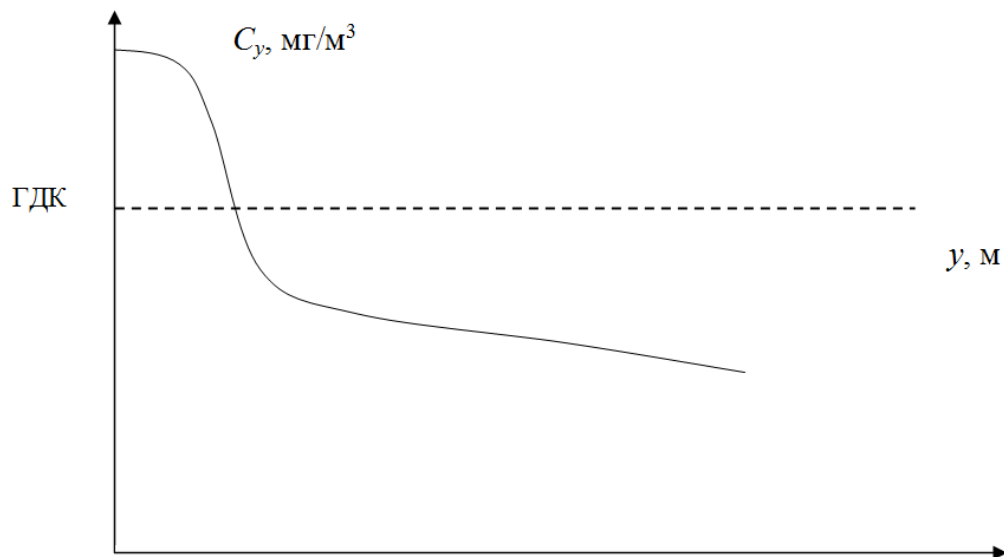


Рис. 2.3. Графік функції  $C_y=f(y)$

Методика розрахунку аналогічна. Виключення – визначення небезпечної швидкості вітру при  $V_M > 2$ .

Небезпечна швидкість вітру при холодному викиду визначається при  $V_M > 2$  м/с за формулою:

$$U_M = 2,2 \cdot V_M, \text{ м/с} \quad (2.19)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $d$  при холодному викиді визначається за такими виразами:

при  $V_M \leq 2$ :

$$d = 11,4 \cdot V_M$$

при  $V_M > 2$ :

$$d = 16,1 \cdot V_M$$

$V_M$  у свою чергу визначається за формулою:

$$V_M = 1,3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H}. \quad (2.20)$$

**Джерела викиду з прямокутним устям.**

Розрахунки характеристик приземного поля концентрацій від викиду нагрітої або холодної газоповітряної суміші об'ємом  $V_I$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) з одиночних джерел з прямокутним устям виконуються за аналогічною методикою наведеною вище для точкового джерела при цьому  $D=D_e$  та  $V_I=V_e$ .

Середня швидкість виходу в атмосферу газоповітряної суміші визначається за формулою:

$$W_0 = \frac{V_1}{L \cdot b}, \text{ м/с} \quad (2.21)$$

де  $L$  – довжина устя, м;  $b$  – ширина устя, м.

Ефективний діаметр устя джерела знаходимо за формулою:

$$D_e = \frac{2 \cdot L \cdot b}{L + b}, \text{ м.} \quad (2.22)$$

Ефективний об'єм газоповітряної суміші, що викидається в атмосферу, в

цьому випадку визначається за формулою:

$$V_e = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \cdot W, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.23)$$

### 2.1.2.2. Порядок розрахунку розсіювання викиду від декількох джерел

При виконанні цих розрахунків необхідно враховувати наступні варіанти:

1. Всі викиди містять один інгредієнт. Тоді максимальна приземна концентрація від усіх джерел повинна дорівнювати сумі максимальних приземних концентрацій від кожного джерела:

$$C_M = C_{M_1} + C_{M_2} + \dots + C_{M_n}.$$

2. Всі викиди містять різні інгредієнти, яким властивий ефект сумачії.

Тоді необхідно створити такі умови розсіювання, щоб виконувалася умова:

$$q = \sum_{i=1}^n \frac{C_{M_i}}{ГДК_i} \leq 1 \quad (2.24).$$

Розрахунок спрощується, якщо всі речовини, що містяться у викидах і характеризуються однонаправленістю дії, перерахувати на одну речовину:

$$M = M_1 + M_2 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + M_n \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_n}.$$

3. Всі викиди містять різні інгредієнти, що мають різний характер дії.

У цьому випадку розрахунок умов розсіювання проводиться для кожної речовини окремо.

Кожний із трьох варіантів варто розглядати залежно від розташування джерел викиду.

Якщо джерела розташовані близько один від одного, то їх можна звести до однієї крапки або до місця розташування переважного джерела. Для  $N$  близько розташованих точкових джерел з рівними висотами, діаметрами устя, швидкостями виходу та перегріванням газоповітряної суміші максимальні приземні концентрації  $C_M$ , розраховуються за тими ж рівняннями, що й для одиночних джерел. При цьому у згаданих виразах  $V_1 = V/N$ , де  $V$  – сумарний об'єм газоповітряної суміші, що видаляється з  $N$  джерел,  $\text{м}^3/\text{с}$ , а  $M$  – сумарний викид забруднюючих речовин від усіх джерел,  $\text{г}/\text{с}$ .

Величина  $C_M$  від  $N$  близько розташованих джерел визначається за формулами (2.25) – (2.26):

- для нагрітого викиду:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V \cdot \Delta T}} \quad (2.25)$$

- для холодного викиду:

$$C_M = A \cdot F \cdot M \cdot n \cdot \frac{K}{H^{1/5}}. \quad (2.26)$$

В інших випадках розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосферу для близько розташованих однакових джерел забруднення не відрізняється від розрахунку розсіювання нагрітого і холодного викиду з

одиначного джерела (див. п. 2.1.2.1). Виключення становить визначення  $V_M$  для гарячого викиду.

При визначенні  $V_M$  необхідно скористатися формулою (2.27):

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{N \cdot H}}. \quad (2.27)$$

### 2.1.2.3. Порядок розрахунку гранично допустимого викиду (ГДВ), мінімальної висоти труби $H_{min}$ та необхідного ступеня очистки $X_f$

Якщо в результаті виконаних розрахунків з'ясується, що концентрація забруднюючих речовин перевищує значення ГДК, необхідно розрахувати величину ГДВ забруднюючої речовини, при якій у приземному шарі забезпечується концентрація не більша, ніж ГДК.

ГДВ встановлюється для кожного стаціонарного джерела з розрахунком, що сукупний викид від усіх джерел забруднення атмосферного повітря міста з урахуванням перспективи розвитку не призведе до перевищення нормативу ГДК<sub>м.р.</sub> у приземному шарі. ГДВ встановлюється для умов повного навантаження технологічного і газоочисного обладнання та їх нормальної роботи. ГДВ не повинен перевищуватись в будь-який 20-хвилинний період часу. Для дрібних джерел доцільно встановлення ГДВ від їх сукупності з передчасним об'єднанням їх у площинне або умовно точкове джерело. ГДВ визначається для кожної речовини окремо, в тому числі й у випадку сумарної забруднюючої дії декількох речовин.

За результатами розрахунку нормативів ГДВ для кожного стаціонарного джерела викиду встановлюється сумарний граничний викид підприємства в цілому.

ГДВ встановлюється з урахуванням фонових концентрацій. Для реконструйованого підприємства розрахунок виконується за фактичним положенням і на перспективу.

Значення гранично допустимого викиду (ГДВ, г/с) для газоповітряної суміші з одиначного (точкового) джерела або групи таких близько розташованих одиначних джерел визначається за формулами (2.28), (2.30):

- для нагрітого викиду:

$$ГДВ = \frac{H^2 \cdot ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}. \quad (2.28)$$

У цьому випадку концентрація забруднюючої речовини в усті джерела викиду не повинна перевищувати величини:

$$C_{м.уст.} = \frac{ГДВ}{V_1}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.29)$$

- для холодного викиду:

$$ГДВ = \frac{8 \cdot V_1 \cdot ГДК \cdot H \cdot \sqrt[3]{H}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}. \quad (2.30)$$

У цьому випадку концентрація забруднюючої речовини в усті джерела викиду не повинна перевищувати величини:



$$C_{M.уст.} = \frac{8 \cdot ГДК \cdot H \cdot \sqrt[3]{H}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.31)$$

Визначення сумарного ГДВ та  $C_{M.уст.}$  для груп  $N$  одинарних джерел різної висоти, розташованих поряд, також визначається за рівняннями (2.28)-(2.31), якщо  $V_1 = V/N$  ( $V$  – сумарний об’єм газоповітряної суміші, що видаляється з  $N$  джерел, м<sup>3</sup>/с). Загалом розрахунок ГДВ для близько розташованих одне від одного джерел (однакових точкових) не відрізняється від розрахунку ГДВ для одинарних джерел.

Для забезпечення необхідного ГДВ ефект очистки повинен становити:

$$X_f = 100 - \frac{ГДВ}{M} \cdot 100, \% \quad (2.32)$$

Якщо досягти необхідного ефекту очистки з якихось причин неможливо, то необхідно збільшити висоту труби до величини  $H_{min}$ , при якій забезпечується значення максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин не більше ГДК.

При розробці заходів щодо скорочення викидів не рекомендується передбачати викиди забруднюючих речовин через велику кількість низьких труб, вентиляційних шахт, дефлекторів, аераційних ліхтарів тощо. Необхідно спрямувати ці викиди в якомога меншу кількість труб, висота котрих  $H$  не менше ніж в 2,5 рази повинна перевищувати висоту прилеглих до них будівель в радіусі 4-5  $H$ .

Величина  $H_{min}$  для нагрітого викиду розраховується за формулою:

$$H_{min} = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}}, \text{ м.} \quad (2.33)$$

Значення величини  $H_{min}$ , визначається приблизно, коли викид розглядається як холодний і розраховується за формулою:

$$H_{min} = \left( \frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot n}{8 \cdot V_1 \cdot ГДК} \right)^{\frac{3}{4}}, \text{ м} \quad (2.34)$$

Якщо розрахованим за цими рівняннями значенням  $H_{min}$  відповідає значення  $V_M > 2$  м/с, крім того,  $H_{min} < w_o \cdot \sqrt{10 \cdot D / \Delta T}$ , то отримане значення  $H_{min}$  є шуканою мінімальною висотою викиду, що не вимагає подальшого уточнення.

Якщо значення  $H_{min}$  значно (більше ніж на 10 м) відрізняються від заданої висоти труби, то необхідно перерахувати значення  $m$  та  $n$  й уточнити величину  $H_{min}$ . Якщо джерело викидає декілька різних забруднюючих речовин, то при встановленні ГДВ за мінімальну висоту викиду повинно прийматися найбільше із значень  $H_{min}$ , котрі визначені для кожної забруднюючої речовини зокрема та для кожної групи речовин з ефектом сумачії за шкідливим впливом.

## 2.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання, що розв’язуються в даних методичних вказівках, можна класифікувати в такий спосіб:

1. За типом устя (прямокутне або кругле).
2. За температурою викиду (холодний або нагрітий).
3. За кількістю джерел (одинарний або група джерел).
4. За складом викиду (одна речовина або декілька елементів).

Для кожного з перерахованих вище завдань необхідно розрахувати наступні величини:

- максимальну приземну концентрацію забруднюючих речовин при небезпечній і при будь-якій швидкості вітру;
- параметри зони викиду (довжина й ширина зони, розподіл концентрації в будь-якому місці зони);
- гранично допустимий викид (ГДВ), мінімальну висоту труби джерела й необхідний ступінь очистки.

