



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства

та природокористування

Кафедра водної інженерії та водних технологій

01-01-49

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Водна інженерія та водні технології»
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна
інженерія та водні технології»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІВГП
Протокол №1 від 24.09.2019 р.

Рівне – 2019



Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Шалай С. В., Коптюк Р. М., Волк П. П. – Рівне : НУВГП, 2019. – 31 с.

Укладачі:

Шалай С. В., к.с.-г.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій;

Коптюк Р. М., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій;

Волк П. П., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій.

Відповідальний за випуск – Волкова Л. А., к.с.-г.н., професор, завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій.

Керівник групи забезпечення спеціальності – Рокочинський А. М., д.т.н., професор кафедри водної інженерії та водних технологій.

© С. В. Шалай,
Р. М. Коптюк,
П. П. Волк, 2019
© НУВГП, 2019



ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Організація лабораторних робіт.....	5
1.1. Обладнання для виконання лабораторних робіт.....	5
1.2. Техніка безпеки під час виконання лабораторних робіт.....	9
1.3. Оформлення та захист звітів з лабораторних робіт.....	9
2. Перелік лабораторних робіт та методичні рекомендації до їх виконання.....	10
Лабораторна робота №1. Вивчення будови та принципу дії приладів з визначення основних метеорологічних характеристик.....	10
Лабораторна робота №2. Дослідження інтенсивності штучного дощу та розрахунок похибок вимірювань.....	17
Лабораторна робота №3. Дослідження роботи і тарування мірного трикутного водозливу з тонкою стінкою.....	21
Лабораторна робота №4. Вивчення методів і засобів вимірювань вологості ґрунту.....	23
Лабораторна робота №5. Вимірювання дренажного стоку. Визначення його модуля та похибок вимірювань.....	27
Лабораторна робота №6. Дослідження руху води у відкритих руслах. Визначення основних параметрів потоку та їх взаємозв'язку.....	29
3. Тематика самостійної роботи.....	30
Рекомендована література.....	31



ВСТУП

Дисципліна «Метрологія і стандартизація» є вступом до складного багатогранного блоку професійно-практичної підготовки майбутніх фахівців. Дані методичні вказівки призначені для допомоги здобувачам вищої освіти, що навчаються за бакалаврським освітнім рівнем спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» освітньої програми «Водна інженерія та водні технології» у виконанні запланованих лабораторних робіт і самостійному вивченні дисципліни «Метрологія і стандартизація».

Курс знайомить здобувачів освіти із державною системою стандартизації та забезпечення єдності вимірювань в Україні, відомостями про технічні вимірювання та їх точність, основами теорії вимірювань, методами і засобами вимірювань у водній інженерії та гідротехнічному будівництві.

Метою навчальної дисципліни – формування у здобувачів освіти знань з наукових, технічних, організаційних і правових основ метрологічного забезпечення, вмінь здійснювати заходи з досягнення єдності і потрібної точності вимірів, користуватися стандартами, будівельними нормами і правилами в сфері водної інженерії та водних технологій.

За результатами вивчення дисципліни здобувачі освіти повинні вміти: вести пошук потрібних нормативних документів у системі стандартизації України та користуватися ними; здійснювати вибір і використання в польових і лабораторних умовах засобів вимірювання довжин ліній, кутів, площ, об'ємів, швидкостей і витрат води у відкритих і закритих водотоках, вологості ґрунту і повітря, кількості опадів тощо та оцінювати точність вимірювань.



1. ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1. Обладнання для виконання лабораторних робіт

Лабораторні роботи виконуються в спеціально обладнаній навчальній лабораторії з використанням наступного обладнання (табл.1.1, рис.1.1-1.3).

Таблиця 1.1

Перелік обладнання для виконання лабораторних робіт

Обладнання, прилади, пристрої	Кількість
Універсальний лотік-лізиметр	1
Малий фільтраційний лотік для вивчення роботи горизонтального дренажу	1
Фільтраційний циліндричний лотік для вивчення роботи вертикального дренажу	1
Опадомір	1
Плювіограф	1
Термометр	1
Термограф	1
Гігрограф	1
Психрометричний гігрометр ВІТ-1 (ВІТ-2)	1
Аспіраційний психрометр	1
Барограф	1
Ґрунтовий термометр	1
Ґрунтовий вологомір	1
Секундомір	1
Штангенциркуль	1
Мірна рулетка	1
Мірна посуда об'ємом 5...10 л	1
Мірна посуда об'ємом 1 л	1

Більшість лабораторних робіт може бути виконана на універсальному лотку-лізиметрі рис.1.2 та горизонтальному фільтраційному лотку рис.1.3.

