



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності

03-09-70

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни

«Промислова екологія»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою 263 «Цивільна безпека»
спеціальності «Цивільна безпека»
денної та заочної форми навчання



Рекомендовано
науково – методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 2 від 21.11.2019 р.

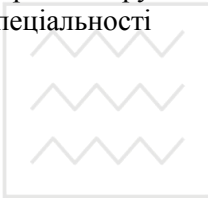


Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Промислова екологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою 263 «Цивільна безпека» спеціальності «Цивільна безпека» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Филипчук В. Л., Богданенко О. В. – Рівне : НУВГП, 2019. – 52 с.

Укладачі: Филипчук В. Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності; Богданенко О. В., старший викладач кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Відповідальний за випуск: Филипчук В. Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Керівник групи забезпечення спеціальності



Макаренко Р. М.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

© Филипчук В. Л.,
Богданенко О. В., 2019
© НУВГП, 2019



Вступ.....	4
Правила виконання лабораторних робіт.....	4
Безпека праці під час виконання лабораторних робіт.....	4
Лабораторна робота № 1 «Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води».....	6
Лабораторна робота № 2 «Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі».....	12
Лабораторна робота № 3 «Визначення дози лужного реагенту для осадження важких металів».....	17
Лабораторна робота № 4 «Визначення витрати струму для електрохімічної очистки води від іонів шестивалентного хрому».....	22
Лабораторна робота № 5 «Визначення вмісту токсичних газів та пари у повітрі промислових підприємств».....	27
Лабораторна робота № 6«Дослідження запиленості повітряного середовища у виробничих приміщеннях».....	34
Лабораторна робота № 7«Дослідження шуму у виробничих приміщеннях».....	40
Лабораторна робота № 8 «Дослідження вібрації у виробничих приміщеннях».....	46



Вступ

Мета лабораторних робіт з дисципліни «Промислова екологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою 263 «Цивільна безпека» полягає в ознайомленні студентів з основними технологіями очистки води та повітря від забруднюючих домішок та вимірюванням їх фізико-хімічних показників.

Правила виконання лабораторних робіт

Перед лабораторним заняттям студент повинен вивчити рекомендований теоретичний матеріал та переписати хід роботи в лабораторний зошит. В зошиті необхідно також відмітити умови проведення дослідів, а також записати рівняння хімічних реакцій, розрахункові формули та таблиці. Роботи в лабораторії виконуються студентами у складі робочих бригад. За кожною бригадою на весь час роботи закріплюється певне робоче місце.

Дані методичні вказівки містять опис кожної лабораторної роботи, вказівки до виконання математичного обчислення результатів експерименту, зміст звіту. Опису кожної лабораторної роботи передують короткі теоретичні відомості. Наприкінці роботи наведено перелік рекомендованої літератури. До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після вивчення теоретичного матеріалу й опрацювання методичних вказівок до майбутньої роботи.

Після виконання роботи студент записує результати експериментів в зошит з лабораторних робіт, який перевіряє й підписує викладач. В період часу, виділеного для проведення лабораторної роботи, студент зобов'язаний виконати лабораторну роботу, оформити письмовий звіт з лабораторної роботи і захистити її.

Безпека праці під час виконання лабораторних робіт

Забороняється приступати до виконання експериментальних досліджень без наявності відповідного спецодягу (халата)

1. При роботі з кислотами, особливо сірчаною, необхідно вливати кислоти у воду, а не навпаки.
2. При опіках кислотами промити вражене місце водою, а потім слабким розчином соди.



3. При опіках лугами промити вражене місце водою, а потім розведеним розчином оцтової кислоти.
4. При заповненні піпеток кислотами, лугами, коагулянтами та іншими реагентами необхідно користуватися гумовими грушами.
5. Всі роботи зі склом виконувати без застосування великих зусиль. Зняття пробок і гумових трубок проводити без надмірних зусиль захищеними руками.
6. Забороняється вмикати і регулювати електроприлади без дозволу викладача. У випадку поломки приладу негайно сповістити викладача.
7. По закінченні роботи студент повинен прибрати своє робоче місце, і повідомити викладача.





Лабораторна робота № 1

Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води

Мета роботи

Ознайомитися з методами визначення рН і Eh середовища та вивчити кислотно – основні та окисно – відновні властивості води.

Матеріальне забезпечення

- індикаторний універсальний папір;
- скляночки об'ємом 50 мл;
- фільтрувальний папір;
- іономір.

Загальні відомості

1. Активна реакція (рН) води

Вода, як слабкий електроліт, дисоціює незначною мірою з утворенням водневих H^+ і гідроксильних OH^- іонів



У хімічно чистій воді концентрації цих іонів однакові і при температурі $22^\circ C$ становлять 10^{-7} г-іон/л. Тому величина добутку цих іонів визначається:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14} \quad (2)$$

Цей добуток називається **іонним добутком води** і при певній температурі зберігає постійну величину не тільки для чистої води, але і для водних розчинів, які містять хімічні з'єднання, що дисоціюють з утворенням водневих H^+ і гідроксильних OH^- іонів. Таким чином, щоб визначити концентрацію одного іону досить знати концентрацію другого іону, наприклад:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \text{ або } [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \quad (3)$$

Величина рН (активна реакція водного середовища або водневий показник) це від'ємний логарифм концентрації водневих іонів H^+ у воді:

$$pH = -\lg [H^+] \quad (4)$$

Величина рН характеризує ступінь кислотності або лужності води:



$pH = 7$ – середовище нейтральне;

$pH < 7$ – середовище кисле;

$pH > 7$ – середовище лужне.

(5)

Більшість природних вод має pH в межах 6,5 – 8,5. Величина pH води залежить від наявності у воді карбонатів, гумових кислот, сірководню, вугільної кислоти, сильних основ, кислот та ін. Величина pH має велике значення у практиці водоочищення при проведенні таких операцій, як коагулювання, пом'якшення, знезалізнення, стабілізація та інші. У більшості випадків pH промислових стічних вод коливається у широких межах, що потребує регулювання цієї величини (нейтралізацію води) до нормативних значень перед відведенням їх у системи каналізації або безпосередньо у поверхневі джерела.

Кисле і лужне значення pH водного середовища негативно впливає на людину, живі організми, тому його величина нормується у питній воді та при скиді стічних вод в межах 6-9 од.

Визначення pH

Величину pH визначають колориметричним і електрометричним методами.

Колориметричний метод заснований на змінненні кольору кислотно – основного індикатору, що додається у пробу води у вигляді розчину або зафіксованого на індикаторному папері pH . Забарвлення розчину або смужки індикаторного паперу, що виникло при цьому, порівнюють із стандартним забарвленням.

Електрометричний метод заснований на вимірюванні потенціалу гальванічної пари, що виникає між вимірювальним скляним електродом та допоміжним стандартним електродом, що містяться у водному розчині. Вимірювальний скляний електрод (типу ЕСЛ 43-07) виготовлений з спеціального літєвого скла; допоміжний електрод являє собою хлор срібний електрод, внутрішня порожнина якого заповнюється насиченим розчином хлориду калію. Розчин безперервно витікає в досліджувану воду через тонкий отвір у нижній частині електроду. Електроди підключені до приладу, який перетворює потенціал, що виникає між електродами, у покази мікроамперметра у вигляді величини pH середовища.

Оскільки величина pH залежить від температури води, то для виключення її впливу на вимірювання pH виконують ручну або автоматичну компенсацію температурного впливу за допомогою термометра та спеціального термокомпенсатора, що опускається разом з електродами у досліджувану воду.



2. Окисно – відновний потенціал (Eh) води

Взаємодія між частинками (іонами або молекулами) у водному розчині, що пов'язана з перерозподілом між ними електронів, називається процесами окиснення- відновлення або окисно-відновними реакціями.

Якщо частинка віддає електрон, то процес називається окисненням:



Ця частинка переходить із відновленої форми Red в окислену форму Ox .

Якщо частинка приєднує електрон, то процес називається відновленням:



Ця частинка переходить із окисленої форми Ox у відновлену форму Red .

Оскільки електрони у водному розчині не можуть знаходитись у вільному стані та процес віддавання електрону від однієї частинки завжди супроводжується приєднанням його до іншої частинки. І навпаки. Частинка (хімічна речовина), що віддає електрони називається відновником, а речовина що приймає електрон називається окисником. Тобто для протікання окисно-відновної реакції у воді завжди повинні бути присутні дві частинки (хімічні речовини або елементи): окисник і відновник.

При наявності у воді різних хімічних частинок з різним ступенем окиснення (валентністю) процес перегрупування електронів між окисниками та відновниками продовжується до того часу, доки між окисним та відновними формами цих частинок не встановиться рівновага. **Співвідношення між концентраціями окисної та відновної форми** будь-якої частинки, в тому числі між концентраціями такого хімічного елементу як водень, відповідає встановленій рівноважній величині окисно – відновного потенціалу (редокс - потенціалу) середовища (Eh), який вимірюється у вольтах (В) або мілівольтах (мВ):

$$\frac{Ox_1}{Red_1} = \frac{Ox_2}{Red_2} = \dots = \frac{Ox_i}{Red_i} = \frac{H^+}{H_2} \quad (8)$$

Величину Eh можна виміряти на приладі (іонометрі) аналогічно вимірюванню pH або розрахувати виходячи із співвідношення концентрацій окисленої $[Ox_i]$ та відновленої $[Red_i]$ форми будь-якої хімічної части-



нки, що є у воді. Чисельно величину Eh (у вольтах) можна визначити:

$$Eh = E_o + \frac{2,3RT}{n \cdot F} \lg \frac{Ox_i}{Red_i}, \text{ В} \quad (9)$$

де E_o – нормальний електродний потенціал реакції;

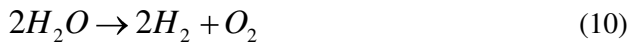
R – газова стала;

T – абсолютна температура, при якій проходить реакція;

F – число Фарадея;

n – число електронів, що приймають участь у реакції

Вода може розкладатися також на кисень (окисник) і водень (відновник):



Тоді вода може розглядатися нейтральною з точки зору окисно – відновної взаємодія за умови рівності потенціалів водню і кисню, що знаходяться у воді

$$E_{O_2} = E_{H_2} \quad (11)$$

Використовуючи (9) та порівнявши E_{O_2} і E_{H_2} згідно із (11), отримуємо Eh_n нейтральної води відносно окисно – відновних взаємодій

$$Eh_r = +0,817 - 0,059 pH \quad (12)$$

Вище лінії, що описується отриманим рівнянням, розташована область, у якій вода має окисні властивості, нижче – відновні властивості. З отриманого рівняння виходить, що при $pH = 7$ величина $Eh = 0,404$ В. Ці значення pH і Eh (рис.1, точка А) будуть параметрами „абсолютно” нейтральної води.

Графічно взаємозв’язок між параметрами pH і Eh відображається у вигляді діаграми термодинамічної стабільності води (рис.1). Як видно, величини pH і Eh відокремлюють властивості води на чотири ділянки, що характеризують кислотно – лужні та окисно – відновні властивості середовища.

