

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ (ПЛАНИ) ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «Техноекологія»

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 101 «Екологія»

(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація – «Екологічна безпека»

(назва спеціалізації)

Факультет техногенно-екологічної безпеки

(назва факультету)

Методичні вказівки розглянуто та  
затверджено на засіданні кафедри  
ОП та ТЕБ  
Протокол № 1 від 26 серпня 2016 р.

2016 рік

## Плани практичних занять

### Практичне заняття 1 – Екологічне нормування

#### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Проведення вступного контролю – 20 хв.
3. Ознайомлення і закріплення знань з екологічного нормування – 50 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

#### **Основна частина**

**Гранично допустима концентрація (ГДК)** – така маса шкідливої речовини в одиниці об'єму (в мг на 1 м<sup>3</sup> повітря, 1 л рідини чи 1 кг твердої речовини) окремих компонентів біосфери, періодичний чи постійний, цілодобовий вплив якої на організм людини, тварин і рослин не викликає відхилень у нормальному їх функціонуванні протягом усього життя нинішнього та майбутніх поколінь.

**Гранично допустимий рівень (ГДР)** – періодичний або постійний, протягом усього життя людини, вплив факторів оточуючого середовища (шуму, вібрацій, забруднень, низької температури тощо), який не викликає соматичних або психічних захворювань та змін у стані здоров'я.

**Гранично допустима доза (ГДД)** – кількість токсичної речовини, проникнення або вплив якої не пошкоджує організм і не призводить до негативних наслідків.

#### **Нормативи якості атмосферного повітря**

Концентрацію наявних у повітрі, воді чи ґрунті шкідливих домішок на певний час на певній території називають **фоновою концентрацією**. Контроль за якістю біосфери здійснюється зіставленням фонової концентрації з гранично допустимою:

$$\frac{C_{\phi}}{ГДК} \leq 1.$$

Усі шкідливі речовини за ступенем небезпечної дії на людину поділяються на чотири класи:

- I — надзвичайно небезпечні (нікель, ртуть);
- II — високонебезпечні (сірководень, діоксид азоту);
- III — помірно небезпечні (сажа, цемент);
- IV — малонебезпечні (бензин, фенол).

**Максимальна разова ГДК** встановлюється для відвернення рефлекторних реакцій у людини через подразнення органів дихання за короткочасного впливу (до 20 хв.) атмосферних забруднень.

**Середньодобова ГДК** встановлюється для запобігання негативного впливу на людський організм протягом цілодобового використання повітря.

Використовуються два типи ГДК: у повітрі робочої зони (ГДК<sub>р.з.</sub>) і населеного пункту (ГДК<sub>н.п.</sub>). ГДК<sub>р.з.</sub> — це концентрація, яка за щоденного 8-годинного перебування (крім вихідних днів) на роботі (не більш як 41 година на

тиждень) протягом усього робочого стану не може спричинити захворювань чи відхилень у стані здоров'я людей для нинішнього та наступного поколінь.  $ГДК_{н.п.}$  враховує перебування людей цілодобово. Всі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони порівнюються з максимальними разовими (протягом 30 хв.), а в повітрі населеного пункту — із середньодобовими за 24 години.

Різні токсичні речовини можуть чинити подібний несприятливий вплив на організм. У таких випадках відбувається **ефект сумачії**, або **синергізму**. За наявності в атмосфері домішок, щодо яких визначено необхідність урахування сумісної шкідливої дії, як критерії для встановлення ГДК використовуються вимоги про виконання співвідношення:

$$\frac{C_{\phi 1}}{ГДК_1} + \frac{C_{\phi 2}}{ГДК_2} + \frac{C_{\phi 3}}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_{\phi n}}{ГДК_n} \leq 1.$$

**ГДВ** – це маса викидів шкідливих речовин за одиницю часу від одного або сукупності джерел забруднення атмосфери міста чи іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, що створює приземну концентрацію, яка не перевищує гранично допустимі їх концентрації для населення, рослинного і тваринного світу, якщо немає більш жорстких екологічних вимог і обмежень. Одиниця виміру ГДВ – грам на секунду (1 г/с) встановлюється для кожного джерела забруднення атмосфери за умови, що викиди шкідливих речовин від цього джерела і від сукупності інших джерел з урахуванням розсіювання їх в атмосфері не створять приземної концентрації шкідливих речовин, яка перевищить ГДК.

**ГДС** – це маса речовин у стічних водах, максимально допустима до відведення з установленим режимом у даному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольованому пункті. ГДС встановлюється з урахуванням ГДК в місцях водоспоживання, асиміляційних властивостей водного об'єкта і оптимального розподілу маси речовин, що скидаються, між водокористувачами, які скидають стічні води.

Нормування якості води пов'язане з категорією водокористування:

1 – господарсько-питного водопостачання населення і підприємств харчової промисловості;

2 – культурно-побутового призначення (для купання, спорту, відпочинку населення);

3 – рибогосподарського призначення — для збереження і відтворення цінних видів риб, які мають високу чутливість до кисню;

4 – рибогосподарського призначення для інших видів риб.

**Максимально допустиме навантаження (МДН)** – це максимальна інтенсивність дії всієї сукупності факторів навколишнього середовища, яка не виявляє прямого чи побічного шкідливого впливу на організм людини та її нащадків і не погіршує санітарних умов життя.

## Практичне заняття 2 – Оцінка відповідності повітря санітарним нормам

### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### Завдання

В атмосферному повітрі міститься А мг/м<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, Б мг/м<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>, В мг/м<sup>3</sup> СО, Г мг/м<sup>3</sup> пилу. Вітром з території розташованого поблизу промислового об'єкта занесено додатково Д мг/м<sup>3</sup> пилу і Е мг/м<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>.

Визначити класи небезпеки забруднюючих речовин атмосфери. Оцінити відповідність повітря санітарним нормам.

### Пояснення до практичного завдання

а) *Визначення відповідності повітря санітарним нормам*

Відповідність повітря санітарним нормам визначають за такими формулами:

для повітря населених місць –

$$\frac{C_i + C_i^\phi}{ГДК_{с.д.}} \leq 1,$$

для повітря курортів, санаторіїв, будинків відпочинку –

$$\frac{C_i + C_i^\phi}{ГДК_{с.д.}} \leq 0,8,$$

для повітря робочої зони –

$$\frac{C_i + C_i^\phi}{ГДК_{р.з.}} \leq 1,$$

де  $C_i$  – концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$C_i^\phi$  – фонові концентрації  $i$ -ої забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;

ГДК<sub>с.д.</sub> – гранично допустима концентрація речовини в повітрі населених пунктів середньодобова, мг/м<sup>3</sup> (табл. 2);

ПДК<sub>р.з.</sub> – гранично допустима концентрація речовини в повітрі робочої зони, мг/м<sup>3</sup> (табл. 2).

Дані співвідношення повинні виконуватися для кожної забруднюючої речовини, що міститься у повітрі. Якщо речовини мають односпрямований характер, то формули мають такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i + C_i^{\phi}}{ГДК_{c.д.}} \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i + C_i^{\phi}}{ГДК_{c.д.}} \leq 0.8, \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i + C_i^{\phi}}{ГДК_{p.з.}} \leq 1,$$

де n – кількість речовин, що мають односпрямовану дію, наприклад: оксиди сірки і азоту; кислоти; луги та ін.