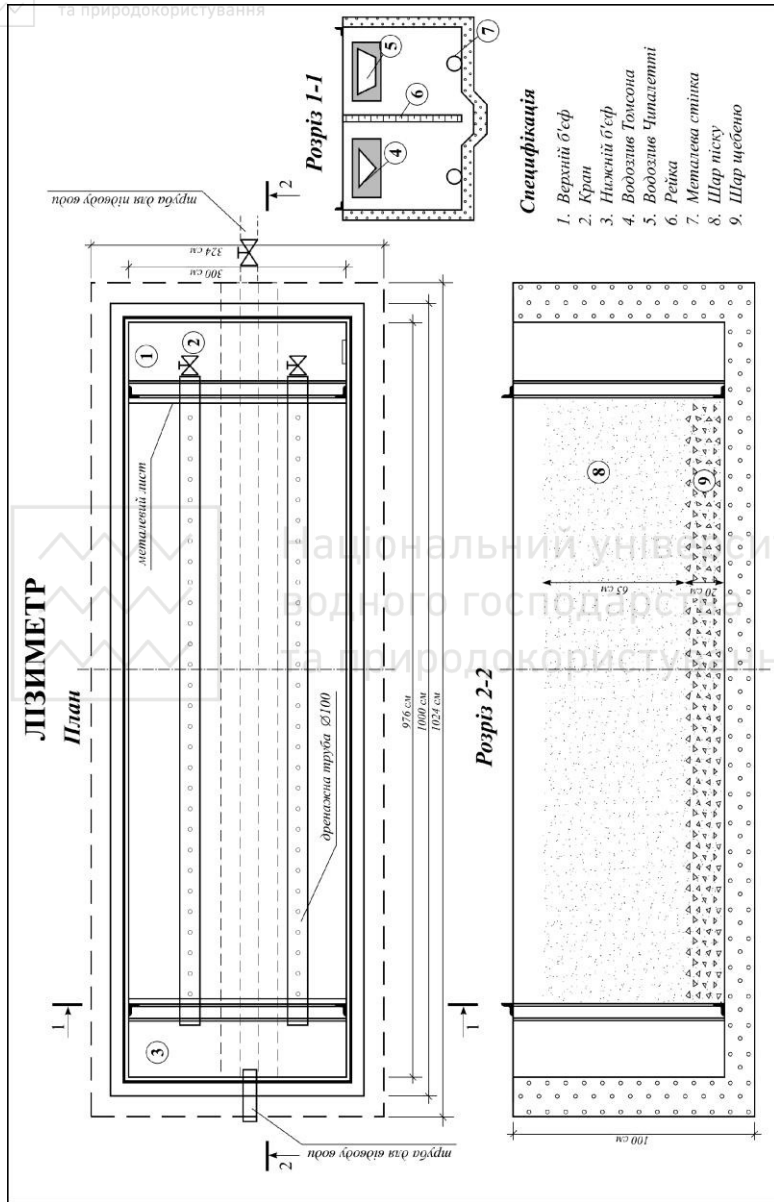


Рис. 1.1. Схема універсального лотка-лізіметра.

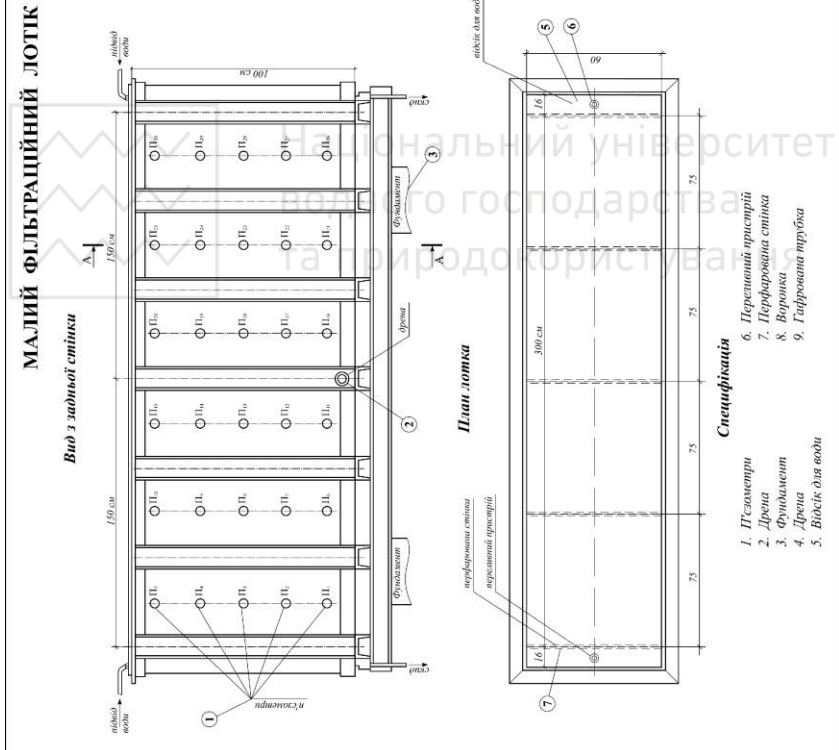


Рис. 1.2. Схема малого фільтраційного лотка для вивчення роботи горизонтального дренажу.



Вертикальний фільтраційний циліндричний лотік

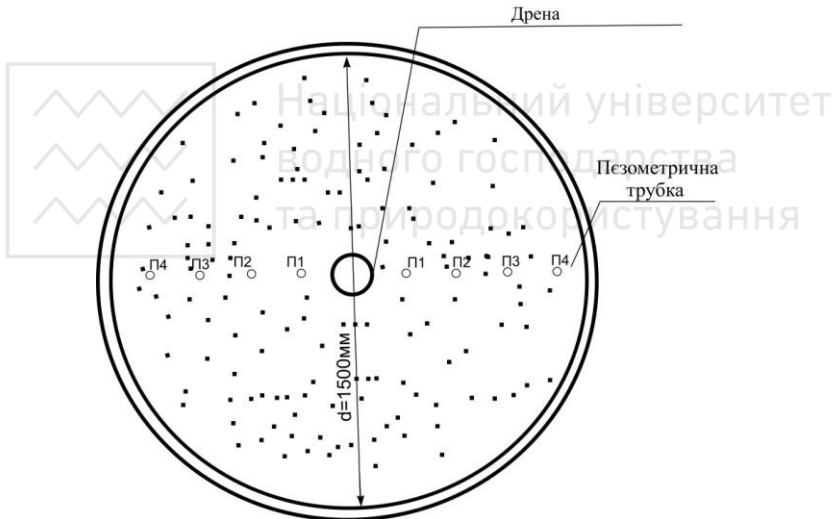
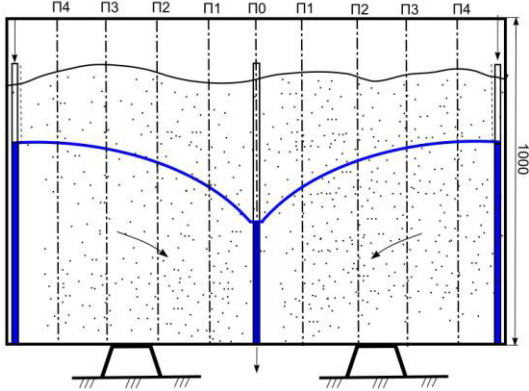


Рис. 1.3. Фільтраційний циліндричний лотік для вивчення роботи вертикального дренажу

- Універсальний лотік-лізіметр (рис. 1.1) слугує для:
- демонстрації і вивчення елементів техніки поливу дощуванням;
 - демонстрації і вивчення поверхневого поливу;
 - демонстрації і вивчення крапельного зрошення;



- визначення параметрів водного потоку у відкритих руслах (переріз потоку, витрата, швидкість);
- визначення вологості ґрунту.

Горизонтальний і циліндричний фільтраційні лотки (рис.1.2, рис.1.3) дають змогу виконувати лабораторну роботу з дослідження закономірностей дренажного стоку у горизонтальних і вертикальних дренах за рівних типів живлення.

