

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та водного  
господарства  
Кафедра водної інженерії та водних технологій

**01-01-86М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних занять та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

### **«ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ПРИРОДООБЛАШТУВАННЯ»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології» спеціальності  
194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні  
технології» денної та заочної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІЕАВГ  
Протокол №7 від 25.02.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Основи раціонального природокористування та природооблаштування» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Турченко В. О., Кропивко С. М., Басюк Т. О. – Рівне : НУВГП, 2025. – 31 с.

Укладачі:

Турченко В. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри водної інженерії та водних технологій; Кропивко С. М., к.т.н., доцент кафедри водної інженерії та водних технологій; Басюк Т. О., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології.

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

Керівник групи  
забезпечення спеціальності

Клімов С. В.

Попередня версія методичних вказівок 01-01-60М

© В. О. Турченко,  
С. М. Кропивко,  
Т. О. Басюк, 2025  
© НУВГП, 2025

## Зміст

	Стор.
Передмова.....	4
Практичне заняття 1. Розрахунок режиму зрошення для сільськогосподарської культури.....	5
Практичне заняття 2. Проектування на плані закритої зрошувальної системи .....	10
Практичне заняття 3. Розрахунок елементів техніки поливу при дощуванні .....	13
Практичне заняття 4. Інженерний розрахунок закритої зрошувальної мережі .....	16
Практичне заняття 5. Воднобалансові розрахунки в зоні надлишкового зволоження .....	19
Рекомендована література .....	21
Додатки.....	23

## Передмова

Дисципліна «Основи раціонального природокористування та природооблаштування» є вступом до складного і багатогранного блоку професійно-орієнтованих дисциплін. Вона знайомить здобувачів вищої освіти з основами раціонального використання природних ресурсів, збалансованого природокористування. Природні ресурси є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку та забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини. Серед природних ресурсів важливу роль відіграють водні ресурси. Тому для забезпечення роботи та розвитку промисловості, сільського господарства, розміщення населених пунктів необхідні знання з питань управління водними ресурсами, з проектування та забезпечення функціонування водогосподарських об'єктів і споруд для покращення природних умов території, сільськогосподарських угідь та населених пунктів.

Основною метою вивчення дисципліни «Основи раціонального природокористування та природооблаштування» є формування у майбутніх фахівців умінь і знань щодо раціонального природокористування та ефективного природооблаштування, методів проектування систем захисту сільськогосподарських територій, промислових комплексів і населених пунктів від водної стихії, а також ознайомлення з основними видами природооблаштування території їх призначенням і ефективністю.

Вивчення дисципліни «Основи раціонального природокористування та природооблаштування» дозволить фахівцю оволодіти відповідними теоретичними знаннями і практичними вміннями з питань: 1) визначення кількісних і якісних показників рівня природокористування; 2) розробляти заходи щодо раціонального природокористування та природооблаштування; 3) основні види інженерних заходів з раціонального природокористування та природооблаштування, їх призначення та умови застосування; 4) навички з вибору меліоративних заходів у даному регіоні та їх обґрунтування; 5) основ проектування і розрахунку параметрів водогосподарських систем з урахуванням їх впливу на оточуюче середовище.

## Практичне заняття 1. Розрахунок режиму зрошення для сільськогосподарської культури

Задачею зрошення земель є створення оптимального водно-повітряного режиму в кореновому шарі ґрунту впродовж вегетації, який забезпечить сприятливі умови росту і розвитку сільськогосподарських культур.

При розрахунку режиму зрошення однієї культури визначають: водоспоживання, зрошувальну норму, поливну норму, строки поливів.

Водоспоживання – кількість води, яка випаровується з 1 га поля, зайнятого культурою впродовж періоду вегетації. Його величину можна визначити біокліматичним методом А. М. та С. М. Алпатьєвих за формулою:

$$E = K_{\phi} \cdot d \cdot n \quad (1.1)$$

де  $K_{\phi}$  – біокліматичний коефіцієнт, мм/мб (додаток 1)  $d$  – середньодекадне значення дефіцитів вологості повітря, мб (додаток 2);  $n$  – розрахунковий період (днів).

Зрошувальна норма – кількість води, яку необхідно подати на 1 га поливної площі за вегетаційний період.

Її величину знаходять як суму дефіцитів вологи за вегетацію за скороченим рівнянням водного балансу:

$$M = \sum M', \text{ мм} \quad (1.2)$$

$$M' = ET - P, \text{ мм} \quad (1.3)$$

де  $M'$  – дефіцит вологи за декаду, мм;  $ET$  – водоспоживання за декаду, мм;  $P$  – опади за декаду, мм.

Розрахунок виконують у табличній формі (табл. 1.1).

Полівна норма – кількість води, яку необхідно вилити за один полив на 1 га зрошуваної площі.

Її величину визначають за формулою:

$$m = W_{\max} - W_{\min} = 100 \cdot H \cdot \gamma \cdot (\omega_{HB} - \omega_m), \text{ мм} \quad (1.4)$$

Таблиця 1.1

Визначення дефіциту водного балансу поля (\* значення слід заокруглити до цілого числа)

	Показники	Позначення	квітень			травень			червень			липень			серпень		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Дефіцит вологості повітря середньодобовий, мб	$d$															
2	Температура повітря середньодобова	$t^{\circ C}$															
3	Розрахунковий період, діб	$n$	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11
4	Сума середньодобових температури за декаду	$t \cdot n$															
5	Поправка на довжину світл. дня	$l$	1,09	1,15	1,2	1,24	1,27	1,29	1,31	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,20	1,16	1,12
6	Сума темп. за декаду з поправкою на довжину світлового дня	$n \cdot t \cdot l$															
7*	Сума темп. з поправкою наростаючою підсумком	$\sum n \cdot t \cdot l$															
8*	Коефіцієнт біологічної кривої, мм/мб	$\kappa_b$															
9*	Водоспоживання за розрахунковий період, мм	$E = \kappa_b \cdot d \cdot n$															
10*	Опади за розрахунковий період, мм	$P$															
11*	Дефіцит водного балансу по декадах, мм	$M' = E - P$															
12*	Дефіцит водного балансу за розр. період наростаючою сумою, мм	$M = \sum M'$															

де  $m$  – поливна норма, м<sup>3</sup>/га;  $W_{max}$ ,  $W_{min}$  – відповідно максимальний і мінімальний волого запаси в активному шарі ґрунту, м<sup>3</sup>/га;  $\gamma$  – об'ємна маса ґрунту, т/м<sup>3</sup> (додаток 3);  $H$  – потужність розрахункового шару ґрунту;  $\omega_{HB}$  – вологість, яка відповідає найменшій вологоємності, % від м.с.г. (додаток 3),  $\omega_m$  – передполивна вологість, % від м.с.г. Передполивну вологість ґрунту можна прийняти:

$$\omega_m = (0,75 \dots 0,8) \cdot \omega_{HB}, \% \text{ від м.с.г.} \quad (1.5)$$

Поливну норму заокруглюють до 50 м<sup>3</sup>/га.

Під час поливу відбуваються втрати води на випаровування, що враховуються коефіцієнтом втрат  $K_v = 1,15 \dots 1,20$ . Тоді поливна норма (брутто) становить:

$$m_{бр} = m \cdot K_v, \% \text{, м}^3/\text{га} \quad (1.6)$$

Вона не повинна перевищувати 500...600 м<sup>3</sup>/га з метою попередження ерозії ґрунту.

На вибір способу поливу сільськогосподарських культур впливають: кліматичні умови, ґрунтові умови, рельєф, гідрогеологічні умови, біологічні особливості рослин.

На основі аналізу цих факторів у даному випадку найбільше підходить спосіб поливу дощування. Рельєфні умови, розміри та організація території дають змогу проводити полив дощуванням практично всіма дощувальними машинами, зокрема широкозахватними типу «Фрегат».

Розрахунок режиму зрошення сільськогосподарських культур включає: визначення водоспоживання; визначення зрошувальної норми; визначення поливної норми; визначення кількості і строків поливів.