Таблиця – Гранично допустимі концентрації речовин

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	
	Населених пунктів, середньодобова	Робочої зони
Оксид азота (IV)	0,04	0,1
Оксид серы (IV)	0,05	2,0
Оксид углерода (II)	3,0	20,0
Пыль	0,15	4,0

*б) Визначення класу небезпеки забруднюючої речовини*

Клас небезпеки забруднюючої речовини визначається відповідно до ГОСТ 12.1.007-90 ССБТ «Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки» за величиною гранично допустимої концентрації цієї речовини в повітрі робочої зони.

Таблиця – Класи небезпеки речовин

Клас небезпеки	ГДКр.з., мг/м <sup>3</sup>
1 – надзвичайно небезпечні	< 0,1
2 – високонебезпечні	0,1 ... 1,0
3 – помірно небезпечні	1,1 ... 10
4 – малонебезпечні	> 10

**Практичне заняття 3 – Оцінка відповідності повітря в робочому приміщенні санітарним нормам**

План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 35 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 35 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

**Завдання**

Вміст пилу в робочому приміщенні становить А кг, після очищення зменшився на В кг. Визначити ступінь очищення повітря, коефіцієнт просакування газопиловловлювача, концентрацію пилу в повітрі приміщення. Чи

відповідає повітря в приміщенні санітарним нормам? Обсяг приміщення становить  $D \text{ м}^3$ .

### ***Пояснення до практичного завдання***

Ступінь очищення повітря від пилу визначають за формулою

$$h = 100 (m_0 - m) / m_0,$$

де  $h$  – ступінь очищення повітря, %;

$m_0, m$  – маса часток пилу у повітрі до і після очищення, кг.

Коефіцієнт проскакування газопиловловлювача визначають за формулою

$$E = 100 - h.$$

Концентрацію пилу у повітрі після очищення визначають за формулою

$$C = m / V,$$

де  $m$  – маса пилу у повітрі, мг;  $V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ .

## **Практичне заняття 4 – Оцінка відповідності водойми санітарно-токсикологічним нормам**

### **План заняття**

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### ***Завдання***

У водойму місткістю  $A \text{ м}^3$  з дощовими водами об'ємом  $B \text{ м}^3$  занесено  $D \text{ т}$  нітрату амонію ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), що використовується на полях в якості добрива. Визначити відповідність водойми санітарно-токсикологічними нормам.

### ***Пояснення до практичного завдання***

Визначення відповідності водойми санітарно-токсикологічними нормам Водойма відповідає санітарно-токсикологічними нормами в разі виконання наступної умови

$$C_i \leq \text{ГДК}_i,$$

де  $C_i$  – концентрація забруднюючої речовини (іону), мг/л;

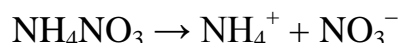
ГДК<sub>і</sub> – гранично допустима концентрація речовини (іону) для води господарсько-питного призначення, мг/л (табл. 2).

Таблиця 2 – Гранично допустимі концентрації іонів для води господарсько-питного призначення

Речовина (іон)	ГДК, мг/л
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,39
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,0

*Етапи виконання:*

Запишемо рівняння дисоціації нітрату амонію в воді:



Отже, оцінити відповідність водойми санітарно-токсикологічним нормам потрібно за концентрацією двох іонів: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Розглянемо розрахунок концентрації одного іону NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Для другого іону розрахунок проводиться аналогічно.

$$C_{\text{NH}_4^+} = \frac{m_{\text{NH}_4^+}}{V},$$

де  $C_{\text{NH}_4^+}$  – концентрація іонів NH<sub>4</sub><sup>+</sup> у водоймі, мг/л;

$m_{\text{NH}_4^+}$  – маса іонів NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, що знаходяться у водоймі, мг;

$V$  – об'єм води у водоймі, л,

$$V = V_1 + V_2,$$

де  $V_1$  – місткість водойми, л;

$V_2$  – об'єм дощових вод, що потрапили у водойму, л.

Для того, щоб визначити масу іонів NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, що знаходяться у водоймі, складемо пропорцію:

$$\frac{m_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{M_{\text{NH}_4\text{NO}_3}} = \frac{m_{\text{NH}_4^+}}{M_{\text{NH}_4^+}},$$

де  $m_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$  – маса нітрату амонію, занесеного у водойму, г;

$M_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$  – молярна маса нітрату амонію, г/моль;

$M_{\text{NH}_4^+}$  – молярна маса іону NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, г/моль;

$m_{\text{NH}_4^+}$  – маса іонів NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, що містяться у водоймі, г.

З пропорції знаходимо  $m_{\text{NH}_4^+}$ :

$$m_{NH_4^+} = \frac{m_{NH_4NO_3} \cdot M_{NH_4^+}}{M_{NH_4NO_3}}$$

Якщо виконуються умови:

$$\frac{C_{NH_4^+}}{ГДК_{NH_4^+}} \leq 1 \quad \text{та} \quad \frac{C_{NO_3^-}}{ГДК_{NO_3^-}} \leq 1,$$

то вода відповідає санітарно-токсикологічними нормам.

## Практичне заняття 5 – Визначення впливу повітряних ліній електропередач на навколишнє середовище

### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### Теоретичні відомості

Тривале знаходження протягом місяців і років людей в зоні ЛЕП, що випромінює електромагнітні коливання і створює електромагнітне поле, веде до негативних змін в організмі. Подібний стан викликає порушення в нервовій, серцево-судинній, ендокринній, статевій, гематологічній, імунній системах і збільшує небезпеку розвитку онкопатології. Саме тому для захисту людей від шкідливого впливу електромагнітного поля вздовж проходження високовольтної лінії мають встановлюватися санітарно-захисні зони, розмір яких встановлюється з урахуванням напруги ЛЕП.

Таблиця 1 – Допустима напруга електричного поля під ВЛ

Вид місцевості	Допустима напруженість (ГДУ), кВ/м
Важкодоступна місцевість (болота, гори)	20
Ненаселена місцевість	15
Перетини з дорогами	10
Населена місцевість	5
Житлові будинки	1,5

Таблиця 2 – Відстані від крайніх проводів ВЛ до найближчих будівель (санітарно-охоронна зона)

Напруга, кВ	Санітарно-охоронна зона, м
220	25
330	30
500	30
750	40



## **Розрахунок електричного поля повітряних ліній**

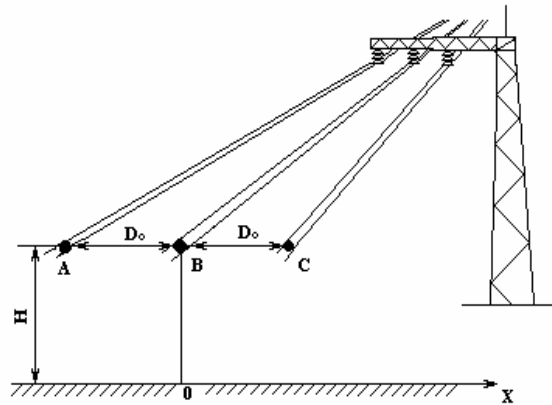


Рисунок 1 – Розрахункова схема електричного поля повітряних ліній, де А, В, С – дроти повітряної лінії відповідно фаз А, В, С

Напруга електричного поля, що створюється повітряними лініями на поверхні землі визначається за формулою 1:

$$E = \frac{C \cdot U}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left[ \frac{2 \cdot H}{(X - D_0)^2 + H^2} - \frac{H}{X^2 + H^2} - \frac{H}{(X + D_0)^2 + H^2} \right], \quad (1)$$

$E$  – напруга електричного поля, кВ/м,  
 $C$  – ємність одиниці довжини лінії, Ф/м,  
 $U$  – номінальна напруга, кВ,  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл·Н/м – діелектрична постійна,  
 $H$  – висота підвісу проводу, м,  
 $D_0$  – відстань між проводами, м,  
 $X$  – відстань до розрахункової точки, м.