**Вихідні дані.** На експертизу надійшов проект реконструкції підприємства з виготовлення пластмас. Процес виготовлення пластмас пов'язаний із виділенням в атмосферу фенолу й ацетону. Викид характеризується наступними параметрами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Параметри викиду забруднюючих речовин

№ з/п	Найменування показника	Позначення	Одиниці виміру	Значення
1.	Максимальний викид – для фенолу	$M_{фен}$	г/с	16
	– для ацетону	$M_{ац}$	г/с	16
2.	Діаметр устя труби	$D$	м	0,5
3.	Висота викиду	$H$	м	40
4.	Швидкість виходу газоповітряної суміші	$W_0$	м/с	7
5.	Різниця температур	$\Delta T$	°С	120
6.	Фактичний ефект очистки	$X_{фак}$	%	60
7.	Коефіцієнт осідання	$F$	-	1
8.	Коефіцієнт розсіювання	$A$	-	160
9.	Швидкість вітру	$u$	м/с	3
10.	Гранично допустима концентрація: – для фенолу	$ГДК_{фен}$	мг/м <sup>3</sup>	0,01
	– для ацетону	$ГДК_{ац}$	мг/м <sup>3</sup>	0,35

#### Розв'язок прикладу:

1. Перераховуємо величини викиду на одну речовину.

Згідно СН 245-71, фенолу й ацетону властивий ефект сумачії, і тому вони можуть бути перераховані на одну речовину. При перерахуванні на фенол отримаємо:

$$M' = M_{фен} + M_{ац} \frac{ГДК_{фен}}{ГДК_{ац}} = 16 + 16 \frac{0,01}{0,35} = 16,54 \text{ г/с.}$$

З урахуванням фактичного ступеня очистки:

$$M = M' - X_{\text{фак}} \cdot M' = 16,54 - 0,6 \cdot 16,54 = 9,94 \text{ г/с.}$$

2. Величина максимальної приземної концентрації ( $C_M$ , мг/м<sup>3</sup>) забруднюючих речовин від одинарного (точкового) джерела з круглим устям для викиду нагрітої газоповітряної суміші при несприятливих метеорологічних умовах на відстані  $X_M$  визначається за формулою (2.1).

Для визначення безрозмірного коефіцієнта  $m$  необхідно розрахувати параметр  $f$  за допомогою виразу (2.3):

$$f = \frac{1000 \cdot W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 49 \cdot 0,5}{1600 \cdot 120} = 0,13.$$

Коефіцієнт  $m$  визначається за формулою (2.2):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f} + 0,1 \cdot \sqrt{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,34 \sqrt[3]{0,13} + 0,1 \sqrt{0,13}} = 1,14.$$

Об'єм газопилової суміші  $V_1$ , м<sup>3</sup>/с, розраховується за формулою (2.5):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot W_0 = \frac{3,14 \cdot 0,25}{4} \cdot 7 = 1,37 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Для розрахунку безрозмірного коефіцієнта  $n$  необхідно спочатку визначити коефіцієнт  $V_M$  за виразом (2.4):

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,37 \cdot 120}{40}} = 1,04.$$

Оскільки  $0,3 < V_M \leq 2$ ,  $n$  визначається за формулою:

$$n = 3 - \sqrt{(V_M - 0,3) \cdot (4,36 - V_M)} = 3 - \sqrt{(1,04 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,04)} = 1,43.$$

Підставляючи інші параметри з табл. 2.1, максимальна приземна концентрація складає:

$$C_M = \frac{160 \cdot 9,94 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,43}{1600 \cdot \sqrt[3]{1,37 \cdot 120}} = 0,3 \text{ мг/м}^3.$$

Таким чином,  $C_M > ГДК$  для фенолу у 30 разів.

3. Визначення відстані  $X_M$ , на якій буде реєструватися максимальна приземна концентрація  $C_M$ .

Для визначення  $X_M$ , при викиданні нагрітої газоповітряної суміші, необхідно розрахувати безрозмірний коефіцієнт  $d$ :

Оскільки  $V_M \leq 2$ :

$$d = 4,95 \cdot V_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 4,95 \cdot 1,04 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,13}) = 5,878.$$

Відстань  $X_M$ , на котрій при несприятливих метеоумовах досягається максимальна приземна концентрація  $C_M$ , визначається за формулою (2.6):

$$X_M = d \cdot H = 5,878 \cdot 40 = 235 \text{ м.}$$

4. Визначення небезпечної швидкості вітру  $U_M$ , на рівні флюгера (приблизно 10 м від рівня землі), при якій спостерігається найбільше значення приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі  $C_M$ .

Оскільки  $0,5 < V_M \leq 2$ ,  $U_M = V_M = 1,04 \text{ м/с.}$

5. Оскільки швидкість вітру  $u$  відрізняється від небезпечної швидкості вітру  $U_M$ , то необхідно визначити максимальну величину приземної концентрації забруднюючої речовини  $C_{mn}$ .

Для визначення  $C_{mn}$  при викиданні нагрітої газоповітряної суміші, необхідно розрахувати безрозмірний коефіцієнт  $r$ , який визначається в залежності від співвідношення  $u/U_M$ .

Оскільки  $u/U_M = 3/1,04 = 2,885$ , тобто  $u/U_M > 1$

$$r = \frac{3 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)}{2 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right)^2 - \left(\frac{u}{U_M}\right) + 2} = \frac{3 \cdot 2,885}{16,65 - 2,885 + 2} = 0,55.$$

Тоді максимальна величина приземної концентрації забруднюючої речовини  $C_{mn}$ , мг/м<sup>3</sup>, визначається за формулою (2.8):

$$C_{mn} = r \cdot C_M = 0,55 \cdot 0,3 = 0,165 \text{ мг/м}^3.$$

6. Визначення відстані  $X_{mn}$ , на якій при швидкості вітру  $u$  приземна концентрація забруднюючої речовини досягне максимального значення  $C_{mn}$ .

Для визначення  $X_{mn}$ , при викиданні нагрітої газоповітряної суміші, необхідно розрахувати безрозмірний коефіцієнт  $p$ .

Оскільки  $u/U_M > 1$ :

$$p = 0,32 \cdot \left(\frac{u}{U_M}\right) + 0,68 = 0,32 \cdot 2,885 + 0,68 = 1,6.$$

Відстань від джерела викиду  $X_{mn}$ , на якій при швидкості вітру  $u$  приземна концентрація забруднюючої речовини досягне максимального значення  $C_{mn}$ , визначається за формулою (2.9):

$$X_{mn} = p \cdot X_M = 1,6 \cdot 235 = 376 \text{ м.}$$

7. Визначення приземної концентрації забруднюючих речовин  $C_x$ , мг/м<sup>3</sup>, вздовж осі факела викиду.

Для розрахунку розподілу приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері вздовж осі факелу викиду потрібно підставити до формул (2.11)-(2.14) різні значення  $x$ .

При цьому необхідно попередньо знайти граничні значення  $x$ , при яких концентрація забруднюючої речовини  $C_x$  дорівнює ГДК. Результати розрахунку наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розподілу приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері вздовж осі факелу викиду

$x$ , м	<b>40</b>	3000	3500	4000	<b>4500</b>
$C_x$ , мг/м <sup>3</sup>	<b>0,01</b>	0,02	0,015	0,012	<b>0,01</b>

Довжина зони по осі факелу викиду становить приблизно 4460 м.

8. Визначення приземної концентрації забруднюючих речовин  $C_y$ , мг/м<sup>3</sup>, за

перпендикуляром у на відстані  $x$  від осі факела викиду.

Для розрахунку розподілу приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері за перпендикуляром на відстані  $x$  від джерела необхідно підставляти до формули (2.16) різні значення  $y$  при фіксованих значеннях  $x$  та  $u$ . При цьому необхідно попередньо визначити значення  $y$ , при якому концентрація  $C_y$  дорівнює ГДК.

$u$  – фіксоване значення швидкості вітру, яка дорівнює 3 м/с;

$x$  – фіксоване значення відстані від джерела по осі факелу викиду, яка дорівнює  $x = X_{mm} = 376$  м;

$y$  – поточна координата, м

Результати розрахунку наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розподілу приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері за перпендикуляром на відстані  $x$

$y$ , м	0	100	110	120	123	124	125	<b>127</b>	150
$C_y$ , мг/м <sup>3</sup>	0,165	0,026	0,02	0,013	0,011	0,011	0,011	<b>0,01</b>	0,004

Довжина зони за перпендикуляром до осі факелу викиду становить приблизно 254 м.

9. Визначення гранично допустимого викиду (ГДВ), мінімальної висоти труби та необхідного ступеня очистки.

Якщо в результаті виконаних розрахунків з'ясується, що концентрація забруднюючих речовин перевищує значення ГДК, необхідно розрахувати величину ГДВ забруднюючої речовини, при якій у приземному шарі забезпечується концентрація не більша, ніж ГДК.

Значення гранично допустимого викиду (ГДВ, г/с) для нагрітої газоповітряної суміші з одиночного (точкового) джерела з круглим отвором визначається за формулою (2.28):

$$ГДВ = \frac{H^2 \cdot ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{1600 \cdot 0,01 \cdot \sqrt[3]{1,37 \cdot 120}}{160 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,43} = 0,34 \text{ г/с.}$$

У цьому випадку концентрація забруднюючої речовини в усті джерела викиду ( $C_{M,уст.}$ ) не повинна перевищувати величини:

$$C_{M,уст.} = \frac{ГДВ}{V_1} = \frac{0,34}{1,37} = 0,25 \text{ мг/м}^3.$$

Для забезпечення необхідного ГДВ (0,34 г/с) ефект очистки  $X_f$ , повинен становити:

$$X_f = 100 - \frac{ГДВ}{M} \cdot 100 = 100 - \frac{0,34}{9,94} \cdot 100 = 96,58 \%$$

Висота труби, при якій  $C_M \leq ГДК$ , дорівнює:

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{ГДК \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 9,94 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1,43}{0,01 \cdot \sqrt[3]{1,37 \cdot 120}}} = 217 \text{ м}$$

На практиці виконують комплекс робіт, досягаючи компромісу між

величиною викиду, ефективністю роботи очисних споруд і висотою викиду.

**Практичне завдання.** Виконати розрахунки відповідно з прикладом наведеним в п. 2.2. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Варіанти вихідних даних

№ вар	Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	$\Delta T$ , °C	H, м	D, м	M, г/с	W <sub>0</sub> , м/с	L, м	b, м	N	F	V <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	сажа	0,1	100	20	0,5	30	6	-	-	1	3	-
2	те ж саме	0,1	100	20	-	30	6	0,8	0,4	1	3	1
3	те ж саме	0,1	100	20	0,5	90	6	-	-	3	3	-
4	оксид вуглецю	1	120	30	0,6	60	7	-	-	1	1	-
5	те ж саме	1	120	30	-	60	7	0,6	0,3	1	1	2
6	те ж саме	1	120	30	0,6	180	7	-	-	3	1	-
7	оксид азоту	0,085	150	40	0,8	40	5	-	-	1	1	-
8	те ж саме	0,085	150	40	-	40	5	0,7	0,5	1	1	1,5
9	те ж саме	0,085	150	40	0,8	120	5	-	-	3	1	-
10	оксид сірки	0,05	200	35	0,7	50	8	-	-	1	1	-
11	те ж саме	0,05	200	35	-	50	8	0,9	0,2	1	1	3
12	те ж саме	0,05	200	35	0,7	150	8	-	-	3	1	-
13	аміак	0,2	175	45	0,9	45	6	-	-	1	1	-
14	те ж саме	0,2	175	45	-	45	6	0,6	0,5	1	1	2
15	аміак	0,2	175	45	0,9	100	6	-	-	3	1	-
16	хлористий водень	0,015	180	25	0,7	25	7	-	-	1	1	-
17	те ж саме	0,015	180	25	-	25	7	0,5	0,5	1	1	4
18	те ж саме	0,015	180	25	0,7	100	7	-	-	3	1	-
19	ацетон	0,35	100	45	0,9	20	8	-	-	1	1	-
	фенол	0,01				30						
20	ацетон	0,35	100	45	-	20	8	0,7	0,7	1	1	3
	фенол	0,01				30						
21	ацетон	0,35	100	45	0,9	50	8	-	-	3	1	-
	фенол	0,01				100						
22	хлор	0,1	130	35	0,8	40	9	-	-	1	1	-
23	те ж саме	0,1	130	35	-	40	9	0,6	0,7	1	1	2
24	те ж саме	0,1	130	35	0,8	100	9	-	-	3	1	-
25	азбест	2	5	5	0,2	80	3	-	-	1	3	-
26	те ж саме	2	5	5	-	80	3	0,3	0,2	1	3	4
27	те ж саме	2	5	5	0,2	200	3	-	-	3	3	-
28	зварювальний пил	4	5	5	0,3	100	2	-	-	1	3	-
29	те ж	4	5	5	-	100	2	0,4	0,2	1	3	1
30	те ж	4	5	5	0,3	400	2	-	-	3	3	-

*Примітка:* швидкість вітру  $u=3$  м/с; ефект очистки 60%;  $M$  – фактичний викид без врахування ефекту очистки; коефіцієнт розсіювання  $A=160$  (для України).