В даному випадку розрахунок режиму зрошення проведений для однієї ведучої культури сівозміни — багаторічні трави.

Для всіх інших культур, які входять в склад проектних сівозмін режим зрошення прийнятий на основі рекомендацій.

**Визначення водоспоживання.** Водоспоживання вирощуваних культур за вегетативний період визначаємо за біокліматичним методом (формула 1.7)

$$E = k_\delta \cdot d \cdot n \cdot a \quad (1.7)$$

де  $d$  – добовий дефіцит вологості повітря, мб;  $k_\delta$  – коефіцієнт

сумарного випаровування (коефіцієнт біологічної кривої), мм/мб;  $n$  – розрахунковий період (10 або 11), дб;  $a$  – коефіцієнт, який враховує підживлення розрахункового шару ґрунту вологою із нижче розміщених шарів ґрунту.

**Визначення зрошувальної норми.** Зрошувальна норма – це кількість води, яка подається на 1 га поля за вегетаційний період, визначається за формулою 1.8

$$M_{75\%} = a \cdot E - P, \text{ мм} \quad (1.8)$$

де  $E$  — водоспоживання за вегетаційний період;  $P$  – опади.

Визначення водоспоживання і зрошувальної норми проводимо в табличній формі (додаток 4)

**Визначення поливної норми.** Максимально можлива поливна норма нетто:

$$m_{\max 75\%}^{nt} = W_{FC} - W_{CR}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.9)$$

де  $W_{FC}$  – максимальний запас вологи в розрахунковому шарі ґрунту, який відповідає найменшій вологоємності, м<sup>3</sup>/га;  $W_{CR}$  – мінімально допустимий запас вологи в розрахунковому шарі ґрунту, м<sup>3</sup>/га.

$$W_{FC} = 100 \cdot \gamma \cdot H_a \cdot \omega_{FC}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.10)$$

$$W_{CR} = 100 \cdot \gamma \cdot H_a \cdot \omega_{CR}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.11)$$

де  $\gamma$  – об’ємна маса розрахункового шару ґрунту,  $\gamma = 1,36 \text{ т/м}^3$ ;  $H_a$  – активний шар ґрунту,  $H_a = 1 \text{ м}$ ;  $\omega_{FC}$  – вологість в активному шарі ґрунту, яка відповідає найменшій вологоємності, % від м.с.г.;  $\omega_{CR}$  – мінімально допустима вологість в активному шарі ґрунту, % від м.с.г.

$$\omega_{CR} = \omega_{FC} \cdot (0,85 \dots 0,9), \text{ \% від м.с.г.} \quad (1.12)$$

Максимально можлива поливна норма бруто

$$m_{\max}^{br} = \frac{m_{\max}^{nt}}{\beta}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.13)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт техніки поливу, який враховує витрати води на випаровування при дощуванні.

На стадії проектування зрошувальних систем величину цього коефіцієнта рекомендовано приймати для зони Лісостепу 0,9...0,95 і для зони Степу 0,85...0,9.



Максимально поливна площа бруто уточняється з можливостями прийнятої техніки поливу. По рекомендаціям оптимальні поливні норми бруто при дощуванні мають бути в межах  $m_{\max}^{br} = 500 \text{ м}^3/\text{га}$ , тому приймаємо

$$m_{\text{фак}}^{nt} = m_{\text{фак}}^{br} \cdot \beta, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.14)$$

**Визначення строків поливу.** Строки поливів багаторічних трав визначаємо графоаналітичним способом шляхом побудови інтегральної кривої дефіциту водоспоживання (рис. 1.1).

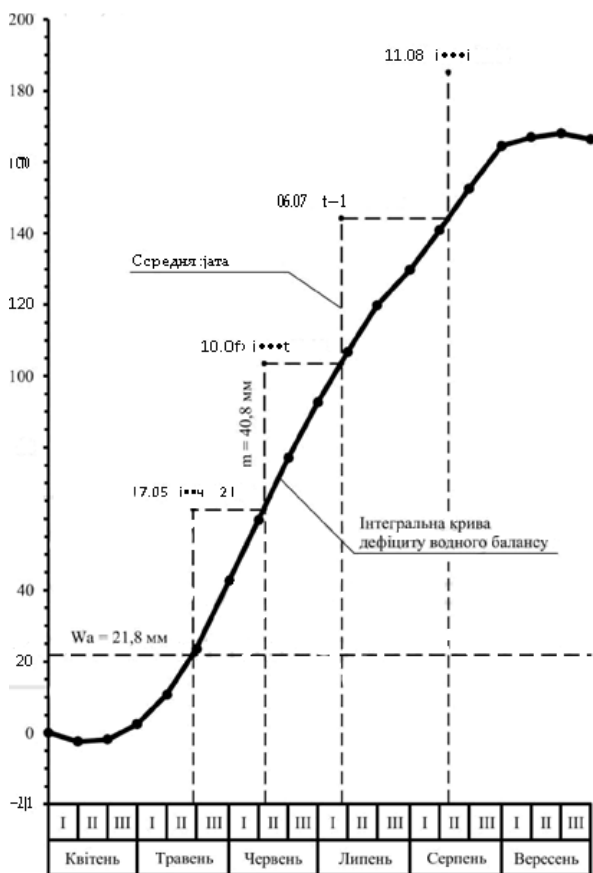


Рис. 1.1. Визначення строків поливу багаторічних трав

Для визначення строків поливів необхідно встановити запас вологи у розрахунковому шарі ґрунту

$$W_{вих} = 100 \cdot \gamma \cdot H_a \cdot \omega_{вих}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.15)$$

де  $\omega_{вих}$  – вологість в активному шарі ґрунту на початок вегетаційного періоду  $\omega_{вих} = 18,4\%$  від м.с.г.

Тоді продуктивний запас вологи в ґрунті на початок вегетаційного періоду становитиме

$$W_a = W_{вих} - W_{CR}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (1.16)$$

Враховавши продуктивний запас вологи в ґрунті на початок вегетаційного періоду та величини поливної норми визначаємо середні дати поливів. Відступаючи від середніх дат поливу на 2-3 доби в праву та ліву сторони отримаємо дати початку і кінця кожного поливу. Строки і норми поливів багаторічних трав наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Строки і норми поливів багаторічних трав

№ поливів	Строки поливів		Поливна норма, м <sup>3</sup> /га	
	початок	кінець	м <sup>пт</sup>	м <sup>бр</sup>
1	17.05	21.05	408	453
2	10.06	14.06	408	453
3	06.07	10.07	408	453
4	11.08	15.08	408	453
Сума			1632	1812

## Практичне заняття 2. Проектування на плані закритої зрошувальної системи

Основою для проектування меліоративних систем, зокрема і закритих зрошувальних, є план масиву, що підлягає меліорації, у масштабі 1:5000 або 1:10000 з перерізом горизонталей через 1 м або через 0,5 м.

Спочатку проектують поля на плані, дотримуючись таких вимог:

- поля повинні мати форму квадрата, або прямокутника з

співвідношенням сторін не більше ніж 1:2, бажано, щоб сторони були в межах від 500 до 1500м;

- поля в межах сівозміни повинні бути рівновеликими (щоб відрізнялись не більше ніж на 20%; орієнтовна площа полів 30-70 га;
- розміри полів повинні враховувати параметри дощувальних машин ( довж. Поля – 2 радіуси поливу ДМ).

На зрошуваних землях проектується закрита провідна зрошувальна мережа у вигляді підземних трубопроводів (розподільчі й польові трубопроводи). Найбільш економічною рахується «Т» – подібна схема розміщення трубопроводів на плані. Закрита зрошувальна мережа при застосуванні широкозахватних дощувальних машин проектується тупиковою (рис. 2.1).

Подача води в зрошувальну мережу буде здійснюватися автономною насосною станцією, яка забирає воду із джерела зрошення (річка).

