

**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ЗРОШУВАЛЬНИХ ЗЕМЕЛЬ
У ВОДОДЕФІЦИТНИХ РАЙОНАХ:
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**
*для студентів спеціальності 183 Технології захисту
навколишнього середовища усіх форм навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти*

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІН-
ВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 5 від «26» травня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозиторії*

Запоріжжя 2023



Технології захисту зрошувальних земель у вододефіцитних районах: методичні вказівки до виконання індивідуального завдання (для студентів спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Уклад. Н.М. Максимова. – Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. – 104 с.


Методичні вказівки включають тематику індивідуальних завдань, методичні пояснення щодо порядку їх виконання.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня освіти та інших здобувачів вищої освіти, що вивчають «Технології захисту зрошувальних земель у вододефіцитних районах» як освітній компонент вільного вибору.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
Безпеки праці та охорони довкілля
Протокол № 1 від «02» травня 2023 р.

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради

 Малій Х. В.
«05» травня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023

ВСТУП

В методичних рекомендаціях розглядаються: по перше, різні способи і техніки поливу зрошуваних земель, які надають можливість штучного поповнення запасів води у недостатньо зволоженому ґрунті для створення в ньому оптимального водно-повітряного і зв'язаних з ним поживного та теплового режимів, сприятливих для росту і розвитку рослин, незалежно від випадання атмосферних опадів; по друге, питання проектування дренажу для відводу надлишкових ґрунтових вод. Перелік індивідуальних завдань: 1) способи і техніка поливу; 2) проектування дренажу на зрошувальній системі. Перелічені питання розширюють професійні навички та світогляд здобувачів вищої освіти.

Методичні вказівки укладені на основі робіт В.І. Доценко та інших, на що вказують відповідні посилання на використані інформаційні джерела.

Рівень сформованості знань та навичок здобувача вищої освіти з освітнього компоненту за виконання індивідуального завдання оцінюють за бальною шкалою, яка наведена як в семестровому графіку, так і в си-лабусі та робочій програмі.

Таблиця – Критерії оцінення індивідуальних завдань

Відсотки від кількості балів, %	Пояснення
90-100	ставиться здобувачу вищої освіти, який демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, уміння приймати необхідні рішення в нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру
74-89	ставиться здобувачу вищої освіти, який виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки та неточності
60-73	ставиться здобувачу вищої освіти, який засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте, при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури
1-60	ставиться здобувачу вищої освіти, який не володіє необхідними знаннями, уміннями, навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури, в роботі значна кількість помилок та недоліків


Результати неформальної або інформальної освіти можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих практичних робіт та індивідуальних завдань за узгодженням з викладачем.

Результати участі у науковій роботі (статті, тези виступів, конкурсні наукові роботи тощо) можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих практичних робіт та індивідуальних завдань за узгодженням з викладачем.

ЗМІСТ

Індивідуальне завдання № 1. Способи і техніка поливу	5
1.1 Розрахунок елементів техніки поливу при дощуванні	5
1.1.1 Вибір дощувальних пристроїв для поливу сівозмінної ділянки при зрошенні дощуванням	5
1.1.2 Розрахунок втрат води на випаровування	8
1.1.3 Розрахунок продуктивності дощувальних машин	9
1.1.4 Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами позиційної дії «Волжанка», «ДКН-80», «Ока», «Дніпро»	11
1.1.5 Приклад розрахунку елементів техніки поливу дощувальними машинами, що працюють позиційно	13
1.1.6 Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами кругової дії	16
1.1.7 Приклад розрахунку техніки поливу дощувальними машинами кругової дії	19
1.1.8 Розрахунок техніки поливу дощувальною машиною фронтального переміщення «Кубань»	23
1.1.9 Приклад розрахунку елементів техніки поливу для ЕДМФ «Кубань»	27
1.1.10 Розрахунок техніки поливу агрегатами ДДА-100МА	29
1.1.11 Приклад розрахунку елементів техніки поливу двохконсольного дощувального агрегату ДДА-100МА	31
1.1.12 Розрахунок техніки поливу агрегатами ДДН-70 і ДДН-100	34
1.1.13 Приклад розрахунку елементів техніки поливу далеко-струминним дощувачем ДДН-70	36
1.1.14 Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанными дощувальними установками	37
1.1.15 Приклад розрахунку елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою ДМУ-75	39
1.1.16 Приклад розрахунку елементів техніки поливу шланго-барабанною установкою «Rainstar» E51 110-590 від фірми «Bauer»	41
1.1.17 Розрахунок елементів техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами	42
1.1.18 Приклад розрахунку техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами	46
1.2 Розрахунок елементів техніки поливу при	

поверхнево-самопливному поливі	48
1.2.1 Механізм зволоження ґрунту	48
1.2.2 Розрахунок техніки поливу по проточних борознах	50
1.2.3 Розрахунок елементів поливу по смугах	53
1.3 Розрахунок елементів техніки поливу при краплинному зрошенні	56
1.3.1 Розрахунок частки площі живлення рослин, зволожуваних крапельним способом	57
1.3.2 Розрахунок поливної норми при краплинному зрошенні	58
1.3.3 Розрахунок тривалості поливу при краплинному зрошенні	59
1.3.4 Приклад розрахунку елементів техніки поливу краплинним способом саду	59
1.3.5 Приклад розрахунку елементів техніки поливу краплинним способом овочів	61
1.4 Розрахунок елементів техніки поливу при внутрішньогрунтовому зрошенні	62
1.4.1 Приклад розрахунку елементів техніки поливу внутрішньогрунтового способом	67
1.5 Вихідні дані до виконання індивідуального завдання	69
Рекомендовані джерела	76
Питання для самоперевірки	77
Індивідуальне завдання 2. Проектування дренажу на зрошувальній системі	78
2.1 Теоретичні відомості	78
2.2 Прогноз рівня ґрунтових вод воднобалансовими розрахунками	79
2.3 Розрахунок параметрів горизонтального систематичного дренажу	84
2.4 Гідравлічний розрахунок дрен і колекторів	90
2.5 Конструкція дренажної мережі	102
2.6 Вихідні дані до виконання індивідуального завдання	102
Рекомендовані джерела	104
Питання для самоперевірки	104



Індивідуальне завдання № 1

Способи і техніка поливу

Мета: ознайомитись з різними способами і техніками поливу зрошуваних земель, які надають можливість створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин за рахунок мінімізації впливу кліматичних чинників

1.1 Розрахунок елементів техніки поливу при дощуванні

1.1.1 Вибір дощувальних пристроїв для поливу сівозмінної ділянки при зрошенні дощуванням

Вибір дощувального устаткування для поливу конкретної сівозмінної ділянки здійснюється в результаті аналізу таких основних показників [6]:

- розміри і конфігурація ділянки, складність рельєфу і мікрорельєфу, середні похили;
- відповідність середньої інтенсивності дощу і вбираючої здатності ґрунту;
- склад культур в сівозміні;
- техніко-економічні показники дощувальних пристроїв і зрошувальної мережі;
- можливості використання декількох типів дощувальних пристроїв, які мають близькі технічні характеристики.

Дощувальні пристрої повинні забезпечувати полив всіх культур, які входять до сівозміни. Тому види сільськогосподарських культур, вирощуваних на зрошуваній ділянці, мають визначне значення для вибору типу дощувального устаткування. Якщо до складу сівозміни входять високостебельні культури, для поливу можуть бути використані дощувальні машини на самохідних візках («Дніпро», «Фрегат», «Кубань»), установки ЩД-25/300, агрегати ДДА і ДДН. Якщо овочі займають в сівозміні невеликі площі, для поливу доцільно використовувати дощувальні машини фронтальної дії.

«Фрегат» рекомендується застосовувати в тому випадку, якщо площа, зайнята кожною культурою, відповідає площі поливу дощувальної машини на одній позиції.

Для поливу садів доцільно використовувати дощувальні шлейфи ЩД-25/300, смугові зрошувачі СЗТ (садовий варіант), а також полив далекоструминними дощувальними апаратами.

Залежно від конфігурації ділянки і полів, складності рельєфу, середнього похилу ділянки вибирають один або декілька дощувальних пристроїв.

Для дощувальних пристроїв фронтальної дії ширина поля повинна бути кратною ширині захвату дощувального пристрою.

Для «Фрегата» поле повинно бути квадратним або прямокутним, при цьому ширина і довжина прямокутника повинні бути кратними довжині

крила машини.

Для машин, працюючих в русі, похил поверхні поля повинен бути не більше 0,03 в напрямку руху і до 0,02 вздовж водопровідного поясу.

Місцеві пониження і підвищення рельєфу повинні становити не більше 0,5 м для дощувальних машин «Дніпро» і «Волжанка» і не більше 1,5 м для «Фрегата», «Кубані».

Для «Кубані» похил вздовж зрошувального каналу не повинен перевищувати 0,005, а дощувальних агрегатів ДДА і ДДН – 0,003.

Однією з основних вимог, які висувають до дощувальних пристроїв, – недопущення утворення поверхневого стоку під час поливу. Для цього необхідно, щоб протягом всього поливу середня інтенсивність дощу була менша, ніж швидкість вбирання води в ґрунт. Необхідно врахувати, що при дощуванні швидкість на 15-30 % менше, ніж при затопленні.

Умови і можливість використання техніки залежно від природних і господарських факторів наведені в табл. 1.1 [6].

Таблиця 1.1 – Умови використання дощувальної техніки залежно від природних і господарських факторів [6]


Поливна техніка	Кліматичні		Ґрунтово-меліоративні			Геоморфологічні		Біологічні		Водогосподарські		
	дефіцит водоспоживання, тис. м ³ /га	швидкість вітру до, м/с	середня швидкість вбирання води в ґрунт (більше), мм/хв	глибина залягання фільтраційного підстиляючого шару ґрунту, м	глибина залягання мінералізованих ґрунтових вод, м (більше)	максимальний похил місцевості	необхідний об'єм планувальних робіт, м ³ /га	гранична висота наземної частини рослин, м	поливна норма, м ³ /га	забезпеченість водою (відношення стоку вододжерела за вегетацію до потрібної водоподачі)	ордината гідромодуля, л/(с·га)	питома площа поливних земель на одного робітника до, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Середньострумніні установки типу КИ-50	1-3	5	2,7	0,5	2	0,1	600	4,0	200-1200	1-10	0,2-0,6	1
Двохконсольні дощувальні агрегати з забором води із відкритої зрошувальної мережі (типу ДДА-100МА)	1-5	6	0,23	0,5	2	0,004	300	2,0	200-1200	2-10	0,2-0,8	5
Електрифікована багатоопорна дощувальна машина фронтальної дії з забором води в русі із відкритого каналу (типу «Кубань»)	2-6	6	0,27	0,5	2	0,01	400	3,5	200-1200	1-10	0,2-0,8	30

Поливна техніка	Кліматичні		Ґрунтово-меліоративні			Геоморфологічні		Біологічні		Водогосподарські		
	дефіцит водоспоживання, тис. м ³ /га	швидкість вітру до, м/с	середня швидкість вбирання води в ґрунт (більше), мм/хв	глибина залягання фільтруючого шару ґрунту, м	глибина залягання мінералізованих ґрунтових вод, м (більше)	максимальний похил місцевості	необхідний об'єм планувальних робіт, м ³ /га	гранична висота наземної частини рослин, м	поливна норма, м ³ /га	забезпеченість водою (відношення стоку вододжерела за вегетацію до потрібної водоподачі)	ордината гідромодуля, л/(с·га)	питома площа поливних земель на одного робітника до, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Широкозахватні дощувальні машини типу «Волжанка», «Ока»	2-5	7	0,27	0,5	2	0,02	500	1,1	200-800	1-10	0,2-0,7	15
Широкозахватна дощувальна машина типу «Дніпро»	2-5	8	0,30	0,5	2	0,02	500	2,5	200-800	1-10	0,4-0,9	20
Широкозахватні дощувальні машини, що працюють по колу (типу «Фрегат»)	2-5	8	0,30	2	2	0,03	500	2,5	200-800	1-10	0,4-0,9	20
Далекоструминні дощувальні машини із заборою води із трубопроводів або шлангів (типу ДДН-70, ДДН-100)	1-4	3	0,30	1,5	2	0,007	300	5,0	200-800	2-10	0,2-0,8	10
Шлангобарабанні дощувальні машини	2-5	4	0,17	0,5	2	0,1	400	2,0	200-1200	1-10	0,2-0,8	10
Стационарні автоматизовані дощувальні системи	2-5	4	0,20	0,3	2	0,2	800	5,0	100-600	1-10	0,2-0,7	10
Стационарні системи імпульсного дощування	2-5	5	0,17	0,3	2	0,2	500	4,0	10-600	1-10	0,6-0,9	10

В сучасних умовах України застосовують дощувальні установки закордонного виробництва. Елементи техніки поливу цих машин можна розрахувати аналогічно відповідним типам машин розглянутих в даних методичних вказівках.

1.1.2 Розрахунок втрат води на випаровування

При штучному дощуванні дуже важливо врахувати втрати води на випаровування при польоті струменя в повітрі, з поверхні рослин і землі. Ці втрати в більшості визначаються температурою і відносною вологістю



повітря, дальність польоту струменя, а також швидкістю вітру. Коефіцієнт, який характеризує втрати на випаровування, визначають за формулою

$$u = \frac{t \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) \cdot (0,15 \cdot v_B + 0,71)}{100} \quad (1.1)$$

де t – температура повітря в період поливу, °С;

φ – відносна вологість повітря, %;

v_B – швидкість вітру на висоті 2 м, м/с.

На метеостанції швидкість вітру вимірюють на висоті флюгера. Для переходу від швидкості вітру на висоті флюгера до висоті 2 м використовують залежність $v_B = 0,7 \cdot v_\phi$, де v_ϕ – швидкість вітру на висоті флюгера.

