

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КАФЕДРА КОРМОВИРОБНИЦТВА, МЕЛІОРАЦІЇ І МЕТЕОРОЛОГІЇ

МЕЛІОРАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для студентів *ОС 201 – Агрономія***

Київ, 2017

УДК 631: 67

Викладено методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з курсу “Меліорація земель”. Навчальне видання призначене для підготовки фахівців ОКР „Бакалавр” ОС 201 “Агрономія” у вищих навчальних закладах III-IV рівнів акредитації.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри кормовиробництва, меліорації і метеорології протокол № від _____ 2017р.

Рекомендовано Вченою радою агробіологічного факультету НУБіП України (протокол № ___ від _____ 2017 року).

Укладачі: к.с.-г. н., доцент **Ярош А.В.**
к.т.н., доцент **Конаков Б.І**

Рецензенти: д.с.-г.н., проф. Балаєв А.Д.
к.т.н. Корюненко В.М.

Навчальне видання
МЕЛІОРАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів агробіологічного факультету, ОС 201 “Агрономія”, ОКР „Бакалавр” у вищих навчальних закладах III-IV рівнів акредитації

Укладачі: **ЯРОШ АННА В'ЯЧЕСЛАВІВНА**
КОНАКОВ БОРИС ІВАНОВИЧ

Відповідальний за випуск: к. с.-г. н, доцент Ярош А.В.

Підписано до друку _____. Формат 60x84 1/16.

Ум. друк арк. _____

Наклад 100 примірників.

Зам № _____

Видавничий центр НУБіП України
03041, Київ - 41, вул. Героїв Оборони, 15.
т. 527-80-49, к.117

ЗМІСТ

ВСТУП		4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1	Прилади та обладнання для визначення окремих елементів режиму зрошення.....	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2	Визначення вологості ґрунтів.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3	Вивчення конструкцій систем мікрозрошення і визначення витратних характеристик крапельниць-водовипусків.....	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4	Вивчення притоку води до відкритого осушувача при ґрунтовому живленні.....	32
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5	Вивчення притоку води до вертикальної дрени.....	47
Список рекомендованої літератури.....		55

ВСТУП

Методичні вказівки складені згідно з типовою програмою курсів «Меліорація земель» для студентів агрономічних спеціальностей сільськогосподарських вузів і вміщують матеріали необхідні для підготовки та виконання лабораторно-практичних робіт.

Головне призначення методичних вказівок – допомога студентам в оволодінні сучасними методами визначення елементів режимів зрошення, а також набуття навичок лабораторного визначення напірно-витратних характеристик крапельниць і вивчення характеру ґрунтових потоків в осушуваних ґрунтах шляхом математичного модулювання на ПК.

Лабораторні роботи складено таким чином, що вони охоплюють основні питання, які розглядаються в теоретичній частині курсу. А саме: загальні питання меліорації, особливості зрошення, в цілому, та перспективи мікрозрошення, зокрема, а також види та можливості осушувальних систем щодо перезволожених земель.

Кожна лабораторна робота починається короткими загальними відомостями про об'єкт досліджень. Це дає змогу студентам правильно і чітко виконувати весь хід роботи та свідомо ставитися до вивчення предмета.

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Для виконання лабораторних робіт групу студентів розподіляють на 5 підгруп.

1. Лабораторні роботи виконують за таким графіком:

Номер підгрупи	Вид та номер робіт					
	<i>З</i>	<i>Лр</i>	<i>Лр</i>	<i>Лр</i>	<i>Лр</i>	<i>Лр</i>
1	+	1	5	4	3	2
2	+	2	1	5	4	3
3	+	3	2	1	5	4
4	+	4	3	2	1	5
5	+	5	4	3	2	1

Примітка: З – загальний огляд робіт, Лр - лабораторна робота.

2. Кожен студент обов'язково повинен мати зошит для лабораторно-практичних занять, де акуратно записує отримані результати вимірювань, а також всі розрахунки і виконання завдань для самостійної роботи.

3. Студенти підгрупи виконують лише ті лабораторні роботи, які

передбачено графіком

4. Перед виконанням кожної роботи студенти повинні ознайомитись із теоретичним матеріалом, визначити прилади і устаткування, а також необхідні допоміжні матеріали. Скласти конспект теоретичної частини, хід виконання роботи та зразки таблиць для запису результатів спостережень. Усе це готується вдома.

5. Безпосередньо перед виконанням лабораторної роботи рекомендується ще раз переглянути її опис і порядок виконання. Ознайомитися з роботою приладів, які будуть використовуватись в роботі, та правилами відліку на них; з'ясувати з викладачем усі незрозумілі питання і після цього розпочинати виконання роботи.

6. Під час виконання роботи треба обережно поводитися з приладами; не порушувати монтажну схему приладів і устаткування; дотримуватися правил користування ними та уважно стежити за ходом роботи; знімати покази приладів згідно з правилами та записувати їх у зошит за встановленими формами таблиць. Про всі порушення в роботі приладів треба негайно повідомити керівника лабораторних робіт. Необхідно обов'язково дотримуватися правил безпеки при користуванні відповідними приладами та обладнанням.

7. По закінченню лабораторної роботи потрібно вимкнути прилади і перевести обладнання в безнапірний стан. Доповісти викладачу про завершення роботи та показати результати вимірів і розрахунків; накреслити графіки та (чи) схеми, що передбачені ходом роботи.

8. Завдання для самостійної роботи, за наявності часу, може виконуватися частково на занятті та повинно бути закінчено вдома в повному обсязі.

9. Після виконання лабораторних робіт проводиться їх захист (атестація), під час якого, студенти повинні відповісти на контрольні запитання, продемонструвати отримані результати та обґрунтувати висновки.

Лабораторна робота №1

Прилади та обладнання для визначення окремих елементів режиму зрошення

Мета роботи: вивчити принципи дії та конструкції приладів та обладнання, які використовуються для визначення окремих елементів режиму зрошення; навчитися працювати з ними та обробляти результати спостережень щодо визначення сумарної водопотреби сільськогосподарських культур, кількості атмосферних опадів, температури і вологості ґрунту, температури та вологості повітря.

Теоретична частина. Сукупність кількості, строків і норм поливів певної сільськогосподарської культури називають **режимом зрошення**, який повинен підтримувати в активному шарі ґрунту оптимальні для даної культури (при конкретних кліматичних та агротехнічних умовах) водний, повітряний та зв'язані з ними поживний та тепловий режими та не допускати підйому рівня ґрунтових вод, засолення ґрунту.

Розрахунок режиму зрошення сільськогосподарської культури за певних природних та агротехнічних умов, може бути виконаний на основі встановлення його основних елементів.

При проектуванні режиму зрошення визначають такі його елементи:

- сумарне водоспоживання (водопотреба),
- зрошувальна норма,
- строки, норми та кількість поливів кожної культури в сівозміні,
- складають графік поливів (гідромодуля),
- узгоджують режим зрошення з режимом джерела зрошення.

Водопотреба (E_0 , м³/га) – це витрата води на випаровування з поля, зайнятого сільськогосподарською культурою на транспірацію та фізичне випаровування з поверхні рослин та ґрунту у необхідних для рослин кількостях та за умови оптимальної вологості активного шару ґрунту.

Існує декілька методів визначення значення водопотреби :

- за коефіцієнтом транспірації,
- за коефіцієнтом водопотреби,
- за дефіцитом вологості повітря,
- за температурними умовами вегетаційного періоду та інші.

Найширше розповсюдження отримала залежність водопотреби від дефіциту вологості повітря, значення якого залежить від сукупної дії температури повітря, його вологості, характеру підстилаючої поверхні та швидкості вітру.

Для врахування ритму розвитку рослин при визначенні водопотреби біокліматичним методом *А.М.Алпатьєв* та *С.М.Алпатьєв* запропонували використовувати біологічні криві - ряд коефіцієнтів **Кб**, які змінюються щодаки.

Біологічні коефіцієнти (K_6) вираховуються, як відношення валових витрат води (E , мм - транспірація плюс випаровування з поверхні ґрунту) за декадний чи міжфазовий період до суми дефіцитів вологості повітря ($\sum d$, мм) за аналогічний період:

$$K_6 = E : \sum d \quad (1)$$

Для різних культур та сортів величини K_6 коливаються від 0,3 до 0,8. Для степової зони України коефіцієнти біологічних кривих більшості сільськогосподарських культур були розраховані вченими Українського інституту гідротехніки і меліорації.

В разі розрахунку сумарної водопотреби за весь вегетаційний період можна використовувати формулу проф. Іванова М.М. як величину випаровуваності:

$$E_0 = 0,0018 (t + 25)^2 (100 - a), \text{ мм}, \quad (2)$$

*де t – середньомісячна температура повітря, $^{\circ}\text{C}$
 a – відносна вологість повітря, %*

Так як $(t + 25)^2$ приблизно пропорційно пружності насиченої пари, а $(100 - a)$ нестача насичення до 100% вологості повітря, то формула Іванова М.М. набирає наступного вигляду:

$$E_0 = 0,61 \sum d, \text{ мм} \quad \text{або} \quad E_0 = 0,61 \sum d \cdot 10, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3)$$

де, E_0 - сумарна водопотреба, $\text{м}^3/\text{га}$

$\sum d$ - сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за вегетаційний період даної сільськогосподарської культури, мм

10 – перерахунковий коефіцієнт з мм в $\text{м}^3/\text{га}$.

При визначенні водопотреби за короткий період часу (декада, міжфазовий період) до розрахунків необхідно ввести коефіцієнти біологічної кривої водопотреби і тоді:

$$E_0 = k_6 \sum d, \text{ мм} \quad (4)$$

де K_6 – біологічний коефіцієнт, що враховує біологічні особливості та ритми розвитку сільськогосподарської культури.

$\sum d$ – сума середньодекадних дефіцитів вологості повітря за розрахунковий період, мм.

При розрахунку водоспоживання за Д.А.Штойко основними параметрами є температура і відносна вологість повітря.

Сумарна водопотреба сільськогосподарських культур не завжди може бути забезпечена за рахунок тієї вологи, що є в ґрунті, та опадів. З метою усунення дефіциту водопотреби виникає необхідність проводити іригацію.

Норма зрошення, (дефіцит водопотреби), - це кількість води в м^3 , яку подають на 1 га зрошуваного поля за вегетаційний період для отримання планової врожайності сільськогосподарських культур:

$$M_{зр} = E_0 - 10\mu A - M_k - (W_n - W_k), \text{ м}^3/\text{га} \quad (6)$$

де $M_{зр}$ – зрошувальна норма, $\text{м}^3/\text{га}$;

E_0 – сумарне випаровування за вегетаційний період культури, $\text{м}^3/\text{га}$;

$10\mu A$ – використані опади розрахункової забезпеченості за цей самий період, $\text{м}^3/\text{га}$; ;

M_k – капілярне надходження води до кореневмісного шару ґрунту з близько розташованих ґрунтових вод, м³/га;

W_n – запас води в активному шарі ґрунту на початок вегетації культури, м³/га;

W_k – запас води в активному шарі ґрунту на кінець вегетації культури, м³/га.

В залежності від кліматичних і ґрунтово-меліоративних умов значення зрошувальної норми при поливі дощуванням для однієї й тієї ж культури коливається в широких межах. Наприклад, для люцерни 1600...5900 м³/га; для цукрового буряка 3700...6100, для ярої пшениці 1100...3800 м³/га.

Зрошувальна норма культури за вегетаційний період розподіляється на декілька поливів.

Кількість води в м³, яка подається за один полив на 1 га зрошувального поля, називають **поливною нормою** ($m_{\text{факт}}$, м³/га). Величина поливної норми визначається розраховується методом водного балансу за формулою:

$$m_{\text{факт}} = \Sigma \varepsilon_o' - 10\mu A' - M_k', \text{ м}^3/\text{га} \quad (7)$$

де $\Sigma \varepsilon_o'$ - водопотреба за міжполивний період, м³/га,

$10\mu A'$ - опади, м³/га за міжполивний період;

M_k' - кількість води, м³/га, яка надходить капілярним шляхом за міжполивний період із ґрунтових вод в активний шар і розраховується відповідно:

Величина поливної норми залежить від призначення поливу (посадковий, освіжаючий, промивний, провокаційний, вологозарядковий), способу зрошення (аерозольне, поверхнєве, дощування, субіригація, внутрішньогрунтовой) і може коливатися від 50 до 1500 м³/га.

Строки та тривалість поливів призначають такі, при яких забезпечується оптимальний водний режим ґрунту для конкретної сільськогосподарської культури. Строки проведення поливів призначають в залежності від:

- вологості ґрунту;
- фази розвитку рослин;
- фізіологічних показників;
- зовнішніх ознак рослин;
- дослідних даних.

Для встановлення певних елементів режиму зрошення сільськогосподарської культури необхідно експериментальним шляхом встановити: величину випаровування з поверхні ґрунту (використовуючи ґрунтовий або водний випаровувач); кількість атмосферних опадів (за даними дощоміру Давітая, опадоміру Третьякова, ґрунтового дощоміру); температуру та вологість повітря (за показами аспіраційного психрометра, термографа та гігрографа); термометрами поверхневими і глибинними визначити температуру ґрунту.

2. Для вимірювання випаровування з поверхні ґрунту найчастіше використовуються ґрунтові випаровувачі.

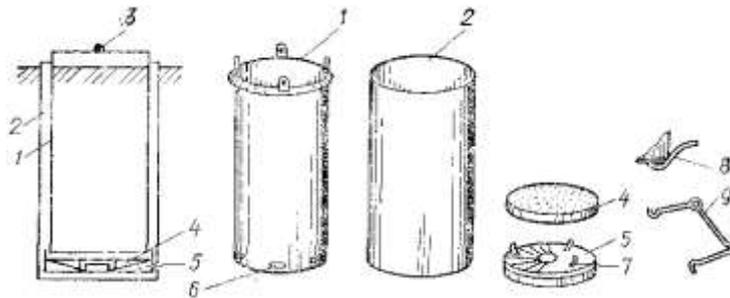


Рис.1. Ґрунтовий випаровувач ГПІ-500-50:

1 – внутрішній циліндр; 2- зовнішній циліндр; 3 – проушини з отворами; 4 – дно з отворами; 5 - ємність для збору води, що інфільтрувалася; 6 – упори; 7 – планки-з'єднання; 8 – заціпки; 9 - ручка для перенесення випаровувача.

Ґрунтові випаровувачі (рис.1) складаються з двох циліндрів, які розміщуються один в іншому. До внутрішнього циліндру вміщують ґрунтовий моноліт. Дно внутрішнього циліндру з'ємне і має отвори діаметром 2 мм для стоку води, яка просочується через ґрунтовий моноліт.

Зі зовнішньої сторони дно має три зубці для приєднання його до циліндру. Заціпки зачіплюють за дно, а їх важелі розміщують на упорах.

Зовнішній циліндр - це ємність для внутрішнього циліндру. Дно зовнішнього циліндру водонепроникне. Водозбірна посудина призначена для акумуляції води, яка просочується крізь моноліт. У комплект випаровувача входять ваги, ґрунтовий дощомір та в разі потреби, підйомний пристрій.

Насамперед готують яму для зовнішнього циліндру таким чином, щоб його верхній край був на 15 мм вище поверхні ґрунту. Щілину навкруги циліндру наповнюють ґрунтом у порядку його природного складу і по можливості з імітуванням його природної щільності шляхом пошарового утрамбовування. У зовнішні - встановлюють внутрішні циліндри з ґрунтовими монолітами. Зарядження монолітів роблять на майданчику, що розташований на відстані 50 м від місцезнаходження випаровувачів.

Внутрішній циліндр (без дна) встановлюють на поверхню ґрунту та втискають в нього. Потім ґрунт біля циліндра підкопують на 3-5 см і циліндр заглиблюють та знову підкопують. В результаті, циліндр повинен бути заглиблений так, щоб його верхній край був на 15 мм вище моноліту. Після цього під випаровувач підводять дно, яке приєднують до циліндру за допомогою заціпками.

Заряджений прилад переносять на майданчик і зважують. До випаровувача приєднують водозбірну ємність та занурюють у зовнішній циліндр.

Для зважування прилад переносять до ваг, потім з нього знімають водозбірну ємність і лише потім зважують циліндр з монолітом. Воду з водозбірника зливають у вимірювальну склянку для визначення кількості води, яка інфільтрувалася крізь моноліт. Після цього водозбірну посудину промивають, приєднують до циліндру з монолітом і випаровувач знову встановлюють в гніздо.