Проектування на плані ЗЗС здійснюється в такій послідовності :

1. Проектують на плані закриту зрошувальну систему, яка складається з насосної станції, розподільчих трубопроводів та поливних враховуючи наступне:
2. Насосна станція проектується на джерелі зрошення;
3. розподільчі трубопроводи транспортують воду від насосної станції до трубопроводів зрошувачів.
4. поливні трубопроводи (трубопроводи зрошувачі) підводять воду до дощувальних машин;
5. довжина трубопроводів повинна бути мінімальною;
6. розподільчі трубопроводи як правило проектують по границях полів і сівозмін.
7. Після нанесення на план зрошувальної мережі згідно діючих норм (ДБН) проектують інші елементи зрошувальної системи – споруди та арматуру, що забезпечують надійну роботу ЗЗС, а саме:

– Запірна арматура призначена для закриття і відкриття прохідного отвору зрошувального трубопроводу. До неї відносяться засувки, затвори, крани. Найбільш часто застосовують затвори та засувки, які розміщують в колодязях. Засувки та затвори розміщують на розподільчому трубопроводі біля насосної станції та

через 1.5 км, а також на початку кожного зрошувального (поливного) трубопроводу;

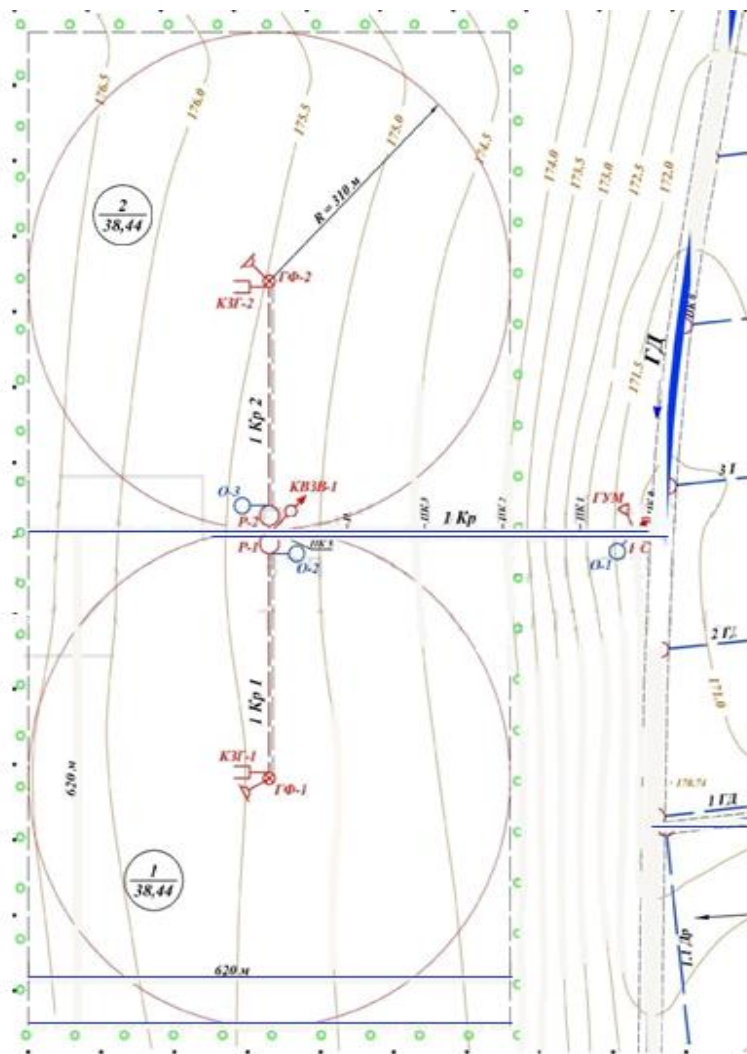


Рис. 2.1. План закритої зрошувальної мережі

- Запобіжна арматура призначена для забезпечення автоматичного захисту зрошувальних трубопроводів від

аварійних змін тиску і інших параметрів зрошувальної мережі. Серед запобіжної арматури найбільш поширеними є: клапан захисний запобіжний “КЗГ - 120”, цей клапан встановлюють в кінці зрошувального трубопроводу;

- Аераційна арматура призначена для автоматичного випуску надлишку повітря із трубопроводів під час їх роботи, або випуску повітря для попередження утворення в них вакууму. До аераційної арматури відносяться вантузи, та клапани випуску та випуску повітря “КВВВ”. Вантузи встановлюють як на розподільчих так і на зрошувальних трубопроводах в переломних точках рельєфу. Клапан “КВВВ” виконує ті ж функції, що і вантуз, але він має можливість випускати більший об’єм повітря, він встановлюється в найвищій точці розподільчого трубопроводу;
- Гідранти – пристрої, або комплекси пристроїв, що призначені для подачі води з підземних трубопроводів до дощувальних машин.

8. Для надійного функціонування зрошувальної мережі на ній проектують польові та внутрішньогосподарські дороги. Внутрішньогосподарські дороги з твердим покриттям, польові – без твердого покриття. Внутрішньогосподарські дороги прокладають між населеним пунктом та зрошувальною системою, а також до НС. Дороги призначені для руху транспортних засобів та с/г техніки для вивезення врожаю, підвозу насіння, добрив. Дороги повинні забезпечити під’їзд до кожного з полів. Вони влаштовуються вздовж каналів з верхової сторони.

9. Для захисту полів від вітрової ерозії на системі проектують лісосмуги, які влаштовуються вздовж кожного з полів. Відстань між лісосмугами до 1000м.

### **Практичне заняття 3. Розрахунок елементів техніки поливу при дощуванні**

Розрахунок техніки поливу сільськогосподарських культур полягає у визначенні таких показників:

1. Інтенсивності дощу і порівнянні її з всмоктувальною здатністю ґрунту.
2. Тривалості поливу ДМ Дніпро на позиції.
3. Добової та сезонної продуктивності дощувальних машин.
4. Тривалості поливу поля для розрахункової поливної норми

1. Визначення інтенсивності дощу та тривалості поливу  
 Інтенсивність дощу – це шар води який створює дощувальна машина за одиницю часу (мм/хв.).

А) Для дощувальної машини „Фрегат” середня інтенсивність дощу визначається за формулою:

$$\rho = \frac{60 \cdot Q_M \cdot k_{ТП}}{l_{П.} \cdot (b + S)} \quad \text{мм/хв.} \quad (3.1)$$

де,  $Q_M$  - витрата дощувальної машини, л/с

$k_{ТП}$  - коефіцієнт який враховує втрати води при дощуванні

$l_{П.}$  - довжина смуги зволоження дм Фрегат;

$b$  - середня ширина смуги зволоження, м;

$S$  - шлях який проходить дощувальна машина за 1 хв, м.

Б). Середня, та миттєва інтенсивність дощу для дощувальної машини „Дніпро” визначається за формулою:

$$\rho_{сер} = \frac{60 \cdot Q_M \cdot k_{ТП}}{l_{П.} \cdot b} \quad \text{мм/хв} \quad (3.2)$$

де  $Q_M$  – витрата дощувальної машини, л/с;

$l_{П.}$  - довжина смуги зволоження ДМ Дніпро;

$b$  - ширина смуги зволоження ДМ Дніпро,  $b = 54$  м

2. Тривалість поливу з позиції для дощувальної машини „Дніпро” визначається за формулою:

$$t_{поз} = \frac{m_{нт}}{10 \cdot \rho_{сер}} \quad \text{хв} \quad (3.3)$$

де  $m_{нт}$  – поливна норма нетто, м<sup>3</sup>/га.

3. Розрахунок добової та сезонної продуктивності дощувальних машин.

А) Добова продуктивність дощувальних машин розраховується за формулою:

$$\overline{\omega}_{доб} = \frac{86,4 \cdot Q_M \cdot K_{доб} \cdot k_{зм} \cdot K_{ТП}}{m_{нт}} \quad \text{, га} \quad (3.4)$$

де  $Q_M$  - витрата дощувальної машини, л/с;

$K_{доб}$  - коефіцієнт використання машини на протязі доби, залежить від кількості змін роботи дощувальної машини;

$k_{зм}$  - коефіцієнт що враховує використання дощувальної машини на протязі доби;

$K_{ТП}$ - коефіцієнт який враховує втрати води при дощуванні;

$m_{нт}$  поливна норма нетто.