При високих значеннях Eh вода має окисні властивості, зокрема знезаражуючу дію, руйнує органічні та біологічні домішки, що є у воді, окислює метали та інші забруднення. При низьких значеннях Eh вода має відновні властивості, переводить різні домішки у відновний стан, який може бути менш токсичний до живих організмів і навколишнього середовища, ніж окисний стан, однак сприяє розвитку процесів загнивання органічних домішок.

Більшість поверхневих вод в результаті контакту з повітрям має Eh

Національний університет
 та державного водного господарства
 та природокористування

= (+0,4-0,6)В (слабокисле середовище). Ґрунтові води через взаємодію з сульфідами, силікатами, сульфатами мають низькі значення Eh від +0,1В до -(0,2...0,4)В (відновне середовище).

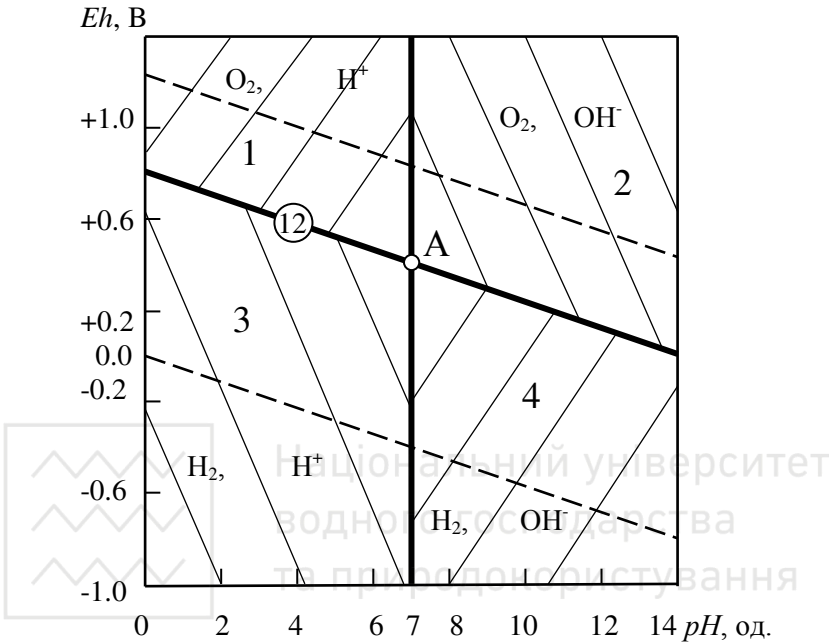


Рис.1. Діаграма, що характеризує значення pH і Eh у водному середовищі: 1 – кисле і окисне середовище; 2 – лужне і окисне середовище; 3 – кисле і відновне середовище; 4 – лужне і відновне середовище.

Визначення Eh

Величину Eh води визначають електрометричним методом аналогічно вимірюванню pH , використовуючи платиновий електрод, що являє собою скляну колбочку з впаяним у основу платиновим дротом.

Порядок виконання роботи

Величину pH вимірюють таким чином:

а) колориметричний метод.

У склянку наливають досліджувану воду і опускають туди на 1/2...2/3 смужки універсального індикаторного паперу pH . Через 1...2 секунди папір виймають і порівнюють його колір у нижній частині

смужки із стандартною шкалою кольоровості, що міститься на внутрішній стороні пакету універсального паперу pH .

По кольору паперу визначають величину pH води в одиницях. Значення pH води в одиницях позначені біля кожного кольору шкали кольоровості.

б) електрометричний метод.

У склянку з досліджуваною водою встановлюють вимірювальні електроди іонометру таким чином, що б їх нижні кінці знаходилися у воді. Для вимірювання pH включають відповідні кнопки, що знаходяться на передній панелі іонометру.

Використовуючи (5) визначають, яке середовище має вода.

Величину Eh води вимірюють електрометричним методом, як описано вище. Для цього використовують відповідне переключення кнопок на іонометрі для вимірювання Eh .

Використовуючи отримані значення pH та Eh по діаграмі (рис.1) можна графічно визначити до якої області окисно – відновних і кислотно – основних властивостей відноситься даний зразок води.

Визначити які окисно – відновні властивості має вода необхідно також аналітичним методом. Для цього використовуючи одержану величину pH , можна розрахувати за рівнянням (12) нейтральну величину Eh_n даної води. Якщо $Eh > Eh_n$, то вода має окисні властивості, якщо $Eh < Eh_n$ – то відновні властивості.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть pH і Eh води.
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення pH і Eh води та області властивостей досліджуваного середовища графічним та розрахунковим методом.
5. Висновки.

Література

1. Кульский Л. А., Накорчевская В. Ф. Химия воды. Киев, «Вища школа», 1983.
2. Рогов В. М., Филипчук В.Л. Электрохимическая технология изменения свойств воды. Львов : Вища школа, 1989. 121 с.



Лабораторна робота № 2 Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі

Мета роботи

1. Ознайомитися із процесом прояснення й знебарвлення води при її коагулюванні глиноземом (сірчаноокислим алюмінієм $Al_2(SO_4)_3$).
2. Визначити оптимальну дозу коагулянту.
3. Дослідити процес осадження зависі.

Матеріальне забезпечення

1. 8 мірних скляних циліндрів ємністю 0,5 л.
2. Скляна паличка для перемішування води.
3. Дві мірні піпетки ємністю 50 мл.
4. 1%-ий водний розчин сірчаноокислого алюмінію. Для його приготування в мірну колбу ємністю 1,0 л помістити 19,5 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, розчиняють в 200-300 мл дистильованої води, нагрітої до 50-60⁰С, охолоджують і доводять до мітки дистильованою водою.

Загальні відомості

Забарвлення природної води (кольоровість) визивається гуминовими речовинами, каламутність – частинами глини, ґрунту, кремнекислоти, а стічних вод - також іншими речовинами. Більшість речовин, що обумовлюють кольоровість і каламутність природних і стічних вод, знаходяться в колоїдному стані. Ці речовини мають розмір частинок $10^{-5} - 10^{-6}$ см і називаються колоїдними частинками. Вони мають переважно негативний заряд, який перешкоджає злипанню їх в більш крупні агрегати. Внаслідок цього частинки забруднень можуть довгий час знаходитися у зваженому стані, не випадаючи в осад.

Концентрація зависі (каламутність) у природній та стічній воді може досягати 500-1200 мг/л, кольоровість – 150 градусів і вище. Каламутність лімітується у питній воді, а також у стічних водах підприємств та населених пунктів, що скидаються у навколишнє природне середовище. Зокрема, згідно ГОСТ 2874-82 «Вода питна» каламутність питної води не повинна перевищувати 1,5 мг/л, кольоровість – 20 град.

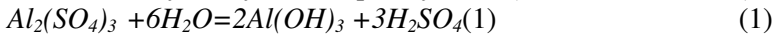
Для очищення води від колоїдної зависі проводять додавання до води **розчинів хімічних реагентів (коагулянтів)**, що призводить до укрупнення колоїдних частинок і прискорює їх осадження. У якості споруд для осадження (седиментації) зависі застосовують горизонта-



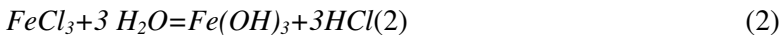
льні, вертикальні, радіальні та тонкошарові відстійники.

В технології очистки води найчастіше використовують **гідролізуючі коагулянти**. Найбільше розповсюдження отримали сірчанокислений алюміній $Al_2(SO_4)_3$ (глинозем), і хлорне залізо $FeCl_3$, а також основний хлорид (або сульфат) алюмінію (алюмінієвий коагулянт «Повак»). Рідше використовують залізний купорос $FeSO_4$, а також змішаний коагулянт, який складається з $Al_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$.

При введенні в воду коагулянт гідролізується (взаємодіє з водою):



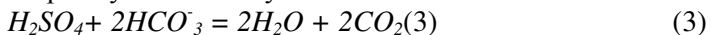
або



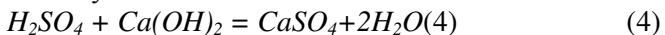
В результаті гідролізу утворюються коагулюючі іони металу, які нейтралізують заряд колоїдних частинок, а також малорозчинні гідроксиди металів $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ у вигляді позитивно-заряджених частинок, які мають високорозвинену поверхню. Внаслідок нейтралізації колоїдні частинки забруднень злипаються між собою. Крім того вони прилипають до пластивців гідроксиду коагулянту або механічно захвачуються ними. Внаслідок цих процесів утворюються крупні пластивці, які швидко осаджуються у воді. Одночасно частина розчинених речовин сорбується на пластивцях коагулянту, що додатково підвищує ефективність очищення води.

Процес злипання мілких частинок зависі у крупні пластивці (агрегати) називається **коагуляцією** домішок. Технологічний процес введення коагулянту у воду для її очищення називається **коагулюванням** води.

Оскільки утворені кислоти H_2SO_4 і HCl гальмують процес коагуляції, то потрібна їх нейтралізація. Якщо у воді знаходиться деяка концентрація гідрокарбонат-іонів (HCO_3^-), які обумовлюють лужність води, то вони нейтралізують кислоту:



При недостатній лужності для нейтралізації утвореної кислоти воду додатково підлужують розчином лугу, зокрема вапном $Ca(OH)_2$, який вводять разом з коагулянтом:



Кількість коагулянту в мг/л, яка додається у воду називається дозою коагулянту. Вона залежить від кольоровості, каламутності, складу, температури та інших показників якості води. Як недостатня, так і надлишкова доза коагулянту призводить до утворення мілких пластивців зависі та гальмування процесу коагуляції, що знижує якість очи-

щення води. **Оптимальною називається найменша доза коагулянту в мг/л, яка забезпечує утворення великих, швидко осідаючих пластівців зависі.** Попередньо дозу коагулянту можна прийняти згідно нормативних документів (ДБН В.2.5-74:2013) по кольоровості та каламутності води, прийнявши для розрахунків більшу дозу з двох. Більш точно дозу коагулянту визначають експериментально шляхом пробного коагулювання води. Необхідність підлужування і дозу лугу визначають розрахунковим шляхом.

Для інтенсифікації коагуляції у воду можна додавати розчин спеціального реагенту (флокулянту), який сприяє утворенню крупних і швидко осідаючих пластівців (флокулів) та скорочує тривалість осадження зависі.

Порядок виконання роботи

Визначення оптимальної дози коагулянту

У 8 мірних скляних циліндрів наливають по 0,5 л дослідної води, що вміщує завислі колоїдні домішки. В кожний циліндр мірною піпеткою додають розчин коагулянту в кількості, вказаній у таблиці 1.

Таблиця 1

Показники	№ циліндра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Об'єм розчину коагулянту, який додається в циліндр, мл	0,5	1	2,5	5	7,5	12,5	15	20
Доза коагулянту в циліндрі, мг/л	10	20	50	100	150	250	300	400

Після додавання розчину коагулянту у воду в кожному циліндрі перемішують десятьма круговими рухами скляної палички. Операції додавання розчину коагулянту і змішування води проводять в кожному циліндрі почергово. Після цього спостерігають за процесом утворення пластівців у всіх циліндрах протягом 1 години, вимірюючи тривалість коагуляції. Результати спостережень заносять в таблицю 2, в якій наведено приклад запису результатів спостереження.