1.2. Техніка безпеки під час виконання лабораторних робіт

Виконуючи лабораторні роботи з використанням установок, приладів, насосів, дощувальних машин і агрегатів, необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки. Нижче наводяться основні з них, що гарантують безпеку як для виконавців, так і для оточуючих:

1. До виконання лабораторних робіт допускаються лише ті студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки та засвоїли правила техніки безпеки.
2. Присутність сторонніх осіб під час проведення лабораторних робіт не допускається.
3. Перед початком лабораторних робіт необхідно переконавшись у справності приладів, обладнання і установок.
4. Забороняється користуватись несправними приладами, вимірювальними пристроями та інструментом.
5. Пускати воду в лабораторне обладнання і здійснювати виміри дозволяється тільки в присутності викладача.
6. Забороняється палити або тримати відкритим вогонь біля лабораторного обладнання.
7. Поблизу робочих місць повинен бути в наявності протипожежний інвентар (вогнегасник).

1.3. Оформлення та захист звітів з лабораторних робіт

У проведенні лабораторної роботи (спостереженнях, обробці отриманих даних, оформленні звіту) повинні приймати



участь усі студенти. Ті з них, які пропустили лабораторне заняття, повинні обов'язково відпрацювати його у позаурочний час за окремим графіком.

Після виконання роботи студенти подають викладачеві звіт. Залежно від обсягу цієї чи іншої роботи звіт складається індивідуально кожним студентом в аудиторії або вдома.

Звіт оформлюється на стандартних аркушах паперу (формату А4) в рукописному або машинописному варіантах. Він повинен містити в собі схему лабораторної установки, приладів, короткий опис дії, послідовність виконання роботи, дані спостережень, розрахунків, необхідні графічні додатки та висновки.

Кожний студент звітує перед викладачем індивідуально, Звітуючись, потрібно бути підготовленим і надати відповіді на запитання стосовно мети лабораторної роботи, будови і принципу дію установки, приладів та пристроїв, методик вимірів, порядку обробки лабораторних даних, фізичного змісту спостережуваних процесів.

Робота захищується після успішного її захисту.

2. ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇХ ВИКОНАННЯ

Лабораторна робота №1.

Вивчення будови та принципу дії приладів з визначення основних метеорологічних характеристик

Мета роботи: Ознайомитись з будовою та принципом дії приладів з вимірювання: кількості та інтенсивності атмосферних опадів, температури повітря, атмосферного тиску, відносної вологості повітря.

Обладнання та прилади: опадомір, пловіограф, термометр, термограф, барометр, барограф, психрометричний гігрометр ВІТ 1 (ВІТ-2), аспіраційний психрометр, волосяний гігрометр.



1. **Атмосферні опади** - вода в рідкому чи твердому стані, що випадає з хмар чи безпосередньо з повітря на земну поверхню та предмети.

Випадання атмосферних опадів із хмар відбувається в результаті укрупнення частинок вже існуючих хмарних елементів (крапель або кристалів) до розмірів, при яких вони здобувають помітну швидкість падіння.

Вимірюються атмосферні опади дощомірами, опадомірами, плювіографами на метеорологічних станціях, а для великих площ - за допомогою радіолокації. Кількість опадів виражається в мм шару води, що випала, а інтенсивність - у міліметрах на хвилину, годину, добу.

Опадомір (рис.2.1) - метеорологічний прилад для вимірювання кількості опадів. Складається з відра (1) (площа 200 см², висота 40 см), вимірювального циліндра (9) і спеціального захисту з 16 пластин (5) (конструкція В.Д. Третякова). Кількість опадів вимірюється у міліметрах шару води.

Задля постійної реєстрації використовують плювіографи, прилади безперервної реєстрації кількості опадів.

Плювіограф (рис.2.2), (лат. Pluvium - дощ; грец. Grapho- пишу) - самописний прилад для постійної реєстрації рідких атмосферних опадів, їхньої інтенсивності та проміжку часу випадіння.

Принцип дії плювіографа - використання залежності переміщень поплавка (4) від рівня зібраних рідких опадів у поплавковій камері (3). Приймачем слугує циліндрична ємкість (1) площею 500 см². Вертикальні переміщення поплавка реєструються на папері (закріпленому на барабані) (9) чорнильним пером.

Барабан рухається завдяки годинниковому механізму. Вертикальні лінії на папері відповідають кількості опадів, що випали, а горизонтальні - часу. Запис починається від нижньої межі (від нуля).

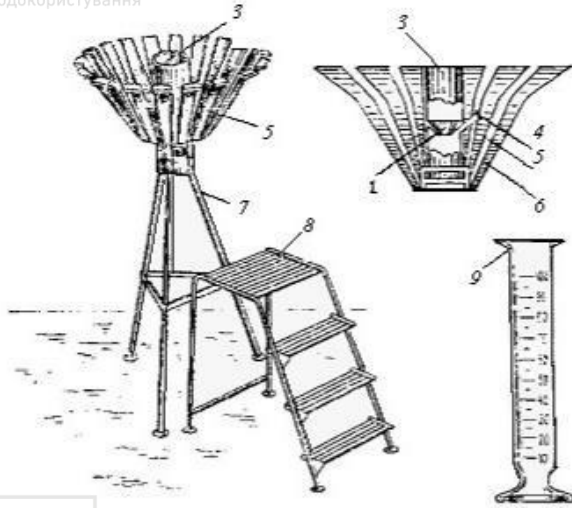


Рис 2.1. Конструкція опадоміра Третякова.

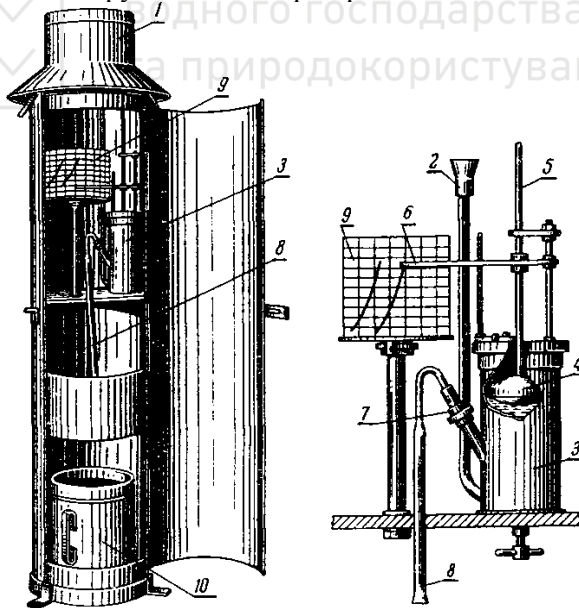


Рис.2.2. Конструкція плевіографа.