Випаровування визначають за формулою:

$$W = \frac{10}{S} (P_1 - P_2) + x - y,$$

де W – випаровування шару води за час між двома зважуваннями в мм,

S – площа випаровування в см²,

P_1 та P_2 – вага моноліту в попередній та наступний строки вимірювання в грамах,

x – кількість опадів в мм (за ґрунтовим дощоміром),

y – кількість води, що просочилася у водозбірник між строками спостережень, в мм.

Ґрунтовий дощомір встановлюють на відстані 1 м від випаровувача.

Спостереження за опадами на майданчиках проводять щодня, а в день зважування монолітів – безпосередньо перед їх зважуванням.

3. Для визначення температури поверхні ґрунту в строк спостереження можна застосовувати строковий (терміновий) термометр .

Строковий (терміновий) термометр - рідинний. Ртуть знаходиться в скляному резервуарі кулястої чи циліндричної форми, який міститься в нижній частині термометра, і може рухатись вгору та вниз по вузькому капіляру, що є в припаяній до резервуара скляній трубочці. За капіляром розміщена шкала температур. Усі деталі вмонтовані в прозорий скляний корпус. Перед установленням строковий термометр струшують.

Крім того, для визначення температури в польових умовах в час спостереження на глибині від 3 до 30 см (іноді до 50см) можна використовувати термометр-щуп (АМ-6) .

Термометр-щуп втискають вертикально в ґрунт на відповідну глибину згідно з позначками на зворотньому боці щупа. Через 10-15 хв. після встановлення термометра знімають показники температури ґрунту. Використовують термометр у теплий і холодний періоди року.



Рис.2. Термометр – щуп

Під час відліку потрібно правильно оцінити положення кінця стовпчика ртуті в капілярі відносно шкали. У ртутних термометрах (меніск випуклий) показання знімають на рівні випуклої частини меніска. Очі спостерігача повинні бути на одному рівні з рідиною в капілярі.

Температуру відлічують з точністю до 0,1⁰С. Спочатку роблять відлік десятих, а потім визначають число цілих градусів. Тому потрібно звернути увагу на ціну поділки шкали термометрів.

До одержаних результатів вимірювання вносять похибки згідно з даними перевіреного свідоцтва (сертифіката), яке додається до кожного термометра. Після запису відліків (у кінці спостережень) строковий термометр необхідно струсити. Для відліку потрібно підходити до термометрів тільки з північної сторони (щоб не затінювати їх). При відліках не можна знімати термометри з місця.

4. Вимірювання вологості повітря. *Вологість повітря* – це вміст у ньому води в газоподібному стані. Вона має важливе значення для життя рослин, оскільки впливає на інтенсивність випаровування з ґрунту і рослин та на зміни водного балансу в клітинах рослинних тканин.

Для кількісного виразу вмісту водяної пари в повітрі застосовують такі характеристики (величини):

Абсолютна вологість (a) – це кількість водяної пари (у грамах), яка міститься в одному кубічному метрі повітря ($\text{г}/\text{м}^3$).

$$a = \frac{1,06 \cdot e}{1 + 0,004 \cdot t}, \quad (1) \qquad a = \frac{0,8 \cdot e}{1 + 0,004 \cdot t}, \quad (2)$$

де в (1) “ e ” виражене в мм.рт.ст, а в (2) – в гПа або мбар.

Пружність водяної пари (e) – це тиск водяної пари (в міліметрах, в мілібарах або гектопаскалях), яка перебуває в повітрі.

Коли спостереження здійснюються за допомогою психрометрів (станційного або аспіраційного), то пружність водяної пари можна обчислити за формулою

$$e = E' - A p (t - t') \quad (\text{мбар}), \quad (3)$$

де E' – пружність насичуючої водяної пари при температурі змоченого термометра, гПа або мбар. Знаходимо E' за значенням t' та додатком 4;

t і t' – температура сухого і змоченого термометрів, $^{\circ}\text{C}$;

p – атмосферний тиск, гПа, (мбар) ($p = 1000$ мбар або гПа);

A – коефіцієнт, рівний для станційного психрометра 0,0008, а для аспіраційного – 0,00066 (у закритих приміщеннях 0,0008).

Відносна вологість (f) – це відношення пружності водяної пари (e), яка є в повітрі, до максимально можливої пружності (E) при даній температурі визначена у відсотках. Вона обчислюється за формулою

$$f = \frac{e}{E} 100, \quad (\%). \quad (4)$$

Дефіцит вологості або нестача насичення (d) – це різниця між максимальною і фактичною пружністю водяної пари при даній температурі

$$d = E - e \quad (\text{гПа, мбар}) \quad (5)$$

Точка роси (t_d) – це температура, при якій водяна пара, що є в повітрі, при незмінному загальному атмосферному тиску досягає повного насичення. Як і будь-яка температура, вона вимірюється в градусах. Визначається точка роси (t_d) за пружністю водяної пари (e).

При розрахунках режиму зрошення сільськогосподарських культур особливо важливими є показники дефіциту вологості повітря (d), які використовуються для визначення водопотреби рослинного організму.

Вологість повітря можна визначити за допомогою аспіраційного психрометра.

Психрометр аспіраційний (МВ-4М) - складається із “сухого” і “змоченого” термометрів і використовується в експедиційних умовах. Термометри встановлено в металеву оправу для захисту від пошкоджень. Середня частина оправи - пустотіла трубка, яка знизу роздвоюється на двостінні (зовнішня і

внутрішня) циліндричні трубки. На верхню частину оправи нагвинчено аспіраційну головку з вентилятором, який приводиться в дію за допомогою пружини, що накручується ключем. Вентилятор утягує зовнішнє повітря з постійною швидкістю 2 м/с в трубки, де знаходяться резервуари термометрів. Обтікаючи їх, повітря проходить через трубку оправи і щілинні отвори аспіраційної головки, виходячи за межі психрометра.

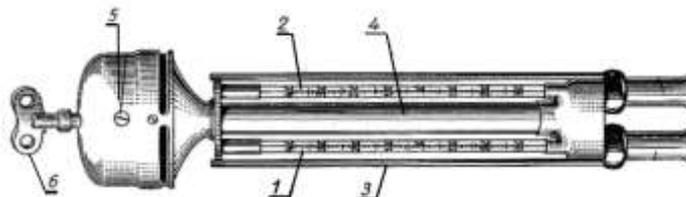


Рис.3. Психрометр аспіраційний

Проводять обліки обох термометрів. За цими відліками визначають абсолютну та відносну вологість повітря, дефіцит вологості повітря і точку роси.

Вимірювання атмосферних опадів.

Атмосферні опади – це вода в рідкому або твердому стані, що випадає з атмосфери на земну поверхню.

Кількість опадів, що випали, вимірюють товщиною шару води у міліметрах (мм), який утворювався б на поверхні землі, коли б опади не стікали, не випаровувались і не просочувались у ґрунт. Шар опадів висотою 1мм відповідає 1 л/м², або 10 т/га.

Інтенсивністю атмосферних опадів (I) називається кількість опадів у міліметрах, що випала за одиницю часу (хв.), тобто

$$I = r/t \text{ (мм /хв),}$$

де *I* – інтенсивність опадів, мм/хв;

r – кількість опадів, мм;

t – час, хв.

За інтенсивністю опади поділяють на слабкі, помірні та сильні (зливи). Значення кількості атмосферних опадів враховуються при визначенні зрошувальних та поливних норм. Для вимірювання атмосферних опадів застосовують такі основні прилади:

Опадомір Третьякова – для вимірювання рідких і твердих опадів, які випали за деякий проміжок часу. Прилад стаціонарний, застосовується на гідрометеостанціях та метеопостах. Складається він з оцинкованого циліндричного відра висотою 40 см та приймальної поверхні площею 200 см². У середині відра запаяна діафрагма, частина якої - лійка, яка запобігає випаровуванню опадів у літній період (взимку її знімають). Опади виливають з відра через зливник, який закривається ковпачком, до вимірювального стакану, що входить до комплекту. Ціна поділки вимірювального стакану складає 0,1 мм. Відро встановлюють так, щоб його приймальна поверхня знаходилась на висоті 2 м від поверхні землі. Навколо відра розміщені 16 вітрозахисних планок, які послаблюють швидкість вітру над поверхнею відра й захищають опади від видування. Вимірювання опадів проводять 4 рази на добу. Коли випадають тверді опади (град, крупа, сніг), відро з ними заносять до приміщення і

вимірюють опади після повного їх відтавання. Для того, щоб спостереження велись безперервно, до комплекту приладу входять два відра, одне з яких знімають, а інше встановлюють.

Дощомір польовий (Давітая) – для вимірювання рідких опадів. Це скляна мензурка з поділками, верхня частина якої розширена і в неї вмонтовано лійку для запобігання випаровуванню води. Площа поперечного перерізу приймальної частини становить 30 см^2 , ціна поділки – 1 мм, а висота мензурки – 30 см.



Рис.4. Опадомір Третьякова: 1 – відро;
2 – вимірювальний стакан;
3 – вітрозахисні планки



Рис.5. Дощомір
польовий
(Давітая).

Дощомір ґрунтовий призначений для вимірювання рідких опадів майже на рівні ґрунту. Він складається із дощомірного відра 1 (рис. 6) і гнізда 2 для його встановлення. Дощомірне відро відрізняється від відра опадоміра тим, що має приймальну поверхню площею 500 см^2 і конусоподібну діафрагму 3 з отворами біля вершини. Із зовнішньої сторони відра, нижче діафрагми, є носик 4 для зливу опадів, що випали. Ґрунтовий дощомір встановлюють на відкритій ділянці так, щоб верхній край гнізда 2 виступав над ґрунтом на 5 см.

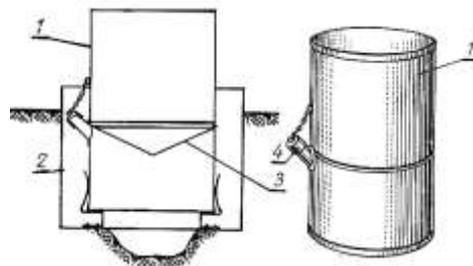


Рис.6. Дощомір ґрунтовий: 1 – дощомірне відро; 2 – гніздо; 3 – діафрагма;
4 – носик для зливу опадів;

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ В ЛАБОРАТОРІЇ

Завдання 1. Вивчити принцип дії ґрунтових випаровувачів, з'ясувати методику визначення величини випаровування.

Завдання 2. Вимірювання температури ґрунту .

Прилади та устаткування: термометр строковий, термометр-щуп, ящик з ґрунтом, електричний обігрівач, лопаточка.

Порядок виконання

1. Ознайомитися з будовою термометрів, способами їх розміщення і ведення спостережень та правилами відліків.
2. Установити на поверхні ґрунту (в ґрунтовому ящику) поверхневий строковий термометр і термометр-щуп на глибину 10-12см. Перед розміщенням термометри підготувати до роботи.
3. Зняти показники термометрів і записати результати.
4. Увімкнути обігрівач і через 5-10хв знову зняти дані з усіх термометрів, записати результати.
5. Вимкнути обігрівач, підготувати термометри до роботи, почекати 15хв, знову зняти показання з термометрів і записати результати.

Усі записи зробити в таблиці за такою формою:

Таблиця 1. Результати порівняльного вимірювання температури ґрунту

Термометр	До обігрівання			Після 5-10хв. обігрівання			Через 15хв. після вимкнення обігрівача		
	Відлік	Похибка	Виправлена величина	Відлік	Похибка	Виправлена величина	Відлік	Похибка	Виправлена величина
Строковий									
Щуп, 10-12см									

Завдання 3. Вивчити конструкцію та принцип дії аспіраційного психрометра. Ознайомитись з методикою визначення вологості повітря за допомогою аспіраційного психрометра.

Завдання 4. Виміряти кількість опадів.

Прилади та устаткування: дощомір польовий Давітая (мм).

Порядок виконання

1. Вивчити будову дощоміра та методику ведення спостережень
2. Виміряти кількість “опадів”, користуючись дощоміром. Для цього наливають довільну кількість води у дощомір, ставлять його на горизонтальну поверхню і роблять відлік кількості води (“опадів”). Відлік

дорівнює кількості опадів у міліметрах. Результати вимірювань записати у таблицю за такою формою:

Таблиця 2 .Результати вимірювання кількості атмосферних “опадів”

Прилад	Кількість поділок на стакані	Кількість опадів		
		мм	л/м ²	т/га
Дощомір				

Примітка. 1мм = 1л/м² = 10т/га (м³/га)

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ

1. Побудувати графік – гістограму річного ходу опадів для певного населеного пункту, користуючись даними середніх багаторічних показників.

Для побудови графіка на горизонтальній осі відкладають місяці або декади в довільному масштабі, а на вертикальній – кількість опадів у міліметрах (орієнтовний масштаб 1см = 10 мм опадів). Показники кількості опадів за певний період (місяць або декаду) відкладають на графіку, провівши перпендикуляри до горизонтальної осі з точок початку і кінця періоду та з'єднавши їх горизонтальною лінією. При цьому утворюється прямокутник, висота якого відповідає кількості опадів за період, а основа – тривалості цього періоду. Аналогічно відкладають показники кількості опадів для наступного місяця (декади). Для наочності прямокутники заштриховують, а зверху кожного надписують цифрове значення показника.

2. Проаналізувати розподіл опадів у теплий і холодний періоди року й сприятливість такого розподілу для ефективного ведення сільськогосподарського виробництва, використовуючи гістограму.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення сумарного водоспоживання. Назвіть найпоширеніші методи його визначення
2. Які Ви знаєте прилади для вимірювання випаровування. Поясніть принцип їх дії
3. Якими приладами вимірюється температура поверхні ґрунту. Принцип їх дії.
4. Дайте визначення вологості повітря, та його кількісних характеристик. Прилади для вимірювання.
5. Якими приладами вимірюють атмосферні опади.
6. Що таке норма зрошення.
7. Що таке поливна норма.

Лабораторна робота №2 Визначення вологості ґрунтів

Мета роботи: ознайомитись з методиками визначення вологості ґрунту; вивчити принципи дії та конструкції приладів та обладнання, які використовуються для визначення вологості ґрунту; набути практичні навички роботи з тензіометрами.

Теоретична частина. Водний режим ґрунту надзвичайно важливе значення в процесах росту та розвитку рослин. Основною характеристикою водного стану ґрунту є вологість. *Вологістю ґрунту* називають вміст води в будь-яких формах в одиниці маси або об'єму ґрунту в даний момент часу. Вологість має суттєвий вплив на фізичні та хімічні властивості ґрунту, накопичення поживних речовин та діяльність мікроорганізмів, а також має важливе значення для фізіологічних процесів, які відбуваються в рослинах. Для утворення 1 кг сухої речовини рослина витрачає від 200 до 1000 л і більше води (*коефіцієнт транспірації*). Випаровуючись через листки, вода охолоджує рослини, не допускаючи їх перегрівання і висихання (терморегуляція).

Вода і розчинені в ній різні речовини складають рідку фазу ґрунту або ґрунтовий розчин, з якого рослини через кореневу систему поглинають воду і поживні речовини. Залежно від умов, вода по-різному зв'язана з твердою фазою ґрунту, що впливає на її рухомість у ґрунті і ступінь доступності рослинам. За доступністю рослинам вологу поділяють на недоступну і доступну, а останню, в свою чергу, на важко-, середньо-, і легкодоступну.

Запас вологи в ґрунті доступний рослинам називають **продуктивним**, а недоступний – непродуктивним або мертвим запасом.

Вода в ґрунті перебуває в трьох станах: твердому, рідкому і газоподібному. За фізичним станом, рухомістю і доступністю для живих організмів ґрунтову воду поділяють на форми: пароподібну, хімічно зв'язану, сорбційно зв'язану і вільну.

Пароподібна волога - у вигляді водяних парів міститься в ґрунтовому повітрі і переміщується з місць більшого насичення (підвищеного парціального тиску) до місць з меншим насиченням ґрунтового повітря водяною парою. Пароподібна вода є динамічною формою. Вона безперервно утворюється в ґрунті, переміщується з одного горизонту в інший, перетворюється на інші форми: **вільну** або **сорбційну**. Всі ці процеси зумовлені змінами температури ґрунту та атмосферного тиску. Разом з переміщенням водяної пари, особливо в процесі випаровування, відбувається переміщення по профілю ґрунту розчинених в ньому речовин.

Хімічно зв'язана вода. Багато мінералів ґрунту містять в своєму складі молекули води ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та ін.). Цю форму води називають **кристалізаційною**. Крім того, виділяють **конституційну** воду, яка представлена в мінеральних, органічних і органо-мінеральних сполуках гідроксильною групою OH. Ці форми води входять до складу твердої фази ґрунту, вони є нерухомі і недоступні для рослин.