Ємність одиниці довжини визначається за формулою:

$$C = \frac{24 \cdot 10^{-12}}{\lg\left(\frac{2 \cdot D_0}{d}\right)}, \quad (2)$$

де  $d$  – діаметр проводу, м.

## **Розрахунок шуму повітряних ліній**

Допустимий рівень шуму на території, що безпосередньо прилягає до житлових будинків, складає 45 дБА.

Рівень звуку на відстань 100 м від крайньої фази в залежності від напруги поля на проводах визначається за формулою:

$$L = 20 + 0,0111 \cdot E_{\max} + 900 \cdot r + 15 \cdot \lg n - 20 \cdot \lg B, \quad (3)$$

L – рівень звуку, дБА,

$E_{\max}$  – діюче значення максимальної напруженості на поверхні проводу, кВ/м,

r – радіус проводу, м,

n – число проводів у фазі,

V – відстань від крайньої фази.

Максимальна напруженість на поверхні проводу визначається за формулою:

$$E_{\max} = \frac{C \cdot U}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r} \quad (4)$$

### ***Завдання до практичної роботи***

1) Розрахувати для заданого варіанта напругу електричного поля, створюваного повітряною лінією електропередач в точках з координатами X = 0, 10, 20, 30, 40, 50 м. Порівняти отримані значення з допустимими величинами (табл. 1).

2) Визначити в якій місцевості можна прокласти дану лінію електропередач. Побудувати графік  $E = f(X)$ .

3) Розрахувати шум на відстані 100 м від крайньої фази повітряної лінії. Зробити висновок про можливість прокладки ВЛ поблизу житлових будинків, для яких допустимий рівень шуму становить 45 дБА.

## **Практичне заняття 6 – Розрахунок електромагнітного випромінювання, що створюється телевізійною станцією**

### **План заняття**

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### ***Теоретичні відомості***

#### **Нормування електромагнітного випромінювання.**

Санітарні правила і норми СанПіН 2.2.4.1191-03 «Електромагнітні поля у людей електромагнітних випромінювань у діапазоні частот 30 кГц – 300 ГГц.

Таблиця 1 – Гранично допустимі рівні ЕМВ, що створюються телевізійними станціями

Частота, МГц	ГДР, В/м
30-60	5
60-120	4
120-240	3
240-300	2,5

При одночасному опроміненні від декількох джерел, для яких встановлено різні ГДР, має дотримуватися така умова:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \left( \frac{E_i}{\text{ГДР}_i} \right)^2 \leq 1, \quad (1)$$

де  $E_i$  – напруженість електричного поля, створюваного  $i$ -джерелом, В/м,  
 $\text{ГДР}_i$  – гранично-допустимий рівень для  $i$ -джерела, В/м.

Для захисту населення від ЕМВ потужних телерадіостанцій (понад 100 кВт) короткохвильового діапазону, вони повинні розміщуватися за межами населених місць, поодаль від житлової забудови.

Навколо телерадіостанцій створюють санітарно-захисні зони (СЗЗ), розміри яких повинні забезпечувати ГДР ЕМВ у населених місцях (табл. 2).

Таблиця 2 – Розміри СЗЗ

Сумарна потужність передавача, кВт	Розміри санітарної зони, м
до 10	у межах технічної території
10-75	200-300
75-160	400-500
більш ніж 160	500-1000

СЗЗ розділяється на зону строгого режиму (50-100 м) і зону обмеженого користування в залежності від потужності передавача. У зоні суворого режиму допускається перебування тільки працівників передавальної станції, і обмежений час. У зоні обмеженого користування можна розташовувати об'єкти, в яких громадяни могли б перебувати < 8 годин (гаражі, господарсько-побутові приміщення та ін.).

### **Визначення напруженості електричного поля в розрахунковій точці**

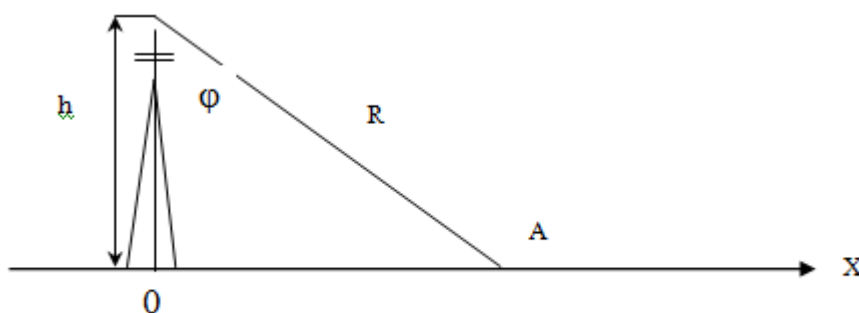


Рисунок 1

Електрична напруженість ЕМВ в розрахунковій точці А визначається за формулою:

$$W = \bar{E} \cdot \bar{H} = \frac{E^2}{377} = \frac{P \cdot \varphi}{4 \cdot \pi \cdot R^2}, \quad (2)$$

$$E = \sqrt{\frac{30 \cdot P \cdot \varphi}{h^2 + x^2}}, \quad (3)$$

де  $P$  – потужність джерела, Вт  
 $\varphi$  – коефіцієнт спрямованості антени, рад

$$\varphi = \arctg \frac{x}{h} \quad (4)$$

де  $R$  – відстань від антени до розрахункової точки, м  
 $h$  – висота антени, м  
 $x$  – відстань від основи антени до розрахункової точки, м.  
Електрична напруженість ЕМВ у житловому приміщенні визначається за формулою:

$$E^* = k \cdot E \quad (5)$$

де  $k$  – ослаблення ЕМВ стінами будівлі,  
 $k = 1$  для цегляних стін;  
 $k = 0,2$  для панельних стін.

### ***Завдання для практичної роботи***

1) Розрахувати електричну напруженість ЕМВ, що створюється телевізійними передавальними антенами, в міру віддалення від телецентру ( $X = 0$ ,  $X = 50$ ,  $X = 70$ ,  $X = 100$ ,  $X = 150$ ,  $X = 200$ ,  $X = 250$ ,  $X = 300$ ). Побудувати графік  $\alpha = f(x)$ . Визначити на якій відстані електрична напруженість зменшується до ГДР (табл. 1).

2) Визначити розмір санітарної зони за табл. 2 і визначити напруженість електричного поля всередині житлового будинку, розташованого на межі санітарної зони і порівняти з ГДР.