При заповненні камери до 10 мм перо досягає верхньої межі діаграми. Після автоматичного зливу води у приймальне відро (10) запис знову починається від нуля.

2. Температура повітря - один із термодинамічних параметрів стану атмосфери.

Температура повітря, ґрунту і води у більшості країн виражається в градусах міжнародної температурної шкали, або шкали Цельсія (С), загальноприйнятої у фізичних вимірах. Нуль цієї шкали припадає на температуру, при якій тане лід, а $+100^{\circ}\text{C}$ — на температуру кипіння води. Однак у США і ряді інших використовується шкала Фаренгейта (F) у якій інтервал між точками танення льоду і кипіння води розділений на 180° , причому точки танення льоду приписано значення $+32^{\circ}\text{F}$. Нуль шкали Цельсія відповідає $+32^{\circ}\text{F}$, а $+100^{\circ}\text{C} = +212^{\circ}\text{F}$.

Крім того, в теоретичній метеорології застосовується абсолютна шкала температури (шкала Кельвіна), К. Нуль цієї шкали відповідає повному припиненню теплового руху молекул, тобто найнижчій можливій температурі. По шкалі Цельсія це $-273,15^{\circ}\text{C}$, але на практиці це значення округляють до -273°C . Величина одиниці абсолютної шкали дорівнює величині градуси шкали Цельсія. Тому нуль шкали Цельсія відповідає 273-му поділу абсолютної шкали (273 К).

Вимірюється термометрами і термографами (рис. 2.3).

Термометр - прилад для вимірювання температури через перетворення тепла в покази або в сигнали. Є різні види термометрів: рідинні, механічні, електричні, оптичні, газові, інфрачервоні. Жоден термометр не вимірює власне температуру, а лише зміну фізичних характеристик матеріалів, пов'язану з підвищенням або пониженням температури. Усі відомі прилади для вимірювання температури можна розділити на групи: контактні, безконтактні, електродоконтактні.

Прикладами змін фізичних характеристик матеріалів, що використовуються у контактних термометрах можуть служити:

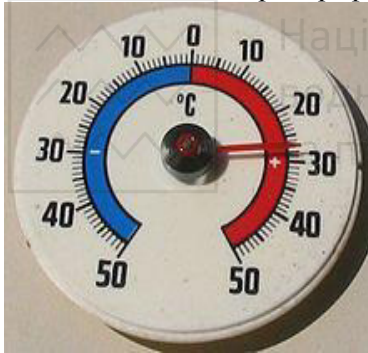
- термічне розширення і пов'язана з ним зміна об'єму або густини рідини, газу або твердого тіла;



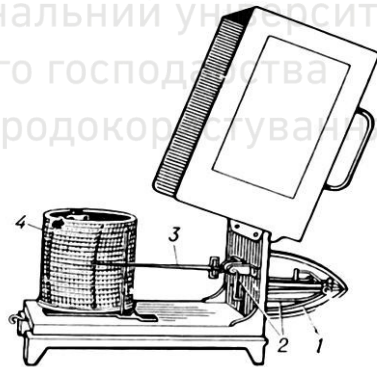
- деформація біметалевої пластинки;
- зміна тиску рідини або газу;
- зміна електричного опору;
- термоелектричні явища.

Термограф – автоматичний прилад для вимірювання та реєстрації температури повітря або рідини.

Під впливом коливань температури відбувається деформація приймальної частини термографа, це передається на стрілку з пером і фіксується на діаграмній стрічці у вигляді кривої. Чутливим елементом термографа є біметалева пластинка (1), зміна положення якої передається через шарніри (2) на стрілку з пером (3). Записи здійснюються на стрічці, що кріпиться на обертовому барабані з годинниковим механізмом (4). За терміном реєстрації температури повітря розрізняють добові та тижневі термографи.



А



Б

Рис.2.3. Прилади для вимірювання температури повітря (А - термометр (на основі біметалічного елемента), Б - термограф).

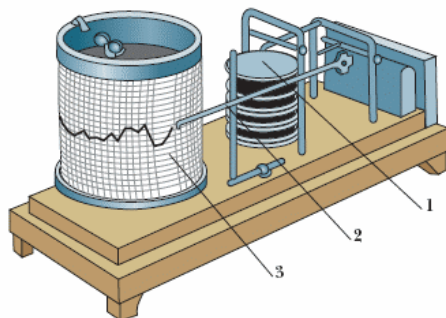
3. Атмосферний тиск - сила, з якою атмосфера Землі діє на земну поверхню і всі тіла, що на ній розташовані.

У системі СІ тиск вимірюється у паскалях. $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Іншими популярними одиницями вимірювання тиску є міліметр ртутного стовпа, атмосфера, бар.

Вимірюється барометрами, барографами (рис.2.4).



А



Б

Рис.2.4. Прилади для вимірювання атмосферного тиску (А - барометр, Б - барограф).

Барометр - прилад для вимірювання атмосферного тиску. Барограф - прилад для безперервного запису зміни атмосферного тиску. Складається з приймальної частини (блок анероїдних пластин - 1) передавального механізму, з'єднаного з пером (2), та барабана з стрічкою, який обертається за допомогою годинникового механізму (3). За терміном реєстрації атмосферного тиску розрізняють добові та тижневі барографи.

4. Вологість повітря - вміст водяної пари в повітрі, характеризується пружністю водяної пари, відносною вологістю, дефіцитом вологи, точкою роси.

Є два способи кількісної оцінки вологості:

- абсолютна вологість - маса водяної пари, що утримується в одиницях об'єму повітря.
- відносна вологість - відношення абсолютної вологості до її максимального значення при заданій температурі.

При 100% відносній вологості в повітрі може відбутися конденсація водяної пари з утворенням туману, випаданням води. Температура, при якій це трапляється, називається точкою роси.