Сорбційно зв'язана (або *фізично зв'язана*) вода. Молекули (диполі) води вбираються поверхнею негативно заряджених колоїдів ґрунту і орієнтуються позитивним полюсом до ядра міцели. Залежно від міцності утримання води міцелою її поділяють на міцнозв'язану (*гігроскопічну*) і слабкозв'язану (*плівчасту*).

Гігроскопічна вода у вигляді мономолекулярного шару адсорбується частками ґрунту і утримується на їх поверхні молекулярними силами. **Гігроскопічна вода** утворюється за рахунок сорбції молекул водяної пари на поверхні колоїдних часток, міцно утримується сорбційними силами (10000—20000 атм) і тому є нерухомою. Густина її досягає 1,5—1,8 г/см³, не розчиняє хімічні сполуки, не замерзає і не доступна для рослин. Кількість гігроскопічної води в ґрунті залежить від температури, насиченості ґрунтового повітря водяною парою, механічного і мінералогічного складу ґрунту та вмісту в ньому гумусу. Найбільшу кількість води, яку може увібрати ґрунт з пароподібного стану (при вологості повітря 94—98 %), називають *максимальною гігроскопічністю ґрунту*.

Сорбційні сили колоїдів ґрунту повністю не врівноважуються молекулами гігроскопічної води навіть при досягненні максимальної гігроскопічності. Залишкові сили здатні вбирати і утримувати (з силою 1-10 атм) певну кількість рідкої води, яку називають *плівковою*.

Плівкова вода – перебуває в рідкому стані і утримується на поверхні ґрунтових частинок молекулярними силами, внаслідок чого малорухома і важкодоступна для рослин. Рухається в ґрунті дуже повільно від більш вологих до сухіших місць. За фізичним станом вона перебуває у в'язко-рідкій формі і здатна переміщуватися в різних напрямках від більш товстих плівок до тонших. Ця форма води частково доступна для рослин. Вона розчиняє і переміщує з незначною швидкістю водорозчинні солі.

Вільна вода — вода ґрунту, яка не піддається дії сорбційних сил. Ця форма не має молекул, які орієнтовані до колоїдних часток ґрунту. В ґрунтах вона міститься у двох формах: капілярній і гравітаційній.

Капілярна вода знаходиться в порах малого діаметра — капілярах. Утримується під дією капілярних або меніскових сил. Природу виникнення цих сил вивчають у курсі фізики середньої школи. Тут ми лише нагадаємо, що, згідно з законом Лапласа, меніскові сили будуть більші там, де вужчий капіляр, а це, в свою чергу, зумовлює висоту капілярного підняття. Крім того, меніскові сили посилюються силами змочування

При позитивних температурах капілярна вода перебуває в рідкому стані і вільно випаровується з поверхні менісків, при відємних — замерзає. Це основна форма води, яку засвоюють рослини. Вона дуже рухлива, розчиняє органічні і мінеральні сполуки, перерозподіляє по профілю солі колоїди, суспензії. Висхідний рух води по капілярах поповнює запаси вологи у верхньому горизонті ґрунту. Заходи, спрямовані на накопичення і збереження вологи в ґрунті, мають на меті створення запасів саме капілярної води

Висота підняття капілярної води в реальних ґрунтах залежить від їх механічного і структурного складу. В глинистих ґрунтах (які мають тонкі

капіляри) вона піднімається на висоту 2-6 м, в піщаних – 40-60 см. В структурних ґрунтах капілярна вода піднімається на незначну висоту і добре зберігається

Залежно від джерела капілярну воду ґрунту поділяють на капілярно-підвішену, капілярно-підперту і капілярно-посаджену. Капілярно-підвішена вода заповнює пори зверху після дощу, танення снігу, під час зрошення, тривалий час зберігається в ґрунті і доступна для рослин. Утримується в ґрунтах завдяки різниці тиску на поверхню верхнього і нижнього менісків. Нижче зволоженого шару залишається сухий шар ґрунту. Отже, вода вологого шару начебто «висить» над сухим. Вологість ґрунту зменшується зверху донизу. Інтенсивне випаровування цієї води призводить до засолення поверхневого шару ґрунту ;

Капілярно-підперта вода формується за рахунок підняття ґрунтових вод. Вона підперта водоносним горизонтом. Шар ґрунту який містить капілярно-підперту воду над водоносним горизонтом, називають капілярною каймою. Потужність її залежить від водопідіймальної здатності ґрунту. Вміст води в каймі збільшується зверху донизу.

Капілярно-посаджена (підперто-підвішена) вода акумулюється в шаруватих ґрунтах, в дрібнозернистих шарах, під якими залягають крупнозернисті. На межі тонкодисперсного і грубодисперсного горизонтів, внаслідок різкої зміни розмірів капілярів, виникають додаткові нижні меніски, які і утримують деяку кількість капілярної води. Дана вода начебто «посаджена» на ці меніски

- **капілярна вода** – знаходиться в краплиннорідкому стані в капілярах ґрунту. Рухається в ґрунті під дією капілярних сил і є основним джерелом води для рослин;

- **гравітаційна вода** - займає в ґрунті некапілярні проміжки між агрегатами і рухається під дією сили тяжіння. Важкодоступна для рослин внаслідок значної рухомості. За нормальних умов вона перебуває в рідкому стані, розчиняє хімічні сполуки і переміщує їх вниз по профілю.

Гравітаційна вода витісняє повітря з ґрунту, створюючи несприятливі умови (анаеробні) для життя рослин та інших організмів. Зменшення кількості гравітаційної води в ґрунті здійснюють за допомогою осушення. Гравітаційна вода – вода атмосферних опадів та поливна, яка заповнює широкі пори ґрунту і переміщується по профілю ґрунту під силою земного тяжіння

Розрізняють вагову й об'ємну вологість ґрунту.

Ваговою вологістю ґрунту називають відношення маси води, яка міститься в ґрунті, до маси абсолютно сухого ґрунту, висушеного при температурі 100-105°C (до постійної маси).

Об'ємною вологістю ґрунту називають відношення об'єму води, яка міститься в ґрунті, до загального об'єму зразка ґрунту.

Відносна вологість ґрунту обчислюється як відношення маси води, що міститься в ґрунті, до маси сухого ґрунту в тому ж об'ємі і виражається у відсотках

$$V = \frac{M_B - M_C}{M_C} \times 100\% \quad (2.1),$$

де V – вологість, % від маси сухої наважки ;

M_B і M_C – маса відповідно вологого та сухого ґрунту.

Між абсолютним вмістом води W (мм) у шарі ґрунту і вологістю ґрунту, вираженою у відносних одиницях V (%), існує залежність

$$W = 0,1 \cdot V \cdot d \cdot h, \text{ мм} \quad (2.2),$$

де W – загальна висота шару води, мм;

d – об'ємна маса ґрунту, г/см³;

h – товща шару ґрунту, см.

Розрахунок кількості продуктивної вологи в ґрунті проводять за такою формулою:

$$W_{пр} = 0,1 (V - K) d h, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де $W_{пр}$ – запас продуктивної вологи, мм;

h – товща шару ґрунту, см;

d – об'ємна маса абсолютно сухого ґрунту, г/см³;

V – вологість ґрунту, %;

K – коефіцієнт в'янення, %.

Продуктивна волога кореневмісного шару ґрунту, товщею в один і більше метрів визначається як сума запасів вологи 10 сантиметрових шарів ґрунту

Кількість та доступність рослинам ґрунтової води характеризується **вологоємністю** ґрунту, яка визначається, як вміст води в ґрунті, виражений у відсотках від його маси або об'єму.

О.А. Роде виділив п'ять показників вмісту води в ґрунті: максимальну адсорбційну вологоємність, максимальну гігроскопічність, вологість стійкого в'янення рослин, найменшу, або польову, вологоємність і повну вологоємність.

Максимальна адсорбційна вологомісткість (МАВ) - це максимальна кількість води, яку може утримати ґрунт за рахунок сил адсорбції. Ця вода недоступна для рослин.

Максимальна гігроскопічність (МГ) характеризується максимальною здатністю ґрунту вбирати газоподібну вологу із повітря, відносна вологість якого не нижче 94%. Ця волога недоступна для рослин.

Вологість стійкого в'янення (ВСВ) - запас вологи, за якого спостерігаються ознаки стійкого в'янення у рослин, які не зникають при перенесенні рослини в атмосферу насичену водяними парами. Відповідно, у ґрунті залишається тільки недоступна для рослин вода, яку називають *коефіцієнтом в'янення*.

Вологість розриву капілярного зв'язку (ВРК)

Верхньою межею оптимальної вологості є **найменша вологомісткість (НВ)** – максимальна кількість капілярно-підвішеної вологи, що може утримуватись в ґрунті після поливу. Нижня межа оптимуму складає (0,6...0,7) НВ. Для визначення строків поливу важливо точно визначити моменти переходу вологості ґрунту за вказаний діапазон.

Повна вологомiсткiсть (ПВ)- найбільша кiлькiсть вологи, яку здатний утримувати ґрунт, коли всi пори (капiлярнi i некапiлярнi) заповненi водою i поглинальна здатнiсть ґрунту повнiстю реалiзована.

Таким чином, iнтервал доступної рослинам вологи обмежується двома величинами - повною вологоемнiстю i вологiстю стiйкого в'янення. Оптимальною для бiльшостi сiльськогосподарських рослин є вологiсть ґрунту - 60% ПВ або 80% НВ.

Сукупнiсть фiзичних та фiзико-хiмiчних явищ, що зумовлюють змiну кiлькостi вологи в ґрунті та швидкостi її пересування, називають водним режимом ґрунту. До водного режиму ґрунту належить надходження, вбирання та затримання ним води, її перемiщення та витрачання, змiна її фiзичного стану тощо.

Залежно вiд цих процесiв видiляють рiзнi **типи водного режиму** (за О.А. Роде): промивний, перiодично промивний, непромивний, випiтний, а також iригацiйний i мерзлотний.

Промивний. Опадiв випадає бiльше, нiж втрачає ґрунт, i вода, просочуючись донизу, промиває його горизонти. Цей тип водного режиму характерний для Полiської i Пiвнiчно-Захiдної Лiсостепової зон України.

Перiодично промивний характерний для рeгiонiв, де чергуються перiоди повного промивання ґрунту iз обмеженим промоканням. Характерний майже для всього Лiсостепу України.

Непромивний тип поширений у районах, де випадає мало опадiв, i мiж верхнiм вологим шаром ґрунту та пiдґрунтовими водами знаходиться незволожений горизонт. Зустрiчається на чорноземних i каштанових ґрунтах Пiвденного Степу України.

Випiтний тип водного режиму зустрiчається в районах, де кiлькiсть вологи, яку втрачає ґрунт, значно перевищує кiлькiсть опадiв. Такий водний режим характерний для пустель та Пiвденного сухого степу України.

Иригацiйний водний режим - це водний режим поливних земель.

Для коректного визначення показникiв продуктивної вологи в ґрунті в мелiоративнiй практицi послуговуються значеннями певних ґрунтово-гiдрологiчних констант. Видiляють шiсть основних

У практицi зрошувального землеробства визначення сумарного випаровування для встановлення строкiв та норми поливу використовується значна кiлькiсть методiв, якi умовно можна подiлити двi групи: розрахунковi та iнструментальнi. Бiльшiсть **розрахункових методiв** ґрунтується на розрахунку iнтенсивностi сумарного випаровування ґрунтової вологи з наступним визначенням тривалостi зниження вологостi ґрунту кореневого шару до передполивної – *мiжполивного перiоду та. вiдповiдно, строкiв та норм поливiв.*

Инструментальнi методи, у свою чергу можуть бути розподiленi на методи визначення строкiв поливу за даними контролю вимiрювань вологостi кореневого шару ґрунту та (або) за даними фiтомонiторингу.

Строки поливу за даними **фiтомонiторингу** визначаються на пiдставi безпосереднього i постiйного контролю за процесами росту i розвитку рослин за допомогою датчикiв росту плоду або стебла, температури листка, руху соку.

Методи фітомоніторингу наразі набувають все більшого поширення, проте внаслідок відсутності простих та надійних датчиків для оперативного контролювання стану рослин ще не отримали масового застосування.

Щодо інструментальних методів визначення строків поливу за даними контролю вологості кореневого шару ґрунту, то найпоширенішими серед них є такі:

- *термостатно-ваговий* за ГОСТ 28268,
- *метод глибинного нейтронного зонда* за ДСТУ ISO 10573,
- *тензіометричний* за ДСТУ ISO 11276, тощо.

Найпоширенішим та найдоступнішим з перерахованих методів є **термостатно-ваговий**, який має ряд істотних недоліків: значні трудо- та енергозатрати на відбір та висушування зразків; низька оперативність, неможливість повторного визначення вологості в одній і тій же точці ґрунту.

Метод нейтронного глибинного зонда використовує оцінку послаблення потоку швидких нейтронів атомами водню, що містяться у ґрунтовій воді. На відміну від термостатно-вагового, не потребує відбору зразків, що можна віднести до його позитивних ознак. Проте низька точність вимірювання, складність експлуатації та зберігання приладів з джерелом радіоактивного випромінювання зумовили зменшення обсягів його застосування.

Значно ширше, порівняно з методом глибинного нейтронного зонда, використовуються методи, що базуються на **вимірюванні електропровідності** ґрунтів. Проте через відсутність відповідних датчиків вітчизняного виробництва, необхідність калібрування їх по кожному типу ґрунту, низьку точність та її залежність від засоленості ґрунту, вони не можуть претендувати на широке використання.

Тензіометричний (ДСТУ ISO 11276) метод базується на вимірюванні капілярного потенціалу ґрунтової вологи – тензіометричного тиску в ненасичених ґрунтах спеціальним приладом *тензіометром*.

В найпростішому варіанті він складається з пористого зонда, з'єднувальної трубки та вимірювача тиску. Основний елемент тензіометра – пористий керамічний зонд, який характеризується водопроникністю та тиском барботування (проникнення повітря через пори зонда). Наразі, **тензіометричний метод** є практично єдиним інструментальним методом, який відповідає більшості вимог застосування для оперативного визначення строків і норми поливу.

Для оцінки доступності ґрунтової вологи рослинам недостатньо інформації про загальну її кількість. Необхідна також характеристика її енергетичного стану. Відомо, що енергетичний стан вологи в ґрунті найповніше характеризується *потенціалом ґрунтової вологи* [4,5,7,13,18-24,27,31].

Потенціал ґрунтової вологи є прямим енергетичним показником, що визначає стан, умови рівноваги та руху вологи в системі "ґрунт-рослина-приземний шар атмосфери", а також її доступність для рослин [4,5,7,27].

Повний потенціал (у літературі зустрічається термодинамічний [4,5,15]) об'єднує дію всіх факторів, які впливають на воду у ґрунті: гравітаційного поля; осмотичних сил, зумовлених наявністю розчинених речовин; адсорбційних сил,

що виникають на поверхні розподілу *рідка фаза – тверда фаза*; меніскових сил – на поверхні розподілу *рідка фаза – ґрунтове повітря*; пневматичного тиску в газоподібній фазі ґрунту.

Еквівалентом потенціалу ґрунтової вологи є тиск.

Як одиниця виміру *тензіометричного тиску* P_s в системі СІ використовується Паскаль (Па). У практичних вимірах поширені технічні одиниці виміру тиску – атмосфера (атм.), бар (bar), метри водного стовпа (м водн. ст.).

$$1 \text{ атм.} = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа};$$

$$1 \text{ м. водн. ст.} = 10 \text{ кПа} = 0,01 \text{ МПа};$$

$$1 \text{ бар} = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ Мпа};$$

$$1 \text{ кгс/см}^2 = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}$$

Максимальний вміст вологи у ґрунті за повної вологомісткості (ПВ) відповідає максимальній величині тензіометричного тиску ($P_s = 0$). Зі зменшенням вмісту вологи тиск зменшується ($P_s < 0$).

У діапазоні вологи від повної вологомісткості (ПВ) до 50-60% найменшої (НВ) основна роль у взаємодії води з твердою фазою ґрунту належить капілярно-сорбційним силам. Тому при контролі стану й доступності ґрунтової вологи для рослин з метою визначення строків і норми поливу розглядають тільки одну складову повного потенціалу (G) ґрунтової вологи – тензіометричний тиск (P_s).

Оперативний контроль та управління водним режимом кореневого шару ґрунту на зрошуваних землях з застосуванням тензіометричного методу зводиться до створення та підтримання в ньому протягом періоду вегетації оптимального діапазону тензіометричного тиску.

КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ І ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕНЗІОМЕТРА

Для вимірювання тензіометричного тиску в ненасичених ґрунтах застосовується *тензіометр*. В найпростішому варіанті він складається з пористого зонда, з'єднувальної трубки та вимірювача тиску.

Основний елемент тензіометра – *пористий керамічний зонд*, який характеризується водопроникністю та тиском барботування (проникнення повітря через пори зонда).

Тиск барботування визначає діапазон вимірювання тензіометричного тиску (інтервал тиску в якому може працювати тензіометр), а водопроникність – швидкість встановлення рівноваги між тиском в тензіометрі і тензіометричним тиском вологи в ґрунті.

Зонд виготовляється з керамічного матеріалу з максимальним розміром пор 1 мкм.

З'єднувальна трубка призначена для з'єднання пористого зонда з вимірювачем тиску. Вона може бути металева, поліетиленова, поліпропіленова. Як *вимірювачі тиску* можуть використовуватись вакуумметри, індикатори годинникового типу.

Підготовка тензіометрів до роботи. Перед підготовкою тензіометра до роботи необхідно перевірити його комплектність. Керамічний зонд тензіометра рекомендується брати в руки, попередньо обгорнувши його папером, поліетиленовою плівкою або ж іншим матеріалом.

Перевірку тензіометра на герметичність проводять у режимі випаровування в приміщенні або на відкритому повітрі при температурі не нижче 20°C і відносній вологості не вище 80%.

Для перевірки необхідно:

- заправити водну камеру тензіометра через отвір штуцера деаерованою (прокип'яченою) теплою водою з температурою 30-40°C;
- заповнити теплою деаерованою водою камеру вакуумметра;
- приєднати вакуумметр через штуцер до водної камери;
- встановити тензіометр у вертикальному положенні і спостерігати за рухом стрілки вакуумметра. Відхилення стрілки вакуумметра від "0" шкали до "-100" на величину не менш 30-35 кПа протягом 15-20 хвилин свідчить про придатність тензіометра до роботи.

Перевірені та підготовлені до роботи тензіометри перед установкою в полі опускають у воду на висоту керамічного зонда й витримують в такому положенні 1-2 години. Це необхідно для заповнення пор зонда водою, яка витрачена на випаровування при перевірці тензіометра.

Установка тензіометрів в кореневому шарі ґрунту. Для установки тензіометра невеликим ручним буром, діаметр якого відповідає діаметру керамічного зонда тензіометра, на необхідну глибину роблять отвір в ґрунті.

Із ґрунту, взятого безпосередньо в місці буріння отвору, готують ґрунтову пасту, якою змащують керамічний зонд тензіометра, частину пасти (20-50 мл) заливають в отвір. Це необхідно для забезпечення надійного контакту стінок зонда із ґрунтом.

В отворі розміщують керамічний зонд з водною камерою тензіометра, а вільний простір тампують ґрунтом для виключення прямого надходження води при поливах або опадах безпосередньо в отвір. Вакуумметр тензіометра закривають поліетиленовим чохлам, щоб унеможливити потрапляння води й пилу всередину вакуумметра. Знімати покази можна не раніше, ніж через дві доби після установки тензіометрів у ґрунт.

Дозаправлення (перезаправлення) тензіометрів водою. Необхідність цієї маніпуляції може виникнути у результаті дифузії повітря через пори керамічного зонда, у випадках прориву вакууму при висиханні ґрунту за несвоєчасних поливів. Отже, у водній камері тензіометра може накопичуватися повітря, наявність якого збільшує інерційність приладу.

З метою підвищення надійності роботи, динамічності та точності одержання інформації про стан і доступність ґрунтової вологи необхідно 1-2 рази на місяць проводити профілактичне дозаправлення тензіометрів водою безпосередньо в полі.

Дозаправляють тензіометри в такій послідовності:

- не витягуючи тензіометра з ґрунту вакуумметр від'єднують від водної камери;
- вакуумметр і водну камеру тензіометра заповнюють деаерованою водою, після чого вакуумметр знову приєднують до водної камери.

Перезаправляють тензіометри тоді, коли виникає прорив вакууму викликаний пересиханням ґрунту в результаті несвоєчасних поливів. Про прорив

вакууму буде свідчити встановлення стрілки вакуумметра на “0” за відсутності поливів або опадів. Перезаправлення тензіометрів проводиться аналогічно дозаправленню в процесі профілактики. Приступати до зняття показань після дозаправлення (перезаправлення) тензіометрів водою необхідно через добу.

ОПТИМАЛЬНИЙ ДІАПАЗОН ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ (ТЕНЗІОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ) ТА ГЛИБИНА ЗВОЛОЖЕННЯ.

Нормальний ріст і розвиток рослин проходить за оптимального вмісту вологи, що охоплює деякий її інтервал – діапазон оптимальної вологості ґрунту [1,3,11,12,16,19-27,29-31]. Цей інтервал становить лише частину доступної для рослин вологи. Аналогічно оптимальному діапазону вологості ґрунту існує і оптимальний діапазон тензіометричного тиску для різних сільськогосподарських культур та умов їх вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Результати багаторічних досліджень свідчать, що в різні фази свого розвитку сільськогосподарські культури мають різну потребу у воді [1, 8-11, 16, 17, 20-24, 27].

Зміни вимог рослин до вологи в різні фази їх розвитку зумовлює необхідність застосування диференційованих режимів зрошення практично для всіх культур. Тому для кожного періоду розвитку рослин з різними вимогами їх до вологозабезпечення встановлюється **нижня межа оптимального діапазону вологості** (тензіометричного тиску) – величина, за якої забезпечуються нормальні умови життєдіяльності рослин, інтенсивний фотосинтез та транспірація.

Зменшення вмісту вологи в ґрунті нижче оптимального значення стає причиною розвитку стресових явищ, істотного зменшення врожайності.

Нижня межа оптимального діапазону вологості ґрунту (тензіометричного тиску) залежить від виду та фаз розвитку рослин, водно-фізичних властивостей ґрунтів, метеорологічних умов та способу зрошення. На підставі узагальнення результатів багаторічних досліджень щодо режимів зрошення виноградників, плодкових, ягідних, овочевих, баштанних, цитрусових, олійно-білкових, зернових культур [7,13,15,19-24,27], для практичного використання рекомендуються величини передполивної вологості кореневого шару ґрунту ($W_{пнс}$) та відповідні значення тензіометричного тиску (P_s), що наведені в додатках 1,2,3, з застосуванням різних способів зрошення.

Окрім оптимального діапазону вологості ґрунту (тензіометричного тиску ґрунтової вологи) важливе значення, особливо для визначення норми поливу, має **глибина зволоження**. Її величина визначається не тільки характером розвитку та глибиною розміщення кореневої системи рослин, а й додатковою умовою – виключенням втрат поливної води за межі кореневого шару ґрунту. В літературі [11] – **допустима глибина зволоження**.

Для кожної сільськогосподарської культури (групи культур) глибина зволоження різна. Змінюється її величина також протягом періоду вегетації – від меншого значення на його початку до максимального – в кінці. Значення глибин зволоження, що рекомендуються для різних культур в різні фази їх розвитку, наведені в додатках 1, 2.

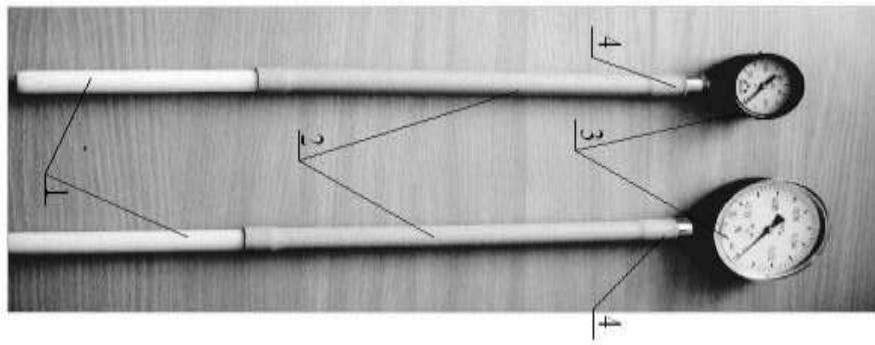


Рис.2.1. Будова тензіометра

1 – керамічний зонд; 2 – водна камера;

3 – вакуумметри класу точності 1,5 та 2,5; 4 – штуцер

До переваг тензіометричного методу зараховують:

- простоту і доступність методу;
- тензіометричний тиск (капілярний потенціал ґрунтової вологи) є прямим показником її доступності для рослин;
- високу оперативність і точність визначення як строків, так і норми поливу порівняно з розрахунковими та іншими експериментальними методами;
- можливість застосування в системах автоматизованого управління поливами;
- незначну трудомісткість порівняно з іншими методами призначення строків поливу;
- можливість використання в сучасних системах вимірювання та передачі інформації;
- наявність простих, дешевих та надійних приладів – тензіометрів, у тому числі і вітчизняного виробництва.

До недоліків тензіометричного методу необхідно віднести:

- вузький діапазон вимірювання вологості ґрунту від повної вологомісткості до 0,6 найменшої вологомісткості, що майже усуває можливість його застосування за відсутності зрошення;
- необхідність перерахунку тензіометричного тиску на вологість ґрунту при визначенні норми поливу, що водночас, диктує потребу в установленні залежності "тензіометричний тиск – вологість" для кожного типу ґрунту;
- залежність точності вимірювання від ступеня засолення ґрунту та наявності і об'єму повітря в тензіометрі;
- необхідність постійної дозаправки тензіометрів водою.

Проте, не зважаючи на перелічені недоліки, тензіометричний метод сьогодні є практично єдиним інструментальним методом, який відповідає

більшості вимог застосування для оперативного визначення строків і норми поливу.

Завдання. *Моделювання процесу висушування ґрунту та визначення залежності показників вакуумметра тензіометра від дефіциту вологи “ґрунту”*

ПРИЛАДИ ТА УСТАТКУВАННЯ: тензіометри (3 шт.), годинник, крейда, лінійка, олівець.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ

1. Ознайомитись з будовою тензіометра, особливостями його роботи та призначенням.
2. Дістати три тензіометри з ємності з водою. Крейдою пронумерувати їх.
3. Розмістити тензіометри горизонтально на робочому столі.
4. З інтервалом в 5 хвилин до таблиці 2.1 заносяться покази тензіометрів згідно їх нумерації.
5. За осередненими значеннями будують графік залежності показників тензіометрів від дефіциту капілярної (порової) вологи висушуваного “ґрунту”

Таблиця 2.1. *Результати вимірювання дефіциту вологи ґрунту за допомогою тензіометрів*

Час, хв.	Покази тензіометрів, мПа			
	№1	№2	№3	Середнє значення
5				
10				
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				

6. Висновки за результатами дослідження записують до робочого зошит

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ

Задачі

1. Обчислити вологість ґрунту (у відсотках) за такими даними:

Умова	Остання цифра шифру залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Маса сухого ґрунту, г	85	74	120	95	108	78	65	92	80	96
Маса вологого ґрунту, г	95	87	145	105	127	99	80	110	104	112

2. Обчислити вміст води в ґрунті в мм і запаси продуктивної вологи за такими умовами:

Умова	Остання цифра шифру залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_c , г	39,0	31,0	34,0	25,0	19,0	34,0	44,0	37,0	24,0	17,5
$m_{\text{води}}$, г	8,0	6,0	10,0	9,0	13,0	7,0	15,0	11,0	12,0	7,5
d , г/см ³	1,2	0,9	1,4	1,1	1,3	1,0	1,3	1,2	1,1	1,4
K, %	10	6	5	11	7	9	3	12	5	8
h , см	10	15	20	100	40	50	19	20	40	25

Питання для самоконтролю

1. Які існують форми води в ґрунті?
2. Які запаси вологи в ґрунті називають продуктивними, а які мертвими?
3. В чому полягає різниця між ваговою та об'ємною вологістю ґрунту?
4. В чому суть термостатно-вагового методу визначення вологості ґрунту?
5. Чому для термостатно-вагового методу, який вважається еталонним вказується як недолік його низька точність в перерахунку на величину поливної норми (похибка може досягати $\pm 25-30\%$).
6. В чому суть методу нейтронного глибинного зонду?
7. Що вимірює тензіометр, яка його будова?

8. *Які існують методи визначення вологості ґрунтів?*

Лабораторна робота №3

Вивчення конструкцій систем мікрозрошення і визначення витратних характеристик крапельниць-водовипусків

Мета роботи - ознайомитися з основними елементами систем мікрозрошення, характером формування контуру зволоження ґрунту різного механічного складу, самостійно визначити витратні характеристики крапельниць "Tiras -1" та "Netafim".

Теоретична частина.

Мікрозрошення об'єднує краплинне зрошення і мікродощування.

Краплинне зрошення – це спосіб локального зрошення ґрунту через краплинні водовипуски в зоні розташування кореневої системи рослин. При цьому способі зрошення ретельно очищена вода подається на поле плівковими трубопроводами з краплинними водовипусками. Невеликі витрати водовипусків (від 1 до 10 л/год) повільно зволожують зону розповсюдження коренів, не викликаючи поверхневого стоку.

Мікродощування – це локальний спосіб зрошення, що здійснюється мікродощувачами, радіус дії яких становить 5-7 метрів і в дощовій хмарі яких присутня значна частина аерозольних часток води.

Враховуючи, що спостерігається тенденція зростання дефіциту прісної води у світі, системи мікрозрошення є дуже перспективними, внаслідок їх водоощадливості.

Правильне використання систем краплинного поливу забезпечує отримання максимально високих врожаїв при мінімальній витраті води на одиницю площі. Системи крапельного поливу, за умови грамотного їх використання, забезпечують локальне зволоження ґрунту з подачею поливної води і розчинів добрив в прикореневу зону, звідки волога найінтенсивніше споживається рослинами. При краплинному поливі практично відсутній відтік води за межі кореневого шару, що сприяє не тільки раціональному використанню водних ресурсів, а й підтриманню доброї меліоративної ситуації на ділянці в цілому зволоження ґрунту в зоні інтенсивного споживання вологи корінням і можливість безперервного постачання рослин вологою, що виключає прояв водного стресу, сприятливо позначається на активізації ростових процесів. Спільне нормоване внесення в ґрунт води і добрив є організаційною, технологічною та екологічною основою оптимізації умов вирощування для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур та їх високої якості. В основу цього методу покладено використання різних систем крапельного поливу з одночасною подачею розчину добрив, що дозволяє постійно підтримувати вологість ґрунту в оптимальній пропорції в системі "вода-повітря" в ґрунті і подавати рослинам добрива невеликими дозами. Це сприяє підвищеній їх засвоюваності, меншому вилугуванню у порівнянні з традиційними методами внесення добрив і, як результат, більш високому коефіцієнту засвоюваності рослинами поживних речовин. Крім того, така система внесення

добрив з поливом – **фертигація** дозволяє вносити збалансовану кількість азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення з урахуванням фаз росту рослин. Подача розчинів добрив з поливною водою призводить до більш рівномірного розподілу їх у всьому зволожуючому шарі.

До переваг краплинного зрошення необхідно віднести можливість поливу у важкодоступних місцях зі складним ландшафтом. Локальний полив не тільки дає можливість заощадити воду, але і попереджає розвиток бур'янів навколо вирощуваних культур. Крім того, зволоження коріння, дозволить уникнути попадання вологи на листя, яка в спекотну сонячну погоду може призвести до опіків.

Система крапельного зрошення складається з стандартного набору елементів і має такий принцип будови полягає в наступному. З джерела водопостачання, пройшовши попередню фільтрацію, рідина надходить до магістрального трубопроводу, ця ділянка системи подає очищену воду розподільчою мережею труб. По розгалуженому трубопроводу вода вже йде під тиском, (для чого необхідно оснастити систему регулятором тиску) і подається до крапельної лінії. Система передбачає не тільки полив але і внесення добрив. Одна з зручностей системи крапельного зрошення полягає в тому, що шланги можуть бути як з вбудованими крапельницями так і з регульованими. Використання останніх дає можливість застосовувати економний полив не тільки для рівних рядів насаджень, а й для чагарників, дерев у садах, квітів в розаріях, тощо. Труби можуть прокладатися підземним та надземним способом. Крапельний спосіб поливу дозволяє збільшити обсяг врожаю в кілька разів, і при цьому значно скоротити витрату води і раціонально розподілити добрива.

Живлення рослин є запорукою одержання високих врожаїв. Для підтримки оптимальної концентрації елементів живлення в ґрунтовому розчині протягом всього періоду вегетації рослин застосовують локальне внесення добрив разом із поливною водою. У закордонній фаховій літературі поливи поживними розчинами називають fertigation в результаті поєднання двох слів – fertilization (удобрення) та irrigation (зрошення). В Україні спосіб внесення мінеральних добрив разом з поливною водою одержав назву **фертигація**.