Величина продуктивності витрати розраховується за формулою

$$Q_{н.в.} = K_y \cdot Q_{бр} \cdot u \quad (1.2)$$

де K_y – коефіцієнт, який залежить від типу дощувального пристрою (для короткоструменних 1,0...1,1; середньоструменних 1,3...1,5; далекоструменних 1,8...2,0).

В розрахунках елементів техніки поливу часто використовується коефіцієнт β , який показує вплив втрат на роботу дощувальних установок і визначається по залежності

$$\beta = 1 + u \cdot K_y \quad (1.3)$$

1.1.3 Розрахунок продуктивності дощувальних машин

При розрахунку техніки поливу дощуванням необхідно визначити:

- сезонну, добову і змінну продуктивність;

- загальну кількість дощувальних пристроїв, необхідних для поливу сівозмінної ділянки.

Необхідну на сівозміні кількість дощувальних пристроїв визначають за формулою

$$N = \frac{F_{нт}}{F_{сез}}, \quad (1.4)$$

де $F_{нт}$ – площа сівозміни нетто, призначена для поливу конкретним дощувальним пристроєм, га;

$F_{сез}$ – сезонна продуктивність дощувального пристрою, га.

Сезонну продуктивність можна прийняти рівною граничнодопустимому завантаженню на дощувальний пристрій по самому напруженому (піковому) період поливу. Визначається за формулою

$$F_{\text{сез}} = \frac{86,4 \cdot Q_{\text{м}} \cdot K_{\text{доб}} \cdot T_{\text{min}}}{m_{\text{р}} \cdot \beta} \tau, \quad (1.5)$$

де $Q_{\text{м}}$ – витрата дощувального пристрою, л/с;
 $K_{\text{доб}}$ – коефіцієнт використання часу доби;
 T_{min} – мінімальна тривалість міжполивного періоду в найбільш завантажений (піковий) період вегетації, діб (7-12 діб);
 τ – коефіцієнт, який враховує втрати часу за причинами, що не залежать від роботи дощувальних пристроїв (аварії на насосній станції, пориви на зрошувальній мережі, періоди зі швидкістю вітру, що перевищує допустиму для даного класу дощувальних машин);
 $m_{\text{р}}$ – середньовиважена поливна норма на сівозміні, м³/га;
 β – коефіцієнт, який враховує втрати води на випаровування при поливі, що визначається за формулою (1.3).

Коефіцієнт використання часу доби визначається по залежності

$$K_{\text{доб}} = \frac{n \cdot t_{\text{зм}} \cdot K'_{\text{зм}}}{24}, \quad (1.6)$$

де n – кількість робочих змін на добу;
 $t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год.;
 $K'_{\text{зм}}$ – плановий коефіцієнт використання часу за зміну.

При цілодобовій роботі дощувальної машини $K_{\text{доб}} = K'_{\text{зм}}$.

Планові коефіцієнти використання часу доби для деяких дощувальних пристроїв при різних поливних нормах наведені в табл. 1.2 [6].

Таблиця 1.2 – Планові коефіцієнти використання часу зміни машин і пристроїв при різних поливних нормах [6]

Машина або пристрій	Полівна норма, м ³ /га			
	150	300	450	600
УДС-25	0,32	0,47	0,56	0,62
КИ-50 «Сігма»	0,38	0,54	0,63	0,64
КДТ-25	0,72	0,82	0,85	0,87
ДДА-100М	0,52	0,70	0,79	0,86
ДДА-100МА	0,56	0,73	0,82	0,88
«Фрегат»	0,94	0,94	0,94	0,94
«Волжанка»	0,62	0,77	0,83	0,87
«Дніпро»	0,64	0,82	0,86	0,89
ДДН-70	0,74	0,79	0,81	0,82
ДДН-100	0,76	0,80	0,83	0,85

Добова продуктивність дощувальних пристроїв виводиться за формулою

$$F_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot Q_M \cdot K_{\text{доб}}}{m_p \cdot \beta}, \quad (1.7)$$

Змінна продуктивність визначається за формулою

$$F_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot t_{\text{зм}} \cdot K'_{\text{зм}}}{m_p \cdot \beta}. \quad (1.8)$$

1.4 Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами позиційної дії «Волжанка», «ДКН-80», «Ока», «Дніпро»

Дощувальні машини «Волжанка», «ДКН-80», «Ока», «Дніпро» відносяться до широкозахватних дощувальних машин фронтального переміщення, що працюють позиційно. Параметри окремих модифікацій «Волжанки» наведені в табл. 1.3, ДКН-80 – в табл. 1.4, «Ока» (ДКГ-80) – в табл. 1.5, «Дніпро» – в табл. 1.6. Схеми зрошувальної мережі на полі і технологія зрошення для вказаних машин наведені на рис. 1.1, 1.2 [6].

Технологічні схеми поливу дощувальних машин позиційної дії складають з врахуванням їх техніко-експлуатаційних характеристик, властивостей ґрунту і вимог рослин до водного режиму.

Таблиця 1.3 – Параметри і розміри окремих модифікацій дощувальної машини «Волжанка» [6]

Показники	ДКШ-64-800	ДКШ-56-700	ДКШ-48-600	ДКШ-40-500	ДКШ-32-400	ДКШ-24-300
Витрата води, л/с	64	56	48	40	32	24
Ширина захвату, м	800	700	600	500	400	300
Кількість дощувальних апаратів	64	56	48	40	32	24
Напір на гідранті, м	40	40	40	40	40	40
Середній шар дощу, мм/хв.	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Відстань між позиціями, м	18	18	18	18	18	18

Таблиця 1.4 – Параметри і розміри окремих модифікацій дощувальної машини ДКН-80 [6]

Показник	ДКН-80	ДКН-80-01	ДКН-80-02
Витрата води, л/с	91	76	60
Напір на гідранті, м	55	55	55
Середня інтенсивність штучного дощу, мм/хв.	0,34	0,34	0,34
Ширина захвату, м	600	500	400
Відстань між позиціями, м	27	27	27
Умови нормальної роботи машини:			
• вміст сухої речовини у воді, %	2	2	2
• реакція водного середовища (рН)	6-8	6-8	6-8
• ГДК розчину, г/л:			
азот	1,5	1,5	1,5
хлор	0,1	0,1	0,1
натрій	0,27	0,27	0,27

Таблиця 1.5 – Параметри і розміри окремих модифікацій дощувальної машини «Ока» (ДКГ-80) [6]

Показник	ДКГ-80	ДКГ-80-03	ДКГ-80-04
Витрата води, л/с	99	75	50
Напір води на гідранті, м	50	50	50
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	0,3	0,3	0,3
Робоча ширина захвату, м	800	600	400
Відстань між гідрантами, м	36	36	36
Привід	гідравлічний		
Витрата води гідроприводом, л/с	1,3	1,3	1,3

Таблиця 1.6 – Параметри і розміри окремих модифікацій дощувальної машини «Дніпро» [6]

Показник	ДФ-120	ДФ-120-01	ДФ-120-02	ДФ-120-03	ДФ-120-04
Витрата води, л/с	120	113	106	99	92
Ширина захвату, м	460	433	406	379	352
Кількість візків	17	16	15	14	13
Напір на гідранті, м	45	45	45	45	45
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Відстань між позиціями, м	54	54	54	54	54

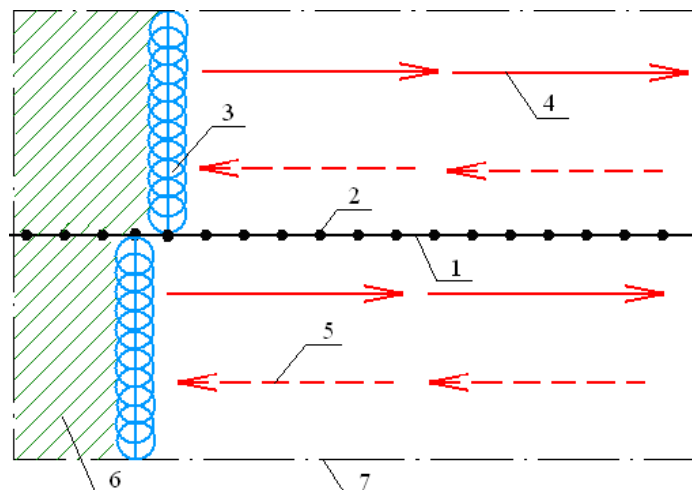


Рисунок 1.1 – Схема зрошувальної системи на полі та технології поливу для дощувальних машин ДКШ «Волжанка», ДКН-80, ДКГ-80 «Ока»: 1 – польовий трубопровід; 2 – гідрант; 3 – дощувальне крило; 4 – напрямок поливу; 5 – напрямок холостого ходу; 6 – полита площа; 7 – границя зрошуваної ділянки.

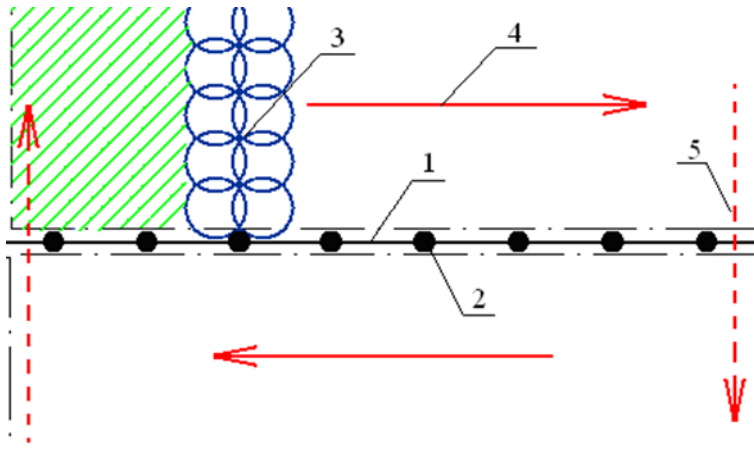


Рисунок 1.2 – Схема зрошувальної мережі на полі та технології поливу для дощувальної машини ДФ-120 «Дніпро»: 1 – польовий трубопровід; 2 – гідрант для підключення дощувальної машини; 3 – дощувальна машина; 4 – напрям поливу; 5 – напрям холостого ходу

Площу поливу з однієї позиції (га) визначають за формулою

$$F_n = \frac{L \cdot b}{10\,000}, \quad (1.9)$$

де L – ширина захвату, м;

b – відстань між позиціями (гідрантами), м.

Середню інтенсивність штучного дощу (мм/хв.) розраховують за формулою

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{60 \cdot Q_{\text{нт}}}{L \cdot b \cdot \beta}, \quad (1.10)$$

Тривалість роботи устаткування на позиції для видачі розрахунково-поливної норми (хв.) знаходять за формулою

$$t_n = 0,1 \frac{m}{\rho_{\text{сеп}}}, \quad \text{або} \quad t_n = \frac{m \cdot F_n}{600 \cdot Q_{\text{нт}}}, \quad (1.11)$$

Продуктивність дощувальних машин вираховують за формулами (1.5), (1.7), (1.8).

1.1.5 Приклад розрахунку елементів техніки поливу дощувальними машинами, що працюють позиційно

Вправа 1.1

Розрахунок елементів техніки поливу дощувальними машинами, що працюють позиційно.

Дано:

1. Дощувальна машина ДФ-120 «Дніпро».
2. Зрошувана площа сівозміни – 600 га.
3. Поливна норма – 400 м³/га.
4. Температура повітря під час поливу – 25 °С.
5. Відносна вологість повітря – 60 %.
6. Швидкість вітру на висоті 2 м – 1,5 м/с.
7. Полив здійснюють в дві зміни по 8 годин.
8. Мінімальний міжполивний період – 10 діб.

Необхідно визначити:

1. Непродуктивну витрату (втрати на випаровування).
2. Площу поливу з однієї позиції.
3. Середню інтенсивність дощу.
4. Тривалість роботи на позиції для видачі поливної норми.
5. Продуктивність машини за зміну, добу, сезон.
6. Потрібну на сівозміні кількість машин.

Розв'язок

Технічні характеристики дощувальної машини ДФ-120 «Дніпро» наведені в табл. 1.6.

1. Втрати води на випаровування при польоті струменя в повітрі, з поверхні рослин і ґрунту характеризується коефіцієнтом u , який розраховують за формулою (1.1)

$$u = \frac{t \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) \cdot (0,15 \cdot v_{\text{в}} + 0,71)}{100} = \frac{20 \cdot \left(1 - \frac{60}{100}\right) \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,71)}{100} = 0,075$$

Непродуктивну витрату води знаходять за формулою (1.2), при $K_{\text{у}} = 1,4$, так як дощувальна машина «Дніпро» відноситься до середньооструминних, тоді

$$Q_{\text{н.в.}} = 1,4 \cdot 120 \cdot 0,075 = 12,6 \text{ л/с.}$$

Витрата води дощувальною машиною нетто буде

$$Q_{\text{нт}} = Q_{\text{бр}} - Q_{\text{н.в.}} = 120 - 12,6 = 107,4 \text{ л/с.}$$

Коефіцієнт β за формулою (1.3) складе $\beta = 1 + 0,075 \cdot 1,4 = 1,105$.

2. Площу поливу з однієї позиції розраховують за формулою (1.9)

$$F_n = \frac{L \cdot b}{10\,000} = \frac{460 \cdot 54}{10\,000} = 2,58 \text{ га.}$$

3. Середню інтенсивність штучного дощу (мм/хв.) розраховують за формулою (1.10)

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{60 \cdot Q_{\text{нт}}}{L \cdot b \cdot \beta} = \frac{60 \cdot 107,4}{460 \cdot 54 \cdot 1,05} = 0,226 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}.$$

4. Тривалість роботи устаткування на позиції для видачі розрахунково- поливної норми (хв.) знаходять за формулою (1.11)

$$t_n = 0,1 \frac{m}{\rho_{\text{сеп}}} = 0,1 \frac{400}{0,226} = 177 \text{ хв.}$$

5. Сезонну продуктивність приймають рівною гранично допустимому навантаженню на дощувальний пристрій по самому напруженому періоду поливу і визначають за формулою (1.5). Коефіцієнт використання часу доби визначають за формулою (1.6)

$$K_{\text{доб}} = \frac{n \cdot t_{\text{зм}} \cdot K'_{\text{зм}}}{24} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 0,84}{24} = 0,56$$

Коефіцієнт, який враховує втрати часу за причинами, що не залежать від роботи дощувальних пристроїв (аварії на насосній станції, пориви на зрошувальній мережі, періоди зі швидкістю вітру, що перевищує допустиму для даного класу дощувальних машин) в середньому складає 0,9.