## **Практичне заняття 7 – Розрахунок забруднення атмосферного повітря технологічними викидами**

### **План заняття**

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### Теоретичні відомості

При проектуванні промислових підприємств потрібно, відповідно до Санітарних норм СН 245-71, проводити розрахунок забруднення атмосферного повітря технологічними викидами. Розрахунок проводять з метою визначення забруднення атмосферного повітря населених пунктів і промислових майданчиків. Отримані розрахунковим шляхом концентрації шкідливих речовин в повітрі, порівнюють з величиною гранично-допустимих концентрацій цих речовин у повітрі робочої зони промислових підприємств (ГДК<sub>рз</sub>) і середньодобової гранично-допустимої концентрації шкідливої речовини в повітрі населених пунктів (ГДК<sub>сд</sub>), які вказані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Шкідлива речовина	Хімічна формула	ГДК <sub>рз</sub>	ГДК <sub>сд</sub>
Азоту двоокис	NO <sub>2</sub>	5	0.085
Алюмінія оксид	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	0.02
Аміак	NH <sub>3</sub>	20	0.2
Ацетон	CH <sub>3</sub> COOH <sub>3</sub>	200	0.35
3,4 бензпірен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.00015	10 <sup>-6</sup>
Зеліза оксид	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6	0.04
Пил SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	2	0.05
Мідь	Cu	0.5	0.002
Нікель	Ni	0.5	0.001
Озон	O <sub>3</sub>	0.1	0.03
Сажа	C	4	0.05
Свинець	Pb	0.007	0.003
Сірки двоокис	SO <sub>2</sub>	10	0.05
Сірчана кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	0.1
Сірководень	H <sub>2</sub> S	10	0.008
Вуглецю оксид	CO	20	1
Фтористий водень	HF	0.5	0.005
Хромовий ангідрид	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.0015

При перевищенні цих концентрацій необхідно передбачити заходи щодо зниження рівня забруднення, наприклад, підвищення ефективності очисних пристроїв, спорудження газоочисних установок, досконалість технологічних процесів і установок, збільшення висоти труб, зменшення викиду сусідніх підприємств.

При розрахунку забруднення враховується всі одночасно діючі джерела шкідливих викидів, а також існуючий фон забруднення. При розрахунку ступеня забруднення необхідно враховувати виникнення поблизу будівель при обтіканні їх повітряним потоком циркуляційних зон (замкнутих, погано провітрюваних). З цієї точки зору промислові будівлі діляться на два типи – вузькі і широкі.

Будівля вважається вузькою, якщо її ширина не перевищує 2,5 висоти будівлі ( $B < 2,5 \cdot H_0$ ). При обтіканні повітряним потоком вузького будинку над ним і за ним виникає єдина циркуляційна зона, яка поширюється від підвітряного боку будівлі на відстань шість його висот ( $6 \cdot H_0$ ). Висота цієї зони в середньому становить  $1,8 \cdot H_0$  (рис. 1, а).