Переваги фертигації перед іншими способами внесення добрив такі

- вода і поживні речовини рівномірно надходять до коренів рослин завдяки добрій розчинності мінеральних добрив;
- удобрювальні поливи проводять враховуючи біологічні особливості рослин, їх потребу в поживних речовинах по періодах росту в будь-якій кількості завдяки дозуванню;
- відсутність потреби в застосуванні самохідних машин і механізмів для розкидання добрив по полю, таким чином зменшується небезпека ущільнення ґрунту;
- завдяки нормованій подачі слабо концентрованих поживних розчинів безпосередньо в ґрунт можна уникнути опіків листя і коренів рослин;
- постійна подача удобрювальних розчинів в малих дозах, що розраховані тільки для потреб рослин, запобігає вимиванню їх за межі кореневмісного шару ґрунту і суттєво поліпшує екологічний стан агроландшафтів;

- обґрунтована технологія внесення поживних речовин з поливною водою в порівнянні з традиційними способами внесення добрив забезпечує їх економію до 40%, на 20–25% збільшує кількість врожаю і покращує його якість.

Найбільш ефективним є щоденне внесення добрив, із низькою нормою (3–15 кг/га) за допомогою інжекторів або дозаторів. Для фертигації можна використовувати водорозчинні мінеральні добрива зарубіжного виробництва: Тетрафлекс, Кеміра комбі, Кристалон, MEG ASOL, FERTICARE, Universol, MadMix, монофосфат калію, аміачна та калійна селітра та ін. З вітчизняних добрив добру розчинність мають аміачна селітра та сечовина. Не можна використовувати рідкі комплексні добрива, тому що траплялися випадки повного блокування системи при їхньому застосуванні. Не рекомендується використовувати слабо розчинні добрива типу нітроамофоски. Завжди треба робити витяжку з добрив і перевіряти її на окремих частинах поливного трубопроводу (можлива специфічна реакція добрив із поливною водою). Внесення добрив потрібно розпочинати через 20 хвилин після початку поливу, коли стабілізуються гідравлічні показники. Тривалість фертигації має становити не менше 30 хвилин з обов'язковим наступним промиванням. Загальна кількість добрив не має перевищувати 1–1,2 кг добрив на 1000 л води. При цьому норми їхнього внесення та співвідношення залежать від ґрунтово–кліматичних умов вирощування, фази розвитку рослин і технології їх вирощування. Вони розробляються спеціалістами для кожної ділянки індивідуально. Із всіх мінеральних добрив найбільш придатними для удобрювального поливу є азотні, потім – калійні, значно гірші – фосфорні добрива, що мають погану розчинність і вступають у взаємодію з солями у зрошувальній воді.

Тому фосфорні добрива необхідно вносити про запас на ряд років під плантажну оранку, або щорічно восени під культивуацію. Азотні добрива підлягають вилуджуванню, калійні, навпаки, добре поглинаються ґрунтом. Тому, азотні добрива на ґрунтах з важким механічним складом вносять в другій половині поливу; на легких – в самому кінці для запобігання вимивання NO_3 із кореневмісного шару ґрунту. Для ґрунтів з легким механічним складом найбільш широко практикують азотні підживлення. В залежності від рекомендованої дози азот необхідно вносити в 5-7 термінів. Одноразові внесення азоту не повинні перевищувати 30 кг/га діючої речовини. Калійні добрива необхідно вносити через 2-3 години після початку поливів.

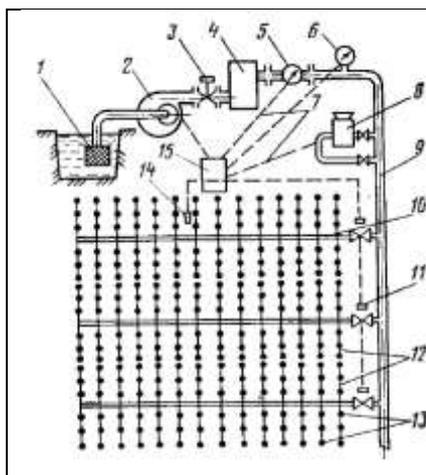
При проведенні удобрювального поливу необхідна постійна витрата води для отримання однорідної суміші поживних речовин у зрошувальній воді. Добрива повинні задовольняти таким вимогам: повна, без осаду, розчинність у воді, відсутність осадів, що, як правило, утворюються при реакції з солями у зрошувальній воді; добрива не повинні викликати корозію матеріалів зрошувальної мережі

При краплинному зрошенні вода густо розгалуженими трубопроводами безперервно подається через спеціальні крапельниці - водовипуски до кореневмісної зони рослини. Цей спосіб зрошення сприяє підтриманню оптимальної вологості ґрунту протягом всього періоду вегетації при значній економії поливної води.

При краплинному зрошенні зволожується не вся площа, а тільки відповідна частина – зона максимального розвитку кореневої системи рослин. Форми і розміри контуру зволоження залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту, його передполивної вологості, витрат поданої води, тривалості поливу, інтенсивності випаровування, схеми розташування точок водопостачання.

Основні елементи систем краплинного зрошення

Вибір конструкції систем краплинного зрошення залежить від кліматичних, геоморфологічних, ґрунтових, гідрогеологічних, геологічних і господарських умов території, а також якості води для зрошення. Основними елементами систем краплинного зрошення є: водозабір, насосна станція, вузол підготовки води та внесення добрив, мережа магістральних, розподільних і поливних трубопроводів з крапельницями, лінії зв'язку, система автоматизації, вітрозахисні лісосмуги, та ін. (рис. 3). У кожному випадку конструкція системи може змінюватись відповідно до конкретних умов її застосування. При цьому, надійність роботи систем краплинного зрошення визначається її основними елементами, до яких, насамперед, належать крапельниці та технічні засоби підготовки (очищення) води.



1 – водозабір; 2 – насосна станція; 3 – головна засувка; 4 – фільтр; 5 – водомірний пристрій; 6 – манометр; 7 – канали зв'язку; 8 – вузол для внесення добрив; 9 – магістральний трубопровід; 10 – розподільний трубопровід; 11 – дистанційна засувка; 12 – поливні трубопроводи; 13 – крапельниці; 14 – датчик необхідності поливу; 15 – пульт управління.

Рис. 3. Схема системи краплинного зрошення

Джерелом зрошення можуть бути річки, озера, водосховища, обводнювальні і зрошувальні канали, води місцевого поверхневого стоку, а також підземні води. Водозабірні споруди і насосні станції обладнують сміттяутримуючими ґратами. Оскільки якість води природних джерел не завжди відповідає сучасним вимогам, одним із головних елементів систем краплинного зрошення є засоби очищення води від механічних і біологічних забруднень.

Технологічну схему очистки води для конкретної ділянки обирають, виходячи з якості води у джерелі водопостачання, прийнятих типів трубопроводів та їхніх вимог до ступеня очищення води. Розчинні добрива перед подачею їх у зрошувальну мережу підлягають також попередньому очищенню.

На сучасному етапі базова комплектація систем краплинного зрошення складається із водозабірної споруди на джерелі зрошення (1), вузла насосної станції (2), системи управління (3), станції підготовки води (4), водомірного обладнання (5), пристрою для підготовки, змішування і дозування добрив (6), магістрального трубопроводу (7), розподільної трубопроводної

мережі (8), та комплекту поливних трубопроводів з крапельницями (9). Принципова схема такої системи зображена на рисунку 4.

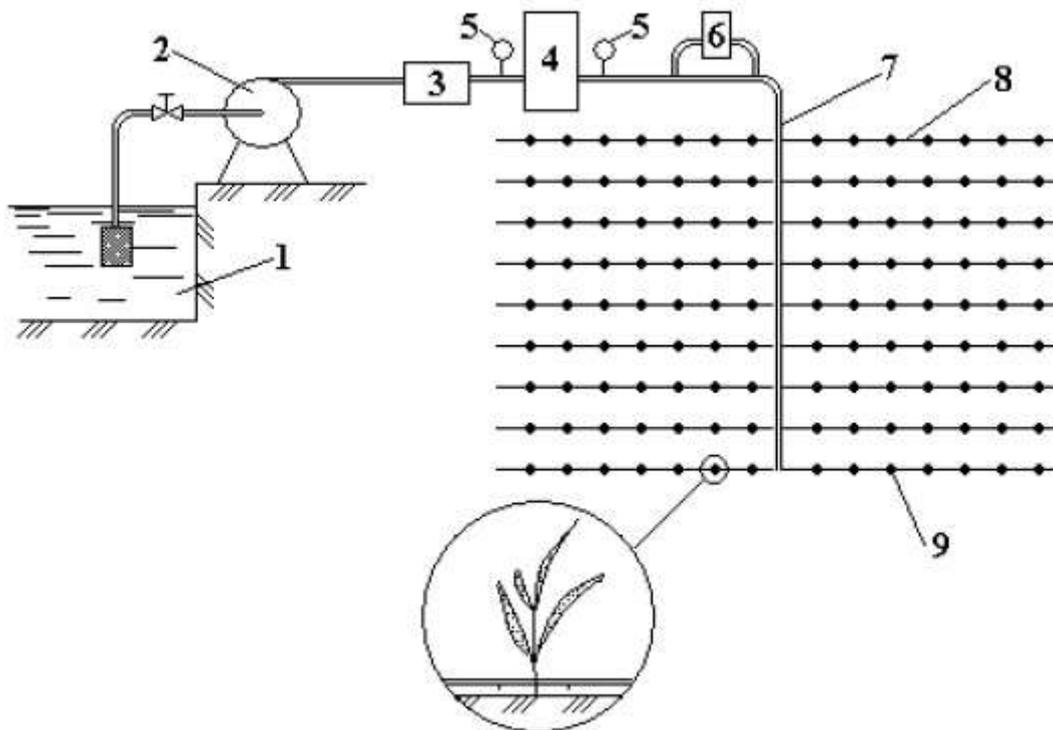


Рис. 4. Базова схема комплектації системи краплинного зрошення:

1 – водозабірна споруда на джерелі зрошення; 2 – насосна станція; 3 – блок автоматизації поливу; 4 – станція підготовки води ; 5 – водомірне обладнання; 6 – пристрій для змішування і дозування добрив; 7-8 – магістральна і розподільна трубопровідна мережа; 9 – крапельниці.

Додатково система може включати запірну арматуру, регулятори тиску, вузли автоматичного контролю і управління системою, а також облік води. Принцип дії системи полягає в тому, що вода під заданим тиском від насосної станції надходить через вузли підготовки води і добрив в трубопровідну мережу, і далі до крапельниць. Система може працювати як в ручному так і в автоматичному режимі.

Основними конструкційними елементами, що визначають параметри систем краплинного зрошення, є крапельниці різних конструкцій.

В найбільш узагальненому вигляді всі крапельниці поділяють за способом розміщення щодо поливного трубопроводу на два основних типи (види): **тупикові (ON LINE)**, що монтують на зовнішньому боці трубопроводу, та **інтегровані (IN LINE)**, що розміщені всередині самого трубопроводу при його виробництві. Тупикові крапельниці з'явилися першими і останнім часом поступаються місцем крапельницям інтегрованим, а точніше – трубопроводам з інтегрованими крапельницями. Вони є зручнішими в роботі на всіх етапах їхнього використання, насамперед, завдяки меншим трудовитратам на монтаж і демонтаж систем. Серед крапельниць, як тупикових, так і інтегрованих, розрізняють крапельниці з регульованою та нерегульованою витратою води. Перші з них характеризуються постійними витратами в певному

діапазоні зміни робочого тиску. Їх застосування дає можливість забезпечити вищу рівномірність водорозподілу вздовж поливних трубопроводів більшої довжини на рівнинних ділянках і в умовах змінного рельєфу. З технічної точки зору вони є більш складними, а значить, і дорожчими. В нерегульованих крапельницях витрата є функцією тиску. Тому вони можуть застосовуватися здебільшого на рівнинному рельєфі, або на силових землях при використанні спеціальних схем розміщення поливних трубопроводів і засобів регулювання тиску на кожному поливному трубопроводі. Це робить такі схеми більш громіздкими, а системи краплинного зрошення з їхнім застосуванням – дорожчими.

Плівкові трубопроводи обох типів є сьогодні найбільш поширеними. Завдяки появі плівкових трубопроводів з інтегрованими крапельницями краплинне зрошення отримало широке і практично безальтернативне використання для поливу овочевих, баштанних і багатьох цінних технічних культур у відкритому ґрунті.

Всі поливні трубопроводи можна розділити на декілька видів:-
стрічки (плівкові трубопроводи) – отримують при склеюванні смужок поліетилену, в результаті чого утворюється канал водовипуску (Aqua TraXX, T-Tape, Ro-DRIP);- **трубки** – центрально витягнутий продукт, що отримують за допомогою екструдерів (Drip In, ЭЛКО, Eurodrip, Netafim).

Класифікація за типом крапельниці:- жорсткі крапельниці – окремий елемент трубки краплинного зрошення з великою кількістю лабіринтів. Бувають плоского і круглого типу (Drip In, ЭЛКО, Eurodrip, Netafim);- **м'які крапельниці** – невіддільний елемент трубки краплинного зрошення (Aqua TraXX, T-Tape, Ro-DRIP).

Класифікація за ступенем компенсованості:- не компенсовані – при зміні тиску змінюється витрата води (Drip In Classic, new GR Eurodrip);- **компенсовані** – при зміні тиску всередині трубки краплинного зрошення витрата води залишається незмінною (Aqua TraXX, T-Tape, Drip In PC, PC2 Eurodrip).

Класифікації систем краплинного зрошення

Існує декілька видів класифікацій систем краплинного зрошення: за конструкцією, за розміщенням трубопроводів, за ступенем автоматизації, за характером зволоження ґрунту.

За конструкцією розрізняють:- стаціонарні системи – призначені для поливу багаторічних насаджень і рослин в теплицях. Вони потребують відносно великих капітальних затрат;- стаціонарно-сезонні системи – застосовують для поливу однорічних культур, і потребують щорічних монтажних і демонтажних робіт, а також затрат на збереження в міжполивний сезон;- системи сезонного використання – застосовують для зрошення однорічних культур. Поливну трубопровідну мережу виконують із дешевих матеріалів, що потребує щорічного монтажу і демонтажу як показує зарубіжний і вітчизняний досвід, для овочевих культур найефективнішими є конструкції систем краплинного зрошення сезонного та сезонно – стаціонарного типу із-за їх невеликої вартості. В системах сезонного типу всі складові придатні для монтажу на початку і демонтажу

наприкінці вегетаційного періоду. В системах сезонно - стаціонарного типу мережу магістральних і розподільних трубопроводів влаштовують стаціонарно з підземним розташуванням багаторічного використання, а мережу ділянкових і поливних трубопроводів – із можливістю щорічного монтажу і демонтажу.

За розміщенням поливних трубопроводів:- системи з укладкою поливних трубопроводів на поверхню ґрунту – застосовують коли бур'яни можна знищувати гербіцидами. При цьому знижується вартість будівництва, але створюються перешкоди для механізованого обробітку ґрунту;- системи з розташуванням поливних трубопроводів на шпалері – застосовують для поливу плодкових і декоративних культур. При цьому покращуються умови механізованого обробітку ґрунту, але збільшуються затрати на створення шпалери. Тому цей спосіб застосовують тільки в тих випадках, коли основну культуру вирощують на шпалері (наприклад у виноградниках);- системи з укладкою всіх трубопроводів мережі нижче поверхні ґрунту – дозволяють підвищити строк служби поліетиленових трубопроводів. Будівництво можливе тільки на ділянках, ще не зайнятих культурами. Збільшуються капітальні затрати, важко контролювати працездатність трубопроводу і крапельниць, але покращуються умови догляду за культурою і боротьби з бур'янами. Найкраще себе зарекомендували у виробництві системи з укладкою поливних трубопроводів на поверхню ґрунту, особливо при вирощуванні овочів. При вирощуванні садів і виноградників досить часто розташовують трубопроводи на шпалері.

За ступенем автоматизації:- *автоматичні системи* – всі технологічні операції по системі (визначення початку поливу, його тривалості, управління водорозподілом, контроль за роботою системи та ін.) виконують автоматично;

- *автоматизовані системи* – технологічні операції на системі автоматизовані частково;

- *системи з ручним управлінням* – всі технологічні операції управління системою виконує оператор.

Системи за ступенем автоматизації підбирають в залежності від цінності вирощуваних сільськогосподарських культур.