Б ) Сезонна продуктивність дощувальних машин розраховується за формулою:

$$\sigma_{сез} = \frac{86,4 \cdot Q_m \cdot T_{вез} \cdot K_{сез} \cdot K_{доб} \cdot k_{зм} \cdot K_{ТП}}{M_{св}}, \text{ га} \quad (3.5)$$

де  $T_{вез}$  - тривалість вегетаційного періоду, діб;

$K_{сез}$  - коефіцієнт використання машини на протязі поливного сезону,  $K_{сез} = 0,6$ ;

$M_{св}$  - Середньозважена зрошувальна норма, для сівозміни з полями з однаковою площею приймається, що  $M_{св} = M_{сер}$ .

4. Тривалість поливу поля для певної поливної норми визначають за формулою:

$$t_{пол} = \frac{m_{нт} \cdot F_{пол}}{86,4 \cdot Q_{маш} \cdot K_{ТП} \cdot K_{доб} \cdot K_{зм}}, \text{ діб} \quad (3.6)$$

де  $m_{нт}$  - поливна норма нетто;

$F_{пол}$  – площа поля, що поливається, вона визначається:

а) для дм Дніпро за формулою

$$F_{пол} = F_{бр} \cdot K_{зв}$$

де  $F_{бр}$  - площа поля бруто, га;

$K_{зв}$  - коефіцієнт земельного використання  $K_{зв} = 0,95$ .

б) для дм Фрегат за формулою

$$F_{пол} = \frac{\pi R^2}{10000}, \text{ га}$$

$$R = l + r$$

$l$  – довжина поливного крила дощувальної машини;

$r$  – ефективний радіус дії кінцевої дощувальної насадки

## Практичне заняття 4. Інженерний розрахунок закритої зрошувальної мережі

**Гідравлічні розрахунки зрошувальної мережі.** Гідравлічні розрахунки трубопроводів полягають у визначенні:

- витрат трубопроводів
- матеріалу трубопроводів;
- діаметрів трубопроводів;
- втрат напору в трубопроводах;
- повного напору насосної станції.

Основою для визначення витрат зрошувальних трубопроводів є максимальна кількість одночасно працюючих дощувальних машин «Фрегат», яка визначається по графіку поливів, витраті дощувальної машини і технології поливів ( одна дощувальна машина поливає 1 поле).

Максимальна кількість одночасно працюючих машин розставляється на самі віддалені поля сівозміни від точки водозабору. Знаючи витрати дощувальної машини визначаємо витрати зрошувальних трубопроводів з розрахунку, що 1 машина працює на 1 полі, тобто 1 машина працює на 1 ділянковому трубопроводі.

Витрата ділянкового трубопроводу:

$$Q_{дт} = Q_{м}$$

Витрата розподільчого трубопроводу:

$$Q_{рт} = \sum Q_{дт}$$

де,  $Q_{дт}$  – витрата ділянкового трубопроводу, л/с

$Q_{м}$  – витрата дощувальної машини, л/с

$Q_{рт}$  – витрата розподільчого трубопроводу, л/с

Розбиваємо трубопроводи на пікети через 100 м, і заносимо результати визначень в таблицю, наприклад для схеми , що приведена на рис 2.1.

Таблиця 4.1

Розрахункові витрати зрошувальних трубопроводів

Назва трубопроводу	Пікети		Витрата, л/с
	від	до	
1.2Кр	0	4+50	90
1.1Кр	0	4+50	90
1Кр	0	5	360



В якості матеріалу трубопроводів прийняті азбестоцементні труби марок ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12.

Економічно доцільний діаметр кожного з трубопроводів визначаємо за формулою

$$d_{роз} = 1130 \sqrt{\frac{Q}{V}}, \text{ мм} \quad (4.1)$$

де  $Q$  – витрата трубопроводу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V$  – оптимальна швидкість руху води в трубопроводі,  $V=1 \dots 1,5 \text{ м/с}$ .

За економічно доцільним діаметром за сортаментом труб (додаток 8), підбираємо умовний діаметр та внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{вн}$ .

Уточнюємо фактичну швидкість руху води в трубопроводі

$$V_{\phi} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_{вн}^2}, \text{ м/с} \quad (4.2)$$

де  $d_{вн}$  – внутрішній діаметр (стандартний діаметр), м.

Втрати напору складаються із втрат напору по довжині і місцевих

$$h_w = h_l + h_m, \text{ м} \quad (4.3)$$

Втрати по довжині визначаємо за формулою Дарсі-Вейсберха

$$h_l = \lambda \frac{V_{\phi}^2 \cdot l_{mp}}{2gd_{вн}}, \text{ м} \quad (4.4)$$

де  $V_{\phi}$  – фактична швидкість руху води в трубопроводі,  $\text{м/с}$ ;  $l_{mp}$  – довжина трубопроводу, м;  $d_{вн}$  – внутрішній стандартний діаметр, мм;  $\lambda$  – гідравлічний коефіцієнт тертя, залежить від діаметру труб та коефіцієнту шорсткості, який в свою чергу залежить від матеріалу труб. Для азбестоцементних та залізобетонних труб при коефіцієнті шорсткості 0,012 гідравлічний коефіцієнт тертя становитиме:

при  $d_{ум}=200$  мм  $\rightarrow \lambda=0,026$ , при  $d_{ум}=250$  мм  $\rightarrow \lambda=0,025$ ,

при  $d_{ум}=300$  мм  $\rightarrow \lambda=0,024$ , при  $d_{ум}=350$  мм  $\rightarrow \lambda=0,023$ ,

при  $d_{ум}=400$  мм  $\rightarrow \lambda=0,022$ , при  $d_{ум}=500$  мм  $\rightarrow \lambda=0,002$ ,

Місцеві втрати напору складають  $h_m=(10 \dots 15)\%$  від втрат напору по довжині, тоді повні втрати напору по довжині можна визначити за формулою (4.5).

$$h_w = 1,1 \cdot \lambda \frac{V_{\Phi}^2 \cdot l_{mp}}{2gd_{вн}}, \text{ м} \quad (4.5)$$

Встановлюємо відмітки п'езометричної лінії в кінці кожного зрошувального трубопроводу:

$$\downarrow \frac{ПЛ}{КТ} = \downarrow \frac{ПЗ}{КТ} + H_0, \text{ м} \quad (4.6)$$

$\downarrow \frac{ПЛ}{КТ}$  – відмітка п'езометричної лінії в кінці зрошувального

трубопроводу;  $\downarrow \frac{ПЗ}{КТ}$  – відмітка поверхні землі в кінці зрошувального трубопроводу;

$H_0$  – вільний напір на гідранті.

Встановлюємо відмітки п'езометричної лінії на початку кожного зрошувального трубопроводу, а також в точках розгалуження трубопроводу враховуючи втрати напору по довжині:

$$\downarrow \frac{ПЛ}{ПТ} = \downarrow \frac{ПЛ}{КТ} + h_w, \text{ м} \quad (4.7)$$

Гідравлічний розрахунок трубопроводів проводимо для плану, показаному на рис. 2.1 в табличній формі (табл. 4.1) . Крім того проводимо гідравлічний розрахунок в графічному вигляді відповідно до розрахункової схеми (рис. 4.1).