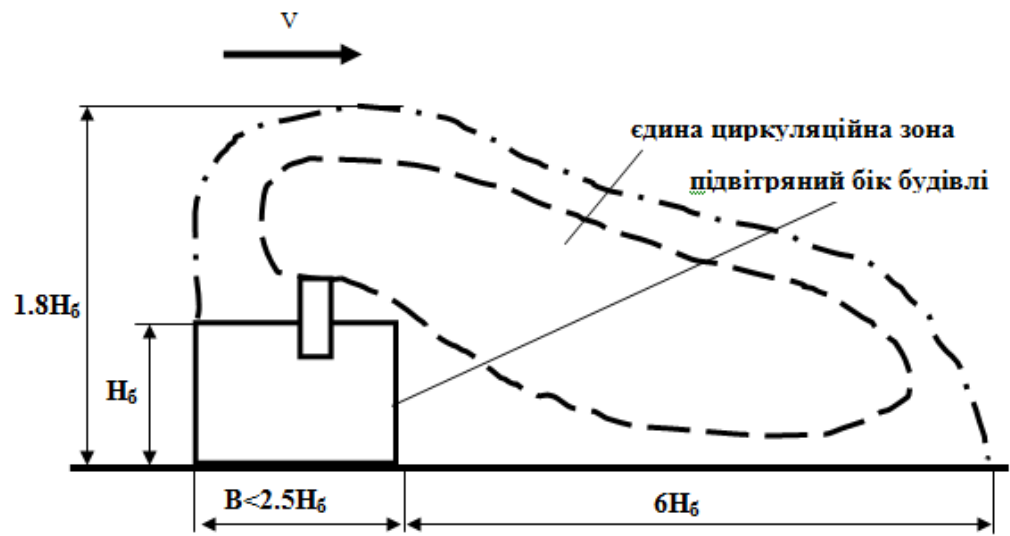


Рис. 1(а) Вузька будівля

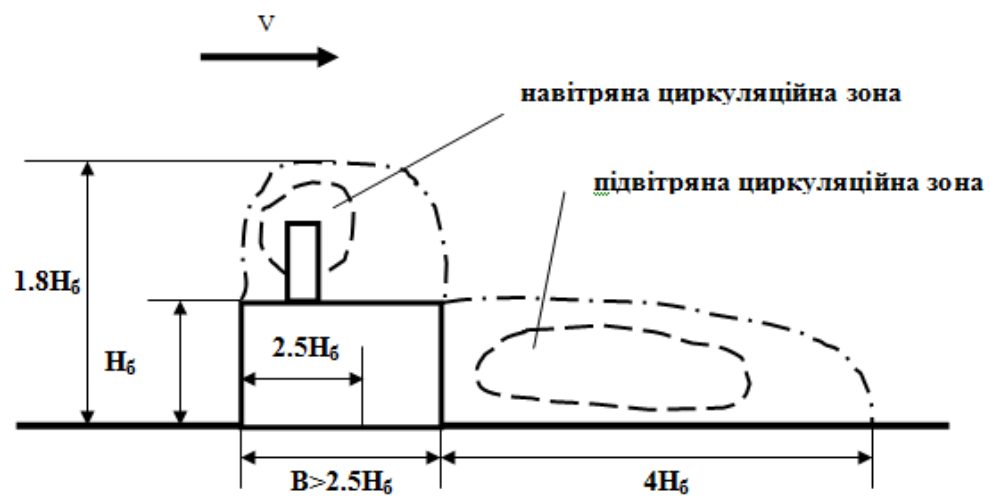


Рис.1(б) Широка будівля

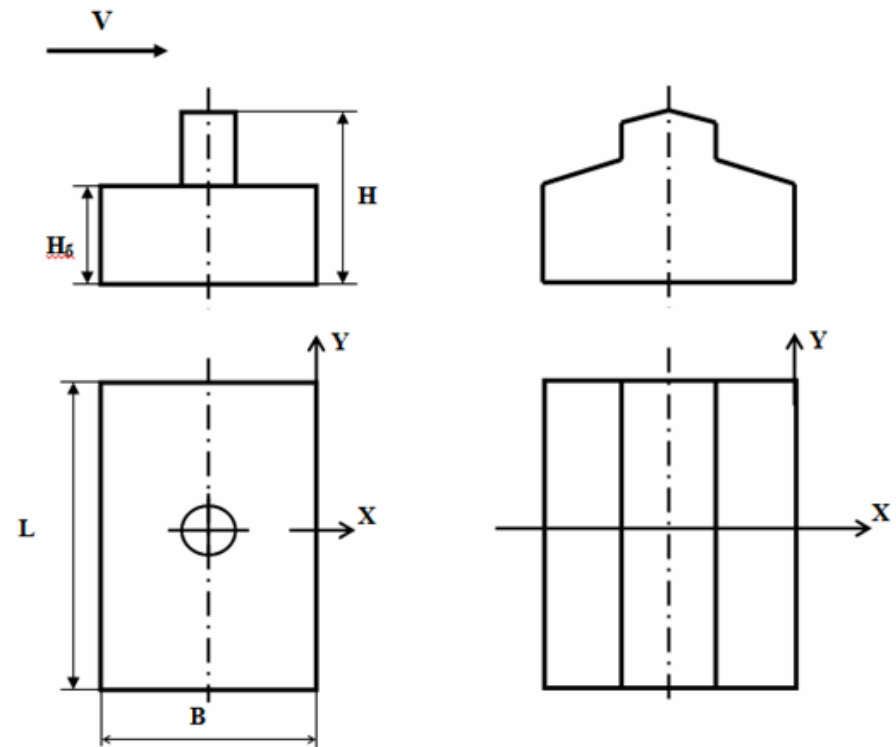


Рис 2(а)

Рис. 2(б)

Будівля вважається широкою, якщо її ширина перевищує 2,5 висоти будівлі ( $B > 2,5 \cdot H_6$ ). При обтіканні повітряним потоком широкої будівлі над ним виникає навітряна циркуляційна зона, довжиною  $2,5 H_6$  і висотою  $0,8 \cdot H_6$ , а за ним підвітряна циркуляційна зона, довжиною  $4 \cdot H_6$  і висотою близько  $H_6$  (рис. 1, б).

Джерела викиду шкідливих речовин можуть бути точковими і лінійними. Точкове джерело – окрема труба (рис. 2, а). Лінійне джерело – аераційні ліхтарі будівлі, близько розташовані шахти і труби (рис. 2, б).

Розрахунок концентрації шкідливих речовин ведуть з урахуванням виду будівлі – вузька або широка, виду джерела шкідливих викидів – точкове або лінійчате. За розрахунковий беруть напрямок вітру перпендикулярний поздовжній стороні будівлі.

<b>Вузька окремо розташована будівля</b>		
Джерело	Зона розрахунку	Розрахункові формули
Точкове	$0 \leq X \leq 6 H_6$	$C = \frac{13 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left( \frac{0,6}{H_6 \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1,4 \cdot L + B + X)^2} \right)$
	$X > 6 H_6$	$C = \frac{55 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot (1,4 \cdot L + B + X)^2}$
Лінійне	$0 \leq X \leq 6 H_6$	$C = \frac{2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot H_6}$
	$X > 6 H_6$	$C = \frac{7,2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$
<b>Широка окремо стояча будівля</b>		
Джерело	Зона розрахунку	Розрахункові формули
Точкове	$0 \leq X \leq 4 H_6$	$C = \frac{5,6 \cdot M \cdot k \cdot m \cdot S_1}{V \cdot L \cdot H_6}$
	$X > 4 H_6$	$C = \frac{15 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot L \cdot (B + X)}$
Лінійне	$0 \leq X \leq 4 H_6$	$C = \frac{2,8 M \cdot m \cdot K}{V \cdot L \cdot H_6}$
	$X > 4 H_6$	$C = \frac{7,2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

**Умовні позначення:**

C – концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>

M – маса шкідливих речовин, що викидаються джерелом в атмосферу в одиницю часу, г/с

K – безрозмірний коефіцієнт, що враховує підвищення гирла джерела на рівень забруднення (при викиді в навітряну або єдину циркуляційну зону, K = 1)

V – розрахункова сила вітру, V = 1 м/с

H<sub>6</sub> – висота будівлі, м

L – довжина будівлі, м

B – ширина будівлі, м

X – відстань від підвітряного боку будівлі до розрахункової точки, м

$S_1$  – понижуючий коефіцієнт, що дозволяє визначити концентрації шкідливих речовин на відстані.

$$S_1 = e^{\frac{-30y^2}{(1.4L+B+X)^2}}$$

$m$  – безрозмірний коефіцієнт, що показує, яка кількість виділених джерелом домішок бере участь в забрудненні атмосфери ( $m = 1$ ).

### **Завдання до роботи**

1. Перевірити можливість розміщення приймальних отворів систем припливної вентиляції в точках з координатами А (0,0), Б (0,L/4). Для цього розраховується концентрація трьох речовин в цих точках. Необхідною умовою є виконання співвідношення:

$$C_A + C_\Phi \leq 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{РЗ}}$$

$$C_B + C_\Phi \leq 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{РЗ}}$$

Результати розрахунку занести до таблиці 2.

Таблиця 2

	$C_1 + C_{\Phi 1}$	$C_2 + C_{\Phi 2}$	$C_3 + C_{\Phi 3}$
А (0,0)			
Б (0,L/4)			
0,3 ПДК <sub>РЗ</sub>			

2. Визначити зміни концентрації шкідливих речовин в залежності від відстані до будівлі на осі факела (по осі X). Розрахунок зробити для 7 точок:  $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 50$ ,  $X_3 = 100$ ,  $X_4 = 150$ ,  $X_5 = 200$ ,  $X_6 = 250$ ,  $X_7 = 300$ . Результати розрахунку занести в таблицю 3.

Побудувати графіки залежності  $C = f(X)$ . На графіку також провести лінію – ГДК<sub>сд</sub>. Порівняти розрахункові концентрації з ГДК<sub>сд</sub>.

Таблиця 3

X, Y=0	$C_1 + C_{\Phi 1}$	$C_2 + C_{\Phi 2}$	$C_3 + C_{\Phi 3}$
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
ГДК <sub>сд</sub>			

3. Визначити можливість розташування житлових будинків на кордоні санітарної зони, розміром 1000 м. Результати розрахунку занести в таблицю 4.



Таблиця 4

X, Y=0	$C_1+C_{\Phi 1}$	$C_2+C_{\Phi 2}$	$C_3+C_{\Phi 3}$
1000			
ГДК <sub>сд</sub>			

4. Визначити на якій відстані від джерела викиду можна будувати житлові будинки. Результати розрахунку занести в таблицю 5.