За ступенем відповідності інтенсивності водоподачі і водоспоживання:

- *абсолютно синхронні системи* – водоподача на системі протягом вегетації і доби відповідає водоспоживанню сільськогосподарських культур і їх фізіологічним особливостям. Системи потребують безперервного управління і регулювання інтенсивності водоподачі, що досягається досить складними технічними засобами. Інтенсивність водоподачі в жаркі години доби повинна в 1,5-2,0 рази перевищувати середньодобову, що потребує збільшення пропускної здатності трубопровідної мережі;- системи синхронні в добовому циклі – відповідність водоподачі і водоспоживання протягом вегетації і в середньому за добу. Водоподача протягом доби здійснюється монотонно з середньодобовою інтенсивністю. Пропускна здатність мережі є мінімально можливою;- напівсинхронні системи – відповідність водоподачі протягом вегетації і періодичності поливу протягом доби з видачею добової норми водоспоживання.

Потребують організації водообігу на системі, а порівняно висока інтенсивність водоподачі збільшує пропускну здатність трубопроводів;

- *періодичні системи* – відповідають водоподачі водоспоживання протягом вегетації і потребують організації водообігу на системі. Занижені вимоги до водопідготовки. Важко витримати всі необхідні умови для водоспоживання сільськогосподарських культур, тому частіше застосовують періодичні системи, вода в яких подається з досить великими перервами.

За характером зволоження:- локальне зволоження ґрунту безпосередньо біля кожної рослини – крапельниці встановлюють безпосередньо біля кожного дерева чи куща, якщо густина рослин до 2,6 тис. шт./га - смугове локальне зволоження ґрунту вздовж рослин – крапельниці встановлюють вздовж ряду рослин, застосовують при густоті рослин більше 2,6 тис. шт./га.

За характером зволоження системи підбирають насамперед в залежності від сільськогосподарських культур (при поливі садів або овочів).

При тиску у мережі 0,02...0,04 Мпа дресель не притискається до

Крапельниці «Молдова», «Україна» і «Тірас-1» відносяться до *тупикових краплинних водовипусків*, які кріпляться безпосередньо до поливного трубопроводу, але є самостійними окремими елементами і можуть бути встановлені в будь якому місці на трубопроводі.

Більш досконалою можна вважати технологію краплинного зрошення за допомогою поливних трубопроводів (стрічок краплинного зрошення) “Т-Таре” та “*Netafim*”, які мають *інтегровані (вмонтовані) краплинні водовипуски* (рис.2), які розміщуються рівномірно по довжині трубопроводу і є безпосередньою складовою частиною самих трубопроводів. Такі водовипуски виконані або як окремі елементи, які вмонтовані всередині трубопроводу, або ж вштамповуються безпосередньо в матеріалі трубопроводів.

При краплинному зрошенні і мікродощуванні використовують велику кількість різновидів технічних засобів, основними з яких є трубопроводи з *інтегрованими* краплинними водовипусками та *тупиковими* крапельницями. Основними технічними параметрами краплинних водовипусків є їх напірно-витратні характеристики.



Рис. 2 Фрагмент трубопроводу краплинного зрошення з інтегрованим краплинним водовипуском.

Зовнішньо поливні трубопроводи “Т-Таре” це полімерні рукава (трубки) діаметром 12-16мм. Товщина матеріалу з якого вони виготовляються становить 0,2-0,3мм. По довжині трубопроводу, через кожні 20-40 см розташовані краплинні щілинні водовипуски. Для перерозподілу тиску між крапельницями по довжині трубопроводу, вода до водовипусків підводиться довгими звивистими лабіринтами діаметром 0,5 -2мм.

Однією з найважливіших характеристик крапельниці є її напірно-витратна характеристика. В залежності від спроможності крапельниць забезпечувати (чи не забезпечувати) стабільну подачу води при коливаннях тиску, крапельниці поділяються на регульовані і нерегульовані.

На рис.3 зображено напірно-витратні характеристики регульованих і нерегульованих краплинних водовипусків.

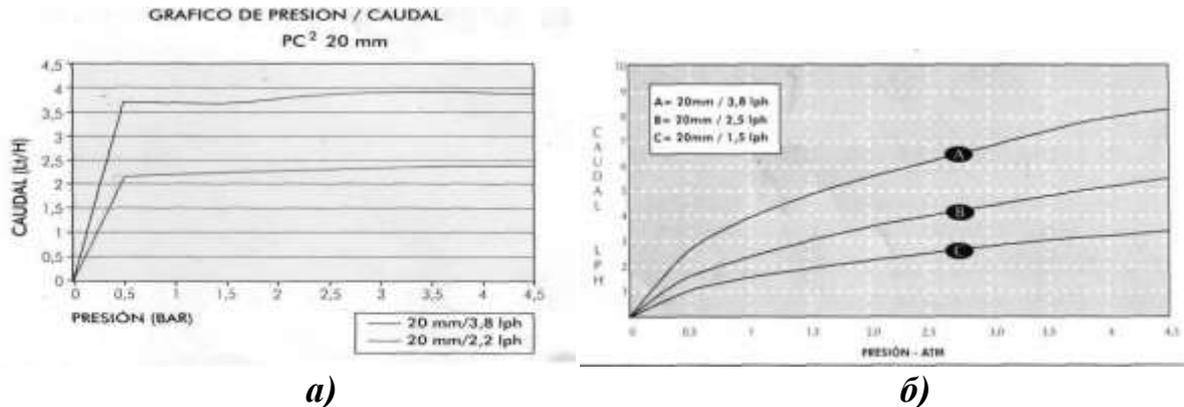


Рис.3. Напірно-витратні характеристики краплинних водовипусків виробництва іспанської фірми «Grupo Chamartin S.A.С» діаметром 20мм (по осі X - напір, МПа; по осі Y - витрата, л/год).

а – регульовані; б – нерегульовані.

Для визначення напірно-витратних характеристик крапельниць може бути використана лабораторна установка, схема якої зображена на рис.4.

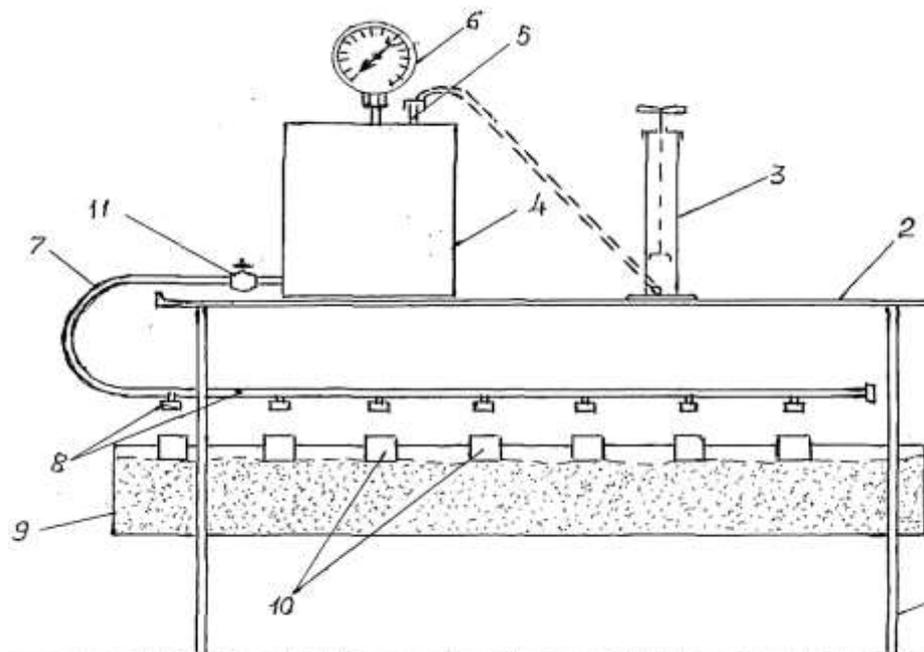


Рис. 3.3. Лабораторна установка для визначення напірно-витратних характеристик крапельниць:

1 – стійка; 2 – полиця; 3 – повітряна помпа (насос); 4 – гідропневмоакумулятор (ГПА); 5 – штуцер з зовнішньою пробкою та ніпелем для заповнення водою і стиснутим повітрям ГПА; 6 – манометр; 7 - поліетиленова трубка; 8 – трубопровід з крапельницями; 9 – лоток; 10 – збирачі води (бюкси); 11 – вихідний штуцер ГПА з краном.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ В ЛАБОРАТОРІЇ

Завдання 4: Вивчити конструкції систем краплинного зрошення та лабораторну установку для визначення витратних характеристик техніки краплинного зрошення.

Прилади та устаткування: проспекти, схеми, відеофрагменти; лабораторна установка для визначення витратних характеристик техніки краплинного зрошення.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ

1. Переглянути проспекти, схеми та відеофрагменти, які розкривають технологію та умови застосування краплинного зрошення, конструкції систем, їх окремих вузлів та елементів.

2. Ознайомитися з натурними зразками крапельниць-водовипусків, з окремими елементами систем краплинного зрошення.

3. Ознайомитись з лабораторною установкою для визначення витратних характеристик техніки краплинного зрошення при низькому та високому тиску.

4. В робочому зошиті зробити позначення до схеми лабораторної установки (рис.3.4).

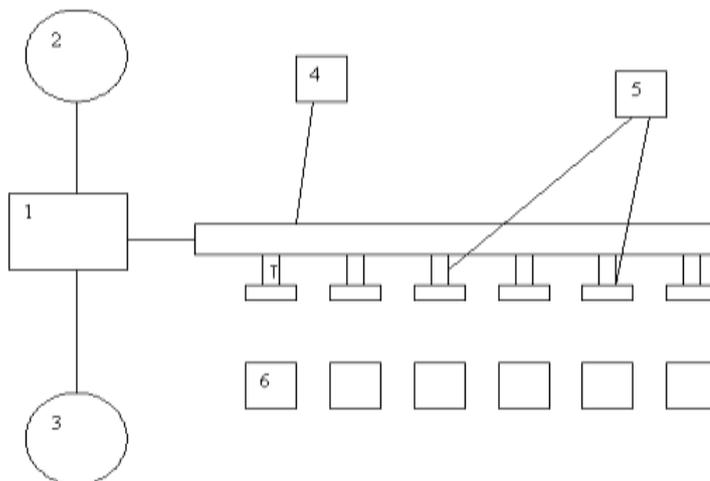


Рис. 3.4. Схема лабораторної установки для визначення напірно-витратних характеристик крапельниць:

1- гідропневмоакумулятор, 2 – манометр, 3 – насос, 4 – розподільчий трубопровід, 5 – крапельниця, 6 – водозбірні ємкості

Завдання 5: *Визначити витратні характеристики крапельниць “Tiras-1” та “Netafim”.*

Прилади та устаткування: лабораторна установка для визначення витратних характеристик техніки краплинного зрошення; трубопровід з крапельницями “Tiras-1”; алюмінієві бюкси; мірні ємності; секундоміри.

Порядок виконання

1. Через заливну пробку штуцера 5 (рис 3.3) заповнити гідропневмоакумулятор (4) водою на 1/2 ємності, після чого пробку герметично закрутити.
2. До ніпеля штуцера (5) підключити повітряну помпу (насос) (3).
3. Закріпити трубку с крапельницями (8) на лотку (9). З’єднати вихідний штуцер ГПА (11) з трубопроводом з крапельницями “Tiras-1”, “Netafim” (8) трубкою (7).
4. Поставити під крапельниці бюкси.
5. Відкрити кран штуцера (11) і пустити секундомір.
6. Через 20 секунд закрити кран (11) і за допомогою мірної ємності заміряти об’єм води, який вилила за цей час кожна крапельниця. Занести дані вимірювань до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. *Результати вимірювань витрат крапельниць*

Показання манометру, мПа	Об’єм води, поданої за 20 сек. крапельницею, мл									Примітки
	Netafim					Tiras-1				
	1	2	3	4	середнє	1	2	3	середнє	
0,00										
0,02										
0,04										
0,06										
0,08										
0,10										
0,12										
0,14										

7. Накачати повітряною помпою 3 стисле повітря в ГПА до позначки 0,02 мПа, відкрити повністю кран 7 і виконати регламенти пунктів 4, 5 та 6 цього завдання.

8. Повторити виконання пункту 7 для напорів 0,04; 0,06; 0,8; 0,10; 0,12 та 0,14 мПа.

9. Визначити витрати крапельниць за формулою:

$$Q = 0,018W,$$

де Q – витрати крапельниць, л/год.;

W – об'єм, води вилитий крапельницею (мл) за час $t = 20$ с;

по осі X - напір, мПа; по осі Y - витрата, л/год.

10. Занести результати розрахунків по пунктах 9 та 10 до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунків витрат крапельниць

Роб очий тиск, мПа	Витрати крапельниці, л/год		Примітки
	<i>Tipac-1</i>	<i>Netafim</i>	
0,00			
0,02			
0,04			
0,06			
0,08			
0,10			
0,12			
0,14			

11. Побудувати графіки осереднених витратно-напірних характеристик крапельниць “*Tipac – 1*” та “*Netafim*”

12. Проаналізувати графіки та зробити висновок до якого з видів крапельниць (регульовані чи нерегульовані) належать “*Tipac – 1*” та “*Netafim*”

Питання для самоконтролю

1. В чому полягає різниця між поняттями “мікрозрошення” та “краплинне зрошення”?
2. В яких діапазонах тиску працюють сучасні системи мікрозрошення?
3. Які переваги систем мікрозрошення перед іншими зрошувальними системами?
4. Які вимоги техніки безпеки при роботі з гідропневмоакумуляторами?
5. За якими принципами управління здійснюється промивання систем краплинного зрошення?
6. Які існують види крапельниць і в чому вони різняться за принципом дії?
7. Як проводяться визначення напірно-витратних характеристик крапельниць?

Лабораторна робота № 4

Вивчення притоку води до відкритого осушувача при ґрунтовому живленні

Мета роботи - вивчити шляхом моделювання на комп'ютері сталу фільтрацію води до відкритого осушувача при ґрунтовому живленні; визначити параметри фільтраційного потоку: напори ґрунтових вод, питомий приток води до осушувача, коефіцієнт фільтрації ґрунту, середній градієнт напору і середню швидкість фільтрації.

Теоретична частина

Регулююча осушувальна мережа для зниження рівнів ґрунтових вод називається *осушувачем*. Ґрунтові води переміщуються до осушувача в результаті зменшення напору. При цьому верхня межа ґрунтового потоку в нормальній площині до напрямку його руху - криволінійна і має назву "*депресійна крива*" (рис.4.1). Вода по лініях токів, які нормальні до ліній однакових напорів (еквіпотенціалів) і надходить до осушувача по всьому змоченому периметру.

Швидкість руху води в зоні насичення (швидкість фільтрації) описується рівнянням А.Дарсі:

$$V = k \cdot i,$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту; i – градієнт напору.

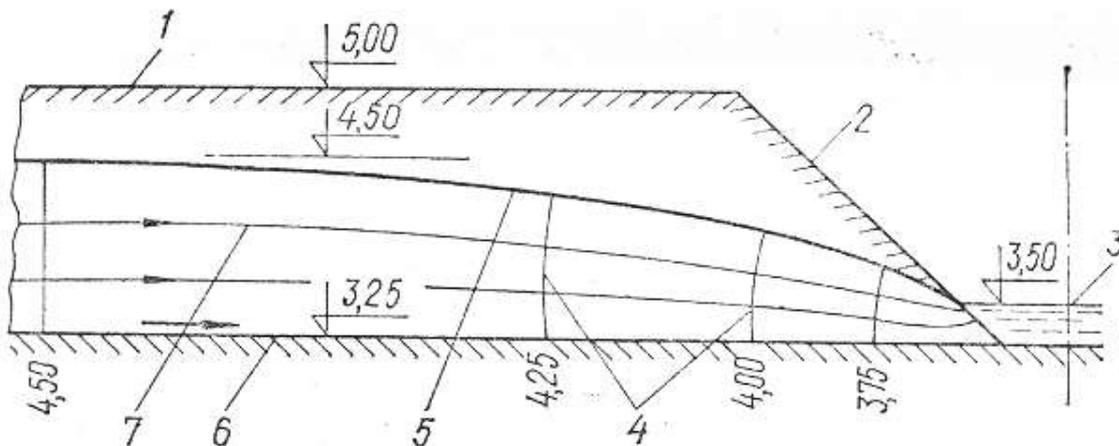


Рис. 4.1. Схема руху ґрунтових вод до досконалого осушувача:

1 – поверхня ґрунту; 2 – схил осушувача; 3 – рівень води в осушувачі; 4 – лінія рівних напорів; 5 – депресійна крива; 6 – водотрив; 7 – лінії токів (еквіпотенціали).