### Питання для самоконтролю

1. Надайте визначення поняттю «якість атмосферного повітря».
2. Надайте визначення поняттю «ГДК».

3. Надайте визначення поняттю «ГДВ».
4. Надайте визначення поняттю «небезпечна швидкість вітру».
5. Які фактори впливають на характер поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі?
6. Назвіть основні параметри, що характеризують викиди забруднюючих речовин в атмосферу.
7. Що є головною метою нормування якості навколишнього природного середовища?
8. Якої умови необхідно дотримуватись у випадку присутності в атмосферному повітрі декількох речовин?
9. Що розуміють під прямим і опосередкованим впливом на навколишнє природне середовище?
10. Як відбувається розподіл концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери під факелом точкового джерела?
11. Які чинники суттєво впливають на процес розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері?
12. Роль температури, вітру, туманів, опадів, сонячної радіації в процесі розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
13. Надати класифікацію промислових викидів в атмосферне повітря.
14. Які розрахунки можливо проводити за допомогою «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що містяться у викидах підприємств»?
15. Які величини входять до розрахунку максимальної приземної концентрації при небезпечній швидкості вітру?
16. Які методики використовують для розрахунку розподілу приземної концентрації вздовж осі факела викиду та за перпендикуляром від осі факела викиду?
17. Які величини входять до розрахунку гранично допустимого викиду забруднюючої речовини?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА №3**

#### **РОЗРАХУНОК УМОВ СКИДУ СТИЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ У ПОВЕРХНЕВІ ВОДОЙМИ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ВЕЛИЧИН ГРАНИЧНО ДОПУСТИМОГО СКИДУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН**

**Мета роботи:** набуття знань у сфері нормування антропогенного забруднення поверхневих водойм та здобуття навичок із розрахунку умов скиду стічних вод промисловими підприємствами у водні об'єкти та встановлення величин гранично допустимого скиду забруднюючих речовин.

#### **3.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

##### **3.1.1. Загальні положення**

Водні об'єкти господарсько-питного і культурно-побутового призначення вважаються забрудненими, якщо показники складу і властивостей води в

пунктах водокористування змінилися під прямим або непрямим впливом господарської діяльності, побутового використання і стали частково або цілком непридатними для водокористування населення.

Склад і властивості води водних об'єктів повинні відповідати вимогам у створі, розташованому на водотоках в одному кілометрі вище найближчих за течією пунктів водокористування (водозабір для господарсько-питного водопостачання, місця купання, організованого відпочинку, території населеного пункту і т. ін.). На непротічних водоймах і водоймищах – в одному кілометрі в обидва боки від пункту водокористування.

Склад і властивості води водойми або водотоку в пунктах питного і культурно-побутового водокористування по жодному з показників не повинні перевищувати нормативи.

При надходженні у водні об'єкти декількох речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, що відносяться до 1 і 2 класів небезпеки, і з урахуванням домішок, що надійшли у водний об'єкт від вище розташованих джерел, сума відношень концентрацій ( $C_1, C_2 \dots C_n$ ) кожної з речовин у водному об'єкті до відповідної ГДК не повинна перевищувати одиниці:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1.$$

Гранично допустима концентрація домішок в воді (ГДК) – максимальна концентрація домішки у воді, яка при періодичному впливі або впродовж всього життя людини не чинить на неї негативного впливу, в тому числі і при віддалених наслідках, а також на навколишнє середовище в цілому.

Забороняється випускати в поверхневі водойма стічні води, що містять:

- виробничу сировину, реагенти, полуфабрикати та кінцеві продукти виробництва в кількостях, що перевищують встановлені нормативи технологічних витрат;

- речовини, для яких не встановлені гранично допустимі концентрації;
- радіоактивні речовини;
- технологічні відходи.

Якщо за якими-небудь причинами неможливо уникнути випуску стічних вод у поверхневі водойми, необхідно розрахунковим шляхом у кожному конкретному випадку визначити умови випуску, які гарантують охорону водного об'єкта від забруднення.

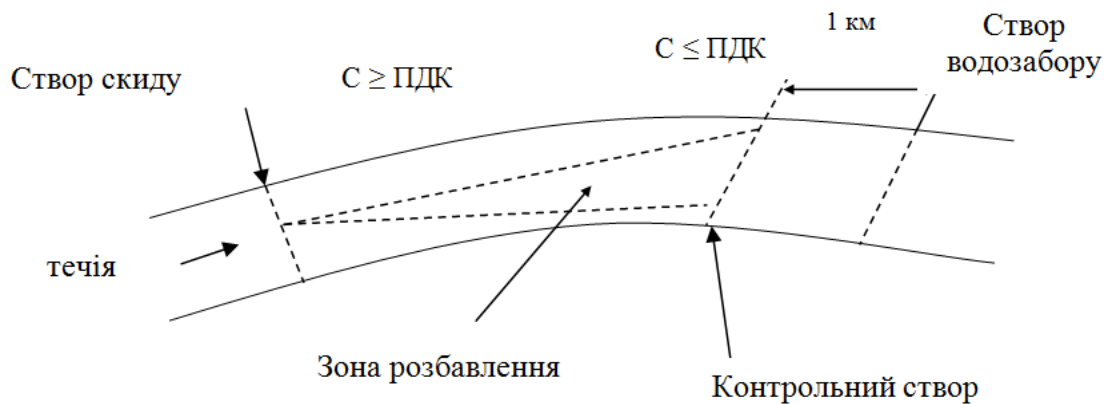
Критеріями забрудненості водойма є:

- погіршення якості води у зв'язку зі зміною її органолептичних властивостей;
- поява у ній забруднюючих речовин, що перевищують ГДК для людини, тварин, птахів, риб, харчових та промислових організмів;
- зміна умов для життєдіяльності водних організмів і підвищення температури води.

Це призводить до обмеження або повного виключення однієї чи декількох категорій водокористування (господарсько-питні, спортивно-оздоровчі та рибогосподарські потреби).



Забруднення водойма стічними водами – це така зміна якості води вище пункту водокористування на 1 км, яка не відповідає вимогам, що пред'являються до якості води поверхневих водойм «Санітарними нормами і правилами охорони поверхневих вод від забруднення» (рис. 3.1).



**Рис. 3.1. Склад і властивості води проточних водних об'єктів**

Нормування забруднюючих речовин у поверхневих водоймах, згідно «Санітарних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення», здійснюється за трьома головними показниками шкідливості: органолептичному, загально-санітарному та санітарно-токсикологічному.

З урахуванням наведених положень методика розрахунку умов випуску стічних вод у водойма включає:

- ознайомлення з матеріалами, які характеризують стоки, що скидаються (кількість, склад, властивості та режим випуску);
- ознайомлення з матеріалами, які характеризують водойму (витрати води, її склад і властивості за сезонами року, швидкість течії, умови перемішування, тривалість підлідного періоду, характер використання водойма нижче місця випуску стічних вод);
- перевірку ступеня змішування та розбавлення стічних вод водойми у пункті водокористування;
- в умовах поточного санітарного нагляду, перевірку відповідності розрахованих величин фактичним, і вивчення впливу випуску стічних вод на якість води у водоймі, водокористування, а в окремих випадках і на здоров'я населення.

Місце випуску стічних вод повинно бути розташовано нижче за течією річки від межі населеного пункту і всіх місць водокористування населення з урахуванням можливості зворотної течії при нагінних вітрах. Місце випуску стічних вод у непроточні і малопроточні водойми (озера, водоймища й ін.) повинно визначатися з урахуванням санітарних, метеорологічних і гідрологічних умов (включаючи можливість зворотних течій при різкій зміні режиму гідроелектростанцій, що працюють у перемінному режимі) з метою виключення негативного впливу випуску стічних вод на умови водокористування населення.

Скидання стічних вод у водні об'єкти в межах населеного пункту через

існуючі випуски допускається лише у виняткових випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні і за узгодженням з органами державного санітарного нагляду. У цьому випадку нормативні вимоги, встановлені до складу і властивостей води водних об'єктів, повинні бути віднесені до самих стічних вод.

Умови відведення стічних вод у водні об'єкти визначаються з урахуванням:

- ступеня можливого змішання і розведення стоків водою водного об'єкта на ділянці від місця випуску стічних вод до розрахункових (контрольних) створів найближчих пунктів господарсько-питного, культурно-побутового водокористування населення;

- фонові якості води водного об'єкта вище місця розглянутого випуску стічних вод за аналізами не більш дворічної давнини; при наявності інших (існуючих і (або) проєктованих) випусків стічних вод між розглянутим і найближчим пунктом водокористування в якості фонового застосовується рівень забруднення води водного об'єкта з урахуванням внеску зазначених випусків стічних вод;

- нормативів якості води водних об'єктів, санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення стосовно до виду водокористування.

При визначенні кратності розведення стічних вод у водному об'єкті у розрахункового (контрольного) створу водокористування слід керуватися наступним:

1. Розрахунки проводити по середньо-годинним витратам води водного об'єкта і середньо-годинним витратам фактичного періоду спуску стічних вод.

2. Розрахунковими гідрологічними умовами вважати:

- для незарегульованих водотоків – мінімальні середньодобові витрати води року 95%-ої забезпеченості за даними органів гідрометеослужби;

- для водотоків із зарегульованим стоком – встановлені гарантовані витрати нижче греблі (санітарний допуск), при обов'язковому виключенні можливості зворотних течій у нижньому б'єфі;

- для озер, водоймищ та інших малопроточних водойм – найменш сприятливий режим, що визначається шляхом зіставлення розрахунків для вітрового впливу, умов спрацювання і заповнення водоймищ при відкритому і підлідному режимі.

В особливо маловодні роки (при водності найменших середньомісячних витрат води менш 95% забезпеченості) умови скиду очищених стічних вод встановлюються за узгодженням з органами й установами санітарно-епідеміологічної служби.

На підставі розрахунків для кожного випуску стічних вод і кожної забруднюючої речовини встановлюються норми гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти, дотримання яких повинно забезпечити нормативну якість води в розрахунковому (контрольному) створі водного об'єкта відповідно до вимог дійсних «Санітарних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення».

Гранично допустимий скид (ГДС) – науково-технічний норматив, який

встановлюється за умови, щоб вміст забруднюючих речовин у водному середовищі від джерела або їх сукупності не перевищував норматив якості природних вод для населення, тваринного і рослинного світу.

ГДС встановлюється для кожного контрольованого показника з урахуванням фонові концентрації, категорії водокористування, норм якості води у водному об'єкті, його асимілюючої здатності й оптимального розподілу між водокористувачами маси речовин, що скидаються зі стічними водами. Розрахунок ГДС доцільно робити одночасно для всіх водокористувачів річкового басейну або водогосподарчої ділянки з розглядом взаємного впливу випусків стічних вод. При встановленні ГДС розрахункові витрати стічних вод, що скидаються, приймаються як максимальні середньогодинні за фактичний період збору стічних вод.

Узгодження умов відведення стічних вод у водні об'єкти повинно здійснюватися:

1. При виборі майданчика для будівництва підприємств, будинків, споруджень і інших об'єктів, що впливають на стан вод, при розгляді питання про реконструкцію (розширення), технічне переозброєння підприємства або зміну технології виробництва;

2. При розгляді проектів каналізації, очистки, знешкодження і знезаражування стічних вод нових і реконструйованих (розширюваних) об'єктів.

3. При розгляді матеріалів спеціального водокористування і проектів ГДС діючих об'єктів.

### **3.1.2. Порядок розрахунку умов скиду стічних вод промисловими підприємствами у поверхневі водойми та встановлення величин гранично допустимого скиду забруднюючих речовин**

1. Величину індексу забруднення води (ІЗВ) розраховуємо за формулою:

$$ІЗВ = \frac{\sum_{i=1}^n C_i / ГДК_i}{N}, \quad (3.1)$$

де  $C_i$  – фактична концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневому водоймі (річці), мг/л;  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневому водоймі, встановлена для відповідного водного об'єкта, мг/л (табл. 3.1);  $N$  – кількість показників (забруднюючих речовин), що використовуються для розрахунку ІЗВ.