Оптимальною буде доза коагулянту, при якій візуально спостерігається більш швидко поява великих швидко осідаючих пластівців. Як видно із таблиці 1, **для наведеного прикладу оптимальною є доза коагулянту 50 мг/л (циліндр 5).**



У практиці водопостачання для більш точного визначення дози коагулянту через дві години після додавання розчину коагулянту із кожного циліндра обережно відбирають піпеткою по 150 мг проясненої води. Потім вимірюють її каламутність і після фільтрування через паперовий фільтр – кольоровість. На основі отриманих даних будують графічні залежності «кольоровість – доза коагулянту» і «каламутність – доза коагулянту» і визначають дві оптимальні дози коагулянту. По найбільшій з двох оптимальних доз, визначають одну оптимальну дозу коагулянту (табл.2).

Таблиця 2

Час від початку проведення дослідження, хв	Номер циліндра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2					П			
5			П	П		П	П	П
10		П			МХ			
15			МХ	МХ		МХ	МХ	МХ
20					КХ			
25	П				0	КХ		
30								
40		МХ		КХ		0	КХ	
50	МХ		КХ	0			0	КХ
60			0					0



Умовні позначення: П – початок помутніння води, МХ – утворення маленьких пластівців, ледь помітних, КХ – утворення великих пластівців, 0 – початок прояснення води і осадження пластівців.

Дослідження процесу осадження зависі

Прослідкувати, в яких двох циліндрах найшвидше починають утворюватись крупні пластівці і прояснюватись вода. Після початку прояснення води через проміжки часу на протязі години замірювати висоту осаду (шару мутної води, h_i) в нижній частині циліндрів і записувати дані в таблицю 3. Попередньо замірюють висоту шару мутної води (h_0) в циліндрах на початку прояснення.

Таблиця 3

Номер циліндру	Висота шару осаду (мутної води, см) від початку прояснення води (t), хв								
	0	10	20	30	35	40	45	50	60

	h_o	висота осадження						x	
	h_p	висота осадження				x			

Із отриманих даних вибирають циліндр, у якому найшвидше протікав процес осадження зависі, і фіксують кінцевий час осадження (t_x). Визначають швидкість осадження зависів циліндрі:

$$V = \frac{h_o}{t_x}, \text{ мм/с} \quad (5)$$

Розраховують тривалість осадження зависі у реальному відстійнику, приймаючи його висоту ($h_p=2-3$ м):

$$t_p = \left(\frac{h_p}{h_o} \right)^n t_x, \text{ хв. (год.)} \quad (6)$$

де n – показник степеня, що враховує відхилення від лінійної залежності осадження зависі в реальних умовах (приймається 0,2-0,5).

Для наочності дії флокулянту на процес коагуляції та осадження в циліндр, в якому мляво протікав процес коагуляції, додають декілька крапель розчину флокулянту, перемішують воду та спостерігають за процесом осадження зависі.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Загальні поняття про коагуляцію зависі та коагулювання води.
4. Результати експериментів та розрахунки оптимальної дози коагулянту та тривалості осадження зависі.
5. Висновки.

Література

1. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Практикум по химии воды. М.: Высшая школа, 1971. 128 с.
2. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Киев: Вища школа, 1983. 182 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1974. 478 с.



Лабораторна робота № 3

Визначення дози лужного реагенту для осадження важких металів.

Мета роботи

Ознайомлення з методикою визначення дози лужного реагенту, необхідної для осадження важких металів при очищенні стічної води.

Матеріальне забезпечення

- модель стічної води, що розчин $NiSO_4$, з концентрацією іонів нікелю 50 мг/л, приготовлений на дистильованій воді;
- склянка об'ємом 150 мл;
- 0,1N розчин їдкого натру;
- бюретка об'ємом 25 мл;
- лабораторний рН-метр;
- скляний циліндр об'ємом 500 мл.

Загальні відомості

Для очищення стічної води промислових підприємств від іонів важких металів (цинку, міді, хрому (III), заліза (II,III), кадмію, нікелю) широко застосовується осадження металів з використанням лужних реагентів.

Найбільш часто осаджують катіони металів за допомогою їдкого натру (каустична сода $NaOH$), гідроксиду кальцію (гашене вапно $Ca(OH)_2$), карбонату натрію (кальцинована сода Na_2CO_3), карбонату кальцію (вапняк, крейда, мармур $CaCO_3$).

Осадження катіонів металів відбувається у вигляді гідроксидів $Me(OH)_n$ або карбонатних солей $Me_n(OH)_mCO_3$.

Утворений осад відділяють від водної фази відстоюванням, флотацією, фільтруванням.

Для кожного іону металу характерна визначена величина pH осадження гідроксиду (табл. 4).

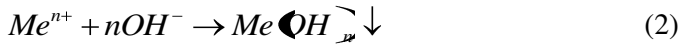
При вводиті лужного реагенту у стічну воду за рахунок іонів OH^- pH_c середовища починає збільшуватись до pH_n , початку утворення гідроксиду. Далі ріст pH значно сповільнюється, що пояснюється зв'язуванням іонів OH^- з іонами металу та утворенням малорозчин-



них сполук гідроксидів металу за реакцією



або в іонному вигляді



Після повного осадження іонів металу, що відповідає кінцевому значенню pH_k , величина pH розчину знову починає зростати за рахунок накопичення іонів OH^- . В результаті крива залежності „ pH – доза лугу” (крива титрування) має вигляд, показаний на рис.3.

Таблиця 4

Значення pH осадження гідроксидів металів

Гідроксид	Значення pH				
	початку осадження при концентрації іону		повного осадження (ост. конц. 10^{-5} М)	початку розчинення осаду	повного розчинення осаду
	1 М	0,01М			
1	2	3	4	5	6
$Sn(OH)_4$	0	0,5	1	13	15
$Sn(OH)_2$	0,9	2,1	4,7	10	13,5
$Fe(OH)_3$	1,5	2,3	4,1	14	-
$Al(OH)_3$	3,3	4,0	5,2	7,8	10,8
$Cr(OH)_3$	4,0	4,9	6,8	12	15
$Zn(OH)_2$	5,4	6,4	8,0	10,5	12...13
$Cu(OH)_2$	-	-	8...10	12	-
$Fe(OH)_2$	6,5	7,5	9,7	13,5	-
$Ni(OH)_2$	6,7	7,7	9,5	-	-
$Cd(OH)_2$	7,2	8,2	9,7	-	-

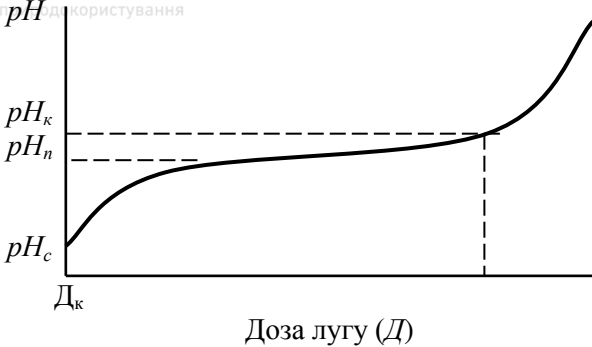


Рис.3. Залежність величини pH розчину від дози лугу при осадженні важких металів

Полога ділянка кривої вказує на початкове (pH_n) і кінцеве (pH_k) значення pH , у інтервалі яких відбувається осадження іонів металу. Доза лугу (D_k), необхідна для повного осадження іонів металу відповідає величині (pH_k) на кривій титрування.

Більш точно дозу лугу (D_k) можна отримати, якщо при додаванні лужного реагенту визначати концентрацію іону металу у відфільтрованій стічній воді. Необхідна доза лугу буде відповідати мінімальній концентрації іонів металу у воді.

Підвищення pH води вище значення pH повного осадження металу може призвести до розчинення утворених гідроксидів, тому що деякі з них мають амфотерні властивості, тобто можуть розчинятись при надлишковій кількості лугу. Такі властивості найбільш характерні для іонів алюмінію і цинку (див. табл. 4). Тому передозування лугу може призвести до повторного забруднення очищеної води іонами металу. Особливо точне значення pH середовища при очищенні повинно втримуватися для стічної води, що містить суміш важких металів, у яких різні величини pH утворення гідроксидів. Для осадження суміші важких металів найбільш доцільним є встановлення pH в межах 9,8-10,2 од.

В практичних умовах при нейтралізації кислих стічних вод, що містять солі важких металів, кількість лужного реагенту (G , кг) орієнтовно можна визначити за формулою

$$G = \frac{K_3 Q (A + b_1 C_1 + b_2 C_2 + \dots + b_n C_n) \cdot 100}{B} \quad (3)$$



де K_3 - коефіцієнт запасу витрати реагенту у порівнянні з теоретичним (для вапняного молока дорівнює 1,1, для вапняного тіста і сухого вапна – 1,5);

Q - кількість стічних вод, що підлягають нейтралізації, м³;

a - витрата реагенту на нейтралізацію (визначається за табл.5);

A - концентрація кислоти або лугу, кг/м³;

b - кількість реагенту, який необхідний для перевodu металів з розчиненого стану в осад(визначається за табл.6);

C - концентрація металів у стічних водах, кг/м³;

B - кількість активної частини у товарному продукті, %.

Після додавання лужного реагенту і утворення малорозчинних сполук важких металів стічну воду направляють у відстійник і далі на фільтр для повного очищення від зависі.

Таблиця 5.
Витрата реагентів для нейтралізації 100 % кислот та лугів

Луг	Кислота		
	Сірчана, H_2SO_4	Соляна, HCl	Азотна, HNO_3
Негашене вапно, CaO	<u>0,56</u> 1,79	<u>0,77</u> 1,30	<u>0,46</u> 2,20
Гашене вапно, $Ca(OH_2)$	<u>0,76</u> 1,32	<u>1,01</u> 0,99	<u>0,59</u> 1,70
Кальцинована сода, Na_2CO_3	<u>1,08</u> 0,93	<u>1,45</u> 0,69	<u>0,84</u> 1,19
Каустична сода, $NaOH$	<u>0,82</u> 1,22	<u>1,10</u> 0,91	<u>0,64</u> 1,57

Примітка: над рискою наведена кількість лугу у г на 1г кислоти; під рискою – кількість кислоти у г на 1г лугу.



Витрата реагентів, що необхідні для осадження металів

Метал	Витрата реагентів, г/г			
	CaO	$Ca(OH)_2$	Na_2CO_3	$NaOH$
Цинк	0,85	1,13	1,60	1,22
Нікель	0,95	1,26	1,80	1,36
Мідь	0,88	1,16	1,66	1,26
Залізо	1,00	1,32	1,90	1,43
Свинець	0,27	0,36	0,51	0,38

Порядок виконання роботи

У склянку об'ємом 150 мл наливають 50 мл розчину $Ni(OH)_2$ з концентрацією іонів нікелю 50 мг/л. Потім у розчин періодично додають з бюретки по 0,1 мл 0,1 Н розчину їдкого натру і замірюють після кожного додавання та перемішування величину pH . Розчин лугу додають до того часу, поки величина pH розчину не перевищить значення pH_k на 1,0...1,5 од. (для нікелю $pH_k = 9,5$).