Кількість води, що надходить до осушувача, залежить від його конструкції, водопроникності ґрунтів, умов залягання та живлення ґрунтових вод. Водопроникність ґрунтів характеризується *коефіцієнтом фільтрації*. Підґрунтові води характеризуються потужністю ґрунтового потоку, глибиною залягання водотриву відносно дна осушувача і мають зовнішнє, внутрішнє, або змішане живлення. Якщо підґрунтові води живляться за рахунок ґрунтового притоку, живлення називається зовнішнім (ґрунтовим).

За конструкцією осушувачі поділяються на *відкриті* і *закриті (дрени)*, а також *досконалі* (доходять до водотриву), і *недосконалі*. Відкриті осушувачі - це відкриті канали, переважно трапецеїдального перетину.

Кількість води, що надходить з одного боку на одиницю довжини осушувача (питомий притік) при ґрунтовому живленні та сталому русі підґрунтових вод визначається за формулою:

$$q = k \cdot \frac{h^2 - h_0^2}{2S} \quad (1),$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту; h – напір ґрунтових вод на відстані S від осушувача відносно до його дна; h_0 – глибина води в осушувачі; S – довжина шляху фільтраційного потоку

Крива депресії при цьому описується рівнянням параболі:

$$y = \sqrt{\frac{x}{S}(h^2 - h_0^2) + h_0^2} \quad (2),$$

де y – ордината точки кривої депресії на відстані x від осушувача

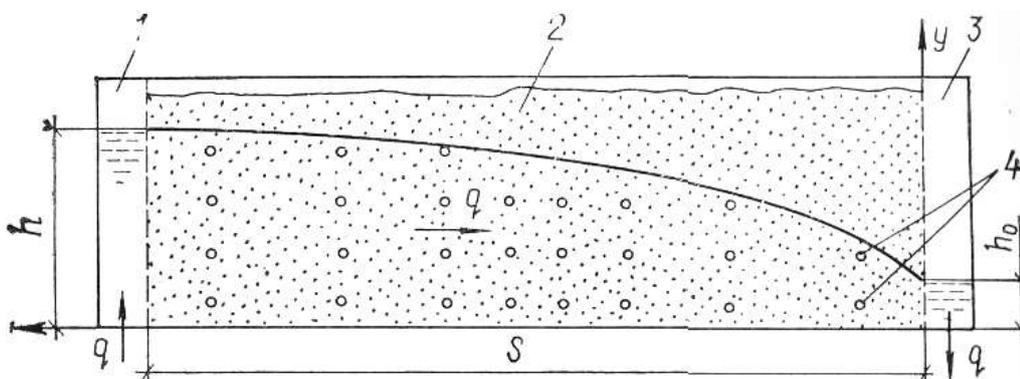


Рис. 4.2. Робоча схема фільтраційного лотка:

1 – відсік живлення; 2 - відсік з ґрунтом; 3 – приймаючий відсік; 4 – п'єзометри;

h – рівень води у відсіку живлення; h_0 – рівень води у відсіку-осушувачі; S – довжина робочої частини лотка; q – об'єм води, що надходить за одиницю часу до досконалого осушувача.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ В ЛАБОРАТОРІЇ

Завдання 1. *Визначення коефіцієнту фільтрації ґрунту при різних параметрах ґрунтового потоку (h , h_0 , S і q).*

- 1.1. Накресліть схему фільтраційного лотка у робочі зошити (рис.4.2.).
- 1.2. Накресліть таблицю 4.1 в робочі зошити.
- 1.3. Складіть таблицю 4.1 з довільними значеннями параметрів h , h_0 , S і q в діапазонах: $3,5 > h > 2,7$; $2,5 > h_0 > 2,0$; $40 > S > 24$; $0,1 > q > 0,03$ (таблиця Б додатку).

Таблиця 4.1. *Розрахункові значення коефіцієнтів фільтрації ґрунтів при різних параметрах ґрунтових потоків*

№ досліду	h , м	h_0 , м	S , м	q , м ³ /с	k , м/добу
1					
2					

9					
---	--	--	--	--	--

Висновки _____

- 1.4. Загрузіть файл «Лоток 1» з папки “Лаб. раб №4” (рис.4.3).

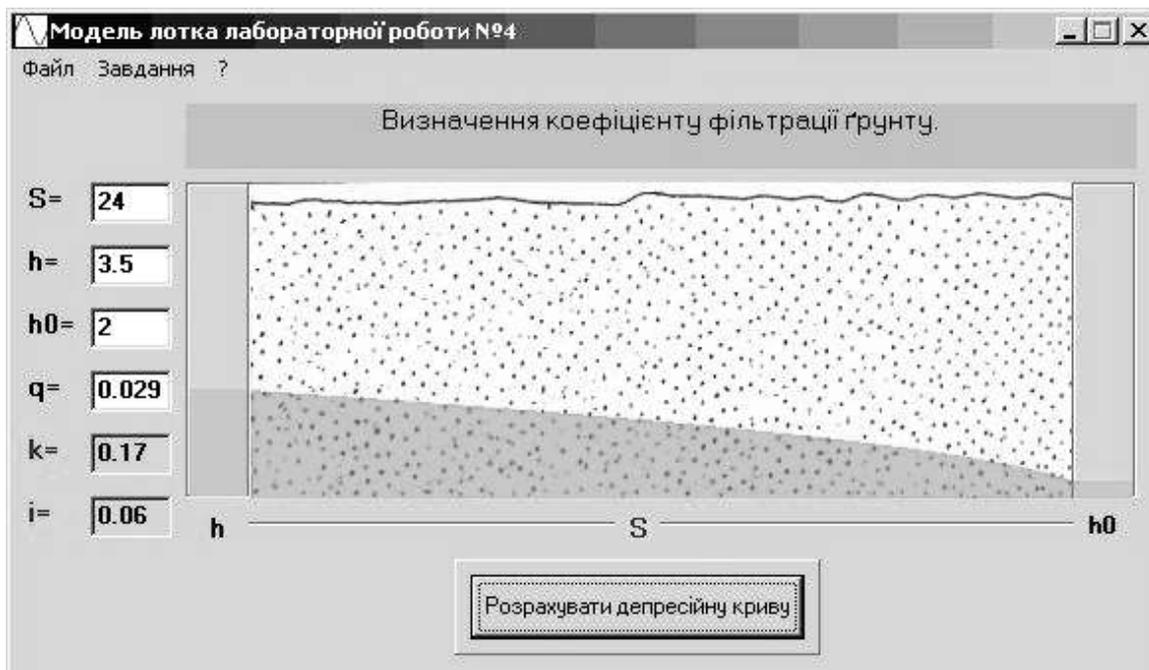


Рис.4.3. Зображення математичної моделі лотка на дисплеї ПК

На зображенні математичної моделі лотка натисніть клавішу “Завдання” і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №1. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис “Визначення коефіцієнту фільтрації ґрунту”.

1.5. Підставте значення параметрів h , h_0 , S і q з першого рядку таблиці 4.1 у математичну модель лотка та натисніть на зображенні клавішу “Розрахувати депресійну криву”. Отримане значення коефіцієнту фільтрації запишіть до *таблиці 4.1* своїх робочих зошитів.

1.6. Послідовність дій, описаних у п.1.5 виконайте для всіх рядків таблиці 4.1 (візьміть 9 довільних значень параметрів). Зафіксуйте форму кривої депресії при цих варіантах.

1.7. На підставі розгляду зображення депресійної кривої за кожним з розрахованих варіантів проаналізуйте зміна яких параметрів ґрунтового потоку максимально впливає на значення коефіцієнту фільтрації. Зроблені висновки обґрунтуйте і запишіть в робочі зошити.

1.8. В додатку А знайдіть найближчі до визначених у таблиці 4.1 значення коефіцієнтів фільтрації. Запишіть, якому типу ґрунтів вони можуть відповідати.

Завдання 2. Дослідити вплив коефіцієнту фільтрації ґрунту на форму депресійної кривої ґрунтового потоку.

2.1. Накресліть в робочі зошити таблицю 4.2.

Таблиця 4.2. Вплив коефіцієнту фільтрації ґрунту на форму кривої депресії притоку води до відкритого осушувача при ґрунтовому живленні

Дослід №1	$h_{01} = \text{---};$ $S_1 = \text{---}; q_1 = \text{---}$	$k,$ м/добу	$h, \text{ м}$	Форма кривої депресії
1				
2				

.....

5				
---	--	--	--	--

Дослід №2	$h_{02} = \text{---};$ $S_2 = \text{---}; q_2 = \text{---}$	$k,$ м/добу	$h, \text{ м}$	Форма кривої депресії
1				
2				

5				
---	--	--	--	--

Дослід №3	$h_{03} = \text{---};$ $S_3 = \text{---}; q_3 = \text{---}$	$k,$ м/добу	$h, \text{ м}$	Форма кривої депресії
1				
2				

.....

5				
---	--	--	--	--

Висновки _____

2.2. Натисніть клавішу “Завдання” на зображенні математичної моделі лотка і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №2. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис “Визначення впливу коефіцієнту фільтрації ґрунту на параметри притоку води до відкритого осушувача при ґрунтовому живленні”.

2.3. Для проведення досліду №1, в таблиці Б додатку виберіть будь-які значення параметрів q , S і h_0 і занесіть їх як фіксовані значення у таблицю 4.2.

2.4. З того ж діапазону таблиці Б, що й змінні q , S і h_0 , виберіть 5 довільних значень коефіцієнту фільтрації k .

2.5. Введіть по черзі вибрані значення параметрів в математичну модель “Лоток”. На екрані з’являється депресійна крива з параметрами, які задані. Зафіксуйте її форму і значення h в таблиці.

2.6. Повторіть дії, що описані в пунктах 2.3 і 2.4 в дослідах №2 і №3, використовуючи дані різних діапазонів.

2.7. Дослідіть, як змінюється вид кривої депресії в залежності від значення коефіцієнту фільтрації при фіксованих значеннях q , S і h_0 . Яку форму набуває ця крива у ґрунтах за різних значень коефіцієнту фільтрації.

2.8. Оформіть результати досліджень, заповнивши *таблицю 4.2* у робочих зошитах. Висновки запишіть.

Завдання 3. *Проаналізувати вплив довжини шляху фільтрації на параметри ґрунтового потоку.*

3.1. Накресліть в робочі зошити таблицю 4.3.

Таблиця 4.3. *Вплив довжини шляху ґрунтового потоку на параметри кривої депресії відкритого осушувача при ґрунтовому живленні*

№ досліду	$k =$	$q =$	$S, м$	$h_0 =$	$h, м$
1					
2					

.....

Висновки

3.2. Натисніть клавішу “Завдання” на зображенні математичної моделі лотка і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №3. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис “Визначення впливу довжини шляху ґрунтового потоку на параметри кривої депресії відкритого осушувача при ґрунтовому живленні “

3.2. З додатку Б виберіть довільні значення k , q і h_0 та занесіть їх як фіксовані значення до *таблиці 4.3*. Виберіть також 10 різних значень довжини шляху ґрунтового потоку S та запишіть їх.

3.3. Введіть по черзі вибрані параметри в математичну модель “Лоток”. На екрані з’явиться депресійна крива. При цьому змінні S та h та позначені іншим кольором, ніж змінні k , S та h_0 .

3.4. Дослідіть, як при цьому змінюється вид кривої депресії і параметр h .

3.5. **Зробіть висновок про те, як впливає довжина шляху ґрунтового потоку S на характер процесу фільтрації при осушенні відкритими осушувачами при ґрунтовому живленні. Як цей процес відбувається при збільшенні і зменшенні довжини шляху ґрунтового потоку.**

3.6. Оформіть письмово результати досліджень у робочих зошитах.

3.7. Для значень різних рядків *таблиці 4.2* (за варіантом вказаним викладачем) визначте **середній градієнт напору ґрунтового потоку в фільтраційному лотку** за формулою:

$$i = \frac{h-h_0}{S} \quad (3),$$

де h – рівень води у відсіку живлення, м;

h_0 – рівень води у відсіку-осушувачі, м;

S – довжина шляху фільтрації, м.

Визначте середню швидкість фільтрації води у лотку за формулою:

$$V = k \cdot i \quad (4),$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/с;

i – середній градієнт напору ґрунтового потоку.

3.8. Складіть звіт про виконану роботу і здайте її викладачу.

Питання для самоконтролю.

1. Які води називаються підґрунтовими? Які типи живлення підґрунтових вод ви знаєте?
2. Що таке “відкритий осушувач?” Чим різняться “досконалий” і “недосконалий” осушувачі?
3. Запишіть формулу Дарсі, яка описує швидкість руху підґрунтових вод у зоні насичення.
4. Що таке коефіцієнт фільтрації ґрунту?
5. Що таке крива депресії? Від яких параметрів залежить її форма?
6. Як визначається кількість води, що надходить на одиницю довжини досконалого осушувача?
7. Що таке градієнт напору ґрунтового потоку і як він визначається?
8. Які параметри є основою для розрахунків відстані між відкритими осушувачами в осушувальних системах?

Додаток А

ДІАПАЗОНИ ЗНАЧЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТІВ

№	Види ґрунтів	Діапазон значень коефіцієнту фільтрації (к, м/добу)	
		min	max
1	Торф верхній	0,01	0,5

2	Торф низинний	0,01	1,0
3	Пісок дрібнозернистий	0,01	1,0
4	Пісок крупнозернистий	1,00	100,0
5	Супісок	0,01	0,05
6	Суглинок	0,001	0,9
7	Глина	0,00	0,01

Додаток Б

СУМІСНІ ІНТЕРВАЛИ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТОВИХ ПОТОКІВ

№ інтер валу	Сумісні межі зміни параметрів									
	h, м		h ₀ , м		S, м		q, м ² /с		k, м/добу	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1	2,7	3,5	2,0	2,5	24	40	0,03	0,1	0,6	2,0
2	1,6	2,3	0,4	1,7	12	30	0,004	0,1	0,08	0,2
3	1,0	2,5	0,2	0,8	6	18	0,006	0,01	0,006	0,01

Лабораторна робота № 5
Вивчення притоку води до вертикальної дрени

Мета роботи - вивчити шляхом моделювання на комп'ютері сталу фільтрацію води до досконалої вертикальної дрени; визначити параметри ґрунтового потоку: коефіцієнт фільтрації, дебіт дрени, середній градієнт напору і середню швидкість фільтрації.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Вертикальний дренаж облаштовується за допомогою вертикальних трубчатих колодязів або свердловин з водоприймальними отворами, захищеними фільтрами, які розташовані уздовж водоносного пласту, який перетинає свердловина. Застосовується він, зазвичай, для відведення надмірних ґрунтових вод з потужних водоносних пластів з доброю водопроникністю.

Вертикальний дренаж виконується з залізобетонних, азбестоцементних або металевих труб діаметром більш, ніж 250 мм. За характером розкриття водоносного пласту він буває досконалим (рис.5.1) та недосконалим.

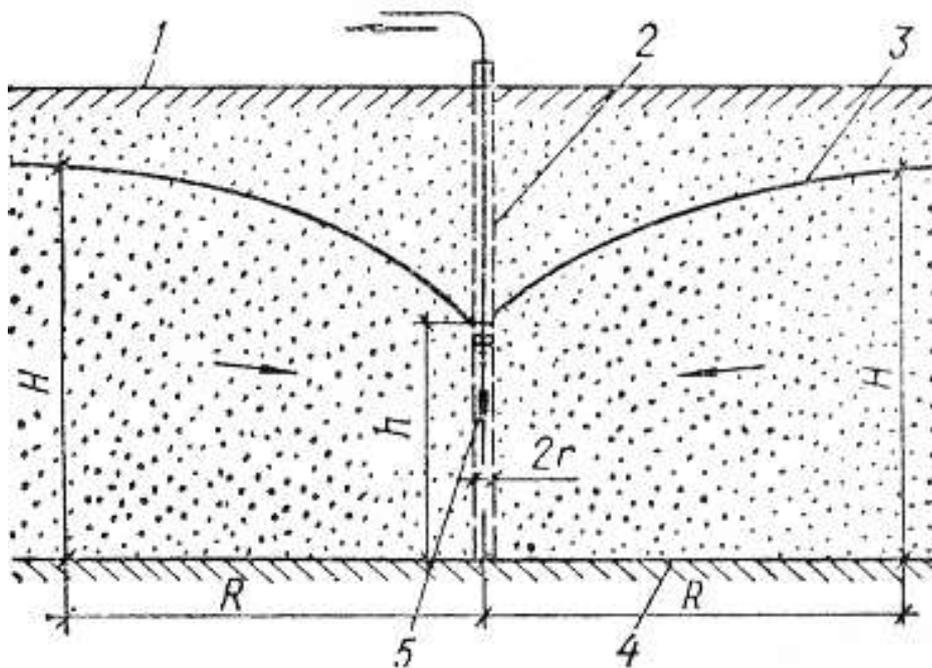


Рис.5.1 Вертикальний досконалий дренаж

1 – денна поверхня, 2 – вертикальна дрена, 3 – депресійна вирва, 4 – водотрив, 5 (h) – глибина води в дрени відносно водотриву, м; H – потужність водоносного шару, м; R – радіус впливу дрени, м; r – радіус дрени, м.