Необхідна умова:

$$C_i + C_{\Phi i} = \text{ГДК}_{\text{сд}i}$$

Таблиця 5

X <sub>1</sub> =	
X <sub>2</sub> =	X <sub>max</sub> =
X <sub>3</sub> =	

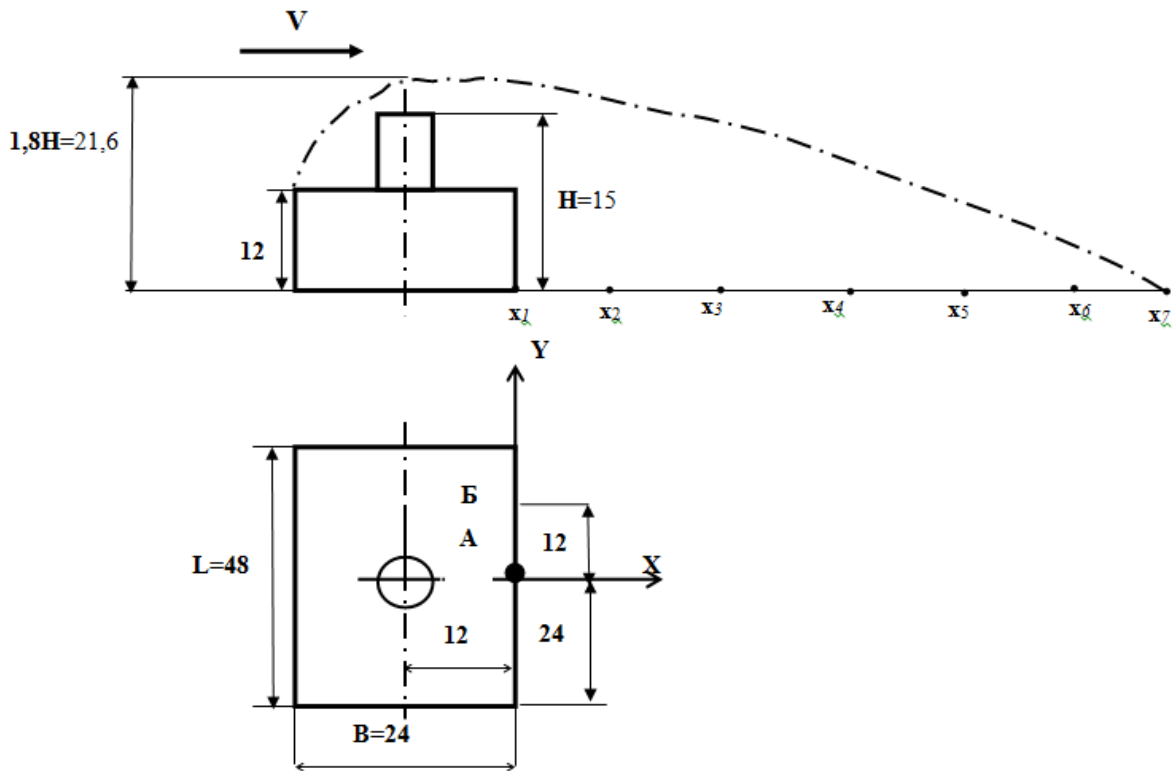


Рисунок 3 – Схема до розрахунку

## Практичне заняття 8 – Розрахунок висоти осаду на піщаному фільтрі

### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 35 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 35 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

## ***Теоретичні відомості***

Очищення природної води або водоочищення – оброблення природної води з метою покращання її якості, необхідної для водопостачання, за допомогою механічних, хімічних, фізичних та біологічних методів. Вимоги, що ставляться до якості води, залежать від її призначення: для господарсько-питного водопостачання, промислових цілей або енергетичних установок.

До найпоширеніших прийомів очищення природної води належать:

1. прояснення
2. знебарвлення (усунення мутності та колірності води) шляхом відстоювання (у відстійниках)
3. фільтрування (у водопровідних фільтрах), знезаражування (хлорування, озонування тощо), пом'якшення, опріснення.

Поверхневі води природних джерел до подавання у водопровід прояснюють через видалення завислих та колоїдних частинок (коагуляцією, відстоюванням, фільтруванням), знебарвлюють та знезаражують (рідким хлором, хлорним вапном, озоном).

*Фільтр* – пристрій, прилад або речовина для відокремлення потоку (рідини, газу, інформації, сигналу тощо) за його певними характеристиками від непотрібних домішок.

Очистка малоконцентрованих суспензій проводиться в більшості випадків на швидких фільтрах, які є заключною стадією в двоступеневих реагентних схемах прояснення та знебарвлення води.

*Швидкі фільтри* – це ємності, в які засипають важку (таку, що тоне у воді) засипку: кварцовий пісок, антрацит, подрібнений або не подрібнений керамзит, аглопорит, вулканічні та попалені породи, тощо. Фільтр працює так: протягом 1...3 діб у фільтрі постійно чергуються режими фільтрування і промивки. В режимі фільтрування завись затримується засипкою, в режимі промивки забруднення вимиваються зворотнім потоком чистої води і скидаються в каналізацію.

### ***Приклад практичного завдання***

Протягом доби через піщаний фільтр пропускають річкову воду для одержання питної води. Об'ємна витрата води на виході з фільтру становить  $20 \text{ м}^3/\text{год.}$ , концентрація зважених речовин на вході в фільтр –  $8 \text{ мг/дм}^3$ , на виході –  $1 \text{ мг/дм}^3$ . Щільність зважених речовин складає  $0,9 \text{ г/см}^3$ . Визначити висоту осаду на піщаному фільтрі, який накопичується внаслідок очищення річкової води за добу, якщо діаметр фільтру  $0,7 \text{ м}$ .

## **Практичне заняття 9 – Виїзне заняття на підприємстві важкої промисловості**

### **План заняття**

- |      |   |         |
|------|---|---------|
| 1.   | Вибуття на підприємство   | 45 хв.  |
| 2.   | Основна частина   | 150 хв. |
| 2.1. | Ознайомлення з особливостями роботи екологічної служби підприємства | 40 хв.  |

- 2.2. Ознайомлення з основними джерелами забруднення навколишнього середовища на підприємстві, технологіями захисту довкілля 110 хв.
3. Вибуття до університету 45 хв.

#### Загальні методичні вказівки:

##### У вступі:

1. Перевірити готовність студентів, курсантів до заняття, оголосити тему заняття, його мету, перевірити наявність списків із заходів безпеки.

##### В основній частині:

1. Вказати на важливість заняття.
2. Ознайомлення з особливостями роботи екологічної служби підприємства.
3. Ознайомлення з основними джерелами забруднення навколишнього середовища на підприємстві, технологіями захисту довкілля.

##### У заключній частині:

1. Підвести підсумки заняття, зробити висновки, відповісти на питання аудиторії, подякувати адміністрації підприємства за проведене заняття.
2. Надати команду щодо організованого убуття до університету.

### **Практичне заняття 10 – Визначення забезпечення очисною спорудою необхідного ступеня очищення газових викидів**

#### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 35 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 35 хв.
4. Заклучна частина – 5 хв.

#### ***Приклад практичного завдання***

Визначити, чи забезпечує очисна споруда (абсорбер) необхідну ступінь очищення газових викидів від зважених речовин водою за умов: витрата газових викидів –  $19 \text{ м}^3/\text{год.}$ , витрата води на очищення –  $5 \text{ м}^3/\text{год.}$ , концентрація зважених речовин у газовому потоці до очищення становить  $43 \text{ мг/м}^3$ , у стічній воді після очисної споруди  $160 \text{ мг/м}^3$ . ГДК зважених речовин в очищеному газі –  $5 \text{ мг/м}^3$ .

### **Практичне заняття 11 – Виїзне заняття на підприємстві легкої промисловості**

#### План заняття

1. Вибуття на підприємство 45 хв.

2.	Основна частина	150 хв.
2.1.	Ознайомлення з особливостями роботи екологічної служби підприємства	40 хв.
2.2.	Ознайомлення з основними джерелами забруднення навколишнього середовища на підприємстві, технологіями захисту довкілля	110 хв.
3.	Вибуття до університету	45 хв.