Результати вимірювань записують у табл.7.

Дозу лугу (D_k , мг/л) визначають за формулою

$$\dot{A}_e = 20 \cdot V \cdot C \quad (4)$$

де V - об'єм 0,1Н розчину $NaOH$, що витратили на титрування, мл;

C - концентрація $NaOH$, мг/л (для 0,1Н розчину $NaOH$ $C = 4$ мг/л);

20 – коефіцієнт приведення об'єму проби, що узята на титрування (50 мл) до 1 л.

За даними, що наведені у табл.7, будують графік залежності pH рідини від дози лугу (D) (див. рис.3).

Користуючись одержаними даними, визначають дозу лугу (D_k) $NaOH$, необхідну для осадження іонів нікелю. Потім за формулою (5) з використанням таблиці 6 визначають розрахункову кількість лугу (G), необхідного для осадження іонів важких металів заданої концентрації 50 мг/л.

Об'єм 0,1N розчину $NaOH$ (V), мл	0							
pH								
Доза луку (D), мг/л	0							

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть методу осадження іонів важких металів лужними реагентами при очистці стічної води.
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення дози лужного реагенту, необхідної для осадження іонів нікелю.
5. Висновки.

Література

1. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М., Стройиздат, 1987.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. Л.: Химия, 1985.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1967.

Лабораторна робота № 4

Визначення витрати струму для електрохімічної очистки води від іонів шестивалентного хрому

Мета роботи

Визначення витрати струму, яка необхідна для очищення стічної води від іонів шестивалентного хрому електрохімічним методом з використанням залізних електродів.

Матеріальне забезпечення

- елементи електричної схеми згідно рис.4: регулюючий випрямляч, амперметр;
- електродна система, що складається з двох плоскопаралельних електродів, виготовлених із Ст.0 або Ст.3 і зафіксованих між собою на віддалі 10 мм;



промивна стічна вода гальванічного цеху з наявністю іонів шестивалентного хрому 10...50 мг/л, або розчин двохромово-кислого калію, що містить 50 мг/л хрому (VI), приготовлений на водопровідній воді;

- склянка об'ємом 100 мл;
- реактиви для якісного визначення іонів шестивалентного хрому: розчин 2Н сірчаної кислоти і 0,1 % розчин дефинілкарбазиду;
- дистильована вода;
- скляні пробірки;
- піпетки.

Загальні відомості

Іони шестивалентного хрому ($Cr_2O_7^{2-}$, $HCrO_4^-$), що можуть знаходитись у стічних водах підприємств від виробництв гальваніки, друкованих плат, після очищення промислового повітря від конденсату тощо, є надзвичайно токсичними. Ці іони мають сильну окисну, канцерогенну (пухлиноутворюючу) та іншу небезпечну дію на людину. Тому вони значно обмежуються при скиді стічних вод у системи каналізації або водоймища (не більше 0,01 мг/л).

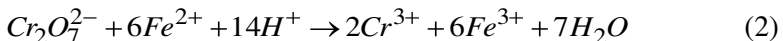
Для очистки стічних вод від іонів шестивалентного хрому або хрому (VI) найчастіше використовують його відновлення різними хімічними реагентами для переведення хрому (VI) в хром (III), який є значно менш токсичним. Найчастіше використовують сірчаноокислі відновники (Na_2SO_3) та двовалентне залізо ($FeSO_4$). В останні роки набув поширення електрохімічний метод відновлення хрому (VI) в хром (III) з використанням процесу розчинення залізних електродів („електрокоагуляція”). Цей процес дозволяє повністю автоматизувати процес очищення та відмовитись від використання реагентів-відновників.

Суть методу полягає в тому, що під дією постійного електричного струму, який поданий на залізні електроди, що знаходяться у стічній воді, відбувається іонізація (розчинення) залізних анодів з утворенням іонів двовалентного заліза, які є відновниками:

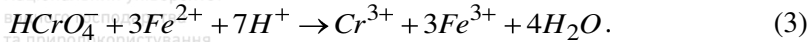


Іони двовалентного заліза відновлюють іони хрому (VI) в хром (III) і переходять у тривалентне залізо:

- у кислому середовищі



- у нейтральному середовищі

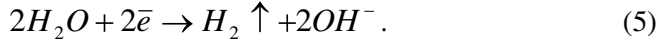


На катоді внаслідок електродної реакції виділяється газоподібний водень:

- у кислому середовищі



- у нейтральному та лужному середовищах



Після електрохімічної обробки до води додають луг з метою осадження гідроксидів хрому(III) і заліза(III). Далі завись гідроксидів відділяють від водної фази флотацією, відстоюванням, освітленням, фільтруванням води.

Кількість утворених іонів заліза (II) при обробці води пропорційна кількості електричного струму (P , Кл), що пройшов через електричну систему

$$P = I \cdot t, \quad (6)$$

де I - величина струму, А; t - тривалість проходження струму, сек.

Загальна кількість електричного струму (P_3 , Кл) і отже, кількість іонів заліза (II), необхідна для відновлення іонів хрому (VI), прямо - пропорційна концентрації цих іонів ($C_{\text{Cr}^{6+}}$, мг) в одиниці об'єму води, що належить обробити

$$P_3 = P \cdot C_{\text{Cr}^{6+}} = I \cdot t \cdot C_{\text{Cr}^{6+}}. \quad (7)$$

Кількість електричного струму, що пройшов через електричну систему, віднесена до об'єму рідини, називається **витратою струму** (D , Кл/л), яку визначають за формулою

$$\ddot{A} = \frac{P}{W} = \frac{I \cdot t}{W}, \quad (8)$$

де W - об'єм стічної води, л (у даній роботі береться $W = 0,05$ л).

Теоретична витрата струму (D_m , Кл/л), необхідна для відновлення певної концентрації іонів хрому (VI), розраховується за формулою

$$D_m = \frac{3,23 \cdot C_{\text{Cr}^{6+}}}{K \cdot 0,289} = \frac{11,2 \cdot C_{\text{Cr}^{6+}}}{K} \quad (9)$$

де 3,23 – теоретична кількість заліза, що витрачається на відновлення хрому (VI); $C_{\text{Cr}^{6+}}$ - концентрація хрому (VI) у воді, мг/л; K – вихід за струмом заліза (II). Приймається 0,9-0,8; 0,289 – електрохімічний еквівалент заліза, мг/Кл.



Порядок виконання роботи

У склянку об'ємом 100 мл наливають 50 мл промивної стічної води гальванічного цеху з концентрацією іонів хрому (VI) 10...50 мг/л, або розчин $K_2Cr_2O_7$, що містить 50 мг/л шестивалентного хрому, приготовленого на водопровідній воді. Потім у склянці розташовують два плоскопаралельні залізних електроди. Перед проведенням досліду поверхню електродів очищають від окалини. Електроди підключають до електричної схеми згідно рис. 4.

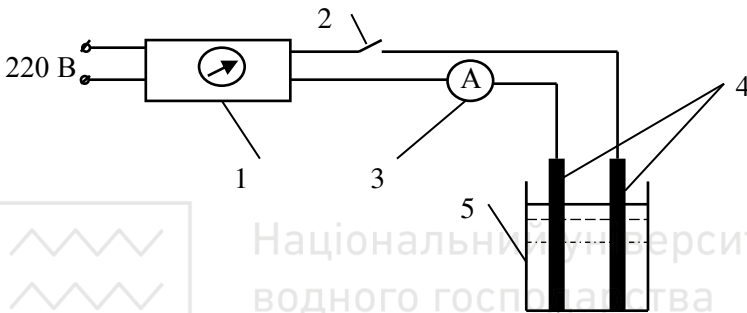


Рис.4. Електрична схема для обробки хромвмісної стічної води:

1 – регулюючий випрямляч електричного струму; 2 – вимикач; 3 – амперметр; 4 – електроди; 5 – склянка з стічною водою

Перед проведенням експерименту визначають величину струму, необхідну для електрохімічної обробки (I , А) за формулою

$$I = i \cdot S = i \cdot a \cdot h \quad (10)$$

де i - густина струму на електродах, A/m^2 (приймається у межах 30...100 A/m^2 . У роботі приймається $i = 50 A/m^2$);

S - площа внутрішньої сторони одного електроду, m^2 ;

a - ширина електроду, м;

h - висота електроду, що змочується водою, м.

Після включення електричного ланцюгу за допомогою випрямляча встановлюють необхідну величину струму і починають періодично пропускати струм через розчин, фіксують час його проходження та визначають якісну наявність іонів хрому(VI). Для цього після кожного виключення випрямляча у склянку пробірку наливають 1 мл фільтрованої обробленої води, додають 0,5 мл 0,1 % розчину дефінілкарбази-

ду, декілька крапель 2N сірчаної кислоти (для створення кислого середовища). Якщо рідина у пробірці забарвлюється у червоно - фіолетовий колір, то це вказує на наявність у воді іонів хрому (VI). Дослід продовжують, періодично пропускаючи струм і якісно визначаючи хром (VI) до того часу, поки у воді будуть відсутні іони хрому (VI) - реагенти не забарвлюють воду у червоно – фіолетовий колір. Результати експерименту згідно із зразком записують у таблицю 8.

Таблиця 8

Наявність іонів хрому (VI) у стічній воді залежно від тривалості електрохімічної обробки

t , сек	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540
Наявність хрому(VI)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Витрата струму (D), Кл/л										

Примітка : (+) - наявність іонів хрому (VI); (-) - відсутність іонів хрому (VI).

Використовуючи дані таблиці 8 визначають експериментальну (формула 8) витрату струму ($\dot{A}_{\text{двд}}$, Кл/л) та теоретичну (формула 9) витрату струму (\dot{A}_0 , Кл/л), необхідну для очищення стічної води від іонів шестивалентного хрому.

Додаткові відомості:

1. Візуально процес відновлення хрому (VI) іонами заліза (II) можна контролювати за кольором гідроксидів заліза, утворених при електрохімічній обробці стічної води. До моменту повного відновлення хрому (VI) у воді будуть знаходитися гідроксиди заліза (III), які забарвлені у рудо – жовтий колір. Після повного відновлення хрому (VI) у хром (III) у воді утворюються гідроксиди заліза (II), які забарвлені у зеленувато – сірий колір. Поява у рідині гідроксидів заліза (II) зеленувато – сірого кольору вказує на закінчення реакції відновлення хрому (VI) і на недоцільність подальшого проведення експерименту.

2. Для точного вивчення кінетики зниження концентрації хрому (VI) у процесі електрообробки води після кожного періоду часу про-

пускання електричного струму визначають концентрацію хрому (VI) у фільтрованій стічній воді. Потім будують графік зміни концентрації хрому (VI) залежно від витрати струму, за яким визначають точне значення $\dot{A}_{\text{від}}$.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть електрохімічного методу очищення води від хрому (VI).
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення витрати струму для відновлення хрому (VI).
5. Висновки.

Література

1. Филипчук В. Л. Очищення багатоконпонентних металовміщуючих стічних вод промислових підприємств. Рівне: УДУВГП, 2004. - 232 с.
2. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств. М.: Стройиздат, 1983.
3. Яковлев С.В., Краснородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987.