Оптимальна вологість для людини становить 40...60%

Відносна вологість повітря вимірюється гігрометрами, психрометрами, гігрографами (рис.2.5).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

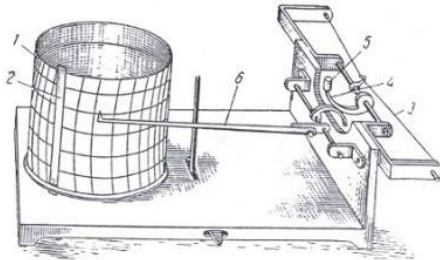
Гігрометр – прилад для виміру вологості повітря. Як правило, основним елементом, що відчуває зміну вологості повітря є знежирене волосся. Зміна його довжини залежно від вологості повітря передається на стрілку, яка показує поточне значення вологості за аналоговою шкалою в діапазоні 0...100%.

Гігрограф - самописний прилад для реєстрації вологості повітря. Чутливим елементом гігрографа служить пучок знежиреного людського волосся або органічна плівка. Запис відбувається на розграфленій стрічці, яка одягнута на барабан, що обертається годинниковим механізмом. Залежно від тривалості обертання барабана гігрографи бувають добові і тижневі.

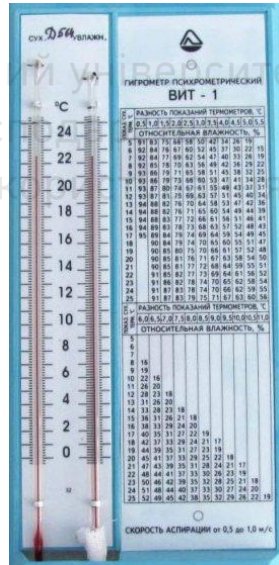
Психрометр - прилад для вимірювання температури та вологості повітря.



А. Гігрометр аналоговий



Б. Гігрограф



В. Гігрометр психрометричний

Рис.2.5. Прилади для вимірювання відносної вологості повітря.

Складається з сухого і змоченого термометрів (резервуар обгорнутий змоченим батистом). За різницею показів



термометрів і за допомогою психрометричних таблиць чи номограм (психрометричних графіків) визначають абсолютну і відносну вологість повітря. Крім того, за показами термометрів знаходять точку роси, максимальний парціальний тиск парів у повітрі, дефіцит вологості. Конструкція приладу може включати в себе також вентилятор для обдування повітрям простору навколо вологого термометра. Швидкість обдування зазвичай становить 0,5...1 м/с.

Порядок виконання і обробки даних

1. Вивчивши будову приладів з вимірів основних метеорологічних характеристик, в лабораторних умовах, необхідно здійснити поточні вимірювання температури повітря, атмосферного тиску, відносної вологості повітря.

2. В звіті необхідно навести схеми і принцип дії всіх розглянутих приладів, значення вимірів та надати висновки.

Лабораторна робота №2.

Дослідження інтенсивності штучного дощу та розрахунок похибок вимірювань

Мета роботи: ознайомитись з конструкціями та принципом дії основних дощувальних машин; основними характеристиками якості штучного дощу; визначити експериментальним шляхом інтенсивність дощу, рівномірність поливу, радіус поливу конусних дефлекторних насадок.

Обладнання та прилади: піщаний лоток-лізиметр, дощувальна конусна дефлекторна насадка, дощоміри, мірний циліндр, секундомір.

Теоретична частина

Дощування – це спосіб поливу, при якому ґрунт і рослини зволожуються штучним дощем. Штучний дощ створюють дощувальні машини, які самі пересуваються по полю, і



дошувальні установки, які переміщуються за допомогою тракторів та ін.

Якість штучного дощу характеризується його інтенсивністю, діаметром крапель, рівномірністю поливу і силою удару об рослину і ґрунт. Чим менша інтенсивність дощу і діаметр краплин, тим менше руйнується структура ґрунту, швидше всмоктується вода в ґрунт.

Інтенсивність дощу – шар штучних опадів в мм, що випав на площі поливу протягом однієї хвилини. Вона може бути миттєвою і середньою. Миттєва – це в шар опадів в будь-якій точці за невеликий період часу.

При підборі дошувальної техніки використовують середню інтенсивність дощу:

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{h_{\text{сеп}}}{t}, \text{ мм/хв.} \quad (1)$$

де $h_{\text{сеп}}$ - середній шар опадів, що випав на певній площі, мм; t - тривалість випадіння опадів, хв.

Середній шар опадів можна визначити:

$$h_{\text{сеп}} = 1000 \cdot \frac{V}{\omega}, \text{ мм} \quad (2)$$

де V - об'єм води, що випав на полі, м³; ω - площа поливу, м².

Похибка вимірювання - відхилення результату виміру від істинного значення вимірюваної фізичної величини.

Похибки вимірювання можна класифікувати за видами:

1. **За способом вираження** - абсолютні і відносні.

Абсолютна похибка - різниця між результатом вимірювання і істинним значенням фізичної величини

$$\Delta = X - X_{\text{іст.}}, \quad (3)$$

де X - результат вимірювання; $X_{\text{іст.}}$ - істинне значення вимірюваної величини.

Відносна похибка - відношення абсолютної похибки до істинного значення фізичної величини



$$\delta = \frac{X - X_{icm.}}{X_{icm.}} = \frac{\Delta}{X_{icm.}}, \quad (4)$$

Відносні похибки виражаються в долях від одиниці або у відсотках від істинного значення.

2. **За характером прояву** розрізняють систематичні і випадкові похибки.

Систематична похибка з'являється при вимірюваннях систематично. При вимірюваннях однакової фізичної величини вона залишається постійною або змінюється за певною закономірністю. Систематичні похибки бувають *постійні, прогресивні, періодичні*.

Випадкові похибки вимірювань змінюються випадковим чином при повторних вимірюваннях однакової величини.

3. **Залежно від умов зміни вимірюваної величини у часі** похибки поділяються на **статичні** (величина незмінна) і **динамічні** (величина змінна).

4. **За способом опрацювання результатів вимірювання:**

- **середньоарифметична похибка \bar{X} визначається як:**

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (5)$$

де $\sum X_i$ - загальна сукупність похибок (вимірювань);

n - число вимірювань.

- **середня квадратична похибка**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (6)$$

Середньоквадратична похибка (відхилення) **S** називається ще стандартним відхиленням, а його квадрат (**S²**) - дисперсією. Останній термін походить від латинського *dispersio* – розсіяння, і означає міру розсіяння випадкової величини відносно її середнього значення.

