

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та
водного господарства
Кафедра водної інженерії та водних технологій

02/01-01M

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних занять і самостійної роботи з
навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне
будівництво, водна інженерія та водні технології»
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІ ЕАВГ
Протокол № 1 від 23.09.2025 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Козішкурт С. М., Турченко В. О., Волк П. П. Рівне : НУВГП. 2025. 34 с.

Укладачі:

Козішкурт С. М., к.т.н, доцент кафедри водної інженерії та водних технологій;

Турченко В. О., д.т.н., завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій;

Волк П. П., д.т.н., професор кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск: Турченко В. О., д.т.н., завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Керівник (гарант) освітньої програми : Клімов С. В.

© С. М. Козішкурт,
В. О. Турченко, П. П. Волк, 2025
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Лабораторна робота 1. Вимірювання основних метеорологічних характеристик. Встановлення похибки вимірювань.....	5
Лабораторна робота 2. Робота з універсальними засобами вимірювання	9
Лабораторна робота 3. Вивчення будови та принципу роботи приладів для визначення вологості ґрунту.....	12
Лабораторна робота 4. Вивчення будови та принципу дії багатофункціональних приладів для визначення показників ґрунту.....	16
Лабораторна робота 5. Визначення коефіцієнта фільтрації та вологоємності ґрунту.....	19
Лабораторна робота 6. Вивчення будови та принципу роботи приладів для визначення мінералізації води.....	23
Лабораторна робота 7. Вивчення будови та принципу дії багатофункціональних приладів для визначення показників якості води	26
Підготовка та захист звітів лабораторних робіт.....	30
Самостійна робота	31
Рекомендована література	33

Передмова

Методичні рекомендації укладені відповідно до силабусу навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація» та освітньо-професійної програми «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання (2025 рік).

У матеріалах подано теоретичні відомості та комплекс лабораторних завдань, необхідних для опанування ключових понять, принципів і методів метрології та стандартизації, що широко застосовуються в сучасній практиці інженерії водогосподарського напрямку.

Основна мета цих вказівок – сприяти формуванню у студентів цілісного уявлення про метрологічні основи вимірювань, систему стандартизації та сертифікації, а також забезпечити розвиток навичок їх практичного застосування у сфері гідротехнічного будівництва.

Виконання лабораторних і самостійних робіт, передбачених методичними рекомендаціями, допоможе закріпити теоретичні знання, отримати практичний досвід роботи з вимірювальними приладами й обладнанням, навчитися аналізувати результати експериментів та формувати обґрунтовані висновки.

Вказівки також містять приклади методик виконання розрахунків, довідкові та нормативні матеріали, що забезпечують якісне виконання лабораторних та індивідуальних завдань.

Лабораторна робота 1.

Вимірювання основних метеорологічних характеристик.

Встановлення похибки вимірювань

Мета лабораторної роботи: ознайомитися з методами визначення основних метеорологічних характеристик та навчитися встановлювати похибки вимірювань на основі порівняння отриманих результатів.

Завдання лабораторної роботи:

1. Виконати вимірювання основних метеорологічних параметрів: температури повітря, відносної вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру з використанням різних типів приладів.

2. Порівняти показники, отримані за допомогою різних приладів.

3. Визначити похибки вимірювань і зробити висновки щодо їх достовірності.

Теоретичні відомості.

Температура є одним із ключових показників, що характеризує кліматичні умови. Вона відображає середню кінетичну енергію молекул речовини. Для вимірювання температури застосовують термометри різних типів, принцип роботи яких ґрунтується на зміні фізичних властивостей матеріалів залежно від температури (наприклад, теплове розширення рідини, зміна електричного опору тощо) (рис. 1).



Рис. 1. Прилади для вимірювання температури

Вологість повітря відображає кількість водяної пари, що міститься у повітрі. Найчастіше використовують показник відносної вологості – це співвідношення фактичного вмісту водяної пари в повітрі до максимально можливої її кількості при певній температурі, виражене у відсотках. Для визначення вологості застосовують спеціальні прилади – психрометри та гігрометри різних конструкцій (рис. 2, п.1, 2, 3). В їх основі лежить залежність фізичних властивостей матеріалів (наприклад, довжини органічних волокон, електричного опору чи температури поверхні змоченого термометра) від кількості водяної пари в повітрі.



1



2



3

Рис. 2. Прилади для вимірювання вологості повітря:
1 - психрометр ВІТ-1 0-25; 2 – барометр-гігрометр БМ 2;
3 - гігрометр ТФА

Атмосферний тиск – це фізична величина, що визначає силу, з якою маса повітря діє на одиницю площі земної поверхні. Він суттєво впливає на формування кліматичних і погодних процесів. Для його визначення застосовують барометри різних типів: ртутні, анероїдні та електронні (рис. 2, п. 2).

Швидкість вітру – це векторна характеристика, яка описує інтенсивність переміщення повітряних мас відносно земної поверхні. Вона впливає на просторовий розподіл температури та вологості. Вимірювання здійснюється за допомогою анеометрів: крильчастих, чашкових та ультразвукових.