Тоді за формулою (1.5)

$$F_{\text{сез}} = \frac{86,4 \cdot 120 \cdot 0,56 \cdot 10}{400 \cdot 1,105} \cdot 0,9 = 118 \text{ га,}$$

Добова продуктивність розраховується за формулою (1.7)

$$F_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot Q_M}{m_p \cdot \beta} \cdot K_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot 120}{400 \cdot 1,105} \cdot 0,56 = 13,1 \text{ га,}$$

Продуктивність дощувальної машини за зміну розраховують за формулою (1.8)

$$F_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot t_{\text{зм}}}{m_p \cdot \beta} \cdot K'_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot 120 \cdot 8}{400 \cdot 1,105} \cdot 0,84 = 7,82 \text{ га.}$$

6. Необхідну на сівозміні кількість машин визначають за формулою (1.4)

$$N = \frac{F_{\text{нт}}}{F_{\text{сез}}} = \frac{600}{118} = 5 \text{ шт.}$$

Але все ж таки краще, щоб кількість машин було рівним кількості полів сівозміни.

1.1.6 Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами кругової дії

Найбільш поширеною широкозахватною машиною кругової дії в Україні є ДМУ «Фрегат».

Дощувальні машини кругової дії випускають в двох виконаннях: «Фрегат»-1 (марка ДМУ-А), водопровідний пояс якої складається із труб діаметром 152,4 мм, і «Фрегат»-2 (марка ДМУ-Б) з водопровідним поясом із труб діаметром 177,8 і 152,4 мм.

Залежно від конкретних умов використовують машини різних модифікацій, які відрізняються довжиною і витратою води. В табл. 1.7 наведені основні технічні характеристики модифікацій дощувальної машини «Фрегат», які найбільш широко використовуються в даний час [6].

Таблиця 1.7 – Основні технічні характеристики дощувальної машини «Фрегат» [6]

Марка модифікації машини «Фрегат»	Кількість самохідних візків	Довжина, м	Витрата води, л/с	Потрібний напір на вході в машину, МПа	Середня інтенсивність дощу, мм/хв	Максимальна площа поливу з однієї позиції при включеному кінцевому апараті, м	Радіус поливу при відключеному кінцевому апараті, м	Мінімальна поливна норма за один оберт машини, м ³ /Га	Мінімальна тривалість поливного оберту машини, год	Кількість дощувальних апаратів, шт	Маса, т	
											без води	в робочому стані (з водою)
ДМ-335-58	12	335,1	58	0,66	0,26	40,5	349	190	37,0	38	11,4	22,8
ДМ-365-68	13	364,7	68	0,69	0,26	45,0	378	210	40,5	41	12,3	23,7
ДМ-394-55	14	394,3	55	0,69	0,22	55,0	405	160	44,0	44	13,2	24,6
ДМ-394-80	14	394,3	80	0,69	0,29	55,0	408	230	44,0	44	13,2	24,6
ДМ-424-50	15	423,9	50	0,69	0,19	64,0	433	135	47,5	47	14,1	25,5
ДМ-454-70	15	423,9	70	0,69	0,25	64,0	435	181	47,5	47	14,1	25,5
ДМ-424-90	15	423,9	90	0,69	0,30	64,0	438	240	47,5	47	14,1	25,5
ДМ-454-50	16	453,5	50	0,69	0,18	72,0	463	125	51,0	50	15,0	27,0
ДМ-454-70	16	453,5	70	0,69	0,23	72,0	465	176	51,0	50	15,0	27,0
ДМ-454-100	16	453,5	100	0,69	0,31	72,0	468	240	51,0	50	15,0	27,0
ДМУ-А199-28	7	199,0	28 20	0,56 0,55	0,22 0,17	15,8	211 209	197 98	21,4	22	6,5	10,1
ДМУ-А229-32	8	228,7	32 25	0,59 0,58	0,22 0,18	20,2	241 238	142 111	24,9	25	7,4	11,5
ДМУ-А253-38	9	253,4	38 28	0,62 0,59	0,24 0,19	24,4	267 265	156 114	27,8	28	8,2	12,7
ДМУ-А283-45	10	283,0	45	0,64	0,25	29,8	267	170	31,3	31	9,2	14,3

Марка модифікації машини «Фрегат»	Кількість самохідних візків	Довжина, м	Витрата води, л/с	Потрібний напір на вході в машину, МПа	Середня інтенсивність дощу, мм/хв	Максимальна площа поливу з однієї позиції при включеному кінцевому апараті, м	Радіус поливу при відключеному кінцевому апараті, м	Мінімальна поливна норма за один оберт машини, м ³ /га	Мінімальна тривалість поливного оберту машини, год	Кількість дощувальних апаратів, шт	Маса, т	
											без води	в робочому стані (з водою)
			30	0,61	0,18		295	113				
ДМУ-А308-30	11	307,8	30	0,62	0,16	34,8	317	106	34,2	34	10,0	15,5
ДМУ-А308-55	11	307,8	55 45	0,63 0,66	0,27 0,23	34,8	322 321	195 159	34,2	34	10,0	15,5
ДМУ-А337-45	12	337,4	45 35	0,68 0,66	0,21 0,17	41,3	350 349	147 114	37,6	37	10,9	16,9
ДМУ-А337-65	12	337,4	65 55	0,69 0,25	0,29 0,25	41,3	351 351	213 180	37,6	37	10,9	16,9
ДМУ-А362-50	13	362,2	50 40	0,69 0,68	0,21 0,18	47,1	375 374	155 124	40,5	40	11,7	18,0
ДМУ-А392-50	14	391,8	50 40	0,69	0,20 0,17	54,6	404 402	145 116	44,0	43	12,6	19,6
ДМУ-А417-55	15	416,5	55 45	0,69	0,21 0,17	61,2	429 428	152 124	46,9	46	13,4	20,8
ДМУ-Б379-75	13	379,2	75 68 60	0,69	0,29 0,26 0,24	51,3	392 390 390	222 202 178	42,3	41	12,2	20,2
ДМУ-Б409-80	14	408,8	80 72 65	0,69	0,29 0,26 0,24	59,1	420 420 419	223 200 181	45,7	44	13,2	21,9
ДМУ-Б434-90	15	433,6	90 80 70	0,69	0,31 0,28 0,24	66,1	447 445 444	238 212 185	48,7	47	14,0	23,3
ДМУ-Б463-60	16	463,2	60 50	0,69	0,20 0,18	74,9	474 473	150 125	52,2	50	15,0	25,0
ДМУ-Б463-90	16	463,2	90 80 72	0,69	0,29 0,26 0,23	74,9	476 474 474	225 200 180	52,2	50	15,0	25,0
ДМУ-Б488-65	17	487,9	65 55	0,69	0,21 0,18	82,6	498 497	156 132	55,0	53	15,8	26,4
ДМУ-Б488-90	17	487,9	90 80	0,69	0,27 0,25	82,6	499 498	216 192	55,0	53	15,8	26,4
ДМУ-Б518-90	18	517,6	90 80 72	0,69	0,26 0,23 0,21	92,5	528 528 528	205 182 164	58,5	56	16,8	28,2
ДМУ-Б542-90	19	542,3	90 80 72	0,69	0,25 0,23 0,21	102,2	553 553 552	194 173 155	61,4	59	17,6	29,5
ДМУ-Б572-90	20	571,9	90 80 72	0,69	0,24 0,22 0,20	111,3	583 582 582	189 168 151	65,0	62	18,6	31,3
ДМУ-Анм199-20	7	199,0	20	0,29	0,43	14,4		192	39,0	64	6,3	9,9
ДМУ-Анм229-25	8	228,7	25	0,30	0,44	18,7		218	45,3	76	7,2	11,3

Марка модифікації машини «Фрегат»	Кількість самохідних візків	Довжина, м	Витрата води, л/с	Потрібний напір на вході в машину, МПа	Середня інтенсивність дощу, мм/хв	Максимальна площа поливу з однієї позиції при включеному кінцевому апараті, м	Радіус поливу при відключеному кінцевому апараті, м	Мінімальна поливна норма за один оберт машини, м ³ /га	Мінімальна тривалість поливного оберт машини, год	Кількість дощувальних апаратів, шт	Маса, т	
											без води	в робочому стані (з водою)
ДМУ-Анм253-30	9	253,4	30	0,31	0,45	22,6		242	50,6	86	8,0	12,5
ДМУ-Анм283-30	10	283,0	30	0,32	0,43	27,9		220	56,9	92	8,9	14,0
ДМУ-Анм308-30	11	307,8	30	0,32	0,46	32,7		205	62,1	101	9,7	15,2
ДМУ-Анм337-30	12	337,4	30	0,32	0,43	39,0		189	68,5	108	10,6	16,6
ДМУ-Анм379-40	13	379,2	40	0,32	0,43	48,8		226	76,8	128	11,9	19,9
ДМУ-Анм409-45	14	408,8	45	0,34	0,43	56,4		239	83,1	138	12,8	21,5
ДМУ-Анм434-50	15	433,6	50	0,35	0,44	63,2		252	88,4	150	13,6	22,9
ДМУ-Анм463-72	16	643,0	72	0,37	0,61	73,3		330	109			

Крім цього, існують також спеціальні модифікації дощувальної машини «Фрегат» для роботи на тваринницьких стоках ДМУ-Асс і низьконапірний «Фрегат» на металічному ході – ДМУнм та ін.

На рис. 1.3 наведена схема розташування зрошувальної мережі та технології поливу дощувальної машини ДМУ «Фрегат» [6].

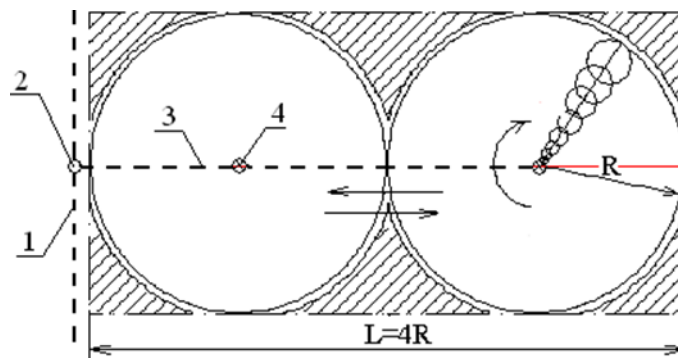


Рисунок 1.3 – Схема зрошувальної мережі та технології поливу для дощувальної машини «Фрегат», що працює на двох позиціях: 1 – розподільчий трубопровід; 2 – розподільчий колодязь; 3 – польовий трубопровід; 4 – гідрант для підключення дощувальної машини [6]

Тривалість роботи на одній позиції дощувальної машини «Фрегат» (год.) при заданій поливній нормі визначають за формулою

$$t_n = \frac{m \cdot F_n \cdot \beta}{3.6 \cdot Q_M \cdot K'_{3M}} \quad (1.12)$$



де F_n – площа поливу на одній позиції, га.

Площа поливу на одній позиції (га) визначають за формулою

$$F_n = \frac{\pi \cdot (R + r)^2}{10\,000} \quad (1.13)$$

де R – довжина трубопроводу, м;

r – дальність польоту струменя кінцевого апарату, м (30...35 м).

Середню інтенсивність дощу на позиції (мм/хв.) визначають за формулою

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{60 \cdot Q_M}{r \cdot R \cdot \beta} \quad (1.14)$$

де R – довжина трубопроводу, м;

r – дальність польоту струменя кінцевого апарату, м (30...35 м).

Поливну норму регулюють кількістю подвійних ходів гідроциліндра на останньому візку. При кількості ходів на останньому візку 5,5 машина рухається на максимальній швидкості і виливає мінімальну поливну норму, що є основною характеристикою даної модифікації (див. табл. 1.7) [6].

Для задання іншої поливної норми можна скористатись формулою пропорційності

$$n = \frac{m \cdot 5,5}{m_{\text{min}}} \quad (1.15)$$

де m – задана поливна норма, м³/га;

m_{min} – мінімальна поливна норма для даної модифікації (залежить від технічних характеристик модифікації, див. табл. 1.7), м³/га

Продуктивність машини за годину роботи визначають за формулою:

$$F_{\text{год}} = \frac{3,6 \cdot Q_M}{m \cdot \beta} \quad (1.16)$$

Середню швидкість руху останнього візка (м/год.) можна визначити за формулою

$$v_{\text{сер}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{t_n} \quad (1.17)$$

Оптимальну витрату дощувальної машини можна розрахувати за формулою

$$Q_M = d_{\text{max}} \frac{F \cdot \beta}{86,4 \cdot K_{\text{доб}} \cdot \gamma_l}, \quad (1.18)$$

де d_{max} – середньодобовий дефіцит водоспоживання, розрахований не менше як для двох суміжних декад пікового періоду найбільш вологолюбивої сільськогосподарської культури сівозміни, м³/(га·доб);
 F – зрошувана площа ділянки, що визначається довжиною машини, га;
 $K_{\text{доб}}$ – коефіцієнт використання робочого часу доби;
 β – коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування в зоні дощової хмари при дощуванні;
 γ_l – коефіцієнт, що враховує можливі втрати робочого часу за метеорологічними умовами.

Основними метеорологічними умовами, що перешкоджають поливу є перевищення допустимої швидкості вітру. Для дощувальної машини «Фрегат» максимальна допустима швидкість складає 8 м/с. Враховуючи максимальну швидкість вітру

$$\gamma_l = \frac{100 - \alpha}{100} \quad (1.19)$$

де α – тривалість періоду зі швидкістю вітру більше допустимої для даного типу дощувальної техніки, % від тривалості поливного періоду.