Встановлюємо клас якості води в залежності від розрахованої величини ІЗВ (табл. 3.2).

2. Коефіцієнт кратності розбавлення  $n$  у розрахунковому створі визначається за формулою:

$$n = \frac{\mu \cdot Q + q}{q}, \quad (3.2)$$

де  $Q$  – найменші середньо-годинні витрати води водойми самого маловодного місяця року з 95% забезпеченістю стоку, який визначається за

даними гідрометеослужби або приблизно.

Таблиця 3.1 – Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин у водних об'єктах

Показник	Гранично допустима концентрація (ГДК), мг/л
Біологічне споживання кисню (БСК)	6,0
Азот амонійний	2,0
Нітрити	3,3
Залізо загальне	0,3
Нафтопродукти	0,3
Цинк	0,1
Завислі речовини	10,0

Таблиця 3.2 – Класи якості поверхневих вод в залежності від значення індексу забруднення води (ІЗВ)

Значення ІЗВ	Клас якості води	Характеристика якості води
< 0,2	I	дуже чиста
0,2 – 1,0	II	чиста
1,1 – 2,0	III	помірно забруднена
2,1 – 4,0	IV	забруднена
4,1 – 6,0	V	брудна
6,1 – 10,0	VI	дуже брудна
> 10,0	VII	надзвичайно брудна

Витрати води водойма у створі в місці випуску стічних вод розраховують за формулою:

$$Q = \frac{S \cdot V_{CP} \cdot H_{CP}}{2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.3)$$

де  $S$  – ширина річки, м;  $V_{CP}$  – середня швидкість течії води у водоймі на ділянці між випуском стічних вод і створом пункту водокористування, м/с;  $H_{CP}$  – середня глибина водойма на тій же ділянці, м;  $q$  – середньо-годинні витрати стічних вод, що скидаються у водойми, які визначаються за технологічними розрахунками та спеціальними замірами, м<sup>3</sup>/с;  $\mu$  – коефіцієнт змішування, що показує яка частина води водойми  $Q$  приймає участь у розбавленні кількості стічних вод  $q$ , що випускається.

Якщо вся вода річки приймає участь у розбавленні стічних вод, то  $\mu=1$ , в усіх інших випадках  $\mu<1$ .

Коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойм розраховується за формулою:

$$\mu = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta}, \quad (3.4)$$

де  $\beta$  – проміжний коефіцієнт, який розраховується за формулою:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (3.5)$$

де  $L$  – відстань по фарватеру від місця випуску стічних вод до створу найближчого пункту водокористування;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує вплив гідравлічних чинників змішування стічних вод, який розраховується за формулою:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (3.6)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, що характеризує місце розташування випуску стічних вод у водойми. Якщо випуск стічних вод здійснюється на березі, то  $\xi=1$ , якщо у стрижень річки, то  $\xi=1,5$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт звивистості русла річки, який розраховується за формулою:

$$\varphi = \frac{L}{L_{np}}, \quad (3.7)$$

де  $L_{np}$  – відстань від місця випуску до найближчого пункту водокористування;

$E$  – коефіцієнт турбулентної дифузії, який для рівнинних річок розраховується за формулою:

$$E = \frac{H_{cp} \cdot V_{cp}}{200}. \quad (3.8)$$

3. Величина гранично допустимого скиду  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі розраховується за формулою:

$$ГДС_i = q \cdot C_{ГРАН_i}, \text{ г/с} \quad (3.9)$$

де  $C_{ГРАН_i}$  – гранична концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини в стічних водах, при якій не будуть порушуватися вимоги, що пред'являються «Санітарними нормами і правилами охорони поверхневих вод від забруднення», до якості річкової води у пунктах водокористування, мг/л.

Гранична концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини в стічних водах розраховується за формулою:

$$C_{ГРАН_i} = \frac{Q \cdot \mu}{q} \cdot (ГДК_i - C_{\phi_i}) + ГДК_i, \text{ мг/л} \quad (3.10)$$

де  $C_{\phi_i}$  – фонові концентрації  $i$ -ої забруднюючої речовини у воді річки в створі вище місця випуску стічних вод, мг/л;  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі, мг/л.

Величина фактичного скиду  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі розраховується за формулою:

$$M_{ФАКТ_i} = q \cdot C_i, \text{ г/с} \quad (3.11)$$

де  $C_i$  – фактична концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у стічних водах.

Для того, щоб концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі не перевищувала величину гранично допустимого скиду (ГДС), необхідно щоб виконувалася наступна умова:

$$M_{ФАКТ_i} \leq ГДС_i. \quad (3.12)$$

Виконання цієї умови гарантує те, що якість води у поверхневій водоймі на 1 км вище пункту водокористування буде відповідати вимогам «Санітарних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення».

Якщо ця умова не виконується, то треба розрахувати необхідну ступінь очистки стічних вод від  $i$ -ої забруднюючої речовини за формулою:

$$\eta_i = \frac{M_{\text{ФАКТ}_i} - ГДС_i}{M_{\text{ФАКТ}_i}} \cdot 100, \% \quad (3.13)$$

### 3.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

#### Приклад вирішення типового завдання.

1. Визначити величину індексу забруднення води (ІЗВ) та встановити клас якості води у річці, використовуючи дані про вміст речовин, які є основними показниками якості води.

2. Розрахувати коефіцієнт кратності розбавлення стічних вод ( $n$ ), які надходять до поверхневої водойми за час руху від місця скиду до створу, розташованого на 1 км вище пункту водокористування.

3. Розрахувати величини гранично допустимого ( $ГДС$ ) і фактичного скиду ( $M_{\text{ФАКТ}}$ )  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі.

4. Розрахувати необхідну ступінь очистки стічних вод ( $\eta$ ) від  $i$ -ої забруднюючої речовини, якщо величина фактичного скиду  $i$ -ої забруднюючої речовини ( $M_{\text{ФАКТ}}$ ) у поверхневій водоймі перевищує значення гранично допустимого скиду ( $ГДС$ ).

Вихідні дані наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані прикладу

Показники	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
Витрати стічних вод	$q$	м <sup>3</sup> /с	300
Фактична концентрація:	$C_i$	мг/л	15,7
- БСК			7,1
- азот амонійний			5,1
- нітрити			3,4
- залізо загальне			2,0
- нафтопродукти			0,97
- цинк			132,0
- завислі речовини			
Фонова концентрація:	$C_{\phi}$	мг/л	3,75
- БСК			1,05
- азот амонійний			1,2
- нітрити			0,15
- залізо загальне			0,1
- нафтопродукти			0,05
- цинк			6,3
- завислі речовини			
Ширина річки	$S$	м	400

Показники	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення
Середня швидкість течії на ділянці між випуском стічних вод і створом пункту водокористування	$V_{CP}$	м/с	3
Середня глибина водойми на цій же ділянці	$H_{CP}$	м	5
Відстань від місця випуску стічних вод до створу найближчого пункту водокористування	$L$	м	600
Коефіцієнт звивистості русла річки	$\varphi$	-	1
Коефіцієнт, що характеризує місце розташування випуску стічних вод у водойми	$\xi$	-	1

1. Визначаємо індекс забруднення води (ІЗВ) за формулою (3.1):

$$I_{ЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{15,7}{6,0} + \frac{7,1}{2,0} + \frac{5,1}{3,3} + \frac{3,4}{0,3} + \frac{2,0}{0,3} + \frac{0,97}{0,1} + \frac{132,0}{10,0}}{7} = \frac{48,62}{7} = 6,95$$

Встановлюємо клас якості води в залежності від розрахованої величини ІЗВ (табл. 3.2). Оскільки розрахований індекс забруднення води (ІЗВ) в нашому випадку дорівнює 6,95, то вода в даному поверхневому водоймі відноситься до VI класу якості та її можна охарактеризувати як «дуже брудну».

2. Знаходимо коефіцієнт кратності розбавлення стічних вод у розрахунковому створі ( $n$ ). Для цього треба визначити необхідні для розрахунку показники:

- знаходимо витрати води водойми у створі в місці випуску стічних вод:

$$Q = \frac{S \cdot V_{CP} \cdot H_{CP}}{2} = \frac{400 \cdot 3 \cdot 5}{2} = 3000 \text{ м}^3/\text{сек};$$

- розраховуємо коефіцієнт турбулентної дифузії за формулою (3.8):

$$E = \frac{H_{CP} \cdot V_{CP}}{200} = \frac{3 \cdot 5}{200} = 0,075;$$

- визначаємо коефіцієнт  $\alpha$ , що враховує вплив гідравлічних чинників змішування стічних вод за формулою (3.6):

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,075}{300}} = 0,063;$$

- знаходимо проміжний коефіцієнт  $\beta$  за формулою (3.5):

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-0,063 \sqrt[3]{600}} = 0,59;$$

- розраховуємо коефіцієнт змішування стічних вод з водою водойм  $\mu$  за формулою (3.4):

$$\mu = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta} = \frac{1 - 0,59}{1 + \frac{3000}{300} \cdot 0,59} = 0,059.$$

Визначаємо коефіцієнт кратності розбавлення  $n$  у розрахунковому створі:

$$n = \frac{\mu \cdot Q + q}{q} = \frac{0,059 \cdot 3000 + 300}{300} = 1,59.$$

3. Розраховуємо величину граничної концентрації  $i$ -ої забруднюючої речовини в стічних водах  $C_{ГРАН_i}$ , мг/л, за формулою:

$$C_{ГРАН_i} = \frac{Q \cdot \mu}{q} \cdot (ГДК_i - C_{\phi_i}) + ГДК_i.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.4.

Розраховуємо величину гранично допустимого скиду ( $ГДС_i$ , г/с)  $i$ -ої забруднюючої речовини у поверхневій водоймі за формулою (3.9):

$$ГДС_i = q \cdot C_{ГРАН_i}.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.3.

Розраховуємо величину фактичного скиду ( $M_{ФАКТ_i}$ , г/с)  $i$ -ої забруднюючої речовини у водний об'єкт промисловим підприємством за формулою (3.11):

$$M_{ФАКТ_i} = q \cdot C_i.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.3.

Оскільки умова спуску стічних вод промисловим підприємством  $M_{ФАКТ_i} \leq ГДС_i$  не виконується, тобто всі значення фактичних концентрацій ( $M_{ФАКТ_i}$ ) перевищують величину гранично допустимого скиду ( $ГДС_i$ ), то треба розрахувати необхідну ступінь очистки стічних вод від  $i$ -ої забруднюючої речовини,  $\eta_i$ , %, за формулою (3.13):

$$\eta_i = \frac{M_{ФАКТ_i} - ГДС_i}{M_{ФАКТ_i}} \cdot 100.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків

Показники	$C_{ГРАН}$ , мг/л	$ГДС$ , г/с	$M_{ФАКТ}$ , г/с	$\eta$ , %
Біологічне споживання кисню (БСК)	7,3275	2198,25	4710,0	53,33
Азот амонійний	2,5605	768,15	2130,0	63,94
Нітрити	4,539	1361,7	1530,0	11,0
Залізо загальне	0,3885	116,55	1020,0	88,57
Нафтопродукти	0,418	125,4	600,0	79,1
Цинк	0,1295	38,85	291,0	86,65
Завислі речовини	12,183	3654,9	39600,0	90,77

**Висновок:** Проаналізувавши отриманні величини гранично допустимого ( $ГДС$ ) і фактичного скиду за кожною забруднюючою речовиною, що потрапляють у водний об'єкт внаслідок виробничої діяльності підприємства, можна зробити висновок, що умова спуску стічних вод промисловим підприємством  $M_{ФАКТ_i} \leq ГДС_i$  не виконується. Отже якість води у водоймі на відстані 1000 м вище пункту водокористування не відповідає вимогам «Санітарних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення». Для



того, щоб ця умова виконувалася, на підприємстві треба встановлювати очисні спорудження, ефективність очистки яких за кожною забруднюючою речовиною була розрахована й наведена в табл. 3.4.