Метеостанція MISOL WH1080 – сучасний комплексний вимірювальний прилад, який забезпечує одночасне визначення кількох основних метеорологічних параметрів: температури та вологості повітря, атмосферного тиску, напрямку і швидкості вітру, а також кількості опадів (рис. 3).



Рис. 3. Метеостанція MISOL WH1080

Метеостанція складається з зовнішнього метеорологічного сенсора, що встановлюється на відкритій місцевості, та внутрішнього дисплея, на який передаються всі виміряні параметри. На екрані відображаються дані про швидкість і напрямок вітру, кількість опадів, атмосферний тиск, температуру та вологість повітря (як зовнішню, так і в приміщенні). Крім безпосередніх вимірювань, прилад автоматично розраховує додаткові показники, зокрема: індекс теплового та холодового комфорту і точку роси (табл. 1).

Прилади та обладнання: термометри різних типів; гігрометри та психрометри; барометри; анемометри; автоматична метеостанція MISOL WH1080.

Хід роботи.

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями про основні метеорологічні параметри та принцип дії приладів для їх вимірювання.

2. Виконати вимірювання температури за допомогою різних типів термометрів.

Таблиця 1

Технічні характеристики метеостанції MISOL WH1080

Відстань передачі даних	до 100 метрів
Діапазон вимірювання температури зовні	-40...60°C
Діапазон вимірювання температури в приміщенні	0...50°C
Діапазон вимірювання вологості	10...99%
Кількість опадів	0...9999 мм
Швидкість вітру	0...50 м/с
Напрямок вітру	0...359 градусів
Діапазон вимірювання тиску повітря	300...1100 гПа

3. Провести визначення відносної вологості повітря різними приладами.

4. Виміряти атмосферний тиск кількома типами барометрів.

5. Зняти показники з метеостанції MISOL WH1080.

6. Звести результати у таблицю (табл. 2), обчислити середнє значення для кожного параметра та визначити похибку вимірювань.

Таблиця 2

Вимірювання основних метеорологічних характеристик різними приладами

Прилад	Температура, °C	Вологість, %	Атмосферний тиск, мм рт. ст.	Швидкість вітру, м/с
Середнє значення				
Похибка вимірювань				

Контрольні запитання.

1. Які існують типи термометрів і в чому полягає їх принцип дії?
2. Якими приладами можна виміряти відносну вологість повітря? Як працює психрометр?
3. Які бувають типи барометрів та за яким принципом вони функціонують?
4. Які метеорологічні параметри може визначати метеостанція MISOL WH1080?
5. Які чинники впливають на точність результатів вимірювань?

Лабораторна робота 2.

Робота з універсальними засобами вимірювання

Мета лабораторної роботи: ознайомитися з конструкцією, принципом дії та особливостями універсальних вимірювальних інструментів. Навчитися обирати оптимальний прилад для конкретного завдання та виконувати вимірювання лінійних розмірів з необхідною точністю.

Завдання лабораторної роботи:

1. Вивчити будову та принцип роботи штангенциркуля, мікрометра та мікрометричного рівнеміра.
2. Ознайомитися з правилами користування універсальними вимірювальними інструментами.
3. Виконати вимірювання лінійних розмірів різних об'єктів із застосуванням різних приладів.
4. Обробити результати вимірювань, оцінити їх точність і зробити висновки.

Теоретичні відомості.

Універсальні засоби вимірювання призначені для визначення різних лінійних параметрів деталей і конструкцій. До них належать штангенциркуль, мікрометр та мікрометричний рівнемір.

Штангенциркуль – універсальний вимірювальний інструмент, який застосовується для визначення довжини,

ширини, товщини, а також внутрішніх і зовнішніх діаметрів деталей. Конструктивно складається з лінійки з нанесеною шкалою, рухомої та нерухомої губок і ноніуса. Прилад забезпечує точність вимірювання до 0,1 мм (рис. 4).

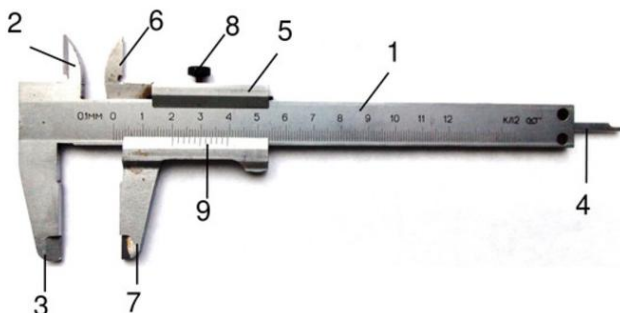


Рис. 4. Штангенциркуль з ноніусом: 1 – штанга, 2 – нерухома верхня губка, 3- нерухома нижня губка, 4 – глибиномір, 5 – рамка, 6 – рухома верхня губка, 7 - рухома нижня губка, 8 – затискний гвинт, 9 - ноніус

Мікрометр – це високоточний вимірювальний інструмент, призначений для визначення малих лінійних розмірів деталей (рис. 5). Його конструкція включає мікрогвинт, барабан, стопор і ноніус. Завдяки гвинтовому механізму прилад забезпечує високу точність вимірювань – до 0,01 мм.