Кількість позицій, які повинна забезпечувати одна машина, залежить від її сезонного навантаження, розміщення і черговість культур в сівозміні, організації території сівозмінної ділянки і її визначають за формулою

$$n = \frac{F_{\text{сез}}}{F_n}, \quad (1.20)$$

де $F_{\text{сез}}$ – продуктивність дощувальної машини за сезон, га;
 F_n – площа нетто однієї позиції, яку обслуговує машина, га.

Продуктивність дощувальної машини визначають за формулами (1.5), (1.7), (1.8).

1.1.7 Приклад розрахунку техніки поливу дощувальними машинами кругової дії

Вправа 1.2

Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами кругової дії

Дано:

1. Дощувальна машина ДМУ-Б463-60.
 2. Площа сівозміни – 600 га.
 3. Середня поливна норма – 300 м³/га.
 4. Коефіцієнт, що враховує втрати на випаровування β – 1,1.
 5. Ймовірність перевищення вітру за вегетацію більше допустимого – 5,9 %.
 6. Середньодобовий дефіцит водоспоживання, розрахований в самий навантажений період – 54 м³/га.
 7. Тривалість мінімального міжполивного періоду – 7 діб.
 8. Полив здійснюють в 3 зміни по 8 год.
- Необхідно визначити:
1. Площу поливу з однієї позиції.
 2. Оптимальну витрату дощувальної машини.
 3. Тривалість роботи на одній позиції.
 4. Середню інтенсивність дощу.
 5. Кількість подвійних ходів на останньому візку для видачі поливної норми.
 6. Продуктивність машини за годину, зміну, добу та сезон.
 7. Кількість машин необхідна для сівозміни.
 8. Кількість позицій, з яких може поливати одна машина.

Розв'язок

Технічні характеристики дощувальної машини ДМУ-Б463-60 наведені в табл. 1.7.

1. Площа поливу на одній позиції дощувальної машини «Фрегат» визначають за формулою (1.13)

$$F_n = \frac{\pi \cdot (R + r)^2}{10\,000} = \frac{3,14 \cdot (463 + 30)^2}{10\,000} = 76,4 \text{ га.}$$

2. Оптимальну витрату дощувальної машини можна підібрати за формулою (1.18).

Коефіцієнт, що враховує можливі втрати робочого часу за метеорологічними умовами за формулою (1.19) складає

$$\gamma_l = \frac{100 - \alpha}{100} = \frac{100 - 5,9}{100} = 0,941.$$

Коефіцієнт використання часу доби для дощувальної машини «Фрегат», при цілодобовій роботі $K_{доб} = K'_{зм} = 0,94$. Тоді за формулою (1.18)

$$Q_M = d_{max} \frac{F \cdot \beta}{86,4 \cdot K_{доб} \cdot \gamma_l} = 54 \cdot \frac{76,4 \cdot 1,1}{86,4 \cdot 0,94 \cdot 0,941} = 59,4 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Отже, для оптимальної роботи машини повинна бути витрата 60 л/с, при більшій витраті буде надмірно неоправдана інтенсивність дощу, при меншій дощувальна машина не встигне поливати в найбільш завантажений період.

3. Тривалість роботи на одній позиції дощувальної машини «Фрегат» при заданій поливній нормі 300 м³/га визначають за формулою (1.12)

$$t_n = \frac{m \cdot F_n \cdot \beta}{3,6 \cdot Q_M \cdot K'_{зм}} = \frac{300 \cdot 76,4 \cdot 1,1}{3,6 \cdot 60 \cdot 0,94} = 124 \text{ год. або } 5,2 \text{ діб.}$$

4. Середню інтенсивність дощу визначають за формулою (1.14)

$$\rho_{сер} = \frac{60 \cdot Q_M}{r \cdot R \cdot \beta} = \frac{60 \cdot 60}{30 \cdot 463 \cdot 1,1} = 0,236 \text{ мм/хв.}$$

5. Потрібну кількість подвійних ходів на останньому візку для видачі поливної норми розраховують за формулою (1.15)

$$n = \frac{m \cdot 5,5}{m_{min}} = \frac{300 \cdot 5,5}{150} = 11 \text{ шт.}$$

6. Продуктивність машини за годину роботи можна знайти за формулою (1.16)

$$F_{год} = \frac{3,6 \cdot Q_M}{m \cdot \beta} = \frac{3,6 \cdot 60}{300 \cdot 1,1} = 0,65 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

Середня швидкість руху останнього візка розраховують за формулою (1.17)

$$v_{сер} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{t_n} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 463}{124} = 23,4 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Продуктивність дощувальної машини за зміну при роботі 8 год. можна розрахувати за формулою (1.8)

$$F_{зм} = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot t_{зм}}{m_p \cdot \beta} \cdot K'_{зм} = \frac{3,6 \cdot 60 \cdot 8}{300 \cdot 1,1} \cdot 0,94 = 4,92 \text{ га.}$$

Продуктивність дощувальної машини за добу при цілодобовій роботі за формулою (1.7) складе

$$F_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot Q_M}{m_p \cdot \beta} \cdot K_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot 60}{300 \cdot 1,1} \cdot 0,94 = 14,8 \text{ га.}$$

Продуктивність дощувальної машини за сезон при мінімальному міжполивному сезоні 7 діб визначають за формулою (1.5)

$$F_{\text{сез}} = \frac{86,4 \cdot Q_M \cdot K_{\text{доб}} \cdot T_{\text{min}}}{m_p \cdot \beta} \tau = \frac{86,4 \cdot 60 \cdot 0,94 \cdot 7}{300 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 93,0 \text{ га.}$$

7. Кількість машин, необхідна на сівозміні, визначають за формулою (1.4)

$$N = \frac{F_{\text{нт}}}{F_{\text{сез}}} = \frac{600}{93,0} = 6,45 \text{ (7 машин).}$$

8. Кількість позицій які може обслужити одна машина, визначають за формулою (1.20)

$$n = \frac{93,0}{76,4} = 1,22 \text{ (1 позиція).}$$

1.1.8 Розрахунок техніки поливу дощувальною машиною фронтального переміщення «Кубань»

Електрифікована дощувальна машина фронтального переміщення «Кубань» проводить полив в русі вздовж відкритого облицьованого каналу, по якому здійснюється підвід води.

Вода, забирається насосом за допомогою поплавкового водозабору, подається в водопровідний пояс машини. Водопровідний трубопровід складається із труб діаметром 168 мм. Дощувальна машина має два крила, розташованих по обидва боки зрошувального каналу. На ній встановлені низьконапірні короткоструминні насадки секторної дії декількох типорозмірів.

«Кубань» рухається як безпереривно, так і в «старт-стопному» режимі. При режимі «старт-стоп» час роботи включає два періоди – час руху і час стоянки. Основна технологічна схема поливу дощувальної машини «Кубань» наведена на рис. 1.4 [6].

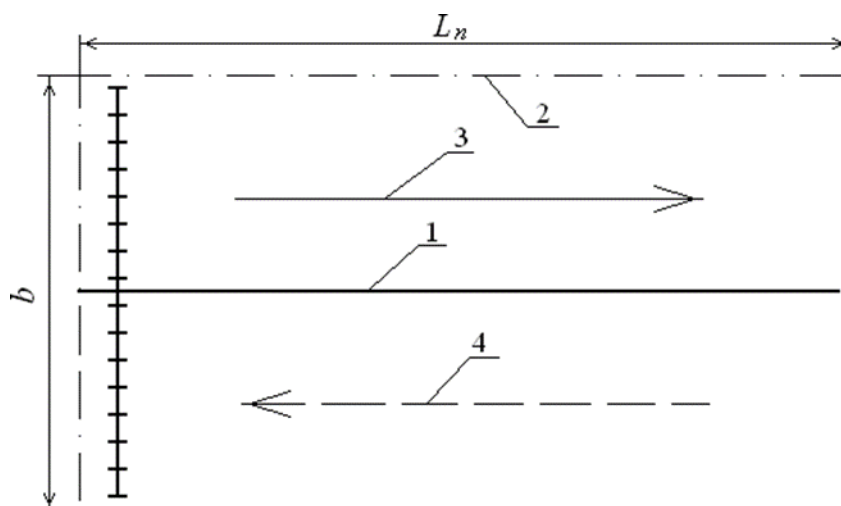


Рисунок 1.4 – Технологічна схема поливу сільськогосподарських культур ЕДМФ «Кубань»: L_n – довжина поля, b – ширина захвату; 1 – відкритий канал; 2 – границя зрошуваної ділянки; 3 – напрямок поливу; 4 – напрямок холостого ходу [6]

Виходячи з того, що дощувальна машина «Кубань» має високу інтенсивність дощу, для попередження утворення поверхневого стоку поливну норму необхідно подавати за декілька проходів. Найбільш раціонально поливати в двох напрямках. На практиці в конкретних ґрунтових і господарських умовах використовуються декілька технологічних схем поливу.

Основні технічні характеристики дощувальної машини ЕДМФ «Кубань-Л» і «Кубань-М» наведені в табл. 1.8 [6].

Таблиця 1.8 – Основні характеристики дощувальної машини ЕДМФ «Кубань» [6]

Показник	«Кубань-М»	«Кубань-Л»
Витрата води, л/с	180	200
Повний напір, м	37	31
Ширина захвату, м	800	800
Довжини миттєвої площі захвату дощем, м	12	12
Кількість дощувальних насадок на водопровідному поясі	294	303
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	1,1	1,3
Шар опадів за один прохід, мм	5,6-69,4	8-70
Швидкість переміщення, м/хв.	0,2-2,0	0,2-2,0
Відстань від поверхні землі до ферми трубопроводу, м	3,3	3,3
Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,73-0,82	

Так як «Кубань» працює в русі, в режимі «старт-стоп», то основна задача техніки поливу полягає в установленні співвідношення між часом руху і стоянки машини протягом одного циклу залежно від прийнятої технологічної схеми поливу і величини поливної норми. Час одного циклу $t_{\text{ц}}$ на кожному кроці включає час руху $t_{\text{рух}}$ і час стоянки $t_{\text{см}}$:


$$t_{ц} = t_{пyx} + t_{cm} . \quad (1.21)$$

Тривалість кожного циклу постійна і складає 100 с.
Середню швидкість руху машини на кроці S знаходять по залежності:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{60 \cdot \Delta S}{t_{ц}} \quad (1.22)$$

Із умови подачі необхідного шару води (h) за прохід середню швидкість руху встановлюють за формулою

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l_S}{t_1} \quad (1.23)$$

де l_S – довжина миттєвої площі захвату дощем (для ЕДМФ «Кубань» 12 м);

t_1 – час, необхідний для подачі відповідного шару води;

$$t_1 = \frac{h_1}{\rho} \quad (1.24)$$

де ρ – інтенсивність дощу дощувальної машини, мм/хв.

Значення h_1 залежить від прийнятої технологічної схеми поливу і величини поливної норми:

$$h_1 = \frac{m}{n} \quad (1.25)$$

де m – поливна норма, мм;

n – кількість проходів, необхідне для видачі заданої норми.

Підставляючи значення t_1 в формулу (1.22), отримаємо значення середньої швидкості руху машини

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l_S \cdot \rho}{h_1} \quad (1.26)$$

Величину кроку ΔS визначаємо із залежності (1.22)

$$\Delta S = \frac{v_{\text{сеп}} \cdot t_{ц}}{60} . \quad (1.27)$$



Час руху дощувальної машини на кожному кроці ΔS виводиться із залежності

$$t_{\text{рух}} = \frac{60 \cdot \Delta S}{v} \quad (1.28)$$

де v – швидкість руху машини між зупинками з урахуванням корекції.

Тривалість стоянки машини на мікропозиції визначають за формулою (1.21)

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ц}} - t_{\text{рух}} \quad (1.29)$$

Кількість кроків на відрізку шляху, рівному довжині миттєвої площі захвату дощем, буде:

$$n_S = \frac{l_S}{\Delta S} \quad (1.30)$$

Час одного проходу $t_{\text{пр}}$ визначають за формулою

$$t_{\text{пр}} = \frac{L_n}{v_{\text{сер}}} \quad (1.31)$$

де L_n – довжина поля, м.

При поливі дощувальною машиною «Кубань» максимальна довжина поля взаємозв'язана з допустимою тривалістю поливу сільськогосподарських культур, а також величиною поливної норми. Допустима тривалість поливу (T_{min}) залежить від агробіологічних особливостей культури. Овочеві культури і картоплю необхідно поливати за 4-5, зернові, кормові, технічні та інші – 8-10 діб. Виходячи із цих умов, довжину поля, зайняту конкретною культурою, визначають за формулою

$$L_n = \frac{86,4 \cdot Q_m \cdot K_{\text{доб}} \cdot T_{\text{min}} \cdot 10000}{m \cdot \beta \cdot b} \quad (1.32)$$

де b – ширина захвату дощем машини, м.

Дощувальна машина «Кубань» може переміщатись при різних швидкостях в обох напрямках як з поливом, так і без поливу. Це дає можливість підбирати різні технологічні схеми поливів залежно від природно-господарських умов і агробіологічних особливостей сільськогосподарських культур. Мінімальну кількість проходів дощувальної машини встановлюють залежно від величини поливної норми і допустимої поливної норми без



створення стоку:

$$N_{\text{пр}} = \frac{m}{m_{\text{доб}}}, \quad (1.33)$$

де $m_{\text{доб}}$ – достокова (допустима) поливна норма без утворення стоку, $\text{м}^3/\text{га}$.

Продуктивність дощувальної машини розраховується за формулами (1.5), (1.7), (1.8).

1.1.9 Приклад розрахунку елементів техніки поливу для ЕДМФ «Кубань»

Вправа 1.3

Розрахунок елементів техніки поливу для ЕДМФ «Кубань»

Дано:

1. Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинковий.
2. Показник безнапірного вбирання води в Ґрунт – 70 мм.
3. Сільськогосподарська культура – помідори.
4. Поливна норма – 500 $\text{м}^3/\text{га}$.
5. Мінімальний міжполивний період – 7 діб.
6. Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування підчас поливу – 1,1.
7. Дощувальна машина працює цілодобово.
8. Коефіцієнт робочого часу доби – 0,75.