Таблиця 4.1

Гідравлічний розрахунок трубопроводів

Найменування трубопроводу	Пікети		$L_{mp}$ , м	$Q$ , л/с	Діаметр трубопроводу, мм				$V_{фак}$ , м/с	$h_w$ , м	Відмітка п'езометричної лінії в кінці ділянки	Відмітка п'езометричної лінії на початку ділянки
	від	до			$d_{роз}$	$d_{ум}$	$d_{вн}$	$d_{зов}$				
1 Кр 1	0+00	2+30	230	36	214	200	196	224	1,19	2,4	197,3	199,7
1 Кр 2	0+00	2+30	230	36	214	200	196	224	1,19	2,4	198,4	200,8
1 Кр	0+00	5+00	500	72	303	300	289	324	1,10	3,1	200,8	203,9

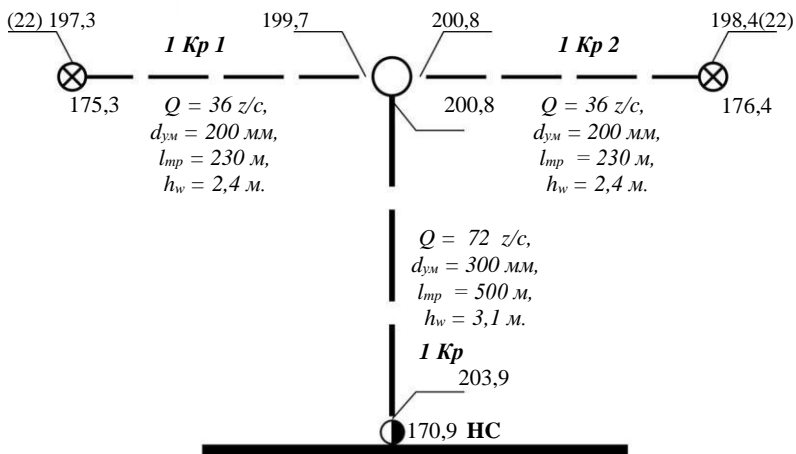


Рис. 4.1. Схема до гідравлічного розрахунку трубопроводів

Повний напір насосної станції визначається за формулою:

$$H_{НС} = \downarrow \Pi_{НС} - \downarrow НС, \text{ м} \quad (4.8)$$

Напір насосної станції для наведеного прикладу буде становити :

$$H_{НС} = 203,9 - 170,9 = 33,0 \text{ м}$$

### Практичне заняття 5. Воднобалансові розрахунки в зоні надлишкового зволоження

Розрахунок водного балансу проводять для визначення типу гідромеліоративної системи і необхідності проведення додаткового зволоження.

Розрахунки проводяться для вегетаційних періодів середнього, сухого і посушливих років із забезпеченістю за опадами відповідно 50%, 75% і 90% для всіх культур сівозміни за формулою А.М. Янголя

$$\pm M = ET_p - (P_e + W_a), \text{ м}^3/\text{га} \quad (5.1)$$

де  $+M$  – нестача води в ґрунті,  $-M$  – надлишок води в ґрунті,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $ET_p$  – водоспоживання культури за вегетаційний період розрахункової забезпеченості,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $P_e$  – ефективні опади за вегетаційний період розрахункової забезпеченості,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_a$  – активні запаси вологи в ґрунті на початок вегетації,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Водоспоживання сільськогосподарських культур за формулою А.М. Янголя

$$ET_p = \alpha \cdot y + n \sum D_p, \text{ м}^3/\text{га} \quad (5.2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від виду сільськогосподарської культури;  $y$  – проектна урожайність культури,  $\text{т}/\text{га}$ ;  $n$  – коефіцієнт, що залежить від норми осушення (додаток 5);  $\sum D_p$  – сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за вегетаційний період розрахункової забезпеченості,  $\text{мм}$ .

Для середнього року  $\sum D_{50\%}$  приймаємо з додатку 6.

$$\text{Для сухого року:} \quad \sum D_{75\%} = K_{75\%} \cdot \sum D_{50\%}, \text{ мм} \quad (5.3)$$

$$\text{Для посушливого року:} \quad \sum D_{90\%} = K_{90\%} \cdot \sum D_{50\%}, \text{ мм} \quad (5.4)$$

В формулах (5.3) і (5.4)  $K_{75\%}$  і  $K_{90\%}$  – модульні коефіцієнти перерахунку від забезпеченості 50% до забезпеченості 75% і 90%. Приймаємо  $K_{75\%}=1,15$ ,  $K_{90\%}=1,25$ .

Ефективні опади за вегетаційний період розрахункової забезпеченості:

$$P_e = 10 \cdot \eta \cdot h_p, \text{ м}^3/\text{га} \quad (5.5)$$

де 10 – перерахунок з  $\text{мм}$  шару опадів в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $\eta=0,75$  – коефіцієнт використання опадів;  $h_p$  – шар опадів за вегетаційний період розрахункової забезпеченості,  $\text{мм}$ .

Для середнього року  $h_{50\%}$  приймаємо з додатку 3.

Для сухого року

$$h_{75\%} = K_{75\%} \cdot h_{50\%}, \text{ мм} \quad (5.6)$$

Для посушливого року:

$$h_{90\%} = K_{90\%} \cdot h_{50\%}, \text{ мм} \quad (5.7)$$

де  $K_{75\%}$  і  $K_{90\%}$  – модульні коефіцієнти перерахунку від забезпеченості 50% до забезпеченості 75% і 90%. Приймаємо  $K_{75\%}=0,70$ ,  $K_{90\%}=0,37$ .

Активні запаси вологи в ґрунті на початок вегетації приймаємо з додатку 3 окремо для культур раннього і пізнього посіву.

Після закінчення водно-балансових розрахунків роблять висновки. Якщо для сухого року для більшості культур показник водного балансу має знак плюс, то необхідно проектувати осушувально-зволожувальну систему і передбачити заходи із зволоження осушуваних земель.

### Рекомендована література Базова

1. Основи гідромеліорацій : навч. посіб. / А. М. Рокочинський, Г. І. Сапсай, В. Г. Муранов та ін. ; за ред. проф. А. М. Рокочинського. Рівне : НУВГП, 2014. 255 с.

2. Волкова Л. А. Природокористування. Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (лист № 1/11-8608 від 14.10.09 р) : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 172 с ISBN 978-966-327-154-5.

3. Волкова Л. А. Рекультивація земель. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2009. 88 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1651>

4. . Проектування закритих зрошувальних систем : навчальний посібник / Рокочинський А. М., Гринь Ю.І. , Доценко В. І. та ін. ; за ред. проф. А. М. Рокочинського, проф. Ю. І. Гриня. Рівне : НУВГП – Дніпропетровськ : ДДАЕУ, 2015. 374 с.

5. Силабус навчальної дисципліни «Основи раціонального природокористування та природооблаштування» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології». Рівне : НУВГП, 2025. 16 с.

## Допоміжна

1. Водний кодекс України. Постанова ВР від 06.06.1995 р.  
URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>.

2. Водні ресурси : використання, охорона, відтворення, управління. / Яцик А. В., Грищенко Ю. М., Волкова Л. А., Пашенюк І. А. Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів (лист № 1.4/18Г-933 від 14.06.07). Підручник для студентів вищих навчальних закладів. К. : Генеза, 2007. 360 с.. ISBN978-966-504-708-7.

3. ДБН В.2.4.-1-99 «Меліоративні системи та споруди». К.: 2000. 176 с. URL: <http://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-288>.

4. Закон України «Про меліорацію земель». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1389-14>.

5. Лазарчук М. О., Рокочинський А. М., Черенков А. В. Проектування осушувальних систем з основами САПР : практикум. К. : ІСДО, 1984. 408 с.

6. Міністерство екології та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/>.

7. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://lib.nuwm.edu.ua/> (<http://nuwm.edu.ua/MySql/>)

8. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського. URL: <http://nbuv.gov.ua/e-resources/>.

9. Сільськогосподарські меліорації / Під ред. С. М. Гончарова, С. М. Коробченко. К. : Вища школа, 1991. 398 с.

10. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами. Дніпропетровськ : Зоря, 2006. 468 с.