5. **За повнотою визначення** (врахування) похибки поділяються на **часткові** (не всі, не повні) і **повні**.

6. **За відношенням до одиниці фізичної величини** похибки поділяють на:



- похибки відтворюваної величини;
- похибки зберігання одиниці;
- похибки передачі розміру одиниці фізичної величини.

Порядок виконання:

1. Ознайомитись з приладами та обладнаннями, що використовуються для визначення якості штучного дощу.
2. В зоні дії дощувальної насадки розмістити 12 дощомірів. Визначити діаметр кожного з них.
3. На прикладі одного з дощомірів визначити діаметр в 5-ти кратній повторності. Виконати розрахунки абсолютної, відносної, середньоарифметичної, середньоквадратичної похибок, дисперсії по величині діаметру.
3. Подати воду в дощувальну систему лотка і ввімкнути секундомір. Дощування проводити 15...20 хвилин.
3. Припинити подачу води і вимкнути секундомір.
4. Виміряти за допомогою мірного циліндру об'єм води в кожному дощомірі.

Обробка результатів:

1. Визначити шар дощу по кожному дощоміру:

$$h_i = \frac{10 \cdot V_i}{\omega}, \text{ мм} \quad (7)$$

де V_i - об'єм води в дощомірі, мл; ω - площа дощоміра, см².

2. Визначити миттєву інтенсивність дощу для кожного дощоміра:

$$\rho_i = \frac{h_i}{t}, \text{ мм/хв.} \quad (8)$$

де t - тривалість дощування, хв.

3. На міліметровому папері формату А4 побудувати ізогієти інтенсивності дощу з кроком 0,1 мм/хв.



Лабораторна робота №3.

Дослідження роботи і тарування мірного трикутного водозливу з тонкою стінкою

Мета роботи: Ознайомитись з водозливами, їх призначенням, будовою. На прикладі трикутного водозливу визначити витрату води в водотоці при різних напорах над його порогом. Виконати тарування трикутного водозливу шляхом побудови на міліметровому папері графіків витрат води, залежно від напору на порозі водозливу.

Прилади і обладнання: Лабораторна установка з штучним руслом і трикутним водозливом; мірна ємність; секундомір; рівнемір.

Теоретична частина

Водозливом називається перешкода в безнапірному потоці, через яку переливається вода. Водозливи можуть застосовуватися в якості приладів для виміру витрати рідини. Для цього застосовують мірні водозливи з тонкою стінкою, товщина якої не впливає на форму переливчастого струменя.

Розрізняють водозливи (рис.2.6): прямокутні без бічного стиску, прямокутні з бічним стиском, трикутні, трапецевидні, параболічні тощо.

Вибір типу мірного водозливу для конкретних умов залежить від величини витрати, що пропускається. Трикутні водозливи застосовуються в тих випадках, коли вимірюються малі витрати (до $1 \text{ м}^3/\text{с}$). Вони звичайно робляться з кутом при вершині $\alpha=90^\circ$. Найбільші витрати пропускають прямокутні водозливи без бічного стиснення й параболічні.

Для водозливів прийняті наступні позначення й терміни:

Поріг водозливу - верхній край стінки водозливу.

Довжина порога позначається b і називається шириною водозливу. Частина водотоку перед водозливом називається верхнім б'єфом, за водозливом - нижнім б'єфом.



Перевищення рівня рідини над порогом H називають напором. Напір виміряється на відстані не ближче $(2...3)H$ до порога. При підході до водозливу починається зниження водної поверхні. Після переливу струмінь набирає швидкість і його товщина зменшується.

За сполученням струменя з нижнім б'єфом водозливи бувають незатоплені, коли рівень нижнього б'єфа не впливає на витрату водозливу, і затоплені, коли рівень нижнього б'єфа впливає на витрату, знижуючи її.

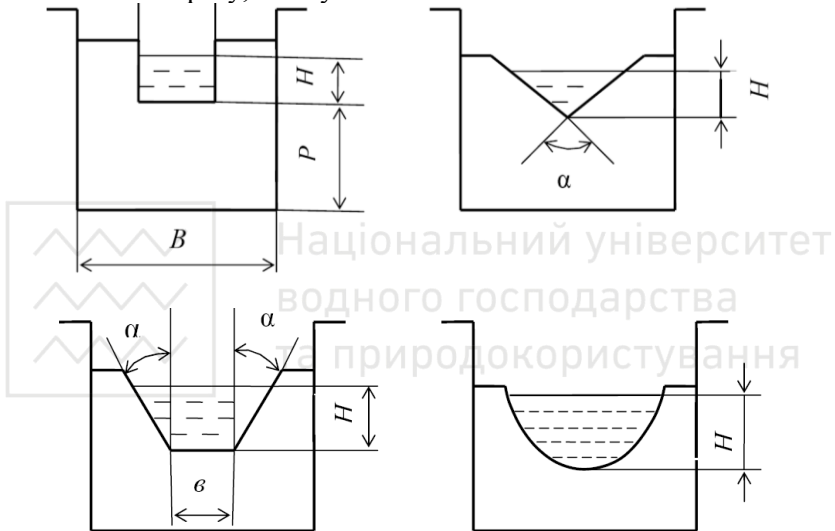


Рис.2.6. Види водозливів (за порядком наведення – прямокутний, трикутний, трапецевидний, параболічний).

Тарування водозливу – процес перевірки визначених за допомогою нього витрат води з допомогою застосування теоретичних формул (або інших контрольно-вимірювальних приладів).

Обробка експериментальних даних

Витрата води через водозлив у лабораторних умовах, обчислюється об'ємним способом ($\text{м}^3/\text{с}$)



$$Q = W / \tau, \quad (9)$$

і за теоретичною формулою

$$Q = 1,4 H^{5/2} \quad (10)$$

За значеннями витрат, отриманих теоретичним і лабораторним методами, будують тарувальні криві $Q = f(H)$ і обчислюють помилки виміру методом водозливу, приймаючи за точний метод розрахункове за виразом значення витрати.

Лабораторна робота №4.

Вивчення методів і засобів вимірювань вологості ґрунту

Мета роботи: Ознайомитись з основними методами і приладами вимірювання вологості ґрунту.

Прилади і обладнання: електронний вологомір, тензіометр, нейтронний вологомір.