Рис. 5. Мікрометр: 1 – скоба, 2 – п'ятка, 3 – мікрометричний гвинт, 4 – стопор, 5 – стебло, 6 – барабан, 7 – корпус тріскачки

Мікрометричний рівнемір (тастер) – спеціалізований прилад, що використовується для визначення рівня води у відкритих каналах або резервуарах (рис. 6). Точність вимірювання забезпечується завдяки гвинтовому механізму з колесиком, який дозволяє плавно опускати чи піднімати чутливий наконечник приладу до моменту його дотику з поверхнею води. Прилад дає можливість отримати результат з точністю до 0,1 мм.



Рис. 6. Мікрометричний рівнемір (тастер)

Прилади та обладнання: штангенциркуль, мікрометр, мікрометричний рівнемір.

Хід роботи.

1. Ознайомитися з конструкцією та принципом дії кожного вимірювального інструмента.
2. Для кожного об'єкта підібрати інструмент, що забезпечує потрібну точність вимірювання.
3. Виконати серію вимірювань лінійних розмірів та занести результати у таблицю 3.

4. Для кожного параметра обчислити середнє значення, абсолютну та відносну похибки.

5. Проаналізувати результати, зробити висновки щодо точності вимірювань та доцільності застосування різних інструментів.

Таблиця 3

Вимірювання різних показників універсальними засобами вимірювання

Засіб вимірювання	Об'єкт для вимірювання	Результати вимірювань, мм	Середнє значення, мм	Похибка абсолютна, мм	Похибка відносна, %

Контрольні запитання.

1. Які універсальні вимірювальні інструменти застосовуються для визначення лінійних розмірів?

2. Яку точність забезпечує штангенциркуль та мікрометр?

3. Для яких цілей використовується мікрометричний рівнемір (тастер)?

4. Яких правил безпеки необхідно дотримуватись під час роботи з вимірювальними приладами?

5. Яким чином точність вимірювань впливає на якість виготовлення деталей та виробів?

Лабораторна робота 3.

Вивчення будови та принципу роботи приладів для визначення вологості ґрунту

Мета лабораторної роботи: ознайомлення з конструкцією та принципом дії приладів для вимірювання вологості ґрунту. Освоїти методики визначення вологості ґрунту різними способами та навчитися аналізувати отримані результати.

Завдання лабораторної роботи:

1. Вивчити основні методи визначення вологості ґрунту.
2. Ознайомитися з будовою, принципом дії та правилами використання приладів для вимірювання вологості ґрунту.
3. Виконати вимірювання вологості ґрунту різними методами.
4. Проаналізувати отримані результати та визначити похибки вимірювань.

Теоретичні відомості.

Вологість ґрунту — це ключова характеристика, що визначає фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Вона безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослин, активність ґрунтових мікроорганізмів, а також на ефективність меліоративних і сільськогосподарських заходів.

Серед основних методів визначення вологості ґрунту найбільш поширений **гравіметричний метод**, який ґрунтується на визначенні втрати маси ґрунтового зразка після висушування до постійної маси (рис. 7). Різниця між масою сирого та сухого зразка дозволяє обчислити вміст води в ґрунті.



**Рис. 7. Сушильна шафа
(вакуумна) VT 6025
Thermo Scientific**

Електромагнітний метод визначення вологості ґрунту заснований на вимірюванні його електропровідності, яка змінюється залежно від вмісту води. Спеціальні датчики реєструють електричний опір ґрунту, а за допомогою попередньо побудованих калібрувальних кривих визначають його вологості.

Тензіометричний метод дозволяє оцінити силу, з якою ґрунт утримує воду. Тензіометр складається з керамічного наконечника, заповненого водою, та вакуумметра (рис. 8). Вода з наконечника поступово випаровується в сухий ґрунт, створюючи вакуум, який фіксується приладом. За величиною цього вакууму роблять висновок про вологість ґрунту.



**Рис. 8. Тензіометр стандартний
AQUAMETER ECO T**

Нейтронний метод застосовується для визначення вологості ґрунту у великих об'ємах. Принцип роботи приладу полягає у випромінюванні швидких нейтронів, які сповільнюються при зіткненні з атомами водню (що містяться у воді). За кількістю сповільнених нейтронів оцінюють вміст води в ґрунті.

Кондуктометричний метод базується на залежності електропровідності ґрунту від його вологості: чим більше води, тим вища електрична провідність. Для вимірювань використовуються сучасні електронні вологоміри, які показані на рис. 9.

Безконтактні методи дозволяють оцінювати вологість ґрунту без безпосереднього контакту з ним. Принцип дії цих методів ґрунтується на вимірюванні фізичних властивостей води, які змінюються при зміні вологості ґрунту. До основних типів безконтактних методів належать радіохвильові, мікрохвильові, інфрачервоні та термометричні.

Дистанційне зондування ґрунту забезпечує оцінку його вологості на великих площах за допомогою супутникових та аерофотознімків. Цей підхід застосовується для моніторингу посух, паводків та інших природних явищ.



1



2



3

**Рис. 9. Вологоміри ґрунту: 1 – Walcom MC-7828SOIL;
2 – Misol WH-0291S-1; 3 – Walcom PMS-710**

Прилади та обладнання: вологомір Walcom PMS-710, вологомір Walcom MC-7828SOIL, вологомір з безпроводним датчиком MISOL WH-0291S-1, ємності з сухим, вологим і мокрим ґрунтом.