Лабораторна робота № 5 **Визначення вмісту токсичних газів у повітрі** **промислових підприємств**

Мета роботи

Вивчити деякі методи та засоби інструментальних вимірювань вмісту шкідливих газів у повітрі виробничих приміщень.

Матеріальне забезпечення

- універсальний газоаналізатор УГ-2;
- індикаторна трубка;
- фільтрувальний патрон.



1. Шкідливі гази і пара та їх концентрація у повітрі

Для забезпечення нормальних та безпечних умов праці на кожному виробничому підприємстві повинен проводитись контроль повітряного середовища на вміст у ньому шкідливих газів. Незважаючи на вжиті заходи захисту, вони можуть проникати в повітряне середовище деяких виробничих приміщень підприємств в зв'язку з порушенням або недосконалістю технологічного процесу.

Потрапляючи у дихальні шляхи або на шкіру, шкідливі речовини негативно впливають на здоров'я людини, якщо в повітрі робочої зони вони перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК).

ГДК – це такі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, які за щоденної (крім вихідних днів) роботи протягом 8 год або іншого проміжку часу, але не більше 40 год на тиждень, протягом всього робочого стажу не можуть викликати захворювання або відхилення у стані здоров'я в процесі роботи або в подальшому житті нинішнього та наступних поколінь. ГДК прийнято виражати в міліграмах на один кубічний метр повітря ($\text{мг}/\text{м}^3$).

ГДК розробляють науково-дослідні інститути системи здоров'я України виходячи з фізико-хімічних властивостей речовин, результатів експериментальних досліджень та даних гігієнічних спостережень за станом здоров'я та захворюваністю працюючих на виробництві. Вони є санітарними нормами для проектування виробничих приміщень, технологічних процесів, обладнання та вентиляції, а також для попереджувального та поточного нагляду за дією на організм людини. Шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки: 1-й – надзвичайно небезпечні (ГДК до $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$); 2-й – високо небезпечні (ГДК – $0,1 \dots 1,0 \text{ мг}/\text{м}^3$); 3-й помірно небезпечні (ГДК $1,1 \dots 10,0 \text{ мг}/\text{м}^3$); 4-й – мало небезпечні (ГДК більше $10,0 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинен встановлюватись: безперервний – для речовин 1-го класу небезпеки; періодичний – для речовин 2, 3, 4-го класів.

При безперервному контролі повинна бути передбачена система автоматичного запису концентрації шкідливої речовини та сигналізація перевищення рівня ГДК.

Визначену концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони приводять до нормальних умов: температури $+20^\circ\text{C}$, атмосферного тиску 760 ммрт. ст. ($0,1 \text{ МПа}$), відносної вологості 50%.



2. *Методи визначення концентрацій шкідливих газів та пари і прилади, які для цього використовуються*

Контроль за станом повітряного простору та вмістом шкідливих речовин в ньому здійснюється газоаналізаторами, газосигналізаторами, а також хімічними індикаторами.

Різні речовини потребують різних методів аналізу, тому газоаналізатори вибираються для конкретних умов виробництва пов'язаних з певною групою небезпечних речовин.

Вміст шкідливих речовин у повітрі визначається безпосередньо вимірюванням концентрації цих речовин або посередньо за вмістом кисню в досліджуваному середовищі.

Всі методи контролю складу повітряного середовища можна розділити на три групи: лабораторні, експресні та автоматичні.

Лабораторні методи досить точні і найбільш поширені. До них належить фотометричні, люмінесцентні, хроматографічні, спектроскопічні та ін.. Використовуючи, наприклад, хроматографи, можна уловлювати шкідливі речовини, вміст яких досить малий. Основний недолік цих методів – досить складне апаратне оформлення, потреба високої професійної підготовки виконавців, а іноді довго тривалості аналізів. Тому їх застосовують головним чином для уточнення результатів, отриманих іншими методами. Лабораторні методи інколи небезпечні.

4. *Прилади, що застосовуються для аналізу повітряного середовища*

Аналіз потреб проводиться на приладах УГ-1, УГ-2, ГХ-4 та ін., в основу принципу дії яких покладений метод кольорових реакцій. Наприклад, у приладі при визначенні концентрації окису вуглецю жовтий силіконово-молібденовий порошок при взаємодії з окисом вуглецю зафарбовується в синій колір.

Хімічні аналізатори ГХ-1, ГХ-2 і ГХ-4 призначені для визначення у повітрі виробничих територій концентрації вуглецю, сірчаного газу, сірководню та окислів азоту. Вони складаються з міхового аспірагора та індикаторних трубок (ампул), заповнених відповідним реактивом і запаєних з двох сторін. На кожену ампулу нанесена стрілка, що вказує напрям руху повітря, і кільця для відліку вмісту газу у повітрі. Міховий насос, який приводиться в дію однією рукою, служить для просмоктування повітря через індикаторну трубку. За один повний хід (розжимання) міха через трубку на протязі 6...9 с. просмоктується 100 мл повітря. У стиснутий до упору насос встановлюється відкрита

ампула (індикаторна трубка) так, щоб стрілка на ній була направлена в бік головки насоса. Відпустивши міх, чекають, коли закінчиться просмоктування повітря до повного розкриття міха. Якщо при цьому зафарбовування реактивного порошку досягло першої поділки шкали або перевищило його, замір газу необхідно припинити і вийти з робочої зони на свіже повітря, так як концентрація будь-якого з досліджуваних газів в даному випадку перевищує ГДК. Якщо після одного ходу міха зафарбування не з'явилося або не досягло першої мітки на шкалі, напроти якої стоїть позначка 100 мл продовжують просмоктування повітря, зробивши ще 9 прокачувань повітря. В цьому випадку концентрація газу визначається по шкалі, напроти якої стоїть позначка 1000 мл. Шкали знаходяться на упакованні ампул. Ампули прикладаються до шкали так, щоб початок зафарбованого стовпчика співпав з позначкою «нуль» на шкалі.

Індикаторні трубки-ампули різних газів заповнюються відповідними реактивами.

За принципом кольорової реакції між індикаторним порошком та досліджуваною речовиною працюють універсальні газоаналізатори УГ-1 та УГ-2, які застосовуються для визначення багатьох речовин – бензолу, ксилолу, сірководню, хлору, аміаку, окису вуглецю та ін. Для різних речовин підібрані різні реагенти, тверді сорбенти, засипані у скляні трубки, через які пропускають загазоване повітря. Залежно від концентрації речовини в загазованому повітрі за певний час стовпчик індикаторного порошку забарвлюється на більшу або меншу довжину пропорційно концентрації речовини, що аналізується. Довжина забарвленого стовпчика вимірюється за шкалою, проградуєваною в міліграмах на кубічний метр або в міліграмах на літр.

Широке застосування в промисловості для проведення експрес-аналізу газів та пари у повітрі промислових підприємств газоаналізатор УГ-2.

Оптимальні умови для роботи приладу: вміст кисню, водню, азоту, інертних газів будь-яке, пилу не більше 40 мг/м^3 , тиск 740...780 мм рт. ст.; відносна вологість не більше 90%; температура повітря - $30...+30^{\circ}\text{C}$; похибка показання приладу не більше 10%, тривалість аналізу 2...10 хв.

Принцип дії приладу ґрунтується на зміні довжини забарвленого стовпчика, отриманого під час реакції індикаторного порошку із забрудненим повітрям, просмоктаним через скляну індикаторну трубку. Для уловлення домішок, які перешкоджають визначенню концентрації



речовини, що аналізується, є спеціальний фільтрувальний патрон.

Газоаналізатор УГ-2 (рис. 5) складається з корпусу 1, в якому міститься гумовий сиффон 2, закріплений на двох фланцях з внутрішніми кільцями жорсткості 4 для постійності об'єму.

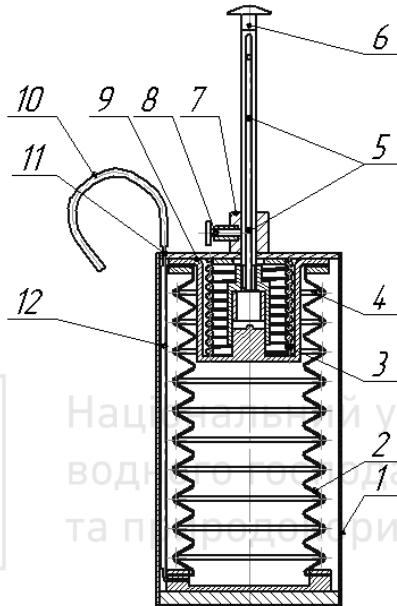


Рис. 5. Універсальний газоаналізатор УГ-2:

1 - корпус; 2 - сиффон; 3 - пружина; 4 – кільця жорсткості; 5- канавка з дома заглибленнями; 6 – шток; 7 – втулка; 8- фіксатор; 9 – плата; 10 – шланг гумовий; 11 – штуцер; 12 – гумова трубка.

В середині сиффона в стакані міститься пружина 3. На верхній панелі корпусу закріплена нерухома втулка 7 для спрямування штока 6, який служить для стискання сиффона, та отвір для зберігання штока в неробочому стані.

На штуцер 11 з внутрішнього боку встановлена гумова трубка 12, яка з'єднує зовнішню атмосферу з внутрішньою порожниною сиффона. На зовнішній кінець штуцера встановлена відвідна гумова трубка 10, до якої приєднується скляна індикаторна трубка 6, потім фільтрувальний патрон, який затримує домішки, що заважають визначенню концентрації речовини, що аналізується.

Під головкою штока на гранях вказано об'єм просмоктуваного при



аналізі повітря. На циліндричній частині штока є повздовжні канавки 5, кожна з двома стопорними заглибленнями для фіксації об'єму просмоктаного повітря.

Підставка з затискачами служить для встановлення шкали та індикаторної трубки. Індикаторні трубки для кількісного визначення газу в повітрі мають довжину 90...91 мм та внутрішній діаметр 2,5...2,5 мм і заповнені індикаторним порошком. Порошок утримується за допомогою двох пижів з мідного емальованого дроту діаметром 0,27...0,28 мм.

Між пижами і порошком укладається 0,5-міліметровий п прошарок вати. Кінці трубок можуть герметизуватися ковпачками із сургучу.

Фільтрований патрон для уловлювання домішок, які заважають визначенню концентрації газу (пари), складається з скляної трубки діаметром 10 мм (з перетяжками, звуженими з обох кінців), заповненої поглинальним порошком, що утримується тампоном з гігроскопічної вати.

Порядок виконання роботи із застосуванням газоаналізатора УГ-2:

Для досліджуваного газу або пари готується відповідна індикаторна трубка та фільтрувальний патрон. Вони вставляються у прилад, який переноситься до місця вимірювання. На місці відкривають кришку приладу, відводять стопор 13 та у втулку 12 вставляють шток, щоб кінець стопора сховався по канавці штока з передбаченим об'ємом повітря, що аналізується. Натискаючи рукою на головку штока стискають сильфон до тих пір, поки кінець стопора не зайде у верхнє заглиблення канавки штока. Скребок очищають індикаторну трубку від сургучних ковпачків, тримаючи сургучем донизу, щоб не засмітити трубку. Перевіряють ущільнення індикаторного порошку в трубці, після цього приєднують її до гумової трубки приладу. Знімають заглушки з фільтрувального патрона та приєднують його вузьким кінцем за допомогою гумової трубки до індикаторної трубки. В умовах виробництва проби повітря беруть на робочих місцях на висоті 1,5...2 м від підлоги (у зоні дихання).