Необхідно визначити:

1. Режим роботи ЕДМФ «Кубань-М».
2. Максимальну довжину поля.

Розв'язок

Технічні характеристики дощувальної машини ЕДМФ «Кубань-М» наведені в табл. 1.8 [6].

Для вибору розрахункової технологічної схеми поливу визначають допустиму поливну норму без утворення стоку за формулою Єрхова при значеннях, прийнятих за даними технічними характеристиками, як інтенсивність штучного дощу $\rho_{\text{сер}} = 1,125 \text{ мм/хв.}$; середній діаметр крапель $d = 1 \text{ мм}$:

$$m = \frac{P}{\sqrt{\rho} \cdot e^{0,5 \cdot d}} = \frac{70}{\sqrt{1,125} \cdot e^{0,5 \cdot 1}} = 35 \text{ мм.}$$

Отже, поливна норма більше 350 $\text{м}^3/\text{га}$ викликає утворення поверхневого стоку. Тому її доцільно видавати за два проходи, розділивши її на



два шари по 25 мм.

Тривалість, необхідну для подачі відповідного шару води визначають за формулою (1.24)

$$t_1 = \frac{h_1}{\rho} = \frac{25}{1,125} = 22 \text{ хв.}$$

Середню швидкість руху машини визначають виходячи із величини миттєвої площі захвату дощем ($l_S = 12$ м) за формулою (1.23)

$$v_{\text{сер}} = \frac{l_S}{t_1} = \frac{12}{22} = 0,54 \text{ м/хв.}$$

Величину кроку ΔS визначають за формулою (1.27)

$$\Delta S = \frac{v_{\text{сер}} \cdot t_{\text{ц}}}{60} = \frac{0,54 \cdot 100}{60} = 0,9 \text{ м.}$$

Тривалість руху дощувальної машини на кожному кроці встановлюється за формулою (1.28) при максимальній швидкості руху 2 м/с:

$$t_{\text{рух}} = \frac{60 \cdot \Delta S}{v} = \frac{60 \cdot 0,9}{2,0} = 27 \text{ с.}$$

Тривалість стоянки дощувальної машини на мікропозиції складає за формулою (1.29)

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ц}} - t_{\text{рух}} = 100 - 27 = 73 \text{ с.}$$

Отже, для подачі шару $h_1 = 25$ мм дощувальна машина повинна працювати в режимі «стоп-старт» з такими часовими характеристиками: імпульс – 27 с, пауза – 73 с. Ці параметри встановлюються на основному таймері блоку управління. Кількість кроків на відрізку шляху, що дорівнює довжині миттєвої площі захвату дощем буде з формулою (1.30)

$$n_S = \frac{l_S}{\Delta S} = \frac{12}{0,9} = 13 \text{ шт.}$$

Максимально допустима довжина поля, зайнятого томатами, не повинна перевищувати (див. формулу (1.32))

$$L_n = \frac{86,4 \cdot Q_m \cdot K_{\text{доб}} \cdot T_{\text{min}} \cdot 10000}{m \cdot \beta \cdot b} = \frac{86,4 \cdot 180 \cdot 0,75 \cdot 7 \cdot 10000}{500 \cdot 1,1 \cdot 800} = 1855 \text{ м.} \quad (1.32)$$

1.1.10 Розрахунок техніки поливу агрегатами ДДА-100МА

Основні техніко-економічні показники дощувальних агрегатів ДДА-100М і ДДА-100МА наведені в табл. 1.9 [6].

Таблиця 1.9 – Основні технічні показники двухконсольних дощувальних агрегатів [6]

Показник	ДДА-100М	ДДА-100МА
Витрата води, л/с	100	130
Повний напір, м	26,5	37,0
Шар опадів за один прохід агрегату, мм:		
вперед	6,7	3,8
назад	5,3	6,8
Довжина крила, м	55,0	55,0
Ширина захвату дощем, м	120	120
Робоча швидкість руху, км/год		
вперед	0,445	до 1,03
назад	0,565	0,575

Особливість поливу цими дощувальним агрегатами заключається в тому, що діє машина в русі, переміщуючись вздовж тимчасового зрошувача, із якого забирає поливну воду. Схема зрошувальної мережі на полі для дощувального агрегату ДДА наведена на рис. 1.5 [6].

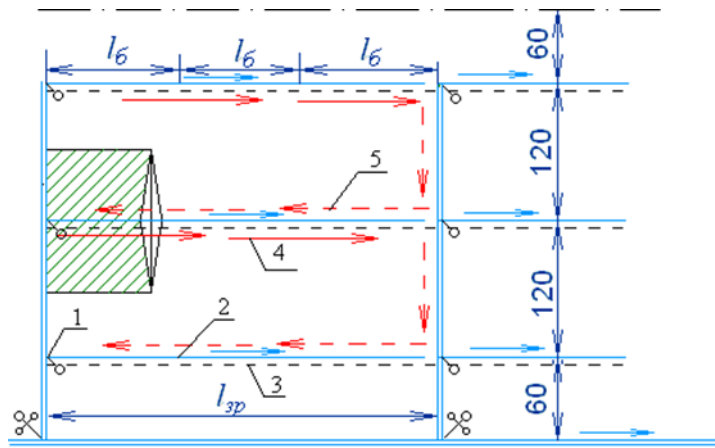



Рисунок 1.5 – Схема зрошувальної мережі на полі та технології поливу для агрегату ДДА-100М [6]: 1 – гідрант-водовипуск на розподільчому трубопроводі (хлопавка); 2 – тимчасовий зрошувач; 3 – експлуатаційна дорога вздовж тимчасового зрошувача; 4 – напрямок переміщення агрегату вздовж тимчасового зрошувача (робочий хід); 5 – холостий переїзд агрегату (на схемі розміри дані в метрах)

Під час поливу тимчасовий зрошувач поділяється на б'єфи (смуги, які зрошуються за один прохід), в межах 100-400 м. Максимальну довжину



б'єфу виходячи із нормальної роботи всмоктуючої лінії можна визначити за формулою

$$L_{\text{б}} = \frac{h_0 - h_{\text{в}} - h_3}{i}, \quad (1.34)$$

де h_0 – глибина тимчасового зрошувача, 0,9...0,7 м;

$h_{\text{в}}$ – мінімальна глибина води в тимчасовому зрошувачі, 0,3...0,35 м (з умови нормальної роботи всмоктуючого клапану);

h_3 – запас від максимального рівня води до бровки зрошувача, 0,1...0,15 м;

i – похил дна тимчасового зрошувача (максимально допустимий 0,002).

Тривалість поливу на одному б'єфі визначають за формулою

$$T_{\text{б}} = n \cdot t_{\text{б}}, \quad (1.35)$$

де n – кількість проходів агрегату по одному б'єфу;

$t_{\text{б}}$ – час одного проходу на б'єфі, хв.

$$t_{\text{б}} = \frac{L_{\text{б}}}{v_{\text{сеп}}}, \quad (1.36)$$

де $v_{\text{сеп}}$ – середня швидкість руху агрегату на поливі, м/хв.

Кількість проходів агрегату (n) для видачі поливної норми (m) встановлюється за формулою

$$n = \frac{m}{h_{\text{пр}}} \cdot \beta, \quad (1.37)$$

де $h_{\text{пр}}$ – середній шар дощу за один прохід агрегату, мм;


m – поливна норма, мм.

Середній шар дощу за один прохід двухконсольного агрегату визначається по залежності

$$h_{\text{пр}} = \frac{60 \cdot Q_{\text{м}}}{l \cdot v_{\text{сеп}}}, \quad (1.38)$$

де $Q_{\text{м}}$ – витрати дощувального агрегату, л/с;

l – ширина захвату дощувального агрегату, м.



Середня інтенсивність дощу для роботи агрегатів на б'єфі визначають за формулою

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q}{l \cdot L_6}, \quad (1.39)$$

Продуктивність дощувальних агрегатів визначають по формулами (1.5), (1.7), (1.8).

Потрібну кількість агрегатів, одночасно працюючих на полі, встановлюють із умови поливу за період, допустимий залежно від агробіологічних особливостей культури, за формулою

$$N_n = \frac{F_{\text{нт}}^{\text{п}}}{F_{\text{доб}} \cdot T}, \quad (1.40)$$

де N_n – кількість агрегатів, одночасно працюючих на поливі, шт.;

$F_{\text{нт}}^{\text{п}}$ – площа поля, нетто, га;

T – допустима тривалість поливу сільськогосподарської культури, діб.

Для овочів і картоплі T приймають 4-5 діб, для інших 8-10 діб.

1.1.11 Приклад розрахунку елементів техніки поливу двохконсольного дощувального агрегату ДДА-100МА

Вправа 1.4.

Розрахунок елементів техніки поливу двохконсольного дощувального агрегату ДДА-100МА.

Дано:

1. Дощувальний двохконсольний агрегат – ДДА-100МА.
2. Похил вздовж тимчасового зрошувача – 0,001.
3. Поливна норма – 300 м³/га.
4. Мінімальний міжполивний період – 10 діб.
5. Допустима тривалість поливу сільськогосподарських культур – 5 діб.
6. Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу – 1,1.

7. Дощувальний агрегат працює в дві зміни по 8 год.

8. Площа сівозміни – 480 га.

9. Середня площа поля – 80 га.

Необхідно визначити:

1. Максимальну довжину б'єфу.
2. Потрібну кількість проходів дощувального агрегату для видачі поливної норми.
3. Тривалість роботи на б'єфі.
4. Максимальну і середню інтенсивність дощу при роботі на б'єфі.

5. Продуктивність дощувального агрегату за годину, зміну, добу, поливний сезон.

6. Потрібну кількість одночасно працюючих дощувальних агрегатів для зрошення сівозміни.

Розв'язок

Технічні характеристики дощувального двохконсольного агрегату ДДА-100МА наведені в табл. 1.9.

1. Максимальну довжину б'єфу знаходять за формулою (1.34)

$$L_6 = \frac{h_0 - h_B - h_3}{i} = \frac{0,9 - 0,35 - 0,15}{0,001} = 400 \text{ м.}$$

2. Швидкість руху дощувального агрегату вперед 1,03 км/год., назад – 0,575. Середня швидкість складе

$$\frac{1,03 + 0,575}{2} = 0,8025 \frac{\text{км}}{\text{год}} \text{ або } 13,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Середній шар дощу за один прохід визначають за формулою (1.38)

$$h_{\text{пр}} = \frac{60 \cdot Q_M}{l \cdot v_{\text{сер}}} = \frac{60 \cdot 130}{120 \cdot 13,4} = 4,85 \text{ мм.}$$

Кількість проходів (n) встановлюють за формулою (1.37)

$$n = \frac{m}{h_{\text{пр}}} \cdot \beta = \frac{30}{4,85} \cdot 1,1 = 6,8.$$

Отримане значення округлюють до найближчого непарного значення. В даному випадку, це 7 проходів.

3. Середня тривалість одного проходу агрегату складатиме за формулою (1.36)

$$t_6 = \frac{L_6}{v_{\text{сер}}} = \frac{400}{13,4} = 29,8 \text{ хв.}$$

Загальна тривалість поливу б'єфу за формулою (1.35)

$$T_6 = n \cdot t_6 = 29,8 \cdot 7 = 209 \text{ хв. або } 3,48 \text{ год.}$$

4. Максимальну (миттєву) інтенсивність дощу визначають із умови одночасного захвату дощем

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q_M}{l \cdot L_6} = \frac{60 \cdot 130}{120 \cdot 16} = 4,06 \text{ мм/хв.}$$

При цьому величина b (довжина захвату дощем) прийнята 16 м. Отримана миттєва інтенсивність дощу дуже велика, тому цим дощувальним агрегатом необхідно поливати тільки в русі, таким чином, щоб розподілити миттєву інтенсивність дощу по площі всього б'єфу.

Тоді середня інтенсивність дощу буде складати

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q}{l \cdot L_6} = \frac{60 \cdot 130}{120 \cdot 400} = 0.162 \text{ мм/хв.}$$

Така інтенсивність дощу прийнятна для зрошення ґрунтів навіть з дуже маленькою вбираючою здатністю.

5. Продуктивність дощувального агрегату за годину роботи можна знайти за формулою (1.16)

$$F_{\text{год}} = \frac{3,6 \cdot Q_M}{m \cdot \beta} = \frac{3,6 \cdot 130}{300 \cdot 1,1} = 1,42 \text{ га/год.}$$

Продуктивність дощувальної машини за зміну при роботі 8 год. можна розрахувати за формулою (1.8) при $K'_{\text{зм}} = 0,73$ (див. табл. 1.2)

$$F_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot t_{\text{зм}} \cdot K'_{\text{зм}}}{m_p \cdot \beta} = \frac{3,6 \cdot 130 \cdot 8 \cdot 0,73}{300 \cdot 1,1} = 8,28 \text{ га.}$$

При роботі дощувального агрегату в дві зміни по 8 годин коефіцієнт використання часу доби складатиме

$$K_{\text{доб}} = \frac{2 \cdot 8}{24} \cdot 0,73 = 0,49.$$

Тоді, продуктивність дощувальної машини за добу за формулою (1.7) складе

$$F_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot Q_M}{m_p \cdot \beta} \cdot K_{\text{доб}} = \frac{86,4 \cdot 130 \cdot 0,49}{300 \cdot 1,1} = 16,6 \text{ га.}$$

Продуктивність дощувальної машини за сезон при мінімальному міжполивному сезоні 10 днів визначають за формулою (1.5)

$$F_{\text{сез}} = \frac{86,4 \cdot 130 \cdot 0,49 \cdot 10}{300 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 150 \text{ га.}$$

6. Потрібна кількість дощувальних агрегатів для зрошення сівозміни складе

$$N = \frac{480}{150} = 3,2 \text{ (4 агрегати).}$$

Потрібна кількість одночасно працюючих машин на одному полі за формулою (1.40) складає

$$N_n = \frac{F_{нт}^n}{F_{доб} \cdot T} = \frac{80}{16,6 \cdot 5} = 1 \text{ агрегат.}$$

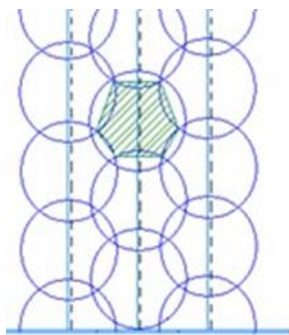
1.1.12 Розрахунок техніки поливу агрегатами ДДН-70 і ДДН-100

Дощувальні агрегати ДДН-70 і ДДН-100 здатні працювати як від відкритої, так і від закритої зрошувальної мережі. Залежно від погодних умов полив може проводитися по колу або по сектору. Схеми зрошувальної мережі на полі наведені на рис. 1.6.