Хід роботи.

1. Ознайомитися з основними методами визначення вологості ґрунту.
2. Підготувати ємності із ґрунтом різної вологості: сухий, вологий, мокрий.

3. Виміряти вологість ґрунту вологомірами Walcom PMS-710 та Walcom MC-7828SOIL. Вставляти зонд приладів у зразок ґрунту на задану глибину та знімати показання з дисплея.

4. Виміряти вологість ґрунту за допомогою вологоміра MISOL WH-0291S-1. Встановити бездротовий датчик у зразок ґрунту та зафіксувати показання на основному блоці.

5. Звести отримані результати у таблицю (табл. 4), обчислити середнє значення та розрахувати похибку вимірювань.

Таблиця 4

Вимірювання вологості ґрунту

Прилад \ Зразок ґрунту	Сухий, %	Вологий, %	Мокрий, %
Walcom PMS710			
Walcom MC-7828SOIL			
MISOL WH-0291S-1			
Середнє значення			
Відносна похибка вимірювань, %			

Контрольні запитання

1. Що таке вологість ґрунту та чому її визначення має практичне значення?

2. Які основні методи вимірювання вологості ґрунту використовуються на практиці?

3. Поясніть принцип роботи кондуктометричного методу визначення вологості ґрунту.

4. Які чинники можуть впливати на точність вимірювань вологості ґрунту?

Лабораторна робота 4.

Вивчення будови та принципу дії багатифункціональних приладів для визначення показників ґрунту

Мета лабораторної роботи: ознайомитися з конструкцією та принципами роботи сучасних ґрунтових аналізаторів. Навчитися визначати основні фізико-хімічні параметри ґрунту.

Завдання лабораторної роботи:

1. Вивчити будову та принцип дії приладів Soil Tester JHL9918 та DL-1835.

2. Виконати вимірювання рН, вологості, температури та освітленості ґрунту за допомогою аналізаторів.

3. Порівняти результати вимірювань, отримані різними приладами, та оцінити їх точність.

Теоретичні відомості.

Soil Tester JHL9918 – багатофункціональний прилад для вимірювання основних параметрів ґрунту (рис. 10, п. 1):

- кислотність (рН),
- вологість ґрунту,
- температура ґрунту,
- інтенсивність світла (важлива для фотосинтезу та розвитку рослин).

DL-1835 – цифровий аналізатор ґрунту, що дозволяє вимірювати такі показники (рис. 10, п. 2):

- кислотність ґрунту (рН),
- вміст основних елементів живлення: азоту (N), фосфору (P) та калію (K),
- температура ґрунту.

Прилади та обладнання: аналізатор ґрунту Soil Tester JHL9918, цифровий аналізатор параметрів ґрунту DL-1835, зразки ґрунту для досліджень.



Рис. 10. Аналізатори ґрунту: 1 – Soil Tester JHL9918, 2 –DL-1835

Хід роботи.

1. Ознайомитися з інструкцією та принципом роботи кожного аналізатора ґрунту.
2. За допомогою Soil Tester JHL9918 виміряти:
 - рН ґрунту;
 - вологість ґрунту;
 - температуру ґрунту;
 - інтенсивність освітлення зразка ґрунту.
3. За допомогою DL-1835 виміряти:
 - рН ґрунту;
 - вміст NPK (азот, фосфор, калій);
 - температуру ґрунту.
4. Занести отримані результати у таблицю (табл. 5). Проаналізувати дані та порівняти їх із оптимальними показниками для кожного параметра.

Таблиця 5

Вимірювання основних показників ґрунту

Зразок ґрунту	Показник	Soil Tester JHL9918	DL-1835
	pH		

	НРК		
	вологість		
	температура		
	освітленість		

Контрольні запитання.

1. Які основні параметри ґрунту вимірюють аналізатори Soil Tester JHL9918 та DL-1835?
2. Чим відрізняється принцип роботи Soil Tester JHL9918 від принципу роботи DL-1835?
3. Яке практичне значення мають отримані параметри для росту та розвитку рослин?
4. Як часто рекомендується проводити аналіз ґрунту за допомогою цих приладів у сільському господарстві або меліорації?
5. Які фактори можуть впливати на точність вимірювань ґрунтових параметрів?

Лабораторна робота 5.

Визначення коефіцієнта фільтрації та вологості ґрунту

Мета лабораторної роботи: ознайомитися з методикою визначення коефіцієнта фільтрації та вологості ґрунту. Вивчити процеси фільтрації води через ґрунт і навчитися розраховувати основні характеристики водопроникності ґрунту.

Завдання лабораторної роботи:

1. Визначити коефіцієнт фільтрації ґрунту за допомогою приладу КФ-02.
2. Розрахувати вологості ґрунту.
3. Проаналізувати отримані результати та оцінити водопроникність ґрунту.

Теоретичні відомості.

Коефіцієнт фільтрації характеризує здатність ґрунту пропускати воду під впливом гравітаційних сил.