Теоретична частина

Основним методом визначення вологості ґрунту є термостатно-ваговий, що прийнятий як еталон для оцінки інших методів. За цим методом ґрунтовими бурами проводять відбір зразків ґрунту через кожні 10 см до глибини 1,0 - 1,5 м. Принцип дії цих бурів базується на ручному обертанні бурового стакану за допомогою штанги та ручки-воротка. З нижньої треті стакану ґрунт перекладають у алюмінієві стаканчики (бюкси) й накривають кришками.

Потім ці проби переносять до лабораторії і зважують на технічних терезах (механічних чи електричних) з точністю до 0,1 г. Після зважування бюкси з відкритими кришками висушують в термостаті при температурі 100 -105 °С до постійної маси. Це дозволяє вилучити з ґрунту всю вологу. На основі різниці мас проб до і після висушування розраховують вологість ґрунту (у відсотках до маси абсолютно сухої наважки):

Вологість ґрунту розраховують з точність до 0,1%.



Вміст вологи у ґрунті не залишається постійним. Він змінюється у часі та у просторі залежно від метеорологічних умов, типу ґрунту, рельєфу, виду та віку рослин та ін. Спостереження за вологістю ґрунту проводять регулярно, у теплий період року кожен декаду, у чотириразній повторності.

Описаний метод визначення вологості ґрунту потребує багато часу та сил, тому є різноманітні непрямі методи. Їх поділяють на три основні групи:

- **кондуктометричний метод**, який оснований на вимірюванні електричного опору ґрунту;
- **тензометричний метод** - вимірювання капілярного натягнення ґрунтової вологи;
- **нейтронний метод** - вимірювання ступеню ослаблення інтенсивності гама-променів.

Кондуктометричний метод вимірювання вологості полягає в тому, що електричний опір ґрунту залежить від вмісту вологи в ньому.

Одиниця вимірювання вологості ґрунту - відсотки відносної вологості. Це відношення маси вологи, що міститься в ґрунті до маси ґрунту без вологи, виражене у відсотках.

Вологомір ґрунту Walcom PMS-710 (рис.2.7) є простим у використанні.



Складається з виносного датчика-штиря і вимірювального блоку. Сигнал від сенсора датчика надходить в мікропроцесорний вимірювальний блок, де відбувається обчислення вологості. Величина вологості відображається на чотирьох розрядному РК-дисплеї, інтегрованому з мікропроцесорним блоком. Дисплей має підсвічування екрану для роботи в умовах низької освітленості і розмір шрифту зручний для зчитування інформації.

Рис.2.7. Електронний вологомір ґрунту Walcom PMS-710



Управління режимами роботи здійснюється клавіатурою з п'ятьма клавішами.

Для підвищення метрологічних характеристик здійснюється автоматична температурна компенсація результатів вимірювання. Для продовження терміну служби акумуляторних батарей, крім ручного вимикання є автоматичне вимикання через п'ять хвилин після останньої маніпуляції.

Для утримання індикації результатів вимірювання на екрані дисплея є функція «HOLD», яка активується натисканням однойменної кнопки при сталих показаннях.

Технічні характеристики:

Дисплей: цифровий РК-дисплей;

Діапазон вимірювання: 0-50 %

Робочі умови:

Температура: 0-60 °С;

Вологість: 5 % -90 % RH

Роздільна здатність: 0,1 %;

Похибка: ± 2 %;

Функція утримання даних;

Електроживлення: батареї 4x1.5 В, типорозміру AAA (UM-4);

Розміри:

Головний блок: 140mm × 60mm × 22mm;

Датчика-штиря: 280 мм;

Вага: 210 г (без батареї).

Тензіометричний метод вимірювання капілярної або загальної вологості ґрунту базується на здатності останнього вбирати воду. Прилади, що використовують цей метод, здатні фіксувати зміни вологості ґрунту, що є наслідком інфільтрації води, поливу, підйому ґрунтових вод, випаровування та транспірації. Нуль на шкалі тензіометра означає, що ґрунт повністю насичений вологою. Водночас максимальний показник тензіометра — 1 бар. Таким чином, діапазон вологості ґрунту, в якому тензіометр може працювати, обмежений. І на ґрунтах високої потенційної вологості у дуже сухих умовах тензіометри зашкалювали і ламалися.



Тензіометр напряму вимірює водовбирну здатність ґрунту, але лише непрямо — власне вологість ґрунту. Прямі виміри на поверхні ґрунту неможливі. Систему приладів легко сформувати, і вона довго служить, якщо правильно налаштована. За температур близько і нижче нуля можна використовувати інші рідини, наприклад, етиленгліколь. Вологість мерзлого ґрунту система не вимірює.

Інформацію про насиченість ґрунту вологою можна отримувати майже в режимі реального часу. Реакція системи на зміни характеристик ґрунту дуже швидка. Прилади легко розміщуються в ґрунті.

При калібруванні приладів необхідно розуміти водовбирну здатність різних типів ґрунтів.

Нейтронний метод реалізується за допомогою нейтронних вологомірів. Принцип їх дії заснований на здатності атомів водню уповільнювати рух швидких нейтронів, переводячи їх у ранг повільних. В складі приладу (рис. 2.8) - електронний цифровий вимірювальний блок з індикатором на рідких кристалах і датчик, суміщений в одному корпусі з джерелом швидких нейтронів.



Для повторних вимірювань в одній і тій же точці поля необхідно пробурити свердловину на глибину 1-1,5 м і вставити в неї стаціонарну обсадну металеву, або пластмасову трубу, щоб закріпити стінки і попередити осипання ґрунту. Внутрішній діаметр труби повинен бути таким, щоб дозволяв легко рухатись датчику ВНП-1 при неодноразовому переміщенні його на різні рівні за глибиною.

Рис.2.8. Нейтронний вологомір.



Лабораторна робота №5.

Вимірювання дренажного стоку. Визначення його модуля та похибок вимірювань.

Мета роботи: визначити усталену фільтрацію води до закритої досконалої дрени за умовами систематичного двохстороннього припливу води і ґрунтового живлення, визначити параметри ґрунтового потоку, визначити відстань між дренами.

Прилади і обладнання: фільтраційний лотік, завантажений однорідним крупнозернистим піском з відомим коефіцієнтом фільтрації; мірні рейки, ємкість, секундомір.