#### Загальні методичні вказівки:

##### У вступі:

2. Перевірити готовність студентів, курсантів до заняття, оголосити тему заняття, його мету, перевірити наявність списків із заходів безпеки.

##### В основній частині:

4. Вказати на важливість заняття.

5. Ознайомлення з особливостями роботи екологічної служби підприємства.

6. Ознайомлення з основними джерелами забруднення навколишнього середовища на підприємстві, технологіями захисту довкілля.

##### У заключній частині:

4. Підвести підсумки заняття, зробити висновки, відповісти на питання аудиторії, подякувати адміністрації підприємства за проведене заняття.

Надати команду щодо організованого убуття до університету.

### **Практичне заняття 12 – Визначення ступеня розбавлення стічної води для подачі на біологічні очисні споруди**

#### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.

2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 35 хв.

3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 35 хв.

4. Заключна частина – 5 хв.

#### ***Приклад практичного завдання***

Визначити, скільки технічної води необхідно додати до стічної води, яка утворилася при очищенні газового потоку від домішок за умов: витрата газового потоку на очищення –  $14 \text{ м}^3/\text{год.}$ , концентрація домішок на вході в абсорбер –  $20 \text{ мг/дм}^3$ , на виході –  $3 \text{ мг/дм}^3$ , витрата води на промивку газів –  $5 \text{ м}^3/\text{год.}$ , стічна вода виводиться у біологічні споруди (БОС), допустима концентрація домішок у стічних водах для подачі в БОС –  $4,5 \text{ мг/дм}^3$ .

## Практичне заняття 13 – Розрахунок параметрів відстійника

### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 35 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 35 хв.
4. Заклучна частина – 5 хв.

### Теоретичні відомості

**Відстійники** – резервуари або басейни для виділення з рідини зважених домішок осадженням їх під дією сили тяжіння при зниженій швидкості потоку.

Відстійники розрізняють:

- за характером роботи – безперервної або періодичної дії;
- за способом видалення наносів – з гідравлічним промиванням, з механічним очищенням і комбіновані;
- по числу камер – однокамерні і багатоканерні,
- залежно від напрямку основного потоку води в них – горизонтальні, вертикальні і радіальні.

Видалення осаду з **горизонтальних відстійників** зазвичай здійснюється за допомогою перфорованих коробів або труб, що укладаються по дну відстійника.

**Вертикальні відстійники** служать для осадження коагульованої суспензії на очисних станціях продуктивністю до 3 тис. м<sup>3</sup>/добу.

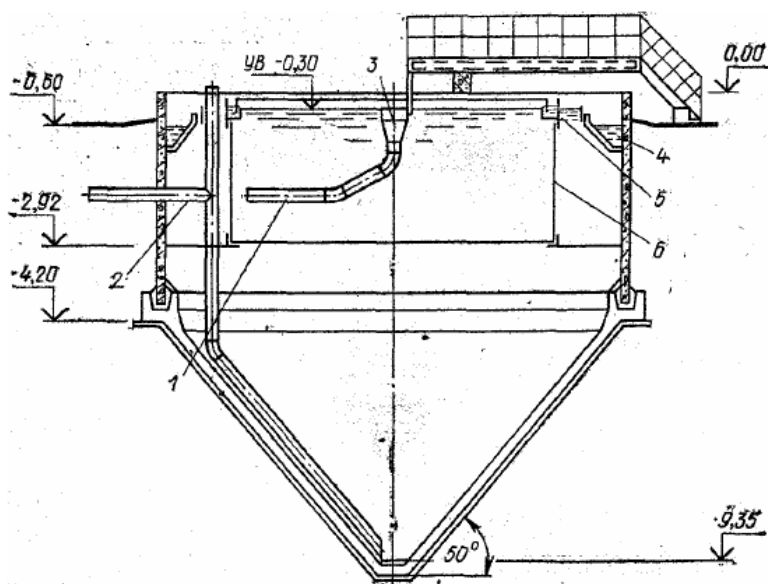


Рисунок 2 – Первинний вертикальний відстійник зі спадаюче-висхідним потоком: 1 – трубопровід для видалення плаваючих речовин; 2 – трубопровід для видалення осаду; 3 – приймальна воронка для відводу речовин, що плавають; 4 – периферійний лоток для збору освітленої води; 5 – зубчастий водозлив; 6 – кільцева напівзаглибна перегородка

**Радіальні відстійники** зазвичай застосовують на великих водоочисних станціях для попереднього освітлення дуже каламутних вод (каламутність більше 2 г/л), а також для очищення води в системах оборотного промислового водопостачання; вони обладнуються скребковими механізмами для безперервного видалення осаду.

#### ***Приклад завдання для розрахунку параметрів радіального відстійника***

Визначити продуктивність, площу осадження і геометричні розміри циліндричного безперервно діючого відстійника для освітлення  $G_c = 3$  кг/с суспензії стічної води концентрацією твердої фази  $x_c = 4\%$  і згущення її до  $x_{oc} = 20\%$ , якщо швидкість стиснутого осадження частинок  $w = 1,5 \cdot 10^{-4}$  м/с, вміст твердої фази в освітленій воді  $x_o = 0$ , щільність освітленої води  $\rho_o = 1080$  кг/м<sup>3</sup>.

### **Практичне заняття 14 – Оцінка рівня викидів шкідливих речовин в атмосферу**

#### **План заняття**

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

#### ***Практичне завдання***

Для промислового підприємства, розташованого на рівній місцевості:

- 1) розрахувати величину максимальної концентрації шкідливої речовини у земної поверхні, що прилягає до підприємства, при викиді з труби нагрітої газоповітряної суміші;
- 2) визначити відстань від джерела викиду, на якій досягається величина максимальної приземної концентрації шкідливих речовин (по осі факела);
- 3) визначити фактичну концентрацію шкідливої речовини біля поверхні землі з урахуванням фонового забруднення повітря і дати оцінку розрахованого рівня забруднення повітря в приземному шарі промисловими викидами шляхом порівняння з середньодобовою гранично допустимою концентрацією (ГДК);
- 4) визначити небезпечну швидкість вітру і розрахувати значення приземних концентрацій шкідливих речовин в атмосфері по осі факела викиду на відстанях 50 м і 500 м від джерела викиду;
- 5) розрахувати гранично допустимий викид шкідливої речовини.

#### ***Вказівки до виконання завдання***

1. Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>, при викиді нагрітої газоповітряної суміші з одиночного джерела при несприятливих метеорологічних умовах визначити за формулою

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

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери і визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (приймаємо 140).

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (для газоподібних шкідливих речовин  $F = 1$ );

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (в разі рівній місцевості  $\eta = 1$ );

$m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, що обчислюються відповідно до п. б).