– **Прилад КФ-02** призначений для визначення коефіцієнта фільтрації ґрунтів із порушеною та непорушеною структурою. Конструкція приладу включає:

– два металеві телескопічні циліндри – зовнішній і внутрішній, у який наливається вода для змочування ґрунтового зразка; надлишок води зливається через пази зовнішнього циліндра;

– сітчасте дно, що утримує нижню латунну сітку та ріжучий циліндр для відбору ґрунтового зразка;

– латунну сітку і кришку з пружинами на верхньому торці ріжучого циліндра;

– мірну колбу з увігнутими всередину краями, що забезпечує підтримку постійного рівня води (1–2 мм) над ґрунтом; шкала колби має ціну поділки 1 мл (1 см³).

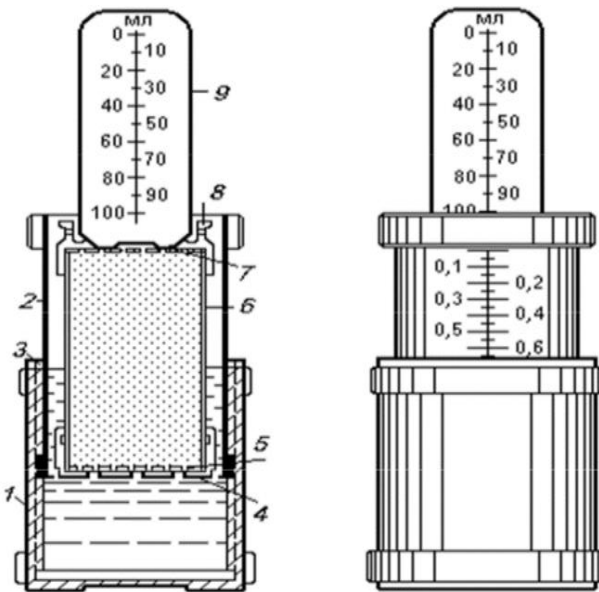


Рис. 11. Прилад для визначення коефіцієнту фільтрації ґрунту КФ-02:

1 – зовнішній циліндр (корпус); 2 – внутрішній циліндр;

3 – пази для зливу води; 4 – сітчасте дно, 5 – сітчаста кришка; 6 – ріжучий циліндр; 7 – латунна сітка, 8 – пружини, 9 – колба Маріотта

Вологоємність ґрунту – це максимальна кількість води, яку ґрунт може утримувати в стані повного насичення. Виражається у відсотках від маси сухого ґрунту.

Вологоємність є важливим показником, що визначає здатність ґрунту акумулювати вологу для рослин і підтримувати водний баланс у природі. Значення цього показника особливо важливе при плануванні меліоративних заходів та управлінні водними ресурсами в агротехніці.

Прилади та обладнання: прилад для визначення коефіцієнта фільтрації КФ-02, зразок ґрунту, термометр, ваги, секундомір, вода.

Хід роботи.

1. Підготуйте лабораторну установку для фільтрації. Для відбору зразка з непорушеною структурою ріжучий циліндр вдавлюють у моноліт піску, підрізають ножом і витягують. На нижній край циліндра встановіть сітчасте дно.

2. Встановіть циліндр із піском у посудину з водою так, щоб вода покривала дно циліндра. Дочекайтеся повного просочування ґрунту (що визначають за зміною кольору верхнього торця). Злийте залишкову воду з посудини.

3. Помістіть латунну сітку на верхній торець ґрунту та надягніть кришку з пружинами. Наповніть мірну колбу водою, затисніть отвір пальцем, переверніть її і встановіть у муфту так, щоб шийка колби торкалася сітки, забезпечуючи постійний рівень води над ґрунтом (1–2 мм).

4. Запустіть секундомір. Протягом 100–200 секунд фіксуйте рівень води у мірній колбі на початку та наприкінці вимірювання. Обчисліть об'єм води, що профільтрувалася через ґрунт.

5. Коефіцієнт фільтрації визначається за формулою

$$K_{10} = \frac{Q \cdot 864}{F \cdot r}$$

де K_{10} – коефіцієнт фільтрації за температури води 10°C , м/добу;
 Q – витрата води, $\text{см}^3/\text{с}$, визначається як об'єм профільтрованої води V (см^3) поділений на час фільтрації t (с); F – площа поперечного перерізу ріжучого циліндра, см^2 (25 см^2); 864 – перехідний коефіцієнт для переведення $\text{см}^3/\text{с}$ у м/добу ($864=86400/100$); r – температурна поправка, що враховує вплив температури на в'язкість води, обчислюється як

$$r=-0,7+0,03 \cdot T,$$

де T – температура води, $^{\circ}\text{C}$.

Розрахунки коефіцієнта фільтрації слід виконувати в табличній формі (табл. 6).

Таблиця 6

Визначення коефіцієнта фільтрації

№ дос-ліду	Час t , с	Об'єм профільтров. води V , см^3	Витрата води Q , $\text{см}^3/\text{с}$	Темпера-тура води T , $^{\circ}\text{C}$	Поправ-ка r	Коефіцієнт фільтрації K_{10} , м/добу
1						
2						
3						

6. Зважте сухий зразок ґрунту та зафіксуйте масу $m_{\text{сух}}$. Замочіть зразок у воді до повного насичення. Вийміть зразок з води, дайте стекти зайвій воді та зважте повторно, отримавши масу вологого зразка $m_{\text{вл}}$.