Натискаючи однією рукою на головку штока, іншою відводять стопор. Як тільки шток почав рухатись, стопор відпускають і повітря просмоктується через трубку. Коли кінець стопора надійде у нижнє стопорне заглиблення канавки штока, почується ляск. Рух штока припиняється, але просмоктання повітря продовжується внаслідок залишкового вакууму в сильфоні. Витримавши час потрібний для дослі-



ду (час просмокування за табл.9), за довжиною стовпчика порошку, що прореагував, знаходять концентрацію досліджуваної речовини.

Таблиця 9

Гази і пара, концентрацію яких можна визначити
газоаналізатором УГ-2

Речовина	Просмокований об'єм повітря, мл	Границя вимірювання, мг/м ³	Час просмокування, хв.	Клас точності	Гранично допустима концентрація, мг/м ³
Ангідрид сірчанний	300	0...30	5	3	10
	60	0...200	3		
Аміак	250	0...30	4	4	20
	30	0...200	2		
Бензол	350	0...200	7	2	5
	100	0...1000	4		
Бензин паливний	300	0...1000	7	4	100
	60	0...5000	4		
Сірководень	300	0...30	5	2	10
	30	0...300	2		
Ацетон	300	0...2000	7	4	200
Окисли азоту	385	0...50	7	2	5
	150	0...200	5		
Хлор	350	0...15	7	2	1
	100	0...80	4		
Толуол	300	0...500	7	3	50
	100	0...2000	4		
Ксилол	300	0...500	4	3	50
	120	0...2000	3		
Етиловий спирт	300	0...4000	6	4	1000
Діоксид вуглецю	400	0...15000	7	-	
	500	0...80000	4		

Для цього кладуть індикаторну трубку в затискач та визначають за шкалою концентрацію.

Для розширення границі вимірювання у разі визначення концентрації деяких газів або пари передбачена можливість просмокування через індикаторну трубку двох різних об'ємів повітря.

Якщо концентрація деякого газу або пари нижча за чутливість приладу, то потрібно провести багаторазове (до 5 раз) просмокування максимального об'єму повітря. Фактична концентрація буде рівна



отриманій, поділений на кількість разів просмокування.

Отримані результати порівнюють з ГДК конкретної речовини та роблять висновок про стан повітряного середовища за газованим фактором. Отримані дані записують у таблицю 10.

Таблиця 10

№ з/п	Досліджуванний газ	Час просмокування, хв	Об'єм проби повітря, мл	Граничнодопустима концентрація, мг/м ³	Фактична концентрація, мг/м ³
1					
2					
3					

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика шкідливих газів та пари, їх небезпечність для людини; поняття ГДК; класи шкідливості; методи визначення концентрацій газів та пари; схема газоаналізатора УГ-2 та його призначення.
4. Результати експерименту у формі таблиці 10.
5. Висновки про відповідність загазованості умовам праці.

Література

1. Сегеда Д.Г., Дашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности. М.: Лег. Пищ. Пром-сть, 1983. 344 с.
2. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы: Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1979.
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общесанитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов, 1988, 75 с.

Лабораторна робота № 6

Дослідження запиленості повітряного середовища у виробничих приміщеннях

Мета роботи

Ознайомлення з методами визначення концентрації пилу в повітряному середовищі виробничих приміщень



Матеріальне забезпечення

Для відбору проб при визначенні запиленості повітря ваговим методом використовується лабораторна установка, яка складається з таких основних частин:

- Електроаспіратор, що є збудником руху повітря при відборі проб і визначення кількості повітря, пропущеного через фільтр;
- Алонж (фільтротримач) з фільтром для затримки частинок пилу;
- Камера запилення, що імітує виробничі умови;
- Терези аналітичні;
- Електроаспіратор складається з повітродувки, що створює понижений тиск, електродвигуна і чотирьох ротаметрів;
- Аналітичний фільтр АФА-В-10 виготовлений з перхлорвінілового фільтруючого матеріалу у вигляді складеного в пакетик комплекту з фільтра з опресованими краями і захисних кілець з виступами.

Загальні відомості

Пил – це дрібні частки твердої речовини, які здатні тривалий час знаходитися в повітрі у завислому стані.

Виробничий пил утворюється при проведенні земляних, вибухових, вантажно-розвантажувальних, оздоблювальних, зварювальних і інших видів робіт.

За своїм походженням виробничий пил поділяється на:

1. Органічний
 - а) рослинний (цукровий, борошняний, кам'яновугільний, льняний, деревний, паперовий та ін.),
 - б) тваринний (вовняний, кістяний, волосяний та ін.).
2. Неорганічний:
 - а) металевий (залізний, цинковий, свинцевий, марганцевий та ін.),
 - б) мінеральний (кварцовий, піщаний, азбестовий та ін.).
3. Змішаний.

За способом утворення пил поділяється на:

1. Аерозоль дезінтеграції (утворюється під час механічного впливу на тверді речовини-подрібнення, різання, шліфування та ін.).
2. Аерозоль конденсації (утворюється з парів речовин при їхньому охолодженні – електрозварювальний аерозоль та ін.).

За дисперсністю пил поділяється на:

- *0 Крупний (розмір частинок більше 10 мкм).
- *1 Середньої крупності (від 5 мкм до 10 мкм).



Крім того, дається оцінка пилу по його токсичності та вибухонебезпеці.

Для гігієнічної характеристики виробничого пилу необхідно мати дані про його вагову кількість в одиниці об'єму повітря (в 1 м^3), дисперсність, питому вагу, розчинність, форму та ступінь твердості частинок пилу.

Ступінь дисперсності визначає поведінку пилу в дихальних шляхах, можливість проникання в легені чи затримку його на різних ділянках дихальних шляхів. Частинки пилу розміром 10-15 мкм затримуються у верхніх дихальних шляхах, а менші від 10 мкм потрапляють в альвеол легень. Від ступеня дисперсності залежить фізико-хімічна активність пилу, вміння адсорбувати гази та іони повітря, здатність до дифузії. Дані про питому вагу дають можливість прогнозувати поведінку пилу в повітрі, правильно зробити розрахунки і вибрати методи вентиляції.

Виробничий пил належить до високодисперсних систем. Звичайно частинки пилу розміром до 200 мкм трапляються одиницями, до 10 мкм – 5-10%, менше 2мкм – 40-90%. Отже, дуже багато частинок пилу може вільно проникати в альвеоли легень.

Відповідно до законодавства гранично допустимі концентрації не-токсичного пилу у повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинні перевищувати:

1. 2 мг/м^3 для видів пилу, що містять оксид кремнію кристалічний в кількості від 10% до 70 % (пил кварцу, кварциту та ін.);
2. 1 мг/м^3 , що містять більше 70% оксиду кремнію;
3. 4 мг/м^3 для решти видів пилу, що вміщує кварц.

На промислових підприємствах необхідно періодично один-два рази в рік проводити аналіз запиленості повітря в цехах з метою оцінки стану повітряного середовища.

При дослідженні запиленості повітря необхідно встановити дані про кількість та якість пилу, що міститься в повітрі. Для визначення кількісної характеристики застосовують ваговий і рахунковий методи дослідження запиленості повітря. Якісна характеристика пилу – це його хімічний склад, твердість, вологість, розчинність та ін.

Ваговий метод дослідження запиленості повітря полягає в тому, що певний об'єм запиленого повітря пропускається через спеціальний фільтр, що затримує пил.



Вагу затриманого пилу визначають по різниці ваги фільтра до і після пропускання через нього запиленого повітря.

Розрахунок концентрації пилу проводиться по формулі

$$C = \frac{M_1 - M_0}{V_1} \quad (1)$$

де M_1 – вага фільтра після відбору проби повітря, мг;

M_0 – вага фільтра до відбору проби повітря, мг;

V_0 – об'єм повітря, пропущеного через фільтр, приведений до нормальних умов, тобто до такого об'єму, який він займав би при температурі 0°C і атмосферному тиску 760 ммрт. ст. (розрахунковий об'єм)

$$V_0 = \frac{V_\tau 273B}{(273 + t_n)760} \quad (2)$$

де B – атмосферний тиск під час проведення дослідів, мм рт. ст.;

t_n – температура повітря під час проведення дослідів, $^\circ\text{C}$;

V_τ – об'єм повітря, пропущеного через фільтр, м^3

$$V_\tau = g \cdot \tau \cdot 1 \text{ \textcircled{O}} \quad (3)$$

де τ – час проведення дослідів, хв.;

g – продуктивність аспірації, л/хв

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 \quad (4)$$

де g_1, g_2, g_3, g_4 – продуктивність ротаметрів, л/хв.

У виробничих умовах пробу повітря беруть, як правило, в зоні дихання працівника (на висоті 1,5...2 м від підлоги). В кожній точці беруть декілька проб. Тривалість відбору проб змінюється в залежності від концентрації пилу в повітрі.

Суть рахункового методу полягає у встановленні за допомогою струменевого лічильника кількості та розміру пилинок, що містяться в певному об'ємі досліджуваного повітря.

Дія струменевого лічильника оснований на ударі струменя повітря, що продувається насосом, у поверхню екрану, розташованого на шляху руху повітря. Досліджуване повітря нагнітається у зволожувальну трубку, де воно зволожується до насичення, а потім з великою швидкістю проникає через вузьку щілину в камеру осадження. В результаті цього повітря різко розширяється, температура його знижується і волога з насиченого повітря конденсується і осідає на скляній пластині (екрані). Після того, як волога випаровується, на скляній пластині залишається суха доріжка пилу. Цю пластинку поміщають під мікроскоп і визначають кількість пилинок та їх розмір.



Порядок виконання роботи ваговим методом

Перед відбором проб повітря на запиленість чисті фільтри у кількості двох штук зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,1...0,2 мг. Для зважування фільтр за допомогою пінцета необхідно перенести на середину шальки терезів. Після зважування фільтр вкладають в пакетик з захисними кільцями і встановлюють в алонж, з'єднаний гумовим шлангом з аспіратором.

Включають аспіратор і річками вентилів, розташованих над ротаметрами, регулюють необхідну швидкість відбору проб повітря. Підрахунок швидкості проходження повітря по шкалах проводять по верхньому краю поплавків ротаметрів. Вимикають аспіратор.

Після регулювання аспіратора алонж встановлюють в отвір пилової камери і вмикають тумблер вентилятора. Через 15 секунд вимикають вентилятор.

Включають аспіратор і одночасно фіксують час початку відбору проби повітря. Через 10 хвилин вимикають аспіратор.

Після завершення відбору проби повітря алонж виймають з отвору пилової камери, роз'єднують його, дістають фільтр і кладуть його на шальку терез аналітичних для зважування після досліду. З ваги фільтра після відбору проби відняти його вагу до початку відбору і таким чином визначити кількість пилу, що знаходиться на фільтрі.