## Додатки

**Додаток 1. Вихідні дані зрошення : розрахункова культура, параметри ґрунту, дощувальна машина**

№ у списку	Район проектування		Розрахункова культура	Дощувальна машина	Об'ємна маса ґрунту, $\gamma$ т/м <sup>3</sup>	Вологість ґрунту при НВ, $\omega_{FC}$ % м.с.г.
	республіка, область	метеопункт				
1	Херсонська	Херсон	Кукурудза	ДМУ-Бнм 283-30	1,38	18,5
2		Нова Каховка	Кукурудза	ДМУ-Бнм 253-30	1,32	24,6
3		Нижні Сірогози	Кукурудза	ДМУ-Бнм 229-25	1,23	25,0
4		Асканія-Нова	Кукурудза	ДМУ-Бнм 199-20	1,31	25,5
5		Бехтери	Кукурудза	ДМФ-К-А3-203-36	1,39	18,0
6	Одеська	Одеса	Кукурудза	ДМФ-К-А4-263-46	1,0	21,5
7		Болград	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,27	24,5
8		Роздільна	Кукурудза	ДМУ-Бнм 283-30	1,29	25,0
9		Березівка	Кукурудза	ДМФ-К-А4-263-46	1,30	22,5
10	Крим	Сімферополь	Кукурудза	ДМУ-Бнм 253-30	1,27	24,5
11		Ішунь	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,29	25,0
12		Джанкой	Кукурудза	ДМУ-Бнм 229-25	1,26	25,5
13		Нижньогірськ	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,27	25,0
14		Білогірськ	Кукурудза	ДМФ-К-А4-263-46	1,26	24,5
15	Луганська	Луганськ	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,37	19,0
16		Сватове	Кукурудза	ДМУ-Бнм 229-25	1,36	19,5
17		Біловодськ	Кукурудза	ДМУ-Бнм 199-20	1,27	24,0
18	Запорізька	Старобільськ	Кукурудза	ДМФ-К-А3-203-36	1,24	28,0
19		Гуляй Поле	Кукурудза	ДМФ-К-А4-263-46	1,27	22,0
20		Кирилівка	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,30	20,0
21	Донецька	Мелітополь	Кукурудза	ДМУ-Бнм 283-30	1,25	26,0
22		Бахмут	Кукурудза	ДМФ-К-А4-263-46	1,23	28,0
23		Волноваха	Кукурудза	ДМУ-Бнм 253-30	1,23	26,0
24	Дніпропетровська	Нікополь	Кукурудза	ДМФ-К-А5-323-57	1,35	20,5
25		Комісарівка	Кукурудза	ДМУ-Бнм 229-25	1,25	25,5

## Середньодекадні дані по температурі, опадах та дефіциту вологості повітря (рік 75%)

№	Метеостанція	Показ-ники	IV			V			VI			VII			VIII			
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Херсон	t, °C	12,0	11,6	15,4	17,6	16,3	16,6	19,4	21,4	24,6	22,4	26,1	22,6	22,5	24,2	23,8	
		P, мм	11,7	0,0	1,5	0,8	0,7	3,7	1,7	18,3	0,0	0,3	4,7	8,5	2,6	4,0	0,0	
		d <sub>y</sub> , мб	3,1	5,3	8,5	7,2	8,4	7,9	10,6	9,5	17,8	15,6	18,6	15,5	10,4	13,1	16,3	
2	Нова Каховка	t, °C	12,3	11,5	14,9	17,6	16,0	16,2	19,1	20,6	23,8	22,2	18,6	22,5	22,5	24,5	23,8	
		P, мм	9,5	0,2	0,4	1,6	0,2	23,1	1,5	16,6	0,0	0,0	26,3	3,6	19,3	7,8	0,0	
		d <sub>y</sub> , мб	4,2	4,8	9,2	10,7	9,4	8,6	11,8	15,8	19,0	14,4	9,9	14,1	15,2	17,3	12,0	
3	Нижні Сірогози	t, °C	5,0	7,7	7,6	18,8	14,7	17,5	20,0	24,6	26,8	25,9	12,2	23,8	25,7	25,4	21,7	
		P, мм	0,0	1,3	5,8	3,2	1,2	20,3	0,3	21,1	0,1	5,2	24,0	5,9	0,0	2,4	3,2	
		d <sub>y</sub> , мб	4,1	5,0	4,8	10,2	8,8	7,0	12,5	17,0	18,0	15,6	13,0	16,8	18,5	18,6	13,1	
4	Асканія-Нова	t, °C	4,9	7,1	8,0	18,0	14,5	17,8	19,6	25,1	26,5	25,5	24,4	23,5	25,6	25,1	22,0	
		P, мм	6,5	5,2	1,9	5,1	3,2	0,0	0,1	23,0	13,6	6,1	15,8	8,3	1,6	5,1	6,4	
		d <sub>y</sub> , мб	1,4	2,3	8,4	9,6	10,1	10,6	13,2	8,4	15,2	18,1	14,8	16,4	18,1	12,8	13,0	
5	Бехтери	t, °C	3,3	9,2	15,4	16,1	17,9	18,8	18,6	20,2	23,8	24,0	24,9	26,0	26,0	22,3	21,6	
		P, мм	5,5	1,0	2,6	27,4	8,2	13,8	7,0	0,8	3,7	0,0	2,5	0,2	7,7	11,9	1,6	
		d <sub>y</sub> , мб	1,5	2,8	9,2	7,8	10,0	9,7	10,3	7,9	13,3	15,5	13,7	19,9	19,1	9,1	12,5	
6	Одеса	t, °C	2,6	8,2	14,7	15,6	17,5	18,3	17,4	19,0	22,4	22,8	24,2	25,1	25,6	22,7	21,1	
		P, мм	18,9	0,5	4,2	1,7	0,9	7,0	15,2	8,6	10,3	11,0	6,5	7,6	0,0	12,4	0,4	
		d <sub>y</sub> , мб	1,4	2,0	7,3	6,7	8,7	7,9	8,3	6,2	8,6	11,0	12,8	15,9	15,5	8,0	9,6	
7	Роздільна	t, °C	10,7	11,0	14,1	17,6	15,4	16,0	18,2	20,9	24,4	21,1	26,3	21,1	23,7	23,2	23,8	
		P, мм	10,0	0,5	1,9	8,2	2,9	9,7	27,0	8,2	0,0	0,0	14,4	4,7	1,2	5,1	0,0	
		d <sub>y</sub> , мб	3,0	5,3	7,5	7,7	8,0	7,5	9,8	10,8	18,3	16,5	16,6	12,0	15,8	12,7	13,6	