7. Розрахунок вологоємності. Масу води, що утримується ґрунтом, визначають як різницю між масою вологого та сухого зразка

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100,$$

де W – вологоємність ґрунту, %; $m_{вл}$ – маса зразка ґрунту у вологому стані, г; $m_{сух}$ – маса зразка ґрунту у сухому стані, г.

8. Отримані дані про вологоємність ґрунту слід звести у табличній формі (табл. 7) із зазначенням: маси сухого зразка, маси вологого зразка та розрахованої вологоємності W .

Таблиця 7

Визначення вологоємності

Зразок ґрунту	$m_{вл}$, г	$m_{сух}$, г	Вологоємність W , %

Контрольні запитання

1. Що таке коефіцієнт фільтрації ґрунту і яке його значення у гідротехнічних дослідженнях?

2. Від яких факторів залежить значення коефіцієнта фільтрації ґрунту?

3. Як визначається вологоємність ґрунту експериментально?

4. Які властивості ґрунту (структура, пористість, склад) впливають на його вологоємність?

5. Як гранулометричний склад ґрунту впливає на його фільтраційні властивості та здатність пропускати воду?

Лабораторна робота 6.

Вивчення будови та принципу роботи приладів для визначення мінералізації води

Мета лабораторної роботи: ознайомитися з методами та засобами визначення мінералізації води та навчитися виконувати точні вимірювання.

Завдання лабораторної роботи:

1. Вивчити основні методи визначення мінералізації води.

2. Ознайомитися з будовою та принципом дії приладів для вимірювання мінералізації води.

3. Виконати експериментальні вимірювання мінералізації зразків води за допомогою TDS-метра.

4. Обчислити похибку вимірювань та оцінити точність результатів.

Теоретичні відомості.

Мінералізація води – це загальна кількість розчинених солей у воді. Вона визначається електропровідністю або хімічним аналізом і є показником якості води для питного, технічного та сільськогосподарського використання. Мінералізацію зазвичай виражають у мг/л або ppm (частки на мільйон).

Основні методи визначення мінералізації:

– гравіметричний метод – випаровування води та зважування залишку розчинених солей;

– титрометричний метод – визначення концентрації окремих іонів шляхом титрування;

– кондуктометричний метод – вимірювання електропровідності води, що корелює з мінералізацією.

TDS-метр – прилад для прямого визначення мінералізації (загальної кількості розчинених твердих речовин, TDS) у воді (рис. 12). Принцип його роботи полягає у вимірюванні електропровідності розчину та перетворенні її в значення TDS.

Якість води за показником TDS наведена у таблиці 8.



Рис. 12. TDS-метр (солемір)

Прилади та обладнання: TDS-метри, зразки води.

Хід роботи.

1. Увімкніть TDS-метр та переконайтеся в його справності.
2. Опустіть електрод приладу у зразок води. Дочекайтеся стабілізації показань на дисплеї.
3. Запишіть отримані значення:
 - мінералізації (TDS), ppm;
 - температури зразка.
4. Виконайте вимірювання для кожного зразка води і для кожного приладу, якщо використовується кілька.
5. Зведіть результати у табличну форму (табл. 9).
6. Розрахуйте похибку вимірювань для кожного зразка за стандартною формулою.
7. Встановіть якість води за отриманим показником TDS згідно з таблицею 8.

Таблиця 8

Якість води за показником TDS

Показник TDS, ppm (1 мг/л)	Опис	Приклади джерел води
0...50	дуже низький вміст розчинених речовин. Вода практично дистильована, без смаку	дистильована вода, деякі природні джерела в гірських районах
50...150	низький вміст розчинених речовин. Вода м'яка, приємна на смак	більшість природних джерел
150...300	середній вміст розчинених речовин. Типова якість для багатьох водопроводів	водопровідна вода, вода зі свердловин
300...600	високий вміст розчинених речовин. Вода має солонуватий або содовий присмак	вода з деяких свердловин, мінеральні води
>600	дуже високий вміст розчинених речовин	морська вода, стічна вода

Таблиця 9

Вимірювання мінералізації води

Прилад	Температура, °C (1)	TDS, ppm (1)	Мінералізація води, г/л	Температура, °C (2)	TDS, ppm (2)	Мінералізація води, г/л
TDS-метр-1						
TDS-метр-2						
TDS-метр-3						
Середнє значення						
Відносна похибка вимірювань, %						

Контрольні запитання

1. Що таке мінералізація води і чому цей показник важливий для оцінки якості води?
2. Які одиниці вимірювання використовуються для визначення TDS (мінералізації)?
3. Які фактори можуть впливати на рівень TDS у воді?
4. Яке значення мінералізації вважається оптимальним для питної води?
5. Які методи вимірювання мінералізації ви знаєте і в чому їхні відмінності (гравіметричний, титриметричний, кондуктометричний)?

Лабораторна робота 7.**Вивчення будови та принципу дії багатофункціональних приладів для визначення показників якості води**

Мета лабораторної роботи: ознайомлення з будовою, принципом роботи та практичним застосуванням багатофункціональних приладів для оцінки основних показників якості води.