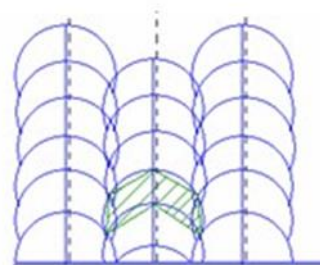
Основні технічні характеристики далекоструминних дощувачів наведені в табл. 1.10 [6].

Таблиця 1.10 – Основні характеристики далекоструминних дощувачів [6]

Показник	ДДН-70	ДДН-100
Витрата води, л/с	45	115
Напір, м	52	65
Радіус поливу, м	69,5	85
Середній шар дощу (з перекриттям) при поливі, мм/хв.: по колу	0,22-0,32	0,31-0,38
по сектору	0,53	0,57-0,65
Відстань між зрошувачами, м	100	120
Відстань між позиціями, м при поливі: по колу	120	145
по сектору (240°)	60	70



а



б

Рисунок 1.6 – Схема поливу по колу (а) і по сектору (б) далекоструминними дощувальними агрегатами

Середня інтенсивність дощу агрегату при зрошенні по колу визначається за формулою

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q_M \cdot \mu}{\pi \cdot R^2}, \quad (1.41)$$

де R – радіус польоту струменя, м;

μ – коефіцієнт, який враховує перекриття площ, що поливаються з сусідніх позицій (при розміщенні позицій по вершинам трикутника $\mu = 1,2$, по кутам квадрата – $1,48$).

При поливі по сектору середню інтенсивність дощу визначають виходячи від кута, який займає сектор

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q_M \cdot \mu \cdot 360}{\varphi \cdot \pi \cdot R^2} = \frac{21600 \cdot Q_M \cdot \mu}{\varphi \cdot \pi \cdot R^2}, \quad (1.42)$$

де φ – кут сектору, °.

При поливі за сегментом у 240° (стандартна схема) формула спрощується

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{90 \cdot Q_M \cdot \mu}{\pi \cdot R^2}. \quad (1.43)$$

Шар дощу за один оберт сопла дощувача з врахуванням перекриття розраховують за формулою

$$h_{\text{д}} = \frac{60 \cdot Q_M \cdot \mu}{\pi \cdot R^2 \cdot n}, \quad (1.44)$$

де n – частота обертання сопла навколо осі, хв^{-1} .


Частоту обертання сопла навколо осі встановлюють виходячи із умови, що швидкість руху кінцевої частини струменя по периметру зволожуючої частини поверхні зрошуваної ділянки повинна не перевищувати 2 м/с. При більшій частоті обертання спостерігається згин струменя, дальність польоту її зменшується.

Необхідну кількість обертів дощувача визначають за формулою

$$n_{\text{об}} = \frac{m}{h_{\text{д}}}, \quad (1.45)$$

Тривалість роботи агрегату на одній позиції визначають за формулою

$$t_{\text{поз}} = \frac{m \cdot \beta}{\rho_{\text{сер}}}. \quad (1.46)$$



Продуктивність дощувальних агрегатів розраховують за формулою (1.5), (1.7), (1.8). Кількість агрегатів, одночасно працюючих на полі, визначається аналогічно агрегатам ДДА-100МА за формулою (1.37).

1.1.13 Приклад розрахунку елементів техніки поливу далекоструминним дощувачем ДДН-70

Вправа 1.5.

Розрахунок елементів техніки поливу далекоструминним дощувачем ДДН-70.

Дано:

1. Дощувач далекоструминний – ДДН-70.
2. Схема розстановки агрегатів – по трикутниках.
3. Поливна норма – 300 м³/га.
4. Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу – 1,1.

Необхідно визначити:

1. Середню інтенсивність штучного дощу при поливі по колу і сектору (240°).
2. Шар води за один оберт дощувального апарату.
3. Необхідну кількість обертів дощувального апарату.
4. Тривалість роботи дощувача на позиції для видачі поливної норми.

Розв'язок

1. Технічні характеристики дощувачів наведені в табл. 1.10. Середню інтенсивність штучного дощу при зрошенні по колу визначають за формулою (1.41)


$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q_{\text{м}} \cdot \mu}{\pi \cdot R^2} = \frac{60 \cdot 45 \cdot 1,2}{\pi \cdot 69,5^2} = 0,214 \text{ мм/хв.}$$

При зрошенні по сектору (240°) згідно формули (1.43) інтенсивність дощу складе

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{90 \cdot 45 \cdot 1,2}{\pi \cdot 69,5^2} = 0,320 \text{ мм/хв.}$$

2. Частота обертання дощувального апарату повинна бути такою, щоб лінійна швидкість кінців поливного струменя була не більше 2 м/с. Тоді при радіусі поливу 69,5 м, частота обертання повинна бути не більше $n = 0,27 \text{ хв.}^{-1}$.

Шар дощу за один оберт сопла дощувача з врахуванням перекриття за формулою (1.44) складе


$$h_d = \frac{60 \cdot 45 \cdot 1,2}{\pi \cdot 69,5^2 \cdot 0,27} = 0,79 \text{ мм.}$$

3. Для видачі поливної норми необхідно здійснити (див. формулу (1.45))

$$n_{об} = \frac{m}{h_d} = \frac{30}{0,79} = 38 \text{ обертів.}$$

4. Тривалість роботи дощувача на позиції для видачі поливної норм за формулою (1.46) при поливі по колу складе

$$t_{поз} = \frac{m \cdot \beta}{\rho_{сер}} = \frac{30 \cdot 1,1}{0,214} = 154 \text{ хв.}$$

При поливі по сектору

$$t_{поз} = \frac{30 \cdot 1,1}{0,320} = 103 \text{ хв.}$$

1.1.14 Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанними дощувальними установками

Зрошення невеликих ділянок (до 50 га) із ставків та інших місцевих джерел зрошення доцільно здійснювати шлангобарабанними дощувальними установками. В сучасних умовах такі дощувальні установки є найбільш розповсюдженими в світі.

В сучасних умовах таких дощувальних машин випускається дуже багато, як вітчизняного виробництва (МДУ-75) так і зарубіжного («Агрос», Irrimes, Beinlich, Irrigations Pump, AMIS, GIAMPI, IDROFOGLIA, OCMIS, PERROT, BAUER, FERBO, GIVAL, IRRIFRANCE, IRRILAND, IRTEC, RM, Casella Tomato Truck, Marani, Nettuno, Ferbo, Irrigazione та ін.). Конструкція їх приблизно однакова, за винятком окремих вузлів та технічних характеристик [6].

Дощувальні машини мають широкий діапазон витрати води і можуть ефективно використовуватись як на рівнинних ділянках так і полях зі складним мікрорельєфом і конфігурацією

Різні модифікації шлангобарабанних дощувальних машин комплектуються стійкими до зносу поліетиленовими трубами з еластичними властивостями і довжиною до 700 м та діаметром до 150 мм.

Залежно від моделі полив здійснюється середньоструйними або короткоструйними дощувальними апаратами, які монтуються на спеціальному візку або поливній штанзі (консолі).

Дощувальні апарати мають дальність польоту струменя від 30 до 70 м і за допомогою різних насадок забезпечує оптимальне розпилення води. Застосування різних типів насадок дає можливість підібрати розпилення води для конкретної культури, поля і періоду вегетації рослин.

Поливні штанги (консолі) є альтернативою дощувальним апаратам і

характеризуються покращеною рівномірністю розподілу поливної води.

Це обладнання використовується для зрошення навіть тендітних рослин, дякуючи використанню розпилювачів (форсунок), що працюють при низькому тиску, досягається зменшення енергоресурсів до 50 % в порівнянні з дощувальними апаратами. Консоли виготовлені із високоякісних сталевих і алюмінієвих деталей з шириною захвату більше 50 м, і через легку конструкцію надзвичайно міцні.

Зрошення за допомогою поливних штанг сприяє збереженню структури і родючості ґрунту, покращенню мікроклімату приземного пласта повітря, яке сприяє отриманню високих і стабільних врожаїв.

На рис. 1.7 показана схема поливу шлангобарабанною установкою, що полива за допомогою додаткового візка з апаратом, який живиться від довгого намотуваного шланга.

Із основних елементів техніки поливу для шлангобарабанних дощувальних машин виділяють: площу поливу з однієї позиції, тривалість поливу і швидкість підтягування дощувального візка для видачі поливної норми, продуктивність дощувальної машини.

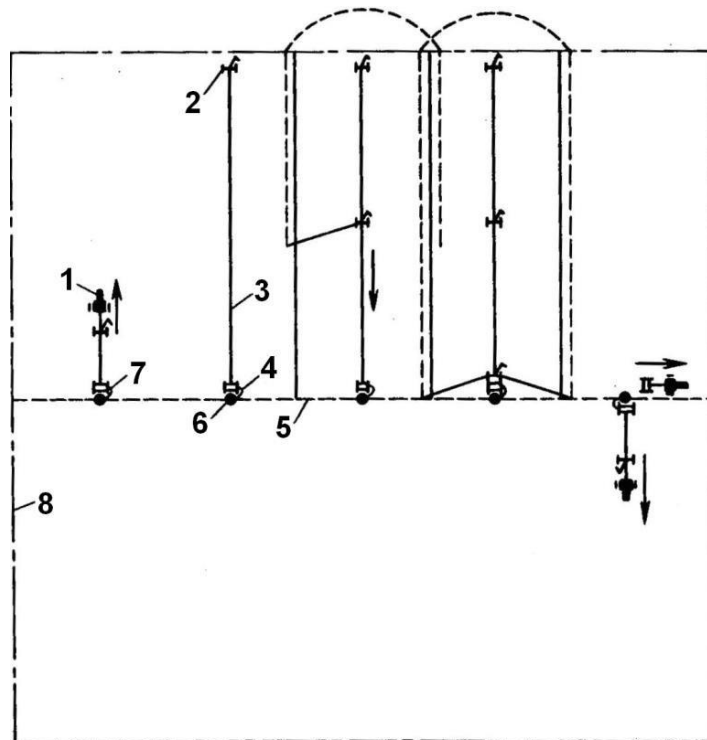



Рисунок 1.7 – Схема поливу шлангобарабанними дощувальними машинами: 1 – трактор; 2 – дощувальний апарат на візку; 3 – поліетиленовий шланг; 4 – приєднувальний рукав; 5 – зрошувальний трубопровід; 6 – гідрант на зрошувальній мережі; 7 – шасі з намоточним пристроєм; 8 – границя зрошуваної ділянки

Площу поливу із однієї позиції визначають виходячи із довжини поліетиленового шланга і ширини захвату дощем, яка залежить від констру-



кції дощувального апарата або консолі. Отже, площу поливу з однієї позиції при зрошенні дощувальним апаратом можна визначити за формулою

$$F_n = \frac{2 \cdot R \cdot (L_{\text{пш}} + R)}{10\,000}, \quad (1.47)$$

де $L_{\text{пш}}$ – довжина поліетиленового шланга, м;
 R – радіус дії поливного апарата, м.

При зрошенні поливними консолями

$$F_n = \frac{L_{\text{пш}} \cdot B_{\text{к}}}{10\,000}, \quad (1.48)$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина захвату дощем консолі, м.

Тривалість поливу на позиції залежить від поливної норми, витрати води і площі поливу цієї позиції

$$t_n = \frac{m \cdot F_n \cdot \beta}{3,6 \cdot Q_{\text{м}}}, \quad (1.49)$$

де m – поливна норма, м³/га;
 β – коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування при поливі;
 $Q_{\text{м}}$ – витрата води дощувальною машиною, л/с;

Швидкість намотування (підтягування) поліетиленового шлангу при відомій його довжині і тривалості поливу складає

$$v_{\text{пш}} = \frac{L_{\text{пш}}}{t_n}. \quad (1.50)$$

Продуктивність дощувальної машини розраховують за формулами (1.5), (1.7), (1.8), (1.16). Кількість машин одночасно працюючих на полі визначають за формулою (1.37).

1.1.15 Приклад розрахунку елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою ДМУ-75

Вправа 1.6

Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою ДМУ-75.

Дано: 1. Поливна витрата – 8 л/с.

2. Довжина поліетиленового шлангу – 285 м.

3. Радіус дії дощувального апарата на саморухомому візку – 40 м.



4. Поливна норма – 300 м³/га.
5. Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу – 1,1.
6. Площа поля – 36 га.
7. Розрахункова тривалість поливу – 5 діб.
8. Полив здійснюється цілодобово.
9. Коефіцієнт використання часу зміни – 0,76.
10. Мінімальний міжполивний період – 10 діб.

Необхідно визначити:

1. Площу поливу із однієї позиції.
2. Тривалість поливу на одній позиції.
3. Швидкість підтягування поліетиленового шлангу.
4. Продуктивність дощувальної установки за годину зміну, поливний сезон.
5. Потрібну кількість одночасно працюючих установок для зрошення поля в установлений строк.