Для визначення  $C_m$  необхідно:

а) розрахувати середню лінійну швидкість  $w_0$ , м/с, виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду

$$w_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2};$$

б) значення коефіцієнтів  $m$  і  $n$  визначити в залежності від параметрів  $f$  і  $v_m$ :

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

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

в) коефіцієнт  $m$  визначити в залежності від  $f$  за формулою

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

г) коефіцієнти  $n$  і  $d$  для п.2 визначити в залежності від величини  $v_m$

при $v_m \geq 2$	$n = 1;$	$d = 7 \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f})$
при $0,5 \leq v_m < 2$	$n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13;$	$d = 4,95 v_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f})$
при $v_m < 0,5$	$n = 4,4 v_m;$	$d = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f})$

2. При несприятливих метеорологічних умовах максимальна приземна концентрація шкідливих речовин досягається на відстані від джерела викиду

$$X_m = (5 - F) \cdot d \cdot H / 4 \text{ м.}$$

Вищенаведені формули для розрахунку  $C_m$  і  $X_m$  справедливі за небезпечної швидкості вітру:

$$u_m = 0,5 \text{ м/с, якщо } v_m \leq 0,5$$

$$u_m = v_m, \text{ якщо } 0,5 < v_m \leq 2$$

$$u_m = v_m (1 + 0,12 \sqrt{f}) \text{ для нагрітих викидів при } v_m > 2.$$

3. Значення приземних концентрацій шкідливих речовин  $C_X$  в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях від джерела викиду при небезпечній швидкості вітру визначається за формулою  $C_X = S_1 \cdot C_M$ , де  $S_1$  – безрозмірна величина, яка визначається в залежності від співвідношення  $X/X_M$ .

При  $X / X_M \leq 1$

$$S_1 = 3(X/X_M)^4 - 8(X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2$$

При  $1 \leq X/X_M \leq 8$

$$S_1 = 1,13 / (0,13(X/X_M)^2 + 1).$$

Таблиця – Гранично допустима концентрація шкідливої речовини

Назва речовини	Клас небезпеки	ГРДК, мг/м <sup>3</sup>	
		максимально разова	середньодобова
Азоту оксид NO	3	0,6	0,06
Вуглецю оксид CO	4	5,0	3,0
Азоту діоксид NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,04
Сірки діоксид SO <sub>2</sub>	3	0,5	0,05

## Практичне заняття 15 – Розрахунок показників скидів стічних вод підприємств у водойми

### План заняття

1. Вступна частина – 5 хв.
2. Пояснення щодо практичного завдання. Розгляд прикладу розрахунку – 75 хв.
3. Практична робота студентів над самостійним розрахунком згідно індивідуального варіанту – 75 хв.
4. Заключна частина – 5 хв.

### Теоретичні відомості

Технологічний цикл одного з підприємств вимагає споживання значної кількості води. Джерелом є розташована недалеко від підприємства річка. Пройшовши технологічний цикл, вода майже повністю повертається в річку у вигляді стічних вод промислового підприємства. Залежно від профілю підприємства стічні води можуть містити найрізноманітніші шкідливі за санітарно-токсикологічною ознакою хімічні компоненти. Їх концентрація, як правило, у багато разів перевищує концентрацію цих компонентів в річці. На деякій відстані від місця скидання стічних вод вода річки береться для потреб місцевого водокористування самого різного характеру (наприклад, побутового, сільськогосподарського). У задачі необхідно обчислити концентрацію найбільш шкідливого компонента після розведення водою річки стічної води підприємства в місці водокористування і простежити зміну цієї концентрації за фарватером річки. А також визначити гранично допустимий скид (ГДС) за заданим компонентом у стоці.

Характеристика річки: швидкість течії –  $V$ , середня глибина на ділянці –  $H$ , відстань до місця водокористування –  $L$ , витрата води водотоку в місці водозабору –  $Q$ , крок, з яким необхідно простежити зміну концентрації токсичного компонента за фарватером річки –  $LS$ . Характеристика стоку:



шкідливий компонент, витрата води підприємством (обсяг стічної води) –  $q$ , концентрація шкідливого компонента –  $C$ , гранично допустима концентрація – ГДК.

#### Методика розрахунку

Багато факторів: стан річки, берегів і стічних вод впливають на швидкість переміщення водних мас і визначають відстань від місця випуску стічних вод (СВ) до пункту повного змішування. Випуск у водойми стічних вод повинен, як правило, здійснюватися таким чином, щоб була забезпечена можливість повного змішування стічних вод з водою водойми в місці їх спуску (спеціальні випуски, режими, конструкції). Однак доводиться зважати на той факт, що на деякій відстані нижче спуску СВ змішування буде неповним. У зв'язку з цим реальна кратність розведення в загальному випадку визначається за формулою:

$$K = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q},$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт, ступінь розведення стічних вод у водоймі.

Умови спуску стічних вод у водойму прийнято оцінювати з урахуванням їх впливу у найближчого пункту водокористування, де слід визначати кратність розведення. Розрахунок ведеться за формулами:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + (Q/q) \cdot \beta}; \quad \beta = \text{EXP}(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}),$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує гідрологічні фактори змішування.

$L$  – відстань до місця водозабору.

$$\alpha = \varepsilon \cdot (L_{\phi}/L_{np}) \cdot \sqrt[3]{D/q},$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт, що залежить від місця стоку води в річку: при випуску біля берега  $\varepsilon = 1$ , при випуску в стрижень річки (місце найбільших швидкостей)  $\varepsilon = 1,5$ ;  $L_{\phi}/L_{np}$  – коефіцієнт звивистості річки, що дорівнює відношенню відстані за фарватером повної довжини русла (від випуску СВ до місця найближчого водозабору) до відстані між цими двома пунктами по прямій;  $D$  – коефіцієнт турбулентної дифузії,

$$D = \frac{V \cdot H \cdot g}{2 \cdot m \cdot c},$$

де  $V$  – середня швидкість течії, м/с;  $H$  – середня глибина, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $m$  – коефіцієнт Буссінського, що дорівнює 24;  $c$  – коефіцієнт Шезі, який вибирають за таблицями. Однак в даному завданні передбачається, що досліджувані річки є рівнинними, тому справедливо наближення

$$D = \frac{V \cdot H}{200}$$

Реальна концентрація шкідливого компонента в водоймі в місці найближчого водозабору обчислюється за формулою:

$$C_v = C / K.$$

Ця величина не повинна перевищувати ГДК (гранично допустима концентрація).

Необхідно також визначити, яка кількість забруднюючих речовин може бути скинута підприємством, щоб не перевищувати нормативи. Розрахунки проводяться тільки для консервативних речовин, концентрація яких в воді змінюється тільки шляхом розведення, за санітарно-токсілогічним показником шкідливості. Розрахунок ведеться за формулою:

$$C_{ст.гран.} = K \cdot ПДК,$$

де  $C_{ст.гран.}$  – максимальна (гранична) концентрація, яка може бути допущена в СВ або той рівень очищення СВ, при якому після їх змішування з водою у першого (розрахункового) пункту водокористування ступінь забруднення не перевищує ГДК.

Гранично допустимий скид розраховується за формулою:

$$ГДС = C_{ст.гран.} \cdot q / C.$$

Далі необхідно побудувати графік функції розподілу концентрації шкідливого компонента в залежності від відстані до місця скидання СВ по руслу річки з кроком  $LS$ , зазначеним у варіанті:  $F = C(L)$ .

У результаті обчислень повинні бути отримані наступні характеристики СВ

- кратність розведення  $K$ ;
- концентрація в місці водозабору –  $C_v$ , мг/л;
- висока концентрація у стоці –  $C_{ст.гран.}$ , мг/л;
- гранично допустимий стік – ГДС, мг/с;
- графік функції  $F = C(L)$ .

Розробник:

Завідувач кафедрою ОП та ТЕБ

к.т.н. доцент

М.В. Сарапіна