Завдання лабораторної роботи:

1. Вивчити основні показники якості води та їхнє значення.
2. Ознайомитися з будовою та принципом дії приладу Ezodo E7200.
3. Виконати практичні вимірювання основних параметрів води: рН, турбідність, електропровідність, розчинений кисень, температура, окислювально-відновний потенціал.
4. Проаналізувати отримані результати та оцінити якість досліджуваної води.

Теоретичні відомості.

Основні показники якості води:

- рН – визначає рівень кислотності або лужності води; впливає на корозію матеріалів, стан водних екосистем та ефективність технологічних процесів;
- турбідність – показник прозорості води, що зменшується через наявність завислих часток;
- електропровідність – дозволяє оцінити загальну концентрацію іонів у воді та, відповідно, її мінералізацію;
- розчинений кисень – необхідний для підтримки життя водних організмів та оцінки стану водного середовища;
- температура – впливає на хімічні реакції та біологічні процеси у воді;
- окислювально-відновний потенціал (ORP) – використовується для контролю процесів очищення води та оцінки її стану.

Для визначення цих показників застосовуються різні прилади (табл. 10), які можна використовувати як у лабораторних умовах, так і в польових, а також для контролю технологічних процесів у водопостачанні та водоочищенні.

Таблиця 10

Основні показники якості води

Показник	Норма для питної води	Вплив на якість води	Методи вимірювання
pH	6,5...8,5	впливає на корозію труб, смак води, біологічні процеси	pH-метр
Турбідність	< 5 ФН	вказує на наявність завислих частинок, впливає на прозорість	турбідиметр
Електро-провідність	залежить від регіону, але зазвичай < 500 мкСм/см	характеризує загальну мінералізацію води	кондуктометр
Розчинений кисень	> 6 мг/л (для прісної води)	необхідний для водних організмів	оксиметр
Температура	залежить від джерела води та пори року	впливає на розчинність газів, швидкість хімічних реакцій	термометр
ОВП	залежить від процесів, що відбуваються у воді	характеризує окислювально-відновні процеси	ОВП-метр

Основні типи приладів для визначення показників якості води:

– pH-метр – прилад для визначення кислотності або лужності води. Працює на принципі вимірювання електричної напруги між скляним електродом і порівняльним електродом, зануреними у досліджуваний зразок;

– турбідиметр – використовується для оцінки мутності води. Вимірює інтенсивність розсіяного світла, що проходить через зразок, що прямо пропорційно концентрації завислих часток;

– кондуктометр – прилад для визначення електропровідності води, заснований на вимірюванні струму між двома електродами у зразку;

– оксиметр – визначає концентрацію розчиненого кисню у воді. Може використовувати електрохімічні або оптичні сенсори для оцінки вмісту кисню;

– ОВП-метр (окислювально-відновний потенціал) – вимірює електричний потенціал води між платиновим або золотим електродом і порівняльним електродом для оцінки окислювально-відновного стану середовища.

Ezodo E7200 – це багатофункціональний прилад для комплексного аналізу якості води. Об'єднує функції кількох приладів в одному пристрої, що спрощує та прискорює процес вимірювань різних параметрів води (рис. 13).



Рис. 13. Багатофункціональний прилад Ezodo E7200 (pH, ОВП-метр/Кондуктометр/TDS-метр/Солемір/Термометр)

Основні параметри, які вимірює Ezodo E7200:

- pH води,
- ОВП (окисно-відновний потенціал),
- кондуктометрію (електропровідність),
- загальну кількість розчинених твердих речовин (TDS),
- температуру.

Прилади та обладнання: багатофункціональний прилад Ezodo E7200, зразки води.

Хід роботи.

1. Увімкніть прилад та оберіть режим вимірювання: pH, ОВП, провідність, TDS або температура. Для переходу з режиму

pH-метра у режим кондуктометра замініть pH-електрод на кондуктометричну комірку.

2. Опустіть електрод у зразок води, уникаючи контакту з стінками ємності. Зачекайте, поки показання приладу стабілізуються.

3. Запишіть отримані значення pH, ОВП, електропровідності, TDS та температури у таблицю 11.

Таблиця 11

Вимірювання основних показників води

Номер зразка	pH	ОВП, мВ	Провідність, мкСм/см	TDS, ppm	Температура, °C
1					
2					
3					

Контрольні запитання

1. Які основні показники якості води можна визначити за допомогою сучасних приладів?

2. Які параметри якості води вимірює прилад Ezodo E7200?

3. Які фактори можуть вплинути на точність вимірювань приладів для аналізу води?

4. Який зв'язок між електропровідністю води та вмістом у ній розчинених солей (TDS)?

Підготовка та захист звітів лабораторних робіт

Підготовка та оформлення звітів лабораторних робіт є важливою частиною навчального процесу, оскільки дозволяє систематизувати отримані результати, провести їх аналіз та сформулювати обґрунтовані висновки. Вміння чітко та аргументовано представляти результати власної роботи є важливою компетенцією студента.

Порядок підготовки та захисту звіту

1. Збір матеріалів, отриманих під час лабораторних робіт.