**Практичне завдання.** Виконати розрахунки відповідно з прикладом наведеним в п. 3.2. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Варіанти вихідних даних

Показники	Варіанти								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, \text{ м}^3/\text{сек}$	250	340	260	330	270	320	265	310	275
Фактична концентрація, $C_i$ , мг/л									
БСК	12,0	13,2	14,7	12,5	15,1	14,3	13,0	12,9	14,6
азот амонійний	6,47	6,27	6,63	6,44	6,0	6,66	6,51	6,25	6,82
нітрити	4,13	4,25	4,4	4,0	4,29	4,14	4,26	4,35	4,11
залізо загальне	3,06	3,21	3,12	3,28	3,09	3,3	3,18	3,2	3,11
нафтопродукти	1,1	2,09	1,3	1,74	2,01	1,0	1,54	1,97	1,65
цинк	0,84	0,74	0,9	0,88	0,75	0,93	0,78	0,87	0,91
завислі речовини	120	115	101	121	117	105	122	130	109
Фонова концентрація, $C_\phi$ , мг/л									
БСК	3,91	3,84	3,61	3,79	3,92	3,85	3,62	3,78	3,93
азот амонійний	1,5	1,29	1,09	1,55	1,06	1,27	1,57	1,08	1,21
нітрити	1,4	1,59	1,32	1,45	1,34	1,58	1,34	1,3	1,47
залізо загальне	0,16	0,1	0,2	0,17	0,04	0,21	0,18	0,16	0,22
нафтопродукти	0,21	0,2	0,17	0,22	0,13	0,09	0,23	0,08	0,07
цинк	0,01	0,07	0,02	0,06	0,03	0,01	0,04	0,02	0,05
завислі речовини	5,0	7,1	6,9	5,1	4,5	6,8	5,2	7,2	6,7
$S, \text{ м}$	450	370	455	300	495	440	360	475	460
$V_{CP}, \text{ м}^3/\text{с}$	2,5	3,6	2,8	2	4,4	3,7	2,9	2,1	4,5
$H_{CP}, \text{ м}$	5,5	6,3	7,1	5,6	7,7	6,4	7,2	5,7	7,8
$L, \text{ м}$	700	840	810	620	750	850	650	630	800
Коефіцієнт $\varphi$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коефіцієнт $\xi$	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5

Продовж. табл. 3.5

Показники	Варіанти								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$q, \text{ м}^3/\text{сек}$	350	279	347	305	285	295	287	306	324
Фактична концентрація, $C_i$ , мг/л									
БСК	13,5	12,8	15,2	14,0	12,7	15,3	14,5	13,9	12,2
азот амонійний	6,39	6,23	6,68	6,56	6,34	6,71	6,97	6,81	6,75
нітрити	4,3	4,27	4,15	4,31	4,12	4,28	4,23	4,7	4,16
залізо загальне	3,22	3,08	3,29	3,13	3,19	3,07	3,01	3,16	3,05
нафтопродукти	1,4	2,11	1,9	1,47	1,86	1,2	1,5	1,63	1,72
цинк	0,76	0,85	0,66	0,77	0,92	0,86	0,7	0,94	0,67
завислі речовини	123	116	106	124	105,5	118	125	100	108
Фонова концентрація, $C_\phi$ , мг/л									
БСК	3,86	3,63	3,77	3,94	3,87	3,64	3,76	3,95	3,88

Показники	Варіанти								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
азот амонійний	1,59	1,07	1,25	1,53	1,04	0,98	1,51	1,23	1,49
нітрити	1,5	1,33	1,25	1,48	1,51	1,35	1,49	1,36	1,52
залізо загальне	0,19	0,05	0,16	0,2	0,06	0,15	0,15	0,24	0,1
нафтопродукти	0,15	0,14	0,05	0,04	0,18	0,1	0,2	0,19	0,09
цинк	0,03	0,06	0,04	0,07	0,05	0,02	0,06	0,03	0,07
завислі речовини	5,3	4,6	6,6	5,4	7,3	6,5	5,5	4,7	6,4
$S$ , м	385	430	350	470	485	420	340	495	410
$V_{CP}$ , м/с	3,8	3,0	2,2	4,6	3,9	3,1	2,3	4,7	3,2
$H_{CP}$ , м	6,5	7,0	7,9	7,3	5,8	6,6	8,0	8,3	5,9
$L$ , м	860	820	640	720	610	830	660	710	770
Коефіцієнт $\varphi$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коефіцієнт $\xi$	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0

Продовж. табл. 3.5

Показники	Варіанти								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$q$ , м <sup>3</sup> /сек	331	289	309	323	339	274	346	304	268
Фактична концентрація, $C_i$ , мг/л									
БСК	15,0	12,1	13,8	15,5	12,6	13,4	16,0	13,7	12,4
азот амонійний	6,94	6,83	6,78	6,99	6,76	6,85	6,95	6,79	6,87
нітрити	4,6	4,2	4,45	4,17	4,65	4,21	4,5	4,18	4,24
залізо загальне	3,23	3,15	3,26	3,04	3,17	3,0	3,24	3,03	3,27
нафтопродукти	1,85	1,6	1,75	1,91	1,64	1,7	1,92	1,88	1,58
цинк	0,82	0,69	0,71	0,95	0,89	0,73	0,83	0,79	0,8
завислі речовини	126	119	104	127	125,5	102	128	120,5	107
Фонові концентрації, $C_f$ , мг/л									
БСК	3,65	3,74	3,96	3,89	3,66	3,73	3,97	3,84	3,67
азот амонійний	1,03	1,22	1,47	0,99	1,24	1,45	1,02	1,26	1,43
нітрити	1,26	1,43	1,37	1,54	1,27	1,44	1,38	1,56	1,28
залізо загальне	0,14	0,07	0,01	0,13	0,07	0,09	0,12	0,02	0,08
нафтопродукти	0,21	0,11	0,22	0,19	0,18	0,23	0,15	0,16	0,24
цинк	0,02	0,05	0,01	0,04	0,06	0,03	0,04	0,07	0,02
завислі речовини	5,6	7,4	6,3	5,7	4,8	6,2	5,8	7,5	6,1
$S$ , м	480	330	365	400	395	490	320	390	375
$V_{CP}$ , м/с	4,0	2,4	4,8	4,1	3,3	2,6	4,9	4,2	3,4
$H_{CP}$ , м	6,7	7,4	8,1	6,0	8,4	6,8	6,1	7,5	8,2
$L$ , м	655	670	730	790	685	680	740	780	705
Коефіцієнт $\varphi$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коефіцієнт $\xi$	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5

### Питання для самоконтролю

1. Надати характеристику місцю випуску стічних вод.
2. Коли водні об'єкти вважають забрудненими?
3. Надайте характеристику складу та властивостям води водних об'єктів.
4. Якої умови необхідно дотримуватися при надходженні у водні об'єкти

декількох речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості?

5. З урахуванням яких показників визначаються умови відведення стічних вод у водні об'єкти?

6. Які шкідливі речовини забороняється випускати у поверхневі водойми разом із стічними водами?

7. Назвіть критерії забрудненості водойм.

8. Які матеріали включає методика розрахунку умов випуску стічних вод у водойми?

9. Як повинно здійснюватись узгодження умов відведення стічних вод у водні об'єкти?

10. Якими показниками слід керуватися при визначенні кратності розведення стічних вод у водному об'єкті у розрахункового (контрольного) створу водокористування?

11. Надайте визначення поняттю «ГДК».

12. Надайте визначення поняттю «ГДС» та поясніть як він встановлюється.

13. Як визначається величина ІЗВ та встановлюється клас якості води у річці?

14. Як визначається коефіцієнт кратності розбавлення стічних вод, які надходять до поверхневої водойми за час руху від місця скиду до створу, розташованого на 1 км вище пункту водокористування?

15. Як визначається величина гранично допустимого та фактичного скиду *i*-ої забруднюючої речовини у поверхневі водойми?

16. Якої умови необхідно дотримуватися, щоб якість води у поверхневих водоймах на 1 км вище пункту водокористування відповідала вимогам «Санітарних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення»?

17. За якою умовою та як визначається ефективність очистки стічних вод від *i*-то забруднюючої речовини?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №4**

### **ОЦІНКА ТЕХНІЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ АВТОМОБІЛІВ РІЗНИХ МАРОК ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**Мета роботи:** ознайомитися з особливостями оцінки технічної досконалості автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.

#### **4.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Автомобіль з двигуном внутрішнього згорання незалежно від способу займання суміші, робочого об'єму і типу використовуваного палива, а також інших конструктивних і індивідуальних особливостей може бути представлений у вигляді двох різних систем «Автомобіль – транспортний засіб» і «Автомобіль – джерело викидів домішок в атмосферу». Але ці дві системи виконані у вигляді єдиного технічного рішення – автомобіля. Універсальним критерієм, що описує цю складну еколого-економічну систему, повинен виступати критерій екологічної безпеки автомобіля, який дозволяє визначити рівень екологічної безпеки і технічної досконалості будь-якого класу

автомобілів. Крім того, з його допомогою, використовуючи нормативи системи ЄВРО, можна побудувати шкалу оцінки екологічної безпеки, як для окремого типу автомобілів, так і для усіх автомобілів в цілому.

Системний аналіз показує, що характеристикою екологічної небезпеки будь-якого автомобіля, оснащеного двигуном внутрішнього згорання, повинен служити комплексний показник – категорія небезпеки автомобіля (КНА, м<sup>3</sup>/с), який інтегрує в собі одночасно кількість викидів усіх домішок, що містяться в газах, що відпрацювали, а також їх клас небезпеки і токсичність, і розраховується за формулою:

$$KNA_i = \sum_{i=1}^n KHP = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i} \quad (4.1)$$

де  $KHP$  – категорія небезпеки  $i$ -ої забруднюючої речовини, м<sup>3</sup>/с;  $ГДК_i$  – середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини (г/м<sup>3</sup>);  $M_i$  – кількість викидів  $i$ -ої забруднюючої речовини в атмосферу (г/с);  $\alpha_i$  – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести міру шкідливості  $i$ -ої забруднюючої речовини з шкідливістю діоксиду сірки (III клас небезпеки) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Значення безрозмірної константи  $\alpha_i$  для забруднюючих речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки речовини	1	2	3	4
Значення константи $\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Величини середньодобових гранично допустимих концентрацій і міра небезпеки компонентів вихлопних газів автомобілів представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Величини середньодобових граничнодопустимих концентрацій і міра небезпеки компонентів вихлопних газів автомобілів

Забруднююча речовина	ГДК <sub>сд</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Оксид вуглецю (СО)	3	4
Вуглеводні (С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub> )	1	4
Окисли азоту (NO <sub>x</sub> )	0,04	2
Тверді частки (сажа)	0,05	3

Чим більше КНА, тим потужніше і небезпечніше джерело викидів.

Але, якщо КНА є характеристикою екологічного стану системи, то його можна і треба віднести до стандартного екологічного стану системи «Автомобіль – довкілля». В якості стандарту, доцільно прийняти одне з довільних станів, що зафіксоване у вимогах на проведення випробувань за правилами ЕСК ООН (ЄВРО). Випробування ґрунтуються на використанні стандартизованого їздового циклу. Усі режими (перемикання передач, гальмування, робота двигуна на холостому ході, зупинки) вибираються так, щоб забезпечувався зразковий рівень відповідності значенням швидкостей руху і прискорень, які характеризують рух у великому місті, в умовах звичайного

транспортного потоку. Такий їздовий цикл має характеристики, описані в системі Правил ЄВРО, яка враховує також розділення автомобілів за призначенням, вантажопідйомності, літражу і типу використовуваного палива.

Для розрахунку категорії небезпеки автомобіля кількість викидів  $i$ -ої домішки в атмосферу необхідно представити у вигляді потоку речовини (у одиницях маси, віднесених до часу), але чисельні значення граничних викидів забруднюючих речовин в нормах ЄВРО представлені в одиницях маси, віднесених до відстані. Тому при оцінці виникає необхідність в перерахунку кількості викидів за формулою:

$$M_i^t = \frac{M_i^L \cdot L_u}{t_u} \quad (4.2)$$

де  $M_i^L$  – питомий викид  $i$ -ої забруднюючої речовини на один км пробігу, г/км;  $L_u$  – протяжність циклу, км ( $L_u=11$  км);  $t_u$  – час циклу, с ( $t_u=1220$  с).