## Продовження додатку 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	Белград	t, °C	10,8	12,1	13,3	17,7	15,8	18,0	18,6	21,9	24,2	23,3	26,0	21,6	24,9	22,8	23,8
		P, мм	19,2	1,4	6,5	4,9	5,2	5,1	10,3	5,1	3,1	0,0	9,5	9,5	0,4	26,4	0,0
		d <sub>y</sub> , мб	2,8	5,3	6,4	8,0	6,7	8,8	8,7	11,0	13,8	15,9	17,1	11,4	18,3	9,6	14,4
9	Березівка	t, °C	11,8	11,5	14,8	17,4	16,2	15,9	19,0	21,8	25,2	21,9	26,9	22,0	23,3	23,7	23,8
		P, мм	21,1	0,0	5,4	19,1	2,9	15,5	4,6	0,8	1,9	4,7	9,9	12,7	25,9	21,2	0,1
		d <sub>y</sub> , мб	3,0	5,6	0,8	7,1	9,2	7,6	10,6	12,3	18,0	16,0	16,9	14,4	14,5	13,9	14,5
10	Сімферополь	t, °C	7,5	11,2	10,7	11,5	15,1	15,4	18,1	20,6	23,2	22,1	23,6	23,2	22,8	25,1	21,3
		P, мм	2,7	12,8	1,9	16,9	16,7	24,2	2,1	0,2	5,2	1,3	0,9	18,3	1,5	0,0	0,5
		d <sub>y</sub> , мб	4,6	5,9	3,1	3,4	3,3	4,1	9,4	12,6	14,0	16,6	14,1	13,2	14,6	19,0	12,2
11	Ішунь	t, °C	5,2	7,5	8,3	17,7	15,2	17,8	19,3	24,4	26,3	24,9	24,3	28,5	25,2	24,7	22,0
		P, мм	0,0	2,8	6,9	2,0	2,5	2,8	17,3	15,1	0,1	6,9	19,9	0,9	0,0	0,9	2,3
		d <sub>y</sub> , мб	3,6	4,3	3,9	9,8	8,0	6,8	9,3	14,6	18,1	11,5	13,5	13,8	17,6	13,8	10,7
12	Джанкой	t, °C	7,7	10,7	12,2	13,5	17,1	16,6	19,2	21,7	24,9	23,9	24,6	24,6	24,0	26,3	22,7
		P, мм	5,7	16,8	0,0	30,2	7,1	18,9	0,0	0,5	0,5	0,0	27,2	2,7	28,4	0,0	1,6
		d <sub>y</sub> , мб	4,4	4,3	4,2	4,2	5,0	5,4	11,0	14,3	17,3	19,3	14,8	14,8	15,9	19,1	13,4
13	Нижньогірськ	t, °C	7,3	11,1	11,9	13,4	16,7	16,5	18,8	21,1	24,4	23,4	24,2	24,5	23,8	25,6	22,2
		P, мм	0,5	27,1	0,0	4,8	9,0	24,9	1,6	2,8	0,0	0,0	23,1	2,8	24,1	0,1	0,0
		d <sub>y</sub> , мб	4,7	5,0	4,0	4,4	4,8	5,0	10,3	13,8	16,4	18,9	14,8	15,6	15,3	17,7	13,0
14	Білогірськ	t, °C	6,4	11,6	12,1	13,0	16,2	15,8	17,8	20,0	23,1	22,0	22,5	23,4	22,5	24,8	21,0
		P, мм	0,9	23,2	0,9	5,1	6,5	21,8	0,3	0,4	2,3	0,0	13,5	1,2	5,5	0,0	0,0
		d <sub>y</sub> , мб	4,9	6,6	5,1	5,2	5,5	4,6	10,3	13,2	13,6	17,3	13,0	15,4	14,8	19,9	13,7
15	Луганськ	t, °C	4,0	9,5	8,2	10,1	15,6	17,6	18,4	26,0	27,4	26,9	25,5	23,8	25,3	25,3	21,4
		P, мм	0,4	1,5	31,7	1,4	24,3	22,4	1,4	1,9	0,3	29,4	3,3	11,5	0,0	15,7	22,5
		d <sub>y</sub> , мб	3,6	6,0	4,5	10,7	6,6	6,1	11,9	18,0	20,8	17,3	17,3	15,6	18,5	20,3	11,1
16	Сватове	t, °C	4,1	7,6	6,9	10,2	14,4	17,3	18,4	25,0	26,6	26,7	24,2	22,6	23,8	24,8	20,7
		P, мм	1,5	10,8	8,4	5,7	20,1	17,0	16,8	0,9	2,03	8,4	1,1	6,0	9,2	19,4	19,9
		d <sub>y</sub> , мб	3,2	4,8	4,2	10,7	7,0	6,2	11,5	17,8	20,7	18,6	16,4	14,0	16,2	16,1	10,4

## Продовження додатку 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
17	Біловодськ	t, °C	3,4	8,5	7,4	19,4	15,6	16,9	17,7	25,2	26,7	28,3	25,0	23,0	24,5	24,3	20,6
		P, мм	0,0	0,2	21,2	3,5	6,5	30,8	12,6	3,6	0,0	7,0	6,0	8,7	0,0	16,0	20,3
		d <sub>ys</sub> , мб	3,0	5,8	4,1	10,8	7,9	5,4	10,6	17,8	21,5	20,2	17,8	14,8	21,7	16,0	9,4
18	Старобільськ	t, °C	6,7	12,1	15,8	15,9	20,6	18,4	19,3	20,1	24,2	20,1	21,8	25,0	26,5	23,0	23,9
		P, мм	16,0	17,3	5,3	0,0	1,3	0,0	27,3	5,7	4,9	1,1	2,0	0,0	1,0	10,8	12,6
		d <sub>ys</sub> , мб	3,6	5,1	8,4	6,8	14,0	11,4	13,9	15,0	19,2	14,0	10,1	15,2	12,2	15,8	17,6
19	Гуляйполе	t, °C	3,9	7,8	7,2	19,9	14,8	17,0	19,2	24,6	26,7	26,0	24,1	23,7	24,8	24,0	20,9
		P, мм	0,1	0,7	11,7	0,3	13,3	20,8	0,4	21,4	0,0	32,4	24,0	1,7	0,0	18,0	3,9
		d <sub>ys</sub> , мб	3,9	5,0	4,4	10,4	7,8	6,3	13,0	17,4	19,6	15,0	15,8	17,0	18,4	17,5	11,8
20	Кирилівка	t, °C	3,8	6,9	8,5	9,2	13,9	16,0	18,0	24,0	25,5	25,4	23,6	22,5	24,2	23,7	24,0
		P, мм	0,0	0,2	15,5	0,2	23,0	28,4	0,0	2,5	13,0	4,0	35,8	1,1	1,1	37,8	1,8
		d <sub>ys</sub> , мб	3,4	4,2	3,4	8,4	6,5	4,4	10,3	16,5	19,7	13,7	14,4	14,2	19,0	15,4	10,1
21	Мелітополь	t, °C	2,7	9,4	16,0	18,3	18,6	18,4	19,3	19,1	23,0	23,0	25,5	25,1	25,0	23,2	20,9
		P, мм	3,1	6,0	3,9	18,2	2,3	23,1	0,0	16,1	4,4	1,8	2,1	16,4	0,0	9,5	0,2
		d <sub>ys</sub> , мб	1,4	2,7	4,1	4,3	6,8	10,6	13,5	7,4	14,8	16,0	15,5	17,4	19,1	12,9	12,4
22	Артемівськ	t, °C	4,3	8,2	7,6	10,3	14,8	17,0	18,9	26,0	26,8	25,9	24,4	23,1	25,0	24,8	21,2
		P, мм	0,0	4,4	6,7	0,0	18,0	17,8	3,0	16,7	0,0	30,4	15,9	12,5	0,0	27,1	31,4
		d <sub>ys</sub> , мб	3,4	4,9	4,8	4,4	7,0	6,4	12,8	17,0	18,1	15,4	15,8	14,7	21,4	18,7	11,4
23	Волноваха	t, °C	3,2	7,4	9,6	12,7	14,1	16,1	17,2	22,9	25,1	25,0	24,0	22,5	23,9	23,9	20,4
		P, мм	0,4	8,0	16,2	0,3	19,0	15,2	7,2	18,7	7,8	7,8	21,0	2,7	1,3	20,85	15,6
		d <sub>ys</sub> , мб	3,4	4,3	3,8	13,1	6,2	5,4	9,8	14,2	18,2	13,5	15,6	14,8	18,6	17,1	11,1
24	Нікополь	t, °C	5,6	7,9	9,9	12,0	15,4	18,0	20,3	25,8	27,4	25,6	24,1	23,5	25,7	25,7	21,6
		P, мм	0,0	0,8	8,9	1,9	0,0	18,5	11,1	0,7	6,5	14,0	21,4	10,7	3,2	2,0	4,3
		d <sub>ys</sub> , мб	4,1	4,6	5,0	14,4	9,8	7,7	13,1	18,5	18,6	14,1	14,3	14,7	20,4	20,0	12,0
25	Комісарівка	t, °C	4,4	6,8	9,2	13,9	14,2	16,7	18,9	24,3	26,5	24,8	22,4	21,8	24,6	24,8	20,0
		P, мм	2,4	6,9	16,3	1,7	1,4	3,9	2,6	13,7	9,9	21,5	4,1	25,1	0,0	10,0	0,0
		d <sub>ys</sub> , мб	3,3	4,2	4,3	13,6	9,6	7,0	12,6	15,7	19,0	14,3	12,6	13,0	18,7	15,7	9,8

Значення біокліматичних коефіцієнтів  $K_6$ , мм/мб сільськогосподарських культур  
(за С.М. Алпатьєвим)