На цьому етапі збираються всі дані, отримані в процесі експериментів: записи спостережень, таблиці, графіки, фотографії та інші матеріали. Важливо забезпечити їхню правильну організацію для подальшого оформлення звіту.

2. Оформлення звіту.

Кожен звіт повинен відповідати встановленим вимогам. Рекомендується дотримуватися чіткої послідовності викладення матеріалу та перевіряти текст на наявність помилок, щоб забезпечити ясність та точність поданої інформації.

3. Підготовка до захисту.

Студент повинен ознайомитися з усіма етапами лабораторної роботи та підготувати аргументоване обговорення результатів. Може бути створена презентація або доповідь, яка акцентує увагу на ключових аспектах роботи.

4. Захист звіту.

Під час захисту студент представляє результати роботи, використовуючи презентацію або доповідь, відповідає на запитання викладача та аргументує свої висновки, демонструючи розуміння предмету дослідження.

Самостійна робота

Мета самостійної роботи – закріплення теоретичних знань та розвиток навичок самостійного мислення, дослідження та творчого підходу до вирішення завдань.

Форми та завдання самостійної роботи:

- підготовка доповідей, рефератів, презентацій;
- проведення досліджень (збір даних, аналіз інформації, формулювання гіпотез).

Компетенції, що розвиваються під час самостійної роботи:

- здатність самостійно шукати необхідну інформацію;
- уміння застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних завдань;

- навички самоорганізації, планування, аналізу, синтезу та критичного мислення;
- відповідальність за результати власної роботи;
- можливість проявити індивідуальність і креативність.

Система заохочення:

- підготовка самостійного реферату — до 10 балів;
- участь із доповіддю на конференції — до 15 балів;
- написання статті — до 20 балів.

Орієнтовна тематика для самостійного вивчення

1. Методи оцінки похибок вимірювань у польових умовах та точність приладів.
2. Сучасні метеорологічні прилади та системи для моніторингу кліматичних змін.
3. Порівняння традиційних і цифрових методів визначення метеорологічних характеристик.
4. Принципи калібрування універсальних вимірювальних приладів.
5. Прилади та сенсори для моніторингу ґрунтових характеристик: огляд та порівняння моделей.
6. Основні показники якості води для зрошення та методи їх вимірювання.
7. Нормативні вимоги щодо якості води для зрошення в Україні та міжнародні стандарти.
8. Сучасні аналізатори якості води: принципи роботи та практичне застосування.
9. Використання IoT-сенсорів для моніторингу води та ґрунту в агротехніці.
10. Міжнародні стандарти та сертифікація будівельних матеріалів і конструкцій.
11. Метрологічне забезпечення будівництва гідротехнічних споруд: сучасні підходи.
12. Калібрування та перевірка точності вимірювальних приладів у водогосподарстві.
13. Інноваційні методи вимірювань у гідротехнічному будівництві та зрошенні.

14. Використання дистанційного зондування та супутникових даних у моніторингу водних ресурсів.

Рекомендована література

Основна література

1. Волошин В. П., Живиця В. А., Рокочинський А. М. Метрологія і стандартизація у водному господарстві та гідромеліорації : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2011. 136 с.

2. Основи стандартизації та сертифікації : підручник / О. М. Величко, В. Ю. Кучерук, Т. Б. Гордієнко, В. М. Севастьянов. Київ, 2013. 364 с.

3. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю : підручник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 672 с.

4. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація : підручник / За заг. ред. В. В.Тарасової. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 264 с.

5. Цюцюра С. В., Цюцюра В. Д. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація : навч. посібник / 2-е вид., перер. і доповн. К. : Знання, 2005. 242 с.

Додаткова література

1. Бакка М. Т., Тарасова В. В. Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація : навч. посібник в 2-ох частинах. Житомир : Житомирський інженерно-технологічний інститут, 2002. 721 с.

2. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / Бичківський Р. В., Столярчук. П. Г., Сопільник Р. Г., Друзюк В. К. Львів : Видавництво Нац. університету «Львівська політехніка», 2004. 559 с.

3. Боженко Л. І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація : навч. посібник. Львів : Афіша, 2004. 324 с.

4. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Основи метрології та метрологічна діяльність: підручник. Херсон : Олді-Плюс, 2021. 575 с.

5. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник: у двох томах / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; за ред Б. Стадника. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2005. Т. 1: Основи метрології. 532 с.

6. Метрологія, стандартизація, сертифікація, акредитація : навч. посібник / В. І. Корсун, В. Т. Белан, Н. В. Глухова. Д. : Національний гірничий університет, 2011. 147 с .

7. Основи метрології : навчальний посібник / І. В. Солтис, О. В. Деревянчук. Чернівці : Чернівецький нац. ун-тет, 2021, 152 с.

8. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

9. Закон України «Про стандартизацію».

10. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності».

11. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.

12. ДСТУ 1.0:2003 Національна система стандартизації. Основні положення.

Інформаційні ресурси

1. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»). URL: <https://uas.gov.ua/>.

2. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <https://www.davr.gov.ua/>.

3. Державне агентство меліорації та рибного господарства України. URL: <https://darg.gov.ua/>.

4. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>.

5. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <https://lib.nuwm.edu.ua/>.