Технічні нормативи викидів забруднюючих речовин (питомий викид  $i$ -тої забруднюючої речовини на один км пробігу, г/км) автотранспортних засобів різної маси з бензиновими, газовими і дизельними двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН, представлені в додатках 1 та 2.

Зроблений перерахунок дає уявлення про кількість викидів кожної домішки в атмосферу від автомобіля, що відповідають вимогам ЕСК ООН. Причому, такі викиди виходять при реалізації їздового циклу, який за своєю суттю є моделлю руху автомобіля в міських умовах (додатки 3 та 4).

Аналіз на основі кількості викидів з газами, що відпрацювали, слід визнати досить грубим, оскільки він спирається тільки на одну характеристику забруднюючої домішки – масову концентрацію, і не враховує токсичність і клас небезпеки цих речовин, які в такому ж ступені характеризують дію домішки на якість довкілля. Якщо проводити комплексну оцінку небезпеки відпрацьований газів то, згідно з вимогами ОНД- 86 токсичність і клас небезпеки необхідно включати в кількісні закономірності. Ця умова виконується лише при розрахунку категорії небезпеки автомобілів.

Після переведу кількості викидів в одиниці маси, віднесені до часу, використовуючи формулу (4.1), можуть бути розраховані категорії небезпеки речовин (КНР), що викидаються автомобілем і безпосередньо категорії небезпеки автомобілів (КНА) (додатки 5 та 6).

Але КНА не дає уявлення про відповідність газів, що відпрацювали, цього автомобіля стандартним вимогам екологічної безпеки і рівню технічної досконалості окремого автомобіля. Очевидно, що вантажний автомобіль має бути більше екологічно небезпечним, ніж будь-який легковий автомобіль. Але вантажний автомобіль, з точки зору екологічної безпеки, у своєму класі автомобілів може мати досконалішу конструкцію, ніж легковий у своєму. Тому виникає необхідність в порівняльній оцінці екологічної безпеки цих автомобілів.

Для об'єктивнішої оцінки небезпеки за сукупністю викидів від пересувного джерела, можна ввести критерій екологічної безпеки автомобіля ( $K_a$ ), який повинен дати точне уявлення про рівень екологічної безпеки реально

існуючого автомобіля і визначити наскільки він відрізняється від деякого об'єктивного еталону.

В якості такого еталону слід використати категорію небезпеки автомобіля того ж класу, сертифікованого за правилами ЕСЕ 2005 (інакше ЄВРО IV). Автомобіль, що задовольняє вимогам ЄВРО IV, вибраний в якості еталону тому, що:

- такий автомобіль також можна представити у вигляді вищезгаданої системи, що надає право порівнювати дві системи за фіксованих умов експлуатації (їздовий цикл);
- такий автомобіль є найменш екологічно небезпечним інженерним рішенням за двигуном внутрішнього згорання;
- система ЄВРО враховує також розділення автомобілів за призначенням, вантажопідйомності, літражу і типу використовуваного палива.

Відношення категорії небезпеки будь-якого автомобіля до категорії небезпеки автомобіля того, що задовольняє найжорсткішим чинним нормам на викиди, прийнятим в системі ЄВРО, дасть критерій для оцінки екологічної подібності автомобілів. Критерій екологічної безпеки автомобіля визначають за формулою:

$$K_a = \frac{KNA_i}{KNA_{EBPO}} \quad (4.3)$$

де  $KNA_i$  – категорія небезпеки автомобіля визначена для реальних умов експлуатації;  $KNA_{EBPO}$  – категорія небезпеки автомобіля, що задовольняє ЄВРО IV.

Критерій екологічної безпеки може бути використаний для оцінки технічної досконалості різних представників автомобільного парку, якщо в основу оцінки якості цих автомобілів покласти вимоги екологічної безпеки.

З формули (4.3) витікає, що якщо виконується умова  $K_a \leq 1$ , то автомобіль відповідає еталону і його можна допускати до подальшої експлуатації, а якщо ж  $K_a > 1$ , то й технічний стан такого автомобіля з позиції екологічної безпеки слід вважати незадовільним.

Використовуючи характеристику викидів з правил ЕСК ООН і формул (4.1) і (4.3) можна отримати величини критеріїв екологічної безпеки будь-якого автомобіля (табл. 4.3) і провести критерійну оцінку екологічної безпеки і технічної досконалості представлених автомобілів. За результатами критерійної оцінки можна зробити висновок про технічну досконалисть автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки.

Згідно першої поправки до правила ЕСК ООН, а саме № 83-02А ЕСК ООН (ЄВРО 0), цьому рівню екологічної безпеки можуть відповідати автомобілі, не оснащені спеціальною системою зниження токсичності, яка включає облаштування нейтралізації відпрацьованих газів, і знижує міру негативного впливу автомобіля майже в 3 рази. Відповідність двигуна внутрішнього згорання автомобіля цьому рівню небезпеки ( $K_a > 10$ ) говорить лише про його справний технічний стан, але не вказує на можливість його експлуатації. Цей рівень екологічної безпеки повинен визначатися як *надзвичайно небезпечний*, і

подальша експлуатація такого автомобіля недопустима за європейськими нормами.

Таблиця 4.4 – Межі рівнів екологічної безпеки і технічної досконалості автомобілів

Рівень ЄВРО	Значення $K_a$	Рівень безпеки	Рівень досконалості
0	$> 10$	надзвичайно небезпечні	дуже недосконалі
I	4 – 10	високо небезпечні	високо недосконалі
II	2 – 4	помірно небезпечні	помірно недосконалі
III	1 – 2	мало небезпечні	слабо недосконалі
IV	$< 1$	безпечні	досконалі

Вимоги ЄВРО I (а саме К.83-02), набули чинності в Європі в 1993 році, діяли до 1996 року і вважаються застарілими. Тому автомобілі, рівень екологічної безпеки яких, вище за рівень ЄВРО I ( $4 < K_a < 10$ ), пропонується кваліфікувати як *високо небезпечні*.

Відповідність автомобілів вимогам ЄВРО II (з 1996 року), і ЄВРО III (з 2000 року), досягалася не лише за рахунок вдосконалення систем нейтралізації, але і за рахунок технічних новацій в самих двигунах – збільшення числа клапанів на циліндр, регульовані фази газорозподілу, змінна довжина впускного трубопроводу, наддування, безпосереднє уприскування палива в камери згорання і тому подібне. Такі автомобілі за рівнем екологічної безпеки слід віднести до *мало небезпечних* і *помірно небезпечним* ( $2 < K_a < 4$ ) і ( $1 < K_a < 2$ ) відповідно.

В якості еталонного нормативу пропонується використати рівень екологічної безпеки автомобіля, що задовольняє четвертій поправці до правила ЕЄК ООН ( $K_a \leq 1$ ), а саме ЄС 2005 ЕЄК ООН (ЄВРО IV). Цей норматив набув чинності з 2005 року для усіх автомобілів, що випускаються в Європі. Автомобілі, що відповідають цьому рівню екологічної безпеки, слід визнати *безпечними* (умовно).

## 4.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### Приклад вирішення типового завдання.

1. Визначити яку кількість домішок забруднюючих речовин кожен з автомобілів постійно викидає в атмосферу під час свого руху в міських умовах.

2. Провести ранжирування забруднюючих речовин, що викидаються з вихлопними газами автомобілів різних марок, вказаних в початкових даних, в атмосферне повітря за пріоритетністю. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕЄК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді діаграми. Зробити висновок.

3. Провести ранжування забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря з вихлопними газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря за категоріями безпеки. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕЄК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді

діаграми. Зробити висновок.

4. Провести ранжування автотранспортних засобів за категоріями небезпеки автомобіля. Порівняти отримані значення з вимогами правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Результати представити у вигляді діаграми. Зробити висновок.

5. Розрахувати критерій екологічної безпеки для автомобілів різних марок, вказаних в початкових даних. Визначити рівень екологічної безпеки і технічної досконалості цих автотранспортних засобів. Зробити висновок.

Вихідні дані наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані для розрахунку екологічності автомобілів

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса CO	маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	маса NO <sub>x</sub>	маса твердих часток РМ
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,05	0,27	1,1	0,78
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,89	0,21	0,62	0,32
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,58	0,13	0,33	0,1
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	12,04	1,19	0,95	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,38	0,52	0,13	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,24	2,66	1,31	-

1. Використовуючи формулу (4.2) переведемо питомий викид у одиницях маси, віднесених до часу. Результат розрахунків наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати розрахунків кількості викидів забруднюючих речовин

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок вказаних в вихідних даних											
	маса CO			маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>			маса NO <sub>x</sub>			маса твердих часток РМ		
	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%
Варіант 1	1,05	0,0095	<b>32,99</b>	0,27	0,0024	<b>8,33</b>	1,1	0,0099	<b>34,38</b>	0,78	0,007	<b>24,3</b>
Варіант 2	0,89	0,008	<b>43,48</b>	0,21	0,0019	<b>10,33</b>	0,62	0,0056	<b>30,43</b>	0,32	0,0029	<b>15,76</b>
Варіант 3	0,58	0,0052	<b>50,48</b>	0,13	0,0012	<b>11,65</b>	0,33	0,003	<b>29,13</b>	0,1	0,0009	<b>8,74</b>
Варіант 4	12,04	0,11	<b>84,62</b>	1,19	0,011	<b>8,46</b>	0,95	0,009	<b>6,92</b>	-	-	-
Варіант 5	1,38	0,012	<b>65,93</b>	0,52	0,005	<b>27,47</b>	0,13	0,0012	<b>6,59</b>	-	-	-
Варіант 6	3,24	0,03	<b>45,46</b>	2,66	0,024	<b>36,36</b>	1,31	0,012	<b>18,18</b>	-	-	-



Використовуючи табл. 4.6, слід зазначити, що аналіз введення окремих домішок забруднюючих речовин з відпрацьованими газами в атмосферу показує, що пріоритетною забруднюючою речовиною є оксид вуглецю. Його вміст коливається від 33,99 до 84,62% по масі від загальної кількості викидів. У автомобілях з бензиновими двигунами на другому місці по рівню значущості знаходяться викиди вуглеводнів. Їх вміст в відпрацьованих газах залежно від контрольної ваги автотранспортного засобу коливається в межах від 8,46 до 36,36%. Слід також відмітити, що у міру збільшення ваги автомобіля прямо пропорційно збільшується і кількість вуглеводнів, що викидаються в атмосферне повітря. На третьому місці за кількістю забруднюючих речовин, що викидаються автомобілями з бензиновими двигунами, належить викидам діоксиду азоту. Його вміст знаходиться в інтервалі від 6,59 до 18,18% від загальної кількості.

Крім того, вміст оксиду вуглецю в відпрацьованих газах автомобілів з бензиновими двигунами, вказаними в початкових даних в 1,5-12,12 разів перевищує вміст цієї забруднюючої речовини в аналогічних автотранспортних засобах, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Що стосується інших забруднюючих домішок, що поступають в атмосферне повітря разом з викидами, вміст вуглеводнів в 4,17-17,14 рази, діоксиду азоту – в 1,33-12,86 разів перевищує технічні нормативи викидів автотранспортних засобів, що відповідають правилам ЄВРО IV. У відпрацьованих газах автомобіля марки 5, працюючого на бензиновому двигуні, вміст оксиду вуглецю в 1,33 разу нижче нормативного значення.

У автотранспортних засобах з дизельними двигунами після оксиду вуглецю друге місце за пріоритетністю займають викиди діоксиду азоту. Їх вміст в газах залежно від контрольної ваги автомобіля знаходиться в інтервалі від 29,13 до 34,38% по масі від загальної кількості викидів. Далі слідують викиди твердих часток, що поступають в атмосферне повітря разом з відпрацьованими газами (від 8,74 до 24,3%). Також необхідно звернути увагу на те, що зі збільшенням ваги автотранспортного засобу вміст діоксиду азоту і твердих часток у вихлопних газах збільшується. Вміст вуглеводнів з дизельними двигунами незначний, в порівнянні з іншими забруднюючими речовинами (від 8,33 до 11,65%), тому ця шкідлива речовина займає останнє місце в списку пріоритетності. Вміст оксиду вуглецю в відпрацьованих газах автомобілів з дизельними двигунами, вказаними в початкових даних, в 1,16-1,42 раз перевищує вміст CO в аналогічних по масі автотранспортних засобах, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН ЄВРО IV. Вміст вуглеводнів перевищує нормативні значення в 2,67-3,81 рази, діоксиду азоту – в 1,33-2,81 разу, твердих часток – в 3,91-12,96 рази відповідно.