По формулі (1) вирахувати концентрацію пилу в повітрі лабораторної установки. Результати вимірювань та розрахунків заносять в таблицю 11.



Результати експерименту з визначення запиленості
повітряного середовища

№ з/п фільтра	Вага фільтра до дослідження M_0 , мг	Вага фільтра після дослідження M_1 , мг	Час проведення дослідження, хв	Продуктивність ротаметрів, л/хв				Продуктивність аспірагора g , л/хв	Об'єм повітря, пропущеного через фільтр, m^3	Атмосферний тиск під час проведення дослідження B , мм рт. ст.	Температура повітря під час проведення дослідження t , °C	Розрахунковий об'єм повітря, V_0 , m^3	Концентрація пилу в повітрі, C , мг/ m^3
				g_1	g_2	g_3	g_4						
1													
2													
3													
4													

Оцінку результатів дослідження запиленості повітряного середовища по ваговому методу проводять шляхом співставлення їх з вимогами санітарних норм про граничнодопустимий вміст нетоксичного і токсичного пилу у повітрі.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика запиленості повітряного середовища.
4. Результати експерименту у формі таблиці 10.
5. Висновки про запиленість повітряного середовища.

Література

1. Трахтенберг І.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ. 1997 р.
2. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу). Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 р. №248.



Мета роботи

Вивчити і освоїти методику вимірювання та оцінки виробничого шуму на робочих місцях виробничого персоналу відповідно до санітарних норм.

Матеріальне забезпечення

Для вимірювання шуму використовується вимірювальна апаратура, яка складається з таких основних частин:

- мікрофон (капсюль);
- шумомір, об'єднаний з аналізатором спектру з октавними фільтрами в один прилад - шумомір-аналізатор, типу ВШВ-1;
- підсилювач;
- для відтворення шуму використовується сирена та генератор шуму ГЗ-33.

Загальні відомості

Виробничий шум - це сукупність небажаних звуків, різних по силі і частоті коливань, що виникають при роботі машин, приладів та обладнання на виробництві, що викликають неприємні відчуття.

Виробничий шум характеризується наступними акустичними величинами:

- звуковим тиском P (Па);
- інтенсивністю I (Вт / м²);
- потужністю W (Вт);
- частотою коливань f (Гц);
- спектром шуму;
- швидкістю поширення c (м / с);
- довжиною звукової хвилі λ (м);
- сумарним рівнем шуму кількох джерел L_{Σ} (дБ).

Звуковий тиск визначається амплітудою коливань. Чим більше амплітуда, тим голосніше відчувається звук. Слуховий орган людини здатний сприймати досить великий діапазон звукових тисків від 10-5 до 102 Па. Тому для зручності обчислення і оцінки звуковий тиск визначається у відносних одиницях - децибелах.



$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \quad (1)$$

де p – вимірний звуковий тиск, Па;

p_0 – порогове значення, рівно $2 \cdot 10^{-5}$ Па

Інтенсивність шуму визначається кількістю звукової енергії, що проходить через одиницю площі в Вт / м². Рівень інтенсивності шуму дорівнює:

$$L_u = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \quad (2)$$

де I – інтенсивність звуку, Вт/м²;

I_0 – умовний нульовий рівень інтенсивності дорівнює 10-12 Вт/м².

Рівень акустичної потужності визначається кількістю звукової енергії, випромінюваної джерелом в одиницю часу, оцінюється аналогічно інтенсивності:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \quad (3)$$

де W – акустична потужність джерела, Вт;

W_0 – умовний поріг акустичної потужності, що дорівнює 10^{-12} Вт.

Звуковий тиск, інтенсивність і потужність є енергетичними характеристиками шуму.

Частота коливань шуму являє собою одну з основних характеристик, що визначають кількість коливань в одиницю часу (секунду), вимірюється в Герцах (одне коливання в секунду - Герц) - Гц.

Орган слуху людини сприймає звукові коливання в діапазоні частот від 16 (20) до 20000 Гц (рис. 1,2).

Спектр шуму встановлює залежність рівнів шуму від частоти. Для акустичних розрахунків, а також для зручності нормування весь частотний діапазон звукових коливань від 20 Гц до 10000 Гц розбитий на дев'ять октавних смуг із середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000. Середня частота в октавному діапазоні визначається за формулою:

$$f_{cp} = \sqrt{f_n \cdot f_e}, \quad (4)$$

де f_n, f_e - нижня і верхня частота октавної смуги, Гц.

Октавна частота смуг характеризується тим, що верхня гранична



частота в два рази перевищує нижню.

Сумарний рівень шуму кількох джерел. Визначається на основі енергетичного сумарного випромінювання окремих джерел.

Для однакових за рівнем шуму джерел:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n, \tag{5}$$

де L_1 - рівень шуму одного джерела, дБ;

n - кількість джерел.

При наявності двох і більше джерел шуму з різними рівнями сумарний рівень визначається почерговим енергетичним підсумовуванням рівнів, починаючи з максимального.

$$\begin{aligned} L_{w1} &= L_M + \Delta L_1 \\ L_{w2} &= L_{w1} + \Delta L_2' \end{aligned} \tag{6}$$

де L_M - максимальний рівень з сумарних декількох джерел, дБ;

$\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_i$ - добавки до максимального або подальшого сумарним рівнем шуму, визначається по різниці рівнів L_1-L_2 з таблиці 12.

Таблиця 12

Добавки до максимального сумарного рівня шуму L_M (L_{w1})

L_1-L_2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ΔL	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5		1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4

Вимірювання шуму на робочих місцях в області звукового поля, в якому знаходиться працюючий, найчастіше - це висота 1,5 ... 1,7 м від підлоги та 0,5 ... 1 м від обладнання - при роботі стоячи і на відстані 0,2 м від голови людини проти його вуха - при роботі сидячи (відповідно до ДСТУ ISO 9612-2013 «Акустика. Настанови щодо вимірювання та оцінювання експозиції шуму у виробничому середовищі»).

Нормування шуму проводять виходячи з положень, прийнятих міжнародною організацією по стандартизації, були розроблені санітарні норми ДСН.3.3.6.0.37-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», в яких виробничий шум нормується за октавними або еквівалентним рівнями шуму для видів трудової діяльності [1].

Порядок виконання роботи

1. Включити шумомір ВШВ-003 (рис.6)., переведенням ручки 1 в позицію «вкл».



Рис. 6. Шумомір ВШВ-003

Прилад ВШВ-003 з 1/3 октавними фільтрами є малогабаритним, портативним вимірювальним приладом і призначений для виміру й аналізу шуму і вібрації в житлових приміщеннях, виробничих і польових умовах. Шумомір використовується для визначення джерел і характеристик шуму й вібрації в місцях знаходження людей, при дослідженнях і випробуваннях машин і механізмів, при розробці та контролі якості виробів. Шумомір ВШВ-003 має убудовані фільтри із частотними характеристиками А, В, С, а також смугові фільтри: октавні й третьооктавні, що дозволяють проводити класифікацію, вимір і визначення нормованих параметрів і характеристик шуму й вібрації відповідно до вимог санітарних норм і стандартів безпеки праці.

Укомплектований конденсатором мікрофонним з капсулою М-101, що має чутливість 50 мВ / Па, передпідсилювачем ВПМ-101, еквівалентами перетворювача й капсуля мікрофонного.

2. Виконати заміри загального рівня шуму на частотній характеристиці ЛПН. Заміри виконати в послідовності: ручка 2 в положенні «ЛПН» (рис.7); ручка 1 в положенні «повільно»; ручки 3 і 4 поставити в положення 90 і 10 або в інші положення, щоб вимірювальний прилад показував ділення в межах частини шкали.

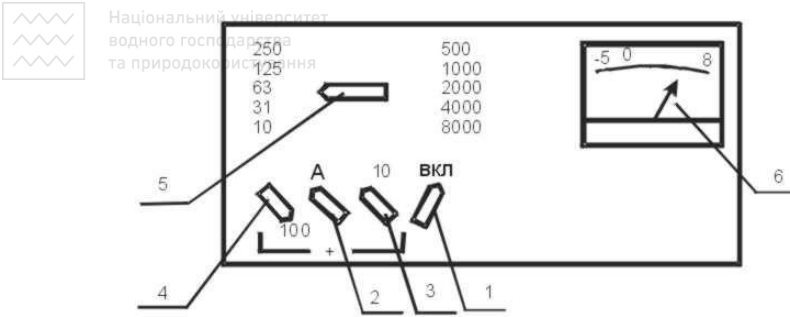


Рис. 7 Панель управління шумоміра ВШВ -003:

- 1 - ручка включення та режиму роботи вимірювального приладу;
- 2 - ручка перемикавання частотних характеристик шумоміра;
- 3,4 - ручки перемикавання рівнів шуму; 5 - ручка перемикавання октавних фільтрів; 6 - вимірювальний прилад

3. Визначити величину загального рівня шуму як суму положень ручки 3,4 і приладу 6.

Приклад: дільник 4 – ДІЛЬНИК 1 80 дБ, дільник 2 – ДІЛЬНИК 2 - 10 дБ, показ вимірювального приладу 6 - 8 дБ. Рівень звукового тиску становить: $80 + 10 + 8 = 88$ дБ.

4. Провести виміри рівня шуму « L_i » на дев'яти октавних частотах 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Заміри виконуються: ручка 2 в положення «фільтри», ручка 1 в положення «швидко» (рис.7); послідовно перемикає октавні фільтри ручкою 5, починаючи з 31,5; 63 і т.д. до 8000 Гц;

Встановіть перемикач "ФІЛЬТРИ" в положення "ЛН";

Натисніть кнопку "ФІЛЬТРИ ОКТАВНІ" і відповідними перемикачами включіть необхідні октавні фільтри, встановлюючи кожен раз перемикачем "Дільник II" стрілку в сектор 0 - 10 шкали децибел.

Результати вимірювання визначаються підсумовуванням показників шкали дБ М 101 світлодіодів і стрілового приладу.

5. Визначити значення рівня шуму за октавними фільтрами як сума положення 3, 4 і приладу 6.

6. Провести виміри звукового тиску на частотній характеристиці «А». Заміри виробляти: ручка 2 в положенні «шкала А»; ручка 1 в положенні «повільно»;



Перемикачі встановіть в положення:

Дільник I – 80

Дільник II – 50

ФІЛЬТРИ – А

РІД РОБОТИ – S

Стрілку показуючого приладу виведіть в сектор 0 - 10 шкали децибел за допомогою перемикача Дільник I, а потім перемикачем Дільник II.

7. Визначити допустимі рівні шуму в октавних смугах « L_o » згідно санітарних норм в залежності від виду трудової діяльності за варіантом завдання (табл.13);

8. Дані вимірювань « L_i » і допустимих рівнів шуму « L_o » записати в протокол «Результати вимірювань і розрахунку» (табл. 13).