Якщо водоносний шар розкривається повністю (труба доходить до водотриву), дренаж називається *досконалим*, якщо частково – *недосконалим*.

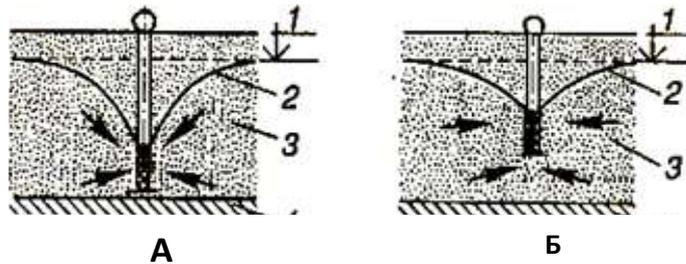


Рис.5.2 Види вертикального дренажу

А – досконалий дренаж, *Б* – недосконалий дренаж

1 – початковий РГВ, *2* – депресійна крива,

3 – напрям фільтрації ґрунтових вод

В залежності від задачі, що вирішується, розміщення дрен в плані може бути площинне або лінійне. *Площинне* розміщення використовують для зниження рівня ґрунтових вод на території будь-якого басейна. При цьому дрени по осушувальній площі розміщуються рівномірно. Для захисту осушуваної території від потужного притоку підземних вод вертикальні дрени розміщують *лінійно* – в один-два ряди уперек ґрунтового потоку.

Вода з вертикальних дрен зазвичай відкачується на поверхню ґрунту з наступним відводом її в водоприймач. Якщо водоносні пласти ґрунтів підстилають потужні, ненасичені водою пласти з інтенсивним відтоком води, вода може відводитись у ці пласти.

При роботі вертикальної дрени навколо неї формується *вирвоподібна депресійна поверхня* ґрунтових вод. Відстань від дрени, протягом якої вона знижує рівень ґрунтових вод, називається *радіусом її впливу*. Кількість води, яку дрена відводить за одиницю часу, називається *дебітом дрени*.

Для досконалої вертикальної дрени в однорідних ґрунтах при сталій фільтрації ґрунтових вод дебіт визначається за формулою:

$$q = 1,36 \cdot k \frac{H^2 - h^2}{R \lg \frac{R}{r}} \quad (5.1) ,$$

де *k* – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/с;

H – потужність водоносного шару, м ;

h – глибина води в дрени відносно водотриву, м;

R – радіус впливу дрени, м ;

r – радіус дрени, м.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ В ЛАБОРАТОРІЇ

Завдання 1. *Визначити значення коефіцієнту фільтрації ґрунту на підставі параметрів ґрунтового притоку до вертикальної дрени.*

1.1. Складіть таблицю 5.1 з довільними значеннями параметрів *q*, *r*, *R*, *h* і *H* в діапазонах, відповідних значенням параметрів, наведених в додатку Б.

Таблиця 5.1. *Розрахункові значення коефіцієнту фільтрації ґрунтів при*

різних значеннях радіусу вертикальної дрени, параметрах депресійної вирви і дебіту свердловини

№ досліджу	q	R	r	h	H	k
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

ВИСНОВКИ _____

1.2. Накресліть таблицю 5.1 в робочі зошити.

1.3. Загрузіть файл “Лоток 5” з папки “Лаб. раб №5”. На зображенні математичної моделі лотка, що з’явилося на екрані (рис.5.2), натисніть клавішу “Завдання” і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №1. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис “Визначення коефіцієнту фільтрації ґрунту”.

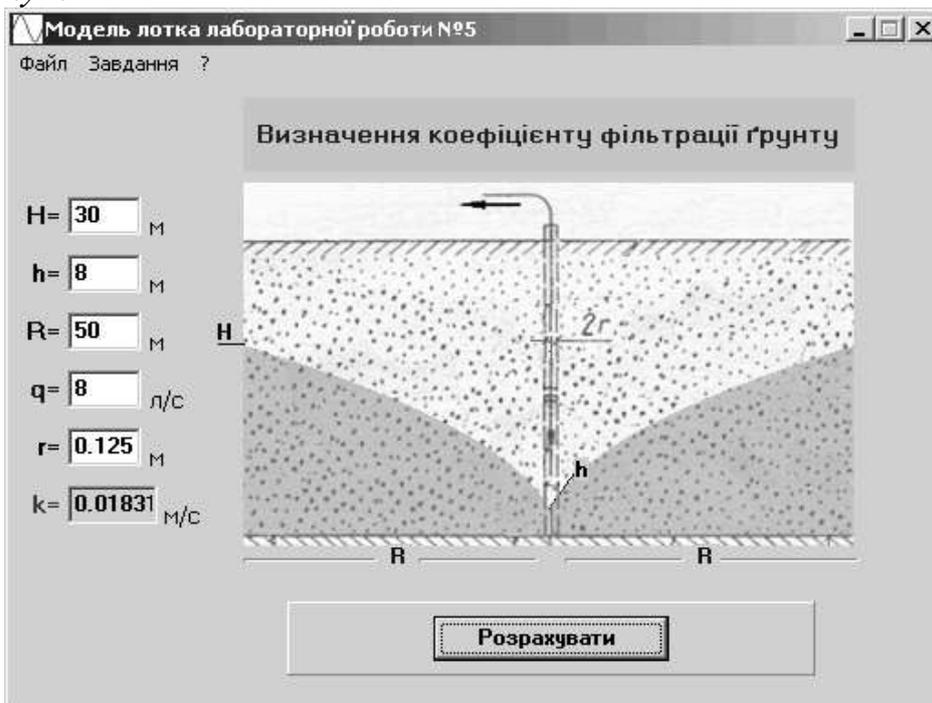


Рис.5.2 Зображення математичної моделі лотка на дисплеї ПК

1.6. Підставте значення параметрів q , R , r , h і H з першого рядка таблиці 5.1 у математичну модель лотка. Після цього натисніть на зображенні клавішу “Розрахувати”. Отримане значення коефіцієнту фільтрації запишіть в таблицю 5.1 своїх робочих зошитів.

1.7. Послідовність дій, описаних у п.1.5 виконайте для всіх рядків таблиці 5.1.

1.8. На підставі розгляду зображення депресійної вирви по кожному з розрахованих варіантів, проаналізуйте який параметр найсуттєвіше визначає значення коефіцієнту фільтрації. Зроблені висновки обтунтуйте і запишіть в робочі зошити.

1.9. В додатку А знайдіть значення коефіцієнтів фільтрації, найближчі до визначених у таблиці 5.1. Запишіть якому типу ґрунтів можуть відповідати визначені коефіцієнти фільтрації. Відобразіть ці результати у робочих зошитах.

Завдання 2. Дослідити вплив коефіцієнту фільтрації ґрунту на параметри притоку води до вертикальної досконалої дрени.

2.1. Накресліть таблицю 5.2 в робочі зошити.

Таблиця 5.2. Вплив коефіцієнту фільтрації ґрунту на форму депресійної вирви вертикальної досконалої дрени

ДОСЛІД № 1

Дослід №1	$R_1 = \underline{\hspace{1cm}}$; $r_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$; $H_1 = \underline{\hspace{1cm}}$	k , м/добу	q , л/с	Форма депресійної вирви
1				
2				
3				
4				
5				

ДОСЛІД № 2

Дослід №2	$R_2 = \underline{\hspace{1cm}}$; $r_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$; $H_2 = \underline{\hspace{1cm}}$	k , м/добу	q , л/с	Форма депресійної вирви
1				
2				
3				
4				
5				

ДОСЛІД № 3

Дослід №3	$R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $r_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $h_3 = \underline{\hspace{2cm}}$; $H_3 = \underline{\hspace{2cm}}$	k , м/добу	q , л/с	Форма депресійної вирви
1				
2				
3				
4				
5				

ВИСНОВКИ

2.2. Натисніть клавішу “Завдання” на зображенні математичної моделі лотка і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №2. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис “Визначення впливу коефіцієнту фільтрації ґрунту на параметри притоку води до вертикальної досконалої дрени”.

2.3. Для проведення дослідів №1, в додатку А виберіть будь-який ґрунт, запишіть значення коефіцієнту фільтрації k цього ґрунту в перший рядок таблиці 5.2 і введіть це значення в математичну модель “Лоток 5”. З додатку Б виберіть довільні значення R , r , h та H і також введіть їх в розрахункову модель.

На екрані з’явиться депресійна вирва з параметрами, які задані. При цьому змінні k і q позначені іншим кольором, ніж змінні R , r , h та H .

2.4. При фіксованих значеннях R , r , h та H виберіть з додатку А ще 4 значення коефіцієнту фільтрації k і введіть їх в розрахункову модель. **Зафіксуйте** в таблиці 5.2 **схематично зобразивши**, як змінюється вигляд депресійної вирви та дебіт дрени q .

2.5. Проведіть дослідів №2 і №3 у відповідності з пп. 2.3 і 2.4.

2.6. Проаналізуйте, як впливає коефіцієнт фільтрації на приток води до вертикальної досконалої дрени і форму депресійної вирви. Як цей процес відбувається у ґрунтах з більшими і меншими значеннями коефіцієнту фільтрації.

2.7. Для значень певного рядка таблиці 5.2 (за варіантом завдання вказаного викладачем) визначте середній градієнт ґрунтового напору потоку в фільтраційному лотку за формулою:

$$i = \frac{H-h}{R} \quad (5.2),$$

де H – потужність водоносного пласту, м;

h – глибина води в дрени відносно водотриву, м;

R – радіус впливу дрени, м.

Визначте середню швидкість фільтрації води (для того ж рядка таблиці) у лотку за формулою:

$$V = k \cdot i \quad (5.3),$$

Де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/с;

i – середній градієнт напору ґрунтового потоку.

3. Оформіть результати досліджень, заповнивши таблицю 5.2 у робочих зошитах.
4. Висновки запишіть письмово.

Завдання 3. Дослідити вплив радіусу вертикальної дрени на її дебіт.

3.1. Накресліть таблицю 5.3 в робочі зошити.

Таблиця 5.3. Вплив радіусу вертикальної дрени на її дебіт

№ досліду	r	$K =$	$R =$	$h =$	$H =$	q
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

ВИСНОВКИ _____

3.2. Натисніть клавішу “Завдання” на зображенні математичної моделі лотка і у меню, яке випало з “Завдання”, виберіть №3. При цьому над зображенням лотка з’явиться надпис «Визначення впливу радіусу вертикальної дрени на її дебіт.»

3.3. В таблиці А виберіть будь-який ґрунт, запишіть значення коефіцієнту фільтрації k цього ґрунту в перший рядок таблиці 5.3 і введіть це значення в математичну модель “Лоток 5”. На екрані з’являється депресійна вирва з параметрами, які задані. При цьому змінні r та q та позначені іншим кольором, ніж змінні k , R , H , та h .

3.4. При фіксованих значеннях k , R , H , та h виберіть ще 9 значень радіусу вертикальної дрени r з інтервалів додатку В. Дослідіть як при цьому змінюється вигляд депресійної вирви та параметр q . **Зробіть висновок** про те, як впливає значення радіусу вертикальної дрени r на характер процесу фільтрації при осушуванні вертикальною досконалою дреною. Як цей процес відбувається при збільшенні і зменшенні радіусу дрени r .

3.5. Оформіть результати досліджень, заповнивши таблицю 3 у робочих зошитах. **Висновки запишіть письмово.**

3.6. Складіть звіт про виконану роботу і здайте його викладачу.

Питання для самоконтролю.

1. Що таке “вертикальний досконалий дренаж?” Чим відрізняється “досконалий” і “недосконалий” вертикальні дренажі?
2. З’ясуйте різницю між площинним та лінійним вертикальним дренажем.
3. Що таке дебіт дрени?
4. Розкажіть якими параметрами характеризується притік води до вертикальної дрени?
5. Які труби використовуються для вертикального дренажу?
6. Що таке градієнт напору ґрунтового потоку вертикальної дрени і як він визначається?
7. Яку форму буде мати лінія пересічення поверхні депресійної вирви площиною, розташованою нормально до вісі вертикальної дрени?

Додаток А

ДІАПАЗОНИ ЗНАЧЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТІВ

<i>№</i>	<i>Види ґрунтів</i>	<i>Діапазон значень коефіцієнту фільтрації (к, м/добу)</i>	
		<i>min</i>	<i>max</i>
1	Торф верховий	0,01	0,5
2	Торф низинний	0,01	1,0
3	Пісок дрібнозернистий	0,01	1,0
4	Пісок крупнозернистий	1,00	100,0
5	Супісок	0,01	0,05
6	Суглинок	0,001	0,9
7	Глина	0,00	0,01

Додаток Б

СУМІСНІ МЕЖІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТОВИХ ПОТОКІВ

Межі зміни параметрів											
<i>H, м</i>		<i>h, м</i>		<i>R, М</i>		<i>r, м</i>		<i>k, м/добу</i>		<i>q, л/с</i>	
<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
15	30	8,0	20	50	300	0,125	0,25	0,006	2,0	0,9	100

Рекомендована література

1. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / За ред. П.І. Коваленка – К.: Аграрна наука, 2001. – 214 с.
2. Землеробство в умовах недостатнього зволоження (наукові та практичні висновки) – К.: Аграрна наука, 2000. – 80 с.
3. Гідротехнічні меліорації лісових земель /за ред. Юхновського В.Ю.- К., Арістей, 2007.
4. Ромащенко М.І., Рачинська Е.С., Шевченко А.М. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, методологія організації. /за ред.. М.І. Ромащенко. – К. : Аграрна наука, 2005. – 196 с.
5. М.І. Ромащенко, С.А. Балюк. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення . – К.: Видавництво “Світ”, 2000. – 114 с.
6. МОРОЗОВ В.В. ЛАНДШАФТНІ МЕЛІОРАЦІЇ. НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. - ХЕРСОН: ВИДАВНИЦТВО ХДУ, 2007. – 224 С.
7. ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ДОЩУВАННЯМ. Практичний посібник для вивчення дисципліни Сільськогосподарські меліорації Херсон - 2006г. -79с.
8. Технологии выращивания овощных культур с применением капельного орошения в условиях юга Украины: Рекомендации. / Под ред. академика УААН Ромащенко М.И. – К., 2003. – 107 с.
9. ДСТУ «Системи краплинного зрошення», 2009.
- 10.Кравченко В.П., Герасименко П.І., Порицький Г.О. Меліорація з основами геодезії. К.: Вища школа,1983.- 264 с.
- 11.Довідник по використанню осушених земель / С.П. Вознюк, В.І. Артеменко, Г.С. Потоцький та ін.; за ред. В.І. Артеменка. - К.: Урожай, 1987. – 200 с.
- 12.Н.С.Ерхов, В.С. Мисенев, Н.И. Ильин. Практикум по сельскохозяйственной мелиорации и водоснабжению. – М.: Колос, - 1981.
- 13.Н.Г. Воронин. Орошаемое земледелие. - М.: Агропромиздат, 1989 – 336 с.
- 14.Д.П. Полищук, А.М. Сидоренко, В.С. Зинь. Справочник по использованию мелиоративной техники. / Под ред. Д.П. Полищука. – К.: Урожай, 1986. – 208 с.
- 15.Мелиорация на Украине. / Под. ред. Н.А. Гаркуши. – К.: Урожай, 1985.- 317 с.

16. Мелиорация: Энциклопедический справочник / Под общ. ред. А.И. Мурашко – Минск: Белорус. Сов. Энцикл., 1984 – 567с.
17. Я.З. Шевелев, В.И. Ревут, Ш.Т. Даишев. Справочник-словарь мелиоратора. – Л.: Лениздат. - 1988. – 207с.
18. Доспехов Б.А. Методика Полевого опыта.- М.: Колос, 1965, - 423с.

19. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу /Ромащенко, В.М. Корюненко ,М.М. Муромцев. –К., 2012 – 72с.

20. Ромащенко М.І., Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Шевелєв О.І Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / За ред. академіка УААН М.І. Ромащенка.