2. Використовуючи формулу (4.1) визначимо категорію небезпечності автомобілів. Результат розрахунків наведено в табл. 4.7.

Проаналізувавши інтегральні параметри екологічної безпеки автомобілів можна зробити висновок, що екологічно найбільш небезпечною домішкою в відпрацьованих газах автотранспортних засобів і з бензиновими (газовими) і з дизельними двигунами слід вважати діоксид азоту (від 89,92 до 98,49% за

категорією небезпеки речовини). Вміст інших компонентів за їх дією на екосистеми можна визнати або мало значимим (менше 10%), або не значимим (до 1%). Таким чином, попри те, що по масі найбільш значимою домішкою в газах автотранспортних засобів є оксид вуглецю, найбільш небезпечною домішкою в них слід рахувати діоксид азоту, вміст якого і не такий великий.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунків інтегральних характеристик екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів різних марок вказаних в вихідних даних									
	Категорія небезпеки речовини (КНР)								Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
	СО		С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>		NO <sub>x</sub>		тверді частки			
	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%
Варіант 1	2,82	<b>0,2</b>	2,2	<b>0,15</b>	1293,15	<b>89,92</b>	140,0	<b>9,73</b>	1438,17	100
Варіант 2	2,42	<b>0,36</b>	1,78	<b>0,26</b>	616,55	<b>90,84</b>	58,0	<b>8,54</b>	678,75	100
Варіант 3	1,64	<b>0,56</b>	1,18	<b>0,4</b>	273,89	<b>92,93</b>	18,0	<b>6,11</b>	294,71	100
Варіант 4	25,58	<b>2,17</b>	8,66	<b>0,74</b>	1142,45	<b>97,09</b>	-	-	1176,69	100
Варіант 5	3,48	<b>3,83</b>	4,26	<b>4,68</b>	83,23	<b>91,49</b>	-	-	90,97	100
Варіант 6	7,94	<b>0,47</b>	17,47	<b>1,04</b>	1660,57	<b>98,49</b>	-	-	1685,98	100

Використовуючи розраховані категорії небезпеки автомобілів, можна ранжувати автотранспортні засоби, вказані в початкових даних таким чином:

Найбільш небезпечним з даних варіантів слід визнати автомобіль, працюючий на бензиновому двигуні (варіант б). Категорія його небезпеки є найвищою з усіх запропонованих варіантів (КНА=1685,98 м<sup>3</sup>/с). Далі в порядку убудування слідує автотранспортні засоби – варіант 1, 4, 2 і 3. Найменш екологічно небезпечним є автомобіль – варіант 5. Екологічна небезпека цієї марки автомобіля в 18,5 разів менша, ніж небезпека автотранспортного засобу (варіант б).

3. Використовуючи формулу (4.3) визначимо категорію екологічної безпеки автомобіля. Результат розрахунків наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Результат розрахунків

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Категорія небезпеки автомобіля, що задовольняє вимогам ЕВРО IV (КНА <sub>ЕВРО</sub> , м <sup>3</sup> /с)	Категорія небезпеки автомобіля, що визнається реальними умовами експлуатації (КНА <sub>i</sub> , м <sup>3</sup> /с)	Критерій екологічної безпеки автомобіля (К <sub>a</sub> )
Варіант 1	350,67	1438,17	<b>4,1</b>
Варіант 2	279,89	678,75	<b>2,43</b>
Варіант 3	194,96	294,71	<b>1,51</b>
Варіант 4	44,9	1176,69	<b>26,21</b>
Варіант 5	62,95	90,97	<b>1,45</b>
Варіант 6	72,53	1685,98	<b>23,25</b>

За результатами критерійної оцінки екологічної безпеки і технічної

досконалості, представлених автомобілів можна зробити висновок, що найбільш технічно досконалими є автотранспортні засоби з бензиновим двигуном 5 і дизельним двигуном 3. За рівнем екологічної безпеки ( $K_5=1,45$  і  $K_3=1,51$ ) автомобілі відносяться до мало небезпечних джерел викидів, а значить з екологічних позицій, вони є слабо досконалими технічними рішеннями.

Потім розташовується автотранспортний засіб з дизельним двигуном 2. За рівнем екологічної безпеки ( $K_2=2,43$ ) автомобіль відноситься до помірно небезпечних джерел викидів, а з екологічних позицій є помірно недосконалим технічним рішенням.

Автотранспортний засіб з дизельним двигуном 1 по рівню екологічної безпеки ( $K_1=4,1$ ) відноситься до високо небезпечних джерел викидів, а рівень його технічної досконалості можна кваліфікувати як високо недосконалий.

Автомобілі з бензиновими двигунами 6 ( $K_6=23,25$ ) і 4 ( $K_4=26,21$ ) відносяться до надзвичайно небезпечних джерел викидів і можуть розглядатися фахівцями-екологами як край недосконали технічні рішення, експлуатація яких недопустима по європейських нормах і має бути заборонена. Згідно першої поправки до правила ЕСК ООН, а саме № 83-02А ЕСК ООН (ЄВРО 0), цьому рівню екологічної безпеки можуть відповідати автомобілі, не оснащені спеціальною системою зниження токсичності, яка включає облаштування нейтралізації газів, що відпрацювали, і знижує міру негативного впливу автомобіля майже в 3 рази. Відповідність двигуна внутрішнього згорання автомобіля цьому рівню безпеки ( $K_a > 10$ ) говорить лише про його справний технічний стан, але не вказує на можливість його експлуатації.

У нашому випадку автомобілів, які б відповідали еталону, а саме  $K_a < 1$ , немає.

**Практичне завдання.** Виконати розрахунки відповідно з прикладом наведеним в п. 4.2. Варіанти вихідних даних наведені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Варіанти вихідних даних

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса CO	маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	маса NO <sub>x</sub>	маса твердих часток РМ
<b>Варіант 1</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,58	0,13	0,33	0,1
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,89	0,21	0,62	0,32
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,05	0,27	1,1	0,78
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	12,04	1,19	0,95	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,38	0,52	0,13	-

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса CO	маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	маса NO <sub>x</sub>	маса твердих часток РМ
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,24	2,66	1,31	-
<b>Варіант 2</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,25	0,49	1,06	0,09
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,95	1,05	0,58	0,28
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	5,73	0,79	0,85	0,52
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,47	1,14	0,61	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,66	0,68	1,27	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,82	0,19	0,94	-
<b>Варіант 3</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	0,91	0,73	0,46	0,37
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,63	0,88	0,73	0,06
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,58	1,01	0,92	0,48
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,36	0,79	1,3	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,65	1,12	0,61	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	0,99	0,99	0,37	-
<b>Варіант 4</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,91	0,39	0,57	0,08
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	0,98	0,58	1,0	0,21
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,55	1,0	0,96	0,36
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,21	1,42	0,67	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,84	1,84	1,05	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,11	0,96	0,49	-
<b>Варіант 5</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,45	0,97	0,62	0,12

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса CO	маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	маса NO <sub>x</sub>	маса твердих часток РМ
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	7,22	2,22	1,02	0,05
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,08	1,34	0,76	0,34
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,34	0,66	0,59	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	5,14	2,6	0,37	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,06	0,54	0,44	-
<b>Варіант 6</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,87	1,48	1,09	0,07
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	2,51	1,04	0,77	0,38
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	6,29	2,29	0,43	0,17
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,29	0,32	0,55	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,46	0,85	0,39	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,27	2,57	0,63	-
<b>Варіант 7</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	2,22	0,49	1,21	0,16
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	1,33	2,64	0,51	0,33
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	5,61	0,25	0,97	0,04
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	1,58	1,38	0,64	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,16	1,12	0,33	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	4,53	0,86	0,89	-
<b>Варіант 8</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,72	0,79	0,78	0,22
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,49	0,56	0,62	0,15
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,92	2,41	0,45	0,36
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та	2,67	0,92	0,23	-

Марка автотранспортного засобу (варіант)	Кількість викидів забруднюючих речовин, що надходять з відпрацьованими газами автомобілів різних марок в атмосферне повітря, г/км			
	маса CO	маса C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	маса NO <sub>x</sub>	маса твердих часток РМ
контрольною масою < 1305 кг)				
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	5,29	1,14	0,37	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,84	0,62	0,41	-
<b>Варіант 9</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,07	1,24	0,66	0,14
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	4,19	0,84	0,43	0,03
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	1,75	1,72	0,26	0,39
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	3,25	0,73	0,16	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	4,03	0,22	0,39	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	4,99	0,35	0,55	-
<b>Варіант 10</b>				
Варіант 1 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	5,54	0,43	0,75	0,26
Варіант 2 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	8,21	0,18	0,54	0,31
Варіант 3 (автомобіль з дизельним двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	3,77	0,75	0,38	0,18
Варіант 4 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою < 1305 кг)	4,87	0,21	0,2	-
Варіант 5 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою 1305 – 1760 кг)	3,76	0,11	0,58	-
Варіант 6 (автомобіль з бензиновим двигуном та контрольною масою > 1760 кг)	2,98	0,44	1,03	-

### ***Питання для самоконтролю***

1. Яким чином визначається категорія небезпеки автомобіля?
2. Що береться в якості стандарту екологічного стану системи «Автомобіль – довкілля»?
3. В яких одиницях виміру надані чисельні значення граничних викидів забруднюючих речовин в нормах ЄВРО?
4. Який критерій вводиться для об'єктивнішої оцінки небезпеки за сукупністю викидів від пересувного джерела?
5. Чому в якості еталону використовують категорію небезпеки автомобіля того ж класу, що сертифікований за правилами ЕСЕ 2005?

## Додаток 1

Технічні нормативи викидів забруднюючих речовин автотранспортних засобів різної маси з бензиновими і газовими двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Маса оксиду вуглецю (CO)	Маса вуглеводнів (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> )	Маса окислів азоту (NO <sub>x</sub> )
ЕВРО-III	< 1305	2,3	0,2	0,15
	1305 – 1760	4,17	0,25	0,18
	>1760	5,22	0,29	0,21
ЕВРО-IV	< 1305	1,0	0,10	0,08
	1305 – 1760	1,81	0,13	0,10
	>1760	2,27	0,16	0,11
ЕВРО-V, ЕВРО-VI	< 1305	1,0	0,10	0,06
	1305 – 1760	1,81	0,13	0,075
	>1760	2,27	0,16	0,082

## Додаток 2

Технічні нормативи викидів забруднюючих речовин автотранспортних засобів різної маси з дизельними двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Маса оксиду вуглецю (CO)	Маса вуглеводнів (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> )	Маса окислів азоту (NO <sub>x</sub> )	Маса твердих часток (PM)
ЕВРО-III	< 1305	0,64	0,06	0,5	0,05
	1305 – 1760	0,80	0,07	0,65	0,07
	>1760	0,95	0,08	0,78	0,10
ЕВРО-IV	< 1305	0,50	0,05	0,25	0,025
	1305 – 1760	0,63	0,06	0,33	0,04
	>1760	0,74	0,07	0,39	0,06
ЕВРО-V	< 1305	0,50	0,05	0,18	0,005
	1305 – 1760	0,63	0,06	0,235	0,005
	>1760	0,74	0,07	0,28	0,005
ЕВРО- VI	< 1305	0,50	0,09	0,08	0,005
	1305 – 1760	0,63	0,09	0,105	0,005
	>1760	0,74	0,09	0,125	0,005