Таблиця 13

Результати вимірювання і розрахунку рівнів шуму на робочому місці

Параметри	Позна- на- чення	Середньгеометричні частоти (f), Гц									дБ А
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Вимірюваний спектр	L_e										
2. Граничний спектр	L_o										
3. Поправка на тональність шуму	ΔL_1										
4. Поправка на джерело шуму	ΔL_2										
5. Граничний коректований спектр	L_k										

8. Побудувати графік результатів розрахунку « L_i » в октавних смугах частот.

9. За графіком « L_i » визначити характер спектра шуму:

- *тональний*, якщо в спектрі має місце перевищення на 10 дБ і більше хоча б в одній з октавних смуг;

- *широкопasmовий*, якщо перевищення становлять менше 10 дБ.

10. Визначити допустимі рівні розрахованого граничного рівня



спектра « L_k », в разі наявності тонального шуму, обравши поправку 5 дБ або 5 дБА:

$$L_k = L_0 - 5. \quad (7)$$

11. Поправку 5 дБ і 5 дБА також внести в разі наявності в приміщенні установки кондиціонування і вентиляції, при цьому на тональність шуму поправка до уваги береться.

12. На графіку результатів вимірювань побудувати граничний спектр після коригування.

13. Провести аналіз отриманих даних по заміряному спектру шуму на робочому місці і величиною перевищення допустимих рівнів після коригування

$$\Delta L_0 = L_0 - L_k. \quad (8)$$

14. У висновках навести дані по величині перевищення L_0 .

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика параметрів виробничого шуму.
4. Результати експерименту у формі таблиці 12.
5. Висновки про заходи зі зниження рівня шуму.

Література

1. ДСНЗ.3.6.037.-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ, 1999. - 29 с.
2. Юдін Є.Я. та ін. Охорона праці в машинобудуванні. - М: Машинобудування, 1987. 432 с.
3. Жидецький В.Ц. та ін. Основи охорони праці. Львів, 2000. 351 с.

Лабораторна робота № 8

«Дослідження вібрації у виробничих приміщеннях»

Мета роботи

Вивчити і освоїти методику вимірювання та оцінки виробничої вібрації на робочих місцях виробничого персоналу відповідно до санітарних норм і оцінка шкідливості вібрації.



Для вимірювання вібрації використовується вимірювальна апаратура, яка складається з таких основних частин:

- мікрофон;
- шумомір, об'єднаний з аналізатором спектру з октавними фільтрами в один прилад - шумомір-аналізатор, типу ВШВ-1;
- підсилювач;
- вібродатчики (віброперетворювачі Д13);
- джерело вібрації;
- лабораторний автотрансформатор.

Загальні відомості

Вібрація - це малі механічні коливання, що виникають в пружних тілах або тілах, що знаходяться під впливом змінного фізичного поля. Причинами виникнення вібрації є невідношені силові дії, джерелами яких служать:

1. зворотно-поступальні рухомі системи (кривошипно-шатунні механізми, вібротрамбовки);
2. невідношені обертові маси (ручні електричні і пневматичні інструменти).

Невідношені сили з'являються в результаті дисбалансу, причиною якого може бути неоднорідність матеріалу тіла, що обертається, розбіжність центру маси тіла і осі обертання.

При вібрації відбувається почергове зростання й убавання амплітуди і частоти коливань. Основними параметрами вібрації є: частота коливань – f (Гц), віброшвидкість - v (м/с), амплітуда зсуву - λ (м), віброприскорення - a (м/с²), період коливання (час, протягом якого здійснюється одне повне коливання) - T (с).

Вібрація, що впливає на людину, класифікується наступним чином.

За способом передачі:

- загальну, що передається через опорні поверхні на тіло що сидить або стоїть людини;
- локальну, відданих через руки людини, на ноги сидячої людини і на передпліччя, що контактують з віброуючими поверхнями робочого столу.

За часовою характеристикою розрізняють:

1. *постійну вібрацію*, для якої контрольований параметр за час спостереження змінюється не більше ніж в 2 рази (на 6 дБ);



2. *непостійну вібрацію*, що змінюється по контрольованих параметрах більш ніж на 6дБ.

В даний час класифікацію, гігієнічні норми вібрації, вимоги до вібраційних характеристик виробничого обладнання та транспортних засобів визначають нормативний документ [1].

З фізичної точки зору вібрація характеризується частотою коливань, амплітудою вібропереміщення, а також їх похідними - коливальною швидкістю і коливальним прискоренням.

Існує два види нормування вібрацій - технічні і гігієнічні норми.

Технічні норми застосовують для оцінки вібраційних властивостей машин при контролі їх якості. Значення технічних норм наведені в стандартах і технічних умовах на конкретні машини.

Гігієнічні норми застосовуються для контрольних випробувань і інспекторських перевірок експлуатованих машин і устаткування. Гігієнічні норми призначені для оцінки гігієнічних характеристик виробничої вібрації при контролі стану умов праці на робочому місці.

Нормативні значення загальної вібрації регламентовані санітарними нормами [1]. Гігієнічні норми представляють собою граничні спектри (ПС) для кожного виду вібрації в залежності від напрямку їх дії. Граничний спектр вібрації вібрації - середньоквадратичні значення віброшвидкості в октавних смугах частот або їх логарифмічні рівні, співвідношення яких враховує значимість впливу вібрації різних частот на людину.

Порядок виконання роботи приладом ВШВ-003

Вимірювання параметрів вібрації проводиться на лабораторному стенді (рис.8).

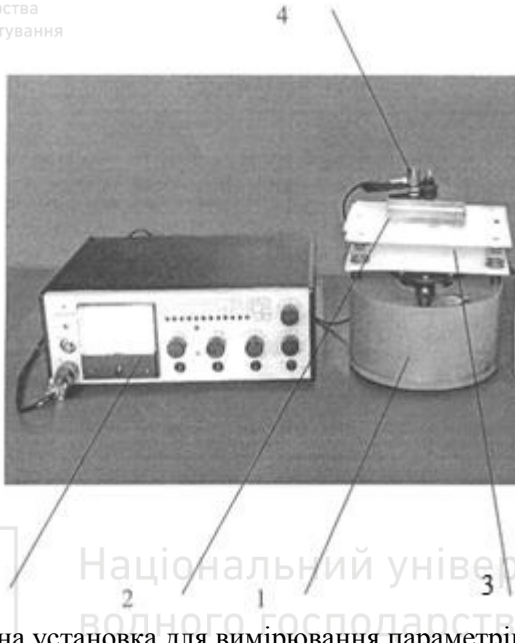


Рис.8 Лабораторна установка для вимірювання параметрів вібрації:
1 – автотрансформатор; 2 – об'єкт віброізоляції; 3 – віброзахисний модуль; 4 – датчик вібрації; 5 – вимірювальний прилад ВШВ-003

Віброзахисний модуль складається з двох паралельних пластин, між якими встановлені або пружини, або прокладка з поліуретану. В якості об'єкту 2 віброізоляції можна використовувати або пластину з прорізами, або мікродвигун з дебалансом, або гучномовець під'єднаний до генератора звукових сигналів.

До об'єкту 2 віброізоляції кріпиться віброперетворювач 4 типу ДН-13 вимірювача шуму і вібрації ВШВ-003 5.

1. Встановити прилад ВШВ-003 в робоче положення (горизонтальне або вертикальне) і механічним коректором нуля встановити стрілку вимірювача на позначку «0» шкали «0 - 10 dB».

2. Встановити перемикачі вимірювального приладу в положення:

«Рід роботи» - в «S»;

«ДЛТ1, dB» - в «80»;

«ДЛТ2, dB» - в «50».

3. Зафіксувати показання вимірювального приладу, воно повинно бути в межах сектора «6 - 10 дБ», зазначеного на шкалі вимірювача.

Якщо ця вимога не виконується, необхідно замінити батареї. Для цього перемикач "Рід роботи" встановити в положення «▷». Резистором «▷» встановити стрілку вимірювача на позначку «▷» шкали «0 - 1». Калібрування виконується лаборантом.

4. При вимірюванні віброприскорення перемикач «Рід роботи» встановити в положення «F»; якщо при вимірах виникнуть флуктуації (коливання) стрілки вимірювача, слід перевести перемикач «Рід роботи» в положення «S»; якщо флуктуації не припиняються - в положення «10S». Перемикач «ФЛТ, Hz» встановити в положення «1» або «10» в залежності від частотного діапазону вимірювання; натиснути або віджати кнопку «10 kHz». Провести вимірювання, роблячи відлік показань за шкалою приладу, що показує в $\text{mm} \times \text{S}^{-2}$. Якщо при вимірюванні стрілка знаходиться на початку шкали або періодично спалахує індикатор «ПРГ», то слід спочатку перемкнути перемикач «ДЛТ 1, dB» на більш високий рівень (вліво), згасне індикатор «ПРГ», потім при необхідності - «ДЛТ 2, dB». При роботі з віброперетворювачем ДН-13 показання вимірювача необхідно помножити на 10.

5. Для вимірювання віброприскорення в октавних смугах частот встановити перемикач «ФЛТ, Hz» в положення «ОКТ». Включити необхідний октавний фільтр кнопкою «kHz, Hz» і перемикачем «ФЛТ ОКТ». Провести відлік за шкалою приладу, що показує в $\text{m} \times \text{S}^{-2}$.

6. Для вимірювання віброшвидкості натиснути кнопку «d, V» і повторити операції з перемикачами «Рід роботи», «ДЛТ 1, dB» і «ДЛТ 2, dB» відповідно до п.5.1, відраховуючи показання за шкалою приладу, що показує в $\text{m} \times \text{S}^{-1}$.

Вимірювання параметрів вібрації (віброприскорення і віброшвидкості) провести двічі: безпосередньо на об'єкті віброізоляції і при застосуванні віброзахисних модулів відповідно до завдання викладача.

7. Підрахувати величини рівня віброшвидкості в децибелах (табл.14).

8. Проаналізувати дані таблиць 13,14 шляхом порівняння фактичних значень параметрів вібрації з граничнодопустимими рівнями.



Вимірювання параметрів вібрації

Номер по замірах	Вид амортизаційного матеріалу	Покази		Розрахункове значення рівня віброшвидкості, дБ	Гранично допустиме значення	
		віброприскорення, м/с ²	віброшвидкість, мм/с		віброшвидкості, мм/с	рівня віброшвидкості, дБ
1	Без засобів амортизації					
2						

Таблиця 15

Вимірювання віброприскорення в октавних смугах

Значення	Віброприскорення, м / с ² , в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц						
	1	2	4	8	16	31	63
Виміряне							
Допустиме							

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика параметрів виробничої вібрації.



4. Результати експерименту у формі таблиць 14, 14 по вимірюваннях параметрів вібрації та віброприскорення в октавних смугах частот.

5. Висновки про величину віброприскорення на робочому місці, порівнявши виміряні дані з допустимими

Література

1. ДСНЗ.3.6.039.-99. Державні санітарні норми виробничої загальної локальної вібрації. Київ, 2000. - 39 с.
2. Алексеев С.П. і ін. Борьба з шумом і вібрацією в машинобудуванні. М: Машинобудування, 1970. 208 с.
3. Пительгузов Н.А. Засоби захисту від шуму і вібрації в машинобудуванні : навчальний посібник. Луганськ: вид-во СНУ, 2003. 148 с.