Розв'язок

Якщо радіус дії поливного апарата буде 40 м, при довжині поливного шланга 285 м, зрошувана площа за формулою (1.47) складає

$$F_n = \frac{2 \cdot R \cdot (L_{\text{пш}} + R)}{10\,000} = \frac{2 \cdot 40 \cdot (285 + 40)}{10\,000} = 2,60 \text{ га.}$$

Тривалість поливу згідно формули (1.49) складе

$$t_n = \frac{m \cdot F_n \cdot \beta}{3,6 \cdot Q_M} = \frac{300 \cdot 2,60 \cdot 1,1}{3,6 \cdot 8} = 29,8 \text{ год.}$$

Швидкість підтягування поліетиленового шланга розраховують за формулою (1.50)

$$v_{\text{пш}} = \frac{L_{\text{пш}}}{t_n} = \frac{285}{29,8} = 9,56 \text{ м/год.}$$

Продуктивність дощувальної установки за годину роботи можна знайти за формулою (1.16)

$$F_{\text{год}} = \frac{3,6 \cdot Q_M}{m \cdot \beta} = \frac{3,6 \cdot 8}{300 \cdot 1,1} = 0,087 \text{ га/год.}$$

Продуктивність дощувальної машини за зміну при роботі 8 год. можна розрахувати за формулою (1.8)

$$F_{\text{зм}} = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot t_{\text{зм}} \cdot K'_{\text{зм}}}{m_p \cdot \beta} = \frac{3,6 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 0,76}{300 \cdot 1,1} = 0,53 \text{ га}$$

При роботі дощувальної установки цілодобово коефіцієнт використання часу доби складатиме $K_{доб} = K_{зм} = 0,76$.

Тоді, продуктивність дощувальної машини за добу за формулою (1.7) складе

$$F_{доб} = \frac{86,4 \cdot Q_M \cdot K_{доб}}{m_p \cdot \beta} = \frac{86,4 \cdot 8 \cdot 0,76}{300 \cdot 1,1} = 1,59 \text{ га.}$$

Продуктивність дощувальної машини за сезон при мінімальному міжполивному сезоні 10 діб визначають за формулою (1.5)

$$F_{сез} = \frac{86,4 \cdot Q_M \cdot K_{доб} \cdot T_{min}}{m_p \cdot \beta} \tau = \frac{86,4 \cdot 8 \cdot 0,76 \cdot 10}{300 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 14,3 \text{ га.}$$

Потрібна кількість установок, одночасно працюючих на полі, встановлюють із умови поливу за період, допустимий залежно від агробіологічних особливостей культури, за формулою (1.40) аналогічно ДДА-100МА

$$N_n = \frac{F_{нт}^n}{F_{доб} \cdot T} = \frac{36}{1,59 \cdot 5} = 4,5 \text{ (5 агрегатів).}$$

1.1.16 Приклад розрахунку елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою «Rainstar» E51 110-590 від фірми «Bauer»

Вправа 1.7

Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою «Rainstar» E51 110-590 від фірми «Bauer» (Австрія).

Дано:

1. Поливна витрата – 70 м³/год.
2. Довжина поліетиленового шлангу – 590 м.
3. Ширина захвату дощувальною консоллю – 72 м.
4. Поливна норма – 400 м³/га.
5. Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу – 1,1.

Необхідно визначити:

1. Площу поливу із однієї позиції.
2. Тривалість поливу на одній позиції.
3. Швидкість підтягування поліетиленового шлангу.

Розв'язок

Враховуючи формулу (1.48) площа поливу однієї позиції складає

$$F_n = \frac{L_{пш} \cdot B_k}{10\,000} = \frac{590 \cdot 72}{10\,000} = 4,25 \text{ га.}$$

Тривалість поливу на позиції

$$t_n = \frac{m \cdot F_n \cdot \beta}{Q_M} = \frac{400 \cdot 4,25 \cdot 1,1}{70} = 26,7 \text{ га}$$

Швидкість підтягування поліетиленового шланга

$$v_{\text{пш}} = \frac{L_{\text{пш}}}{t_n} = \frac{590}{26,7} = 22,1 \text{ м/год.}$$

1.1.17 Розрахунок елементів техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами

Далекоструминні дощувальні апарати доцільно застосовувати для зрошення високостебельних сільськогосподарських культур через велику вартість зрошувальної мережі. Частіше за все ці системи використовуються для зрошення садів та виноградників. Аналогічні розрахунки виконують при зрошенні середньоструминними апаратами та короткоструминними насадками в тому числі висувними на газонах та клумбах, а також при вирощування трав'яного покритву на стадіонах та інших ігрових майданчиках.

Для досягнення рівномірного розподілу шару дощу по зрошуваній площі дощувальні апарати встановлюють по кутах квадратів або трикутників. Сторони квадрата повинні бути $1,42R$. При трикутній схемі висота трикутника повинна бути $1,5R$, основа – $1,73R$ (R – дальність польоту струменя) [6].

Схеми стаціонарної зрошувальної мережі при поливі дощувальними апаратами (при розташуванні по кутах трикутників та квадратів) наведена на рис. 1.8 [6].

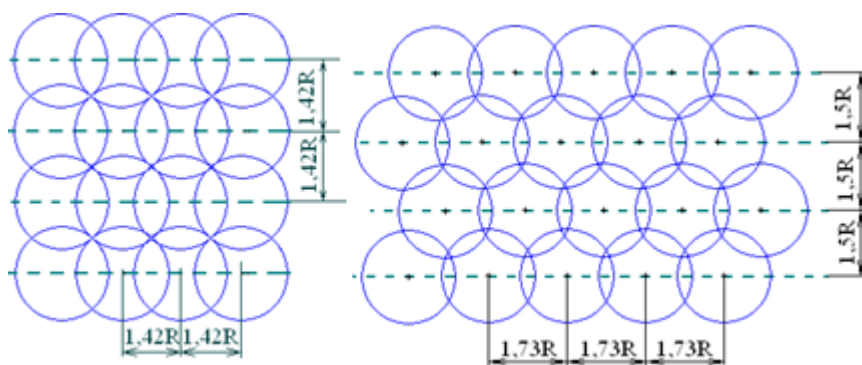


Рисунок 1.8 – Схеми стаціонарної зрошувальної мережі при поливі далекоструминними дощувальними апаратами: а – розстановка апаратів по квадратах; б – по трикутниках

Основні технічні характеристики деяких дощувальних апаратів, що використовуються при поливі стаціонарною мережею, наведені в табл. 1.11 [6].

Розрахунок поливу стаціонарною мережею заключається у визначенні кількості одночасно працюючих дощувальних апаратів і необхідної витрати води.

Таблиця 1.11 – Основні технічні характеристики дощувальних апаратів [6]

Марка апарата	Діаметр сопел, мм	Тиск, МПа	Витрата води, л/с	Радіус поливу по крайніх краплях, м
ДА-2	22	0,50	11	35
	25	0,55	15	40
	28	0,60	20	45
ДД-15	16	0,50	6	34
	22	0,50	11	43
	26	0,50	16	47
	16	0,60	7	41
	22	0,60	13	47
	26	0,60	17	51
ДД-30	26	0,50	15	50
	30	0,50	20	55
	34	0,50	25	60
	26	0,60	17	60
	30	0,60	23	65
	34	0,60	30	70
ДД-50	32	0,50	30	53
	36	0,50	36	57
	40	0,50	43	61
	32	0,60	33	58
	36	0,60	40	62
	40	0,60	48	66
	32	0,70	38	60
	36	0,70	47	65
	40	0,70	55	70
ДД-80	40	0,50	44	60
	46	0,50	54	65
	50	0,50	66	71
	40	0,60	48	65
	46	0,60	60	71
	50	0,60	72	76
ДД-80	40	0,70	52	69
	46	0,70	64	75
	50	0,70	78	80
«Роса-1»	6	0,30	0,6	18,7
	7	0,30	0,8	19,3
	8	0,30	1,1	20,5
	6	0,40	0,7	23,0
	7	0,40	1,0	23,7
	8	0,40	1,3	24,7
	6	0,50	0,8	27,3
	7	0,50	1,1	28,0
	8	0,50	1,5	28,8
«Роса-2»	5	0,30	1,7	19,4
	7	0,30	2,0	19,9
	8	0,30	2,3	20,4
	9	0,30	2,7	21,4
	5	0,40	1,9	23,8
	7	0,40	2,4	24,3
	8	0,40	2,7	24,8
	9	0,40	3,1	25,8
	5	0,50	2,2	28,2
	7	0,50	2,7	28,7

Марка апарата	Діаметр сопел, мм	Тиск, МПа	Витрата води, л/с	Радіус поливу по крайніх краплях, м
	8	0,50	3,1	29,2
	9	0,50	3,5	30,2
«Роса-3»	10	0,30	3,0	22,6
	12	0,30	3,8	24,5
	14	0,30	4,6	26,5
	16	0,30	5,9	28,8
	18	0,30	7,0	30,4
	10	0,40	3,5	26,9
	12	0,40	4,4	28,7
	14	0,40	5,3	30,6
	16	0,40	6,8	32,9
	18	0,40	8,0	34,6
	10	0,50	4,0	31,2
	12	0,50	5,0	32,9
	14	0,50	6,0	34,7
	16	0,50	7,6	37,0
	18	0,50	9,0	38,8
	10	0,60	4,5	35,5
	12	0,60	5,6	37,0
	14	0,60	6,8	38,9
	16	0,60	8,5	41,0
	18	0,60	10,0	43,0

Витрату води необхідну для зрошення із умов поливу ділянки протягом T діб визначають за формулою

$$Q = \frac{m \cdot F \cdot \beta}{86,4 \cdot T \cdot K_{\text{доб}}}, \quad (1.51)$$

де Q – загальна витрата води, що необхідно подати на ділянку, л/с;

F – зрошувана площа ділянки, га;

T – проектна тривалість поливу, діб.;

$K_{\text{доб}}$ – коефіцієнт використання робочого часу доби.

Кількість одночасно працюючих дощувальних апаратів встановлюють зі залежності

$$n = \frac{Q}{q}, \quad (1.52)$$

де q – витрата одним дощувальним апаратом, л/с.

Кількість одночасно працюючих апаратів повинна бути кратною кількості апаратів, що розташовані на одному поливному трубопроводі. В протилежному випадку n округляється в більшу сторону, а витрату поливного трубопроводу уточнюють.

Даний розрахунок можна використовувати як для стаціонарної мережі, так і для окремих апаратів, що встановлені на дощувальних машинах.

Дальність польоту струменя у різних апаратів різна, вона залежить від напору на виході в сопло і діаметр сопла. Її можна визначити за деякими емпіричними формулами.

Формула П.І. Пікалова (дійсна при $\theta = 30^\circ$ і $H_a/d_c = 1000$):

$$R = 0,42 \cdot H_a + 1000 \cdot d_c, \quad (1.53)$$

де H_a – напір на вході в сопло, м;

d_c – діаметр струменя при виході із сопла, м;

θ – кут нахилу сопла, град.

Формула Марквядте:

$$R = \frac{2 \cdot H_a \sin 2\theta}{1 + \frac{4 \cdot \lambda \cdot H_a}{d_c \cdot \sin \theta}}, \quad (1.54)$$

де $\lambda = 1 - e^{-\frac{H_a}{1,6 \cdot d_c}}$;

e – основа натурального логарифму.

Формула В.М. Лебедева (дійсна при $800 < H_a/d_c < 4000$):

$$R = \frac{H_a}{0,4 + 0,00025 \cdot \frac{H_a}{d_c}}, \quad (1.55)$$

При наявності в стволі випрямляча замість 0,4 беруть 0,5.

При частоті обертання ствола апарата $0,1-1,0 \text{ хв.}^{-1}$ дальність польоту дощувального струменя зменшується відповідно на 5-10 %.

При безвітряній погоді форма площі захвату дощем представляє собою коло з радіусом R , а при вітрі – еліпс, у якого велика вісь співпадає з напрямком вітру і дорівнює приблизно $2R$, мала зменшується по мірі збільшення швидкості вітру. Інтенсивне звуження еліпса відбувається при швидкості вітру 3,0-3,5 м/с.

Ступінь стиснення еліпса при швидкості вітру до 8 м/с можна обчислити за формулою Ф.С. Самахова і С.І. Гусейн-заде:

$$P = 0,34 \cdot e^{-0,35 \cdot v_v} + 0,66, \quad (1.56)$$

де P – відношення ширини еліпса до його довжини;

e – основа натурального логарифма;

v_v – швидкість вітру, м/с.

Дощувальні апарати працюють з обертанням ствола по колу або по заданому сектору. Частота обертання ствола апарата повинна бути такою, щоб швидкість руху кінцевої частини струменя по периметру зволоженої частини поверхні зрошеної ділянки не перевищувала 2 м/с. При більшій частоті відбувається згин струменя, дальність польоту її зменшується. Дальність польоту струменя води залежить від досягнутого випрямлення потоку його всередині ствола, діаметра сопла і напору води, а якість дощу (табл. 1.12) – головним чином від відношення напору до діаметра струменя (сопла) [6].

Таблиця 1.12 – Параметри і характер розпаду струменя на краплі [6]

H/R	H/d	Характер розпаданя струменя (можливість застосування штучного дощу)
0,59	До 900	Суцільний струмінь, не розпадається на краплі (для зрошення не придатний)
0,62-0,72	900-1500	Слабкий розпад струменя на краплі (для зрошення не придатний)
0,77	1500-1700	Розпад на краплі середньої крупності (зрошення трав налуках та пасовищах)
0,83	1700-2000	Розпад струменя на більш дрібні краплі (зрошення дорослих сільськогосподарських культур)
0,91	2000-2400	Розпад струменя на дрібні краплі (зрошення всіх сільськогосподарських культур)
1,0	2400-3000	Розпад струменя на дуже дрібні краплі (зрошення розсадисамих тендітних рослин)
1,11	Більше 3000	Дрібнодисперсне розпаданя струменя

Примітка: H – напір перед соплом, м;

R – дальність польоту струменя, м;

d – діаметр струменя, м.