## Додаток 3

Технічні нормативи викидів автотранспортних засобів (АТС) з бензиновими і газовими двигунами згідно з вимогами правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Маса оксиду вуглецю (CO)			Маса вуглеводнів (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> )			Маса окислів азоту (NO <sub>x</sub> )		
		г/км	г/с	%	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%
ЕВРО-III	<1305	2,3	0,021	<b>86,78</b>	0,2	0,0018	<b>7,44</b>	0,15	0,0014	<b>5,78</b>
	1305 – 1760	4,17	0,04	<b>91,12</b>	0,25	0,0023	<b>5,24</b>	0,18	0,0016	<b>3,64</b>
	>1760	5,22	0,05	<b>91,74</b>	0,29	0,0026	<b>4,77</b>	0,21	0,0019	<b>3,49</b>
ЕВРО-IV	< 1305	1,0	0,009	<b>84,91</b>	0,10	0,0009	<b>8,49</b>	0,08	0,0007	<b>6,6</b>
	1305 – 1760	1,81	0,016	<b>88,4</b>	0,13	0,0012	<b>6,63</b>	0,10	0,0009	<b>4,97</b>
	>1760	2,27	0,02	<b>89,29</b>	0,16	0,0014	<b>6,25</b>	0,11	0,001	<b>4,46</b>
ЕВРО-V, ЕВРО-VI	< 1305	1,0	0,009	<b>86,21</b>	0,10	0,0009	<b>8,62</b>	0,06	0,00054	<b>5,17</b>
	1305 – 1760	1,81	0,016	<b>89,49</b>	0,13	0,0012	<b>6,71</b>	0,075	0,00068	<b>3,8</b>
	>1760	2,27	0,02	<b>90,34</b>	0,16	0,0014	<b>6,32</b>	0,082	0,00074	<b>3,34</b>

## Додаток 4

Технічні нормативи викидів автотранспортних засобів (АТС) з дизельними двигунами згідно з вимогами правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Маса оксиду вуглецю (СО)			Маса вуглеводнів (С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub> )		
		г/км	г/с	%	г/км	г/с	%
ЕВРО-III	< 1305	0,64	0,0058	<b>51,33</b>	0,06	0,00054	<b>4,78</b>
	1305 – 1760	0,80	0,0072	<b>50,28</b>	0,07	0,00063	<b>4,4</b>
	>1760	0,95	0,0086	<b>49,94</b>	0,08	0,00072	<b>4,18</b>
ЕВРО-IV	< 1305	0,50	0,0045	<b>60,56</b>	0,05	0,00045	<b>6,06</b>
	1305 – 1760	0,63	0,0057	<b>59,56</b>	0,06	0,00054	<b>5,64</b>
	>1760	0,74	0,0067	<b>58,82</b>	0,07	0,00063	<b>5,53</b>
ЕВРО-V	< 1305	0,50	0,0045	<b>67,98</b>	0,05	0,00045	<b>6,8</b>
	1305 – 1760	0,63	0,0057	<b>67,94</b>	0,06	0,00054	<b>6,44</b>
	>1760	0,74	0,0067	<b>67,81</b>	0,07	0,00063	<b>6,38</b>
ЕВРО- VI	< 1305	0,50	0,0045	<b>74,01</b>	0,09	0,00081	<b>13,32</b>
	1305 – 1760	0,63	0,0057	<b>75,9</b>	0,09	0,00081	<b>10,79</b>
	>1760	0,74	0,0067	<b>77,1</b>	0,09	0,00081	<b>9,32</b>

Продовження Додатку 4

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Маса окислів азоту (NO <sub>x</sub> )			Маса твердих часток (PM)		
		г/км	г/с	%	г/км	г/с	%
ЕВРО-III	< 1305	0,5	0,00451	<b>39,91</b>	0,05	0,00045	<b>3,98</b>
	1305 – 1760	0,65	0,00586	<b>40,92</b>	0,07	0,00063	<b>4,4</b>
	>1760	0,78	0,007	<b>40,65</b>	0,10	0,0009	<b>5,23</b>
ЕВРО-IV	< 1305	0,25	0,00225	<b>30,28</b>	0,025	0,00023	<b>3,1</b>
	1305 – 1760	0,33	0,00297	<b>31,03</b>	0,04	0,00036	<b>3,76</b>
	>1760	0,39	0,00352	<b>30,9</b>	0,06	0,00054	<b>4,74</b>
ЕВРО-V	< 1305	0,18	0,00162	<b>24,47</b>	0,005	0,00005	<b>0,75</b>
	1305 – 1760	0,235	0,0021	<b>25,03</b>	0,005	0,00005	<b>0,6</b>
	>1760	0,28	0,0025	<b>25,3</b>	0,005	0,00005	<b>0,51</b>
ЕВРО- VI	< 1305	0,08	0,00072	<b>11,84</b>	0,005	0,00005	<b>0,82</b>
	1305 – 1760	0,105	0,00095	<b>12,65</b>	0,005	0,00005	<b>0,66</b>
	>1760	0,125	0,00113	<b>13,0</b>	0,005	0,00005	<b>0,58</b>

## Додаток 5

Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів з бензиновими та газовими двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Категорія небезпеки речовини (КНР)						Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
		СО		С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>		NO <sub>x</sub>		м <sup>3</sup> /с	%
		м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%		
ЕВРО-III	<1305	5,76	<b>5,28</b>	1,7	<b>1,56</b>	101,69	<b>93,16</b>	109,15	100
	1305 – 1760	10,29	<b>7,71</b>	2,12	<b>1,59</b>	120,97	<b>90,7</b>	133,38	100
	> 1760	12,58	<b>7,57</b>	2,36	<b>1,42</b>	151,25	<b>91,01</b>	166,19	100
ЕВРО-IV	<1305	2,69	<b>5,99</b>	0,91	<b>2,03</b>	41,3	<b>91,98</b>	44,9	100
	1305 – 1760	4,51	<b>7,17</b>	1,18	<b>1,87</b>	57,26	<b>90,96</b>	62,95	100
	> 1760	5,52	<b>7,61</b>	1,35	<b>1,86</b>	65,66	<b>90,53</b>	72,53	100
ЕВРО-V, ЕВРО-VI	<1305	2,69	<b>8,13</b>	0,91	<b>2,75</b>	29,47	<b>89,11</b>	33,07	100
	1305 – 1760	4,51	<b>9,92</b>	1,18	<b>2,6</b>	39,77	<b>87,48</b>	45,46	100
	> 1760	5,52	<b>10,77</b>	1,35	<b>2,63</b>	44,39	<b>86,6</b>	51,26	100



Інтегральні характеристики екологічної небезпеки відпрацьованих газів автомобільних засобів з дизельними двигунами, що відповідають вимогам правил ЕСК ООН

Рівень ЕВРО	Контрольна маса АТС, кг	Категорія небезпеки речовини (КНР)								Категорія небезпеки автомобіля (КНА)	
		СО		С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub>		NO <sub>x</sub>		тверді частки			
		м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%	м <sup>3</sup> /с	%
ЕВРО-III	<1305	1,81	<b>0,34</b>	0,57	<b>0,12</b>	465,32	<b>97,61</b>	9,0	<b>1,89</b>	476,7	100
	1305 – 1760	2,2	<b>0,33</b>	0,66	<b>0,1</b>	654,02	<b>97,69</b>	12,6	<b>1,88</b>	669,48	100
	> 1760	2,58	<b>0,31</b>	0,74	<b>0,09</b>	824,04	<b>97,48</b>	18,0	<b>2,13</b>	845,36	100
ЕВРО-IV	<1305	1,44	<b>0,74</b>	0,49	<b>0,25</b>	188,43	<b>96,65</b>	4,6	<b>2,36</b>	194,96	100
	1305 – 1760	1,78	<b>0,64</b>	0,57	<b>0,2</b>	270,34	<b>96,59</b>	7,2	<b>2,57</b>	279,89	100
	> 1760	2,06	<b>0,59</b>	0,66	<b>0,19</b>	337,15	<b>96,14</b>	10,8	<b>3,08</b>	350,67	100
ЕВРО-V	<1305	1,44	<b>1,14</b>	0,49	<b>0,39</b>	122,94	<b>97,67</b>	1,0	<b>0,8</b>	125,87	100
	1305 – 1760	1,78	<b>1,01</b>	0,57	<b>0,33</b>	172,27	<b>98,09</b>	1,0	<b>0,57</b>	175,62	100
	> 1760	2,06	<b>0,94</b>	0,66	<b>0,3</b>	216,09	<b>98,31</b>	1,0	<b>0,45</b>	219,81	100
ЕВРО-VI	<1305	1,44	<b>3,12</b>	0,83	<b>1,8</b>	42,84	<b>92,91</b>	1,0	<b>2,17</b>	46,11	100
	1305 – 1760	1,78	<b>2,74</b>	0,83	<b>1,28</b>	61,43	<b>94,45</b>	1,0	<b>1,54</b>	65,04	100
	> 1760	2,06	<b>2,55</b>	0,83	<b>1,03</b>	76,97	<b>95,19</b>	1,0	<b>1,24</b>	80,86	100

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання практичної роботи “Розрахунок на ПЕОМ умов розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових підприємств” з дисциплін: “Екологія гірничого виробництва”, “Охорона навколишнього середовища”, “Основи екології” для студентів усіх напрямів підготовки/ Упорядн.: В.О. Бойко, В.І. Бескровний, О.В. Безсчатний, А.Г. Рудченко. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999. – 18 с.
2. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене: Учебник/ Под ред. Е.И Гончарука. – М.: Медицина, 1982. – 448с.
3. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 184 с.
4. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. К.: Знання, 2002. – 203 с.
5. Природоохранные нормы и правила проектирование: Справочник / Сост.: Ю.Л. Максименко, В.А. Глухарев. – М.: Стройиздат, 1990. – 527с.
6. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посіб. – К.: Лібра, 2004. – 368 с.
7. Наказ Міністерства охорони здоров'я РССР, Головного санітарно-епідеміологічного управління «Про затвердження Санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення СанПіН 4630-88» від 04.07.88, № 4630.
8. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи Дослідження питної води за фізичними та органолептичними показниками» для дисциплін: «Екологія гірничого виробництва», «Охорона довкілля», «Основи екології» для

студентів усіх напрямків підготовки академії / Упорядн.: В.І. Бескровний, В.А. Долинський, А.Г. Рудченко, О.С. Ковров. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 15 с.

9. Закон України «Про приєднання України до Угоди про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, і про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів, 1958 року з поправками 1995 року» від 10.02.2000 р. № 1448-III.

10. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище/ заг.ред.проф. В.В.Тарасової Навч.посібник.\_К:Центр учбової літератури, 2007 – 276 с.

11. Товажнянський Л.Л., Масікевіч Ю.Г. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище : Навч. посібник, Харків НТУ «ХП», 2005 с.

12. Некос В. Ю. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: Підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.Ю. Некос, Н.В. Максименко, О. Г. Владимірова, А.Ю.Шевченко – Вид. 3-тє доп. і перероб. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 288 с.

13. Герецун Г.М., Байрачний В.Б, Аверченко В.І. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з курсу «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище», Чернівці: ЧФ НТУ «ХП», 2013 – 45 с.

14. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище Курсове проектування : навчальний посібник / В.Г Петрук І.В., Васильківський С.М. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.

15. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище : підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Н. В. Максименко, О. Г. Владимірова, А. Ю. Шевченко, Е. О. Кочанов]. – 3-тє вид., доп. і перероб. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 264 с.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Розрахунок величин викиду забруднюючих речовин промисловими підприємствами в атмосферу і встановлення норм гранично допустимого викиду (ГДВ) .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Розрахунок параметрів розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері від промислових підприємств для різних умов викиду.....	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Розрахунок умов скиду стічних вод промисловими підприємствами у поверхневі водойми та встановлення величин гранично допустимого скиду забруднюючих речовин .....	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Оцінка технічної досконалості автомобілів різних марок за критеріями екологічної безпеки .....	51
Додаток 1 .....	63
Додаток 2 .....	63
Додаток 3 .....	63
Додаток 4 .....	64
Додаток 5.....	64
Додаток 6.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	65

**КУЛІКОВА** Дар'я Володимирівна  
**РУДЧЕНКО** Андрій Геннадійович

**НОРМУВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНЕ  
СЕРЕДОВИЩЕ.**

методичні рекомендації до виконання практичних робіт.

для студентів спеціальностей  
101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Друкується в редакційній обробці авторів.

Підписано до друку 15.02.2018. Формат 30х42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 3,8.  
Обл.-вид. арк. 3,8. Тираж 30 прим. Зам. №749

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.