Теоретична частина

Ґрунтові води рухаються до дрени внаслідок створюваним нею падінням напору. Напір ґрунтових вод падає при наближенні до дрени. Поверхня ґрунтового потоку води дотримується криволінійною і називається депресійною. Вода рухається по лініях потоків, нормальних до ліній рівних напорів, і надходить до дрени по всьому змоченому периметру.

Швидкість руху води описується рівнянням А. Дарсі:

$$v = k \cdot i, \text{ м/добу} \quad (11)$$

де k - коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/добу; i -градієнт напору.

Кількість води, що надходить в досконалу дрину на одиницю її довжини при ґрунтовому живленні і усталеному русі ґрунтових вод становить:

$$q = k \frac{h^2 - h_0^2}{2 \cdot S}, \text{ м}^3/\text{добу} \cdot \text{м} \quad (12)$$

де h - напір води на відстані S від дрени по відношенню її дна, м; h_0^2 - напір над дреною (глибина води в дрени), м; S - шлях фільтраційного потоку, м;

Приплив води в досконалу дрину з двох сторін:



$$q = k \frac{h^2 - h_0^2}{S}, \text{ м}^3/\text{добу} \cdot \text{м} \quad (13)$$

Порядок виконання:

1. Вивчити схему і конструкцію фільтраційного лотка.
2. Визначити глибину води в живильних лотках за допомогою водомірної рейки.
3. Виміряти дренажний стік об'ємним способом. Прийняти, що об'єм стоку дорівнює 3...5 л. Час стоку виміряти секундоміром. Повторність вимірювань 3...4-х кратна.
4. Зняти показання п'єзометру над дренаю.

Обробка результатів:

1. Визначити питомий приплив води до дрени:

$$q_n = \frac{V}{t \cdot b}, \text{ л/с} \cdot \text{м} \quad (14)$$

де V - об'єм дренажного стоку, л; t - час дренажного стоку, с; b - довжина дрени (ширина лотка), м.

2. Визначити теоретичний питомий приплив води до дрени за формулою (3):

$$q_T = k \frac{h^2 - h_0^2}{2 \cdot S}, \text{ м}^3/\text{добу} \cdot \text{м} \quad (15)$$

де k - коефіцієнт фільтрації піщаної засипки лотка, м/добу; h - глибина води у живильних відсіках, м; h_0 - напір над дренаю згідно п'єзометру, м; S - шлях фільтраційного потоку з кожного боку (половина довжини робочої частини лотка), м.

3. Привести практичний і теоретичний питомий приплив до дрени до однакових одиниць виміру і порівняти між собою. Зробити висновки про причини можливої розбіжності практичних і теоретичних результатів.

4. Визначити середній градієнт напору ґрунтового потоку до дрени за формулою:

$$i = \frac{h - h_0}{S}, \quad (16)$$

5. Визначити середню швидкість фільтрації води в лотку за виразом (11).



Лабораторна робота №6.

Дослідження руху води у відкритих руслах. Визначення основних параметрів потоку та їх взаємозв'язку

Мета роботи: дослідити рух води у відкритому прямолінійному руслі, визначити площу поперечного перерізу потоку, швидкість течії, витрату води лабораторним та розрахунковим шляхом. Порівняти отримані результати.

Прилади і обладнання: універсальний лоток-лізіметр; модель трикутного водозливу Томпсона; вимірничі рівня; секундомір; мірний циліндр.

Теоретична частина

Основними параметрами потоку води у відкритих руслах є глибина води, площа перерізу потоку, витрата води, швидкість течії. Їх розрахунки виконують за формулами рівномірного руху води у відкритих руслах.

Витрата води в руслі визначається за виразом:

$$Q = V \cdot \omega, \text{ м}^3/\text{с} \quad (18)$$

де Q - витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$; V - швидкість руху води в каналі, $\text{м}/\text{с}$; ω - площа живого перерізу каналу, м^2 .

За необхідності представлення в більш зручному форматі може бути переведена в лабораторних умовах в л/с шляхом множення на 1000.

Швидкість руху води визначається як

$$V = C \sqrt{Ri}, \text{ м}/\text{с} \quad (19)$$

де C - коефіцієнт Шезі; R - гідравлічний радіус, м ; i - похил дна каналу.

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ м} \quad (20)$$

де χ - змочений периметр, м

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \text{ м} \quad (21)$$



b - ширина каналу по дну, м; h - розрахункова глибина води в каналі, м; m - коефіцієнт закладання укосів каналу.

$$\omega = \frac{b}{2} + mh \bar{h}, \text{ м} \quad (22)$$

Порядок виконання і обробки даних:

1. Ознайомитись з конструкцією універсального лотка-лізіметра;
2. Встановити форму перерізу і визначити лінійні розміри моделі відкритого каналу (довжину, ширину по дну, ширину по верху, коефіцієнт закладання укосів);
3. Здійснити пуск води по моделі відкритого каналу;
4. За умови утворення стійкого горизонту води в каналі визначити витрату води, що витікає через трикутний водозлив об'ємним способом;
5. Визначити швидкість руху води шляхом пуску по воді фарби, або плавучого предмету. Дослід виконати в 3-х кратній повторності;
6. Розрахувати дані параметри за наведеними формулами і порівняти з лабораторними даними.
7. Побудувати у вигляді графіків витратну і швидкісну характеристику каналу.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Завдання для самостійної роботи

1. Точність вимірювань у водній інженерії
2. Вимірювання і контроль показників якості води
3. Положення про метрологічну службу Державного агентства водних ресурсів
4. Державна система стандартизації
5. Державна система забезпечення єдності вимірювання
6. Система стандартизації і нормування у будівництві
7. Система стандартизації і нормування у водній інженерії



8. Загальні поняття про технічні вимірювання
9. Основи теорії вимірювань

Тематику самостійної роботи сформовано у відповідності до навчального посібника «Метрологія і стандартизація у водному господарстві та гідромеліорації» [1].

РЕКОМЕНДОВАНА 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. ДСТУ 1.0-93. Державна система стандартизації України. Основні положення.
3. ДСТУ 2682-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологічне забезпечення. Основні положення.
4. ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». К., 1999.
5. ДСТУ 3651.1-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назва та позначення.
6. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 7392:2013. Метрологія. Атестація методик виконання вимірювання. Основні положення та порядок виконання
8. ДСТУ OIML D 20:2008 Метрологія. Первинна та періодична перевірка засобів вимірювальної техніки і контроль процесів вимірювання