Культура	1-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000
Озима пшениця	0,53	0,53	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,47	0,45	0,43
Кукурудза	0,23	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30	0,31	0,34	0,36	0,38

Культура	1001-1100	1100-1200	1201-1300	1301-1400	1401-1500	1501-1600	1601-1700	1701-1800	1801-1900	1901-2000
Озима пшениця	0,42	0,41	0,37	0,33	0,30	0,26	0,23	0,19	дозріла	-
Кукурудза	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45	0,48	0,49	0,49	0,48	0,46

Культура	2001-2100	2101-2200	2201-2300	2301-2400	2401-2500	2501-2600	2601-2700	2701-2800	2801-2900	2901-3000
Озима пшениця	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кукурудза	0,45	0,43	0,30	0,37	0,35	0,32	0,29	0,26	0,25	дозріла

## Додаток 4.

### Основні технічні характеристики дощувальних машин "Фрегат"

№	Марка машини	Витрата води на вході при нульовому похилі, л/с	Тиск води на вході при нульовому похилі, МПа	Мінімальна поливна норма, м <sup>3</sup> /га	Конструктивна довжина машини, м
1	ДМУ-Бнм 199-20	20	0,29	189	199
2	ДМУ-Бнм 229-25	30	0,3	220	229
3	ДМУ-Бнм 253-30	25	0,3	205	253
4	ДМУ-Бнм 283-30	30	0,32	242	283
5	ДМУ-Бнм 337-30	30	0,41	277	337
6	ДМУ-Бнм 379-40	40	0,32	226	379
7	ДМУ-Бнм 408-30	30	0,32	218	308
8	ДМУ-Бнм 409-45	45	0,34	239	409
9	ДМУ-Бнм 409-57	57	0,36	295	409
10	ДМУ-Бнм 434-50	50	0,35	252	434
11	ДМУ-Бнм 434-63	63	0,33	310	434
12	ДМУ-Бнм 463-57	57	0,38	260	463
13	ДМФ-К-А10-622-90	90	0,51	119	622,9
14	ДМФ-К-А3-203-36	36	0,19	110	203,6
15	ДМФ-К-А4-263-46	46	0,21	115	263,5
16	ДМФ-К-А5-323-57	57	0,24	120	323,4
17	ДМФ-К-А6-383-67	67	0,29	124	383,3
18	ДМФ-К-А7-443-77	77	0,35	126	443,2
19	ДМФ-К-А8-503-88	88	0,43	128	503,1
20	ДМФ-К-А9-563-90	90	0,48	129	563

Додаток 5

Значення поправки на довжину світлового дня впродовж вегетаційного періоду

	Показники	Позначення	квітень			травень			червень			липень			серпень		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Розрахунковий період, діб	<i>n</i>	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11
2	Поправка на довжину світл. дня	<i>l</i>	1,09	1,15	1,2	1,24	1,27	1,29	1,31	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,20	1,16	1,12

Додаток 6

Врожайність сільськогосподарських культур. Значення *a*, *n*

№ з/п	Сільськогосподарська культура	Проектна врожайність, т/га	<i>a</i>	<i>n</i>
1	Багаторічні трави	4,0...5,0	187,5	4,4
2	Однорічні трави на зелений корм	20...30	61,3	3,1
3	Озима пшениця	2,9...3,5	70,6	3,1
4	Озиме жито	2,7...3,2	70,6	3,1
5	Ячмінь	3,0...3,6	70,6	3,1
6	Овес	3,0...3,4	70,6	3,1
7	Кукурудза на силос	30...45	19,2	2,7
8	Зернобобові на зелений корм	30...35	61,3	3,1
9	Картопля	20...25	57,1	2,7
10	Бурак кормовий	37...43	24,6	3,1
11	Бурак цукровий	41...45	46,0	2,3
12	Бурак столовий	40...45	26,4	3,1
13	Морква	40...45	38,2	3,1
14	Помідори	20...25	24,3	3,1
15	Капуста пізня	30...35	36,3	3,1
16	Льон (волокно)	0,6...0,7	580,0	3,8

## Додаток 7.

## Вихідні дані для розрахунку водного балансу

№ варіанту	Місце розташування	Основні ґрунти	Коефіцієнт фільтрації, м/добу	Глибина залягання водоупору, м	Опади, мм		Дефіцит вологості повітря за, мм	Активні запаси вологи в ґрунті, м <sup>3</sup> /га	
					За вегетацію	За рік		для культур раннього посіву	для культур пізнього посіву
1	Волинська	супісок	0,60	5,0	350	630	660	1660	1350
2	Рівненська	лег.суглинок	0,45	6,0	345	620	685	1750	1580
3	Житомирська	сер.суглинок	0,32	3,0	340	580	690	1890	1530
4	Київська	важ.суглинок	0,23	6,5	320	550	810	2020	1870
5	Чернігівська	сер.суглинок	0,30	7,5	315	560	740	1420	1330
6	Сумська	супісок	0,70	6,0	310	550	770	1480	1220
7	Львівська	важ.суглинок	0,25	2,5	430	750	605	2000	1750
8	Тернопільська	сер.суглинок	0,30	2,0	375	620	690	1960	1580
9	Хмельницька	лег.суглинок	0,67	4,5	365	590	730	1830	1620
10	Івано-Франківська	сер.суглинок	0,42	4,0	425	900	620	1850	1660
11	Вінницька	лег.суглинок	0,65	3,0	330	550	790	1780	1590
12	Чернівецька	важ.суглинок	0,26	1,5	395	720	625	1790	1680
13	Закарпатська	важ.суглинок	0,28	3,5	465	820	700	2090	1920
14	Волинська	лег.суглинок	0,40	7,0	350	640	660	1710	1400
15	Рівненська	сер.суглинок	0,35	8,0	345	610	685	1800	1630
16	Житомирська	важ.суглинок	0,20	2,5	340	590	690	1940	1580
17	Київська	супісок	0,77	5,5	320	540	810	1820	1670
18	Чернігівська	сер.суглинок	0,40	3,5	315	550	740	1370	1280
19	Сумська	лег.суглинок	0,50	8,5	310	540	770	1500	1240
20	Львівська	важ.суглинок	0,28	2,5	430	760	605	1980	1730
21	Тернопільська	сер.суглинок	0,40	2,0	375	630	690	1990	1610
22	Хмельницька	сер.суглинок	0,33	6,5	365	600	730	1900	1690
23	Івано-Франківська	лег.суглинок	0,58	9,5	425	880	620	1820	1630
24	Чернівецька	важ.суглинок	0,24	2,0	395	780	625	1880	1770
25	Житомирська	сер.суглинок	0,37	10,0	345	600	685	1850	1680

## Додаток 8. Характеристики азбоцементних труб

Тип труб	Умовний прохід, мм	Внутрішній діаметр, мм				Зовнішній діаметр обточених кінців, мм	Товщина стінки обточеного кінця, мм				Довжина труби, мм
		ВТ-6	ВТ-9	ВТ-12	ВТ-15		ВТ-6	ВТ-9	ВТ-12	ВТ-15	
I	100	104	100	96	-	122	9,0	11,0	13,0	-	3950
	150	146	141	135	-	168	11,0	13,5	16,5	-	3950
	200	196	189	181	-	224	14,0	17,5	21,5	-	3950
	250	244	235	228	-	274	15,0	19,5	23,0	-	3950
	300	289	279	270	-	324	17,5	22,5	27,0	-	3950
	400	381	368	356	-	427	23,0	29,5	35,5	-	3950
	500	473	465	441	-	528	27,5	36,0	43,5	-	3950
II	200	-	196	188	180	224	-	14,0	18,0	22,0	5000
	250	-	242	234	-	274	-	16,0	20,0	-	5000
	300	-	286	276	267	324	-	19,0	24,0	28,5	5000
	400	-	377	363	352	427	-	35,0	32,0	37,5	5000
	500	-	466	450	436	528	-	31,0	39,0	46,0	5000
III	200	-	198	192	174	224	-	13,0	16,0	25,0	5950
	300	-	270	270	256	324	-	22,5	27,0	34,0	5950