Середню інтенсивність дощу визначають за формулою

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q}{\pi \cdot R^2}, \quad (1.57)$$

1.1.18 Приклад розрахунку техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами

Вправа 1.8

Розрахунок техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами.

Дано:

1. Дощувальні апарати ДД-30.
2. Схема розстановки апаратів – трикутник.
3. Площа ділянки – 60 га.
4. Тривалість поливу протягом 3-х діб.
5. Поливна норма – 600 м³/га.
6. Середній напір на вході в апарат – 50 м.

7. Діаметр сопла – 30 мм.
8. Швидкість вітру – 3 м/с.
9. Коефіцієнт, що враховує втрати на випаровування, $\beta = 1,1$.
10. Коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу зміни, $K_{зм} = 0,94$.
11. Полив здійснюється цілодобово.

Необхідно визначити:

1. Кількість одночасно працюючих апаратів.
2. Дальність польоту струменя і відстань між суміжними апаратами і трубопроводами при заданому напорі.
3. Ступінь стиснення еліпса при заданій швидкості вітру.
4. Оптимальну частоту обертання апарата.
5. Середню інтенсивність дощу.
6. Параметри і характер розпаду струменя на краплі.

Розв'язок

1. Для визначення кількості одночасно працюючих дощувальних апаратів необхідно визначити витрату води, яку необхідно видати всіма дощувальними апаратами.

При цілодобовій роботі апаратів $K_{доб} = K_{зм}$.

Витрата визначається із умови поливу ділянки протягом 3-х діб за формулою (1.51)

$$Q = \frac{m \cdot F \cdot \beta}{86,4 \cdot T \cdot K_{доб}} = \frac{600 \cdot 60 \cdot 1,1}{86,4 \cdot 3 \cdot 0,94} = 162 \text{ л/с.}$$

Витрата води одним дощувальним апаратом при заданому напорі можна визначити із спеціальних номограм [5, 7] або за табл. 1.11 [6]. При напорі 50 м і діаметрі сопла 30 мм витрата води в ДД-30 складе 20 л/с. Тоді кількість одночасно працюючих апаратів встановлюється із формули (1.52)

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{162}{20} = 8 \text{ шт.}$$

2. Дальність польоту струменя можна визначити по номограмах [5, 7], по табл. 1.11 або за емпіричними формулами (1.53)-(1.55). Найкраще для заданих умов підходить формула В.М. Лебедева:

$$R = \frac{H_a}{0,4 + 0,00025 \cdot \frac{H_a}{d_c}} = \frac{50}{0,4 + 0,00025 \cdot \frac{50}{0,03}} = 61 \text{ м.}$$

Необхідно ввести поправку на обертання апарата, тобто $R = \frac{61}{1,1} = 55$ м, що співпадає з табличними значеннями (див. табл. 1.11).

Для досягнення рівномірного розподілу дощу по зрошуваній площі



дощувальні апарати, при розташуванні їх по схемі «трикутник», встановлюють по довжині трубопроводу на відстані $1,73R$, тобто 95 м, а трубопроводи на відстані $1,5R$ один від одного, тобто 83 м.

При безвітряній погоді форма площі захвату дощем представляє собою коло з радіусом 55 м, а при вітрі – еліпс. Ступінь стиснення еліпса при швидкості 3 м/с можна визначити за формулою Ф.С. Самахова і С.Х. Гусейн-заде (1.56):

$$P = 0,34 \cdot e^{-0,35 \cdot v_v} + 0,66 = 0,34 \cdot e^{-0,35 \cdot 3} + 0,66 = 0,78.$$

Отже, велика вісь еліпса має $2R$, тобто 110 м, а менша $2R \cdot 0,78$, тобто 85 м.

4. Оптимальну частоту обертання апарата підбирають із умов, щоб лінійна швидкість руху струменя по крайніх краплях повинна бути менше 2 м/с.

Для визначення оптимальної частоти обертання апарата можна скористатись залежністю частоти від лінійної швидкості:

$$\varphi_{\text{доп}} = \frac{30 \cdot v_{\text{доп}}}{\pi \cdot R} = \frac{30 \cdot 2}{\pi \cdot 55} = 0,35 \text{ хв.}^{-1}$$

Тобто при частоті обертання менше, чим $0,35 \text{ хв.}^{-1}$ не буде згину струменя.

5. Середню інтенсивність дощу без врахування перекриття визначають за формулою (1.57)

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{60 \cdot Q}{\pi \cdot R^2} = \frac{60 \cdot 20}{\pi \cdot 55^2} = 0,126 \frac{\text{мм}}{\text{хв.}}$$

6. Параметри і характер розпаду струменя на краплі визначають по відношенню напору до діаметра сопла по табл. 1.12.

$H/d = 50 / 0,03 = 1666$, що відповідає розпаду струменя на більш дрібні краплі, тобто можливе зрошення дорослих сільськогосподарських культур, а для поливу розсади і сходів розпад струменя не допустимий.

1.2 Розрахунок елементів техніки поливу при поверхнево-самопливному поливі

1.2.1 Механізм зволоження ґрунту

Механізм надходження води в ґрунт при поверхнево-самопливному зрошенні заключається в горизонтальному переміщенні потоку води по поверхні поля (суцільним шаром або по смугах) і вертикальному вбиранні її до ґрунту гравітаційним або капілярним шляхом.

О.М. Костяков запропонував залежність, що враховує динамічність

вбирання на елементарному зволоженому майданчику

$$K_t = \frac{K_v}{t^\alpha}, \quad K_m = \frac{K_v}{(1-\alpha) \cdot t^\alpha} \quad (1.58)$$

де K_t – швидкість вбирання води в ґрунт в момент часу t , см/год.;

K_v – коефіцієнт водопровідності даним ґрунтом в першу одиницю часу, см/год. (табл. 1.13);

α – коефіцієнт затухання швидкості вбирання, який змінюється від 0,07 до 0,86 для різних ґрунтів (табл. 1.13);

K_m – середня швидкість вбирання води ґрунтом за час t , см/год.;

t – тривалість вбирання, год.

Таблиця 1.13 – Параметри α та K_v для звичайних сіроземів (за даними К.А. Жарової) [6]

Ґрунт	α	K_v
Супіщаний (що підстилається галечником, супіщаними глинистими відкладеннями)	0,07-0,31 (0,14)	8-32 (17,6)
Середній суглинок (що підстилається галечником, легкими суглинками, з прошарками важкого суглинку)	0,11-0,75 (0,45)	2,5-17,5 (8,4)
Сіроземно-луковий сильно солончаковий лесовидний суглинок	0,31-0,86 (0,75)	1,8-9,6 (6)

Для апроксимації тривалого процесу вбирання води ґрунтом застосовують формулу з додатковим членом сталої швидкості вбирання

$$K_t = K_S \cdot t^{-\alpha} + K_{vst}, \quad (1.59)$$

де K_S – коефіцієнт, що залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту;

K_{vst} – стала швидкість вбирання води в ґрунт (табл. 1.14).

Таблиця 1.14 – Параметри формули вбирання води в ґрунт (за Н.Т. Лактаєвичем) [6]

Орний горизонт	α	Підорний горизонт	K_{vst} , м/год.	K_S
Ґрунт доброї структури в розпушеному стані	0,333	Супісок	0,015	1,45
		Легкий суглинок	0,0088	2,50
		Середній суглинок	0,0045	4,55
		Важкий суглинок	0,0025	7,05
		Глина	0,0015	14,6
Ґрунти звичайної середньої структури і щільності	0,6	Супісок	0,015	0,73
		Легкий суглинок	0,008	1,47
		Середній суглинок	0,0045	2,50
		Важкий суглинок	0,0025	4,50
		Глина	0,0015	7,90
Слабо структурні ґрунти сильно ущільнені	0,75	Супісок	0,015	0,48
		Легкий суглинок	0,008	0,39
		Середній суглинок	0,0045	1,55
		Важкий суглинок	0,0025	2,9
		Глина	0,0015	4,7

Тривалість проведення поливу поверхнево-самопливним способом обмежена тому для розрахунків елементів техніки поливу по борознах і смугах достатньо застосувати емпіричні формули О.М. Костякова (1.58).

В зв'язку з неодночасністю покриття водою поверхні по довжині поливних елементів середня швидкість вбирання по довжині буде дещо менше середньої швидкості вбирання по елементарному майданчику K_m . За Л.Б. Бунетяном стосовно до формули О.М. Костякова

$$K_m = \frac{K_v}{t^{\alpha \cdot (1-\alpha)(2-\alpha)}} \quad (1.60)$$

При поливі суцільним шаром вода поглинається ґрунтом у вертикальному напрямку переважно гравітаційним шляхом, а при поливі по борознах – у вертикальному і боковому напрямках переважно капілярним шляхом.

1.2.2 Розрахунок техніки поливу по проточних борознах

При розрахунку техніки поливу по борознах необхідно встановити такі основні елементи:

- витрата води в борозну q_b ,
- тривалість поливу t_b .

Розрахунок ґрунтується на недопущенні перевищення швидкості руху води в борозні. Задаючись глибиною води в борозні, визначають швидкість руху води при відомих параметрах поперечного перерізу (рис. 1.9) [6].

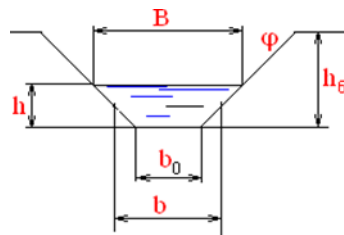


Рисунок 1.9 – Елементи поперечного перерізу борозни: b_0 – ширина борозни по низу; B – ширина по урізу води; b – середня ширина борозни; h_b – глибина борозни; h – глибина води в борозні; ϕ – закладання відкосу борозни

Основні елементи поперечного перерізу потоку води в борозні визначають по таких залежностях.

Площа живого трапецієподібного перерізу борозен

$$\omega = (b_0 + \phi \cdot h) \cdot h, \quad (1.61)$$

Змочений периметр борозни

$$\chi = b_0 + 2 \cdot h \sqrt{1 + \varphi^2}. \quad (1.62)$$

Гідравлічний радіус потоку

$$R = \omega / \chi. \quad (1.63)$$

Швидкість течії води на початку борозни

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}, \quad (1.64)$$

де C – коефіцієнт Шезі;
 I – уклон борозни.

Швидкісний коефіцієнт Шезі визначають за формулою М.М. Павловського

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad (1.65)$$

де n – коефіцієнт шорсткості борозни;
 y – показник ступеня, при $R < 1$, $y = 1,5\sqrt{n}$.

Швидкість руху води в борозні із умов нерозмиваності не повинна перевищувати v_{adm} . Якщо швидкість руху води в борозні перевищує допустиму, то в такому випадку необхідно зменшити глибину води в борозні і повторити розрахунки.

Витрату води в борозні встановлюють за формулою

$$q_6 = v \cdot \omega. \quad (1.66)$$

Тривалість поливу визначають із умов вбирання в ґрунт шару води, рівного поливної норми m . Баланс води на 1 п.м. на початку борозни виражається таким рівнянням

$$m' \cdot d = \chi_1 \cdot K_0 \cdot t^{1-\alpha}, \quad (1.67)$$

де d – ширина міжрядь;
 K_0 – середній коефіцієнт фільтрації за першу годину;

$$K_0 = \frac{K_v}{1 - \alpha}, \quad (1.68)$$

m' – поливна норма, м;

χ_1 – змочений периметр борозни з врахуванням капілярних властивостей ґрунту

$$\chi_1 = b_0 + 2 \cdot \xi \cdot h \cdot \sqrt{1 + \varphi^2}, \quad (1.69)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує капілярні властивості ґрунту: для супіщаних ґрунтів – 1,5, для суглинистих – 2,0, для глин – 2,5.

Із формули (1.67), можна знайти тривалість поливу

$$t = \left(\frac{m' \cdot d}{\chi_1 \cdot K_0} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}. \quad (1.70)$$

Час добігання струменя на відстань l_x від початку борозни з врахуванням накопичення води в борозні визначають за формулою

$$t_x = \left(\frac{\chi_1 \cdot \zeta \cdot K_0 \cdot l_x}{q_0} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (1.71)$$

Якщо час добігання відповідає тривалості поливу, тобто $t = t_x$, довжину добігання визначають із залежності

$$l_x = \frac{q_x \cdot t^\alpha}{\chi_1 \cdot \zeta \cdot K_0}. \quad (1.72)$$

де ζ – коефіцієнт, що відображає загальний об'єм води, що подається в борозну з врахуванням нижче довжини добігання.

Значення коефіцієнта ζ фактично відображає загальний об'єм води, поданий в борозну і визначається за формулою


$$\zeta = 1 + \zeta_0, \quad (1.73)$$

де ζ_0 – коефіцієнт, що враховує кількість води, що скидається нижче l_x по відношенню до потрібного об'єму води на ділянці

$$\zeta_0 = \frac{[\mu - (1 - \alpha)] \cdot h \cdot b \cdot l_x}{m \cdot d \cdot l_x} = \frac{h}{m} \cdot \frac{b}{d} \cdot (\mu - 1 + \alpha), \quad (1.74)$$

де $[\mu - (1 - \alpha)] \cdot h \cdot b \cdot l_x$ – об'єм води, що стікає нижче ділянки l_x після припинення її подачі в борозну;

μ – коефіцієнт, що враховує кількість води, яка залишилась на ділянці



l_x в момент припинення подачі її в борозну, $\mu = \frac{2}{3} - \frac{3}{4}$.

Якщо полив здійснюється зі скидом в кінці борозни, то її довжину приймають рівною довжині добігання l_x . При цьому вода, що скидається, повинна надходити в нижче розташовану вивідну борозну.

При поливі без скиду довжини поливних борозен повинні перевищувати довжину добігання l_x . Довжина ділянки борозни, що перевищує довжину добігання, із умов її зволоження за рахунок води, що стікає нижче l_x буде

$$l_6 = l_x \cdot \zeta, \quad (1.75)$$

де l_6 – поливна довжина борозни, м.

Витрата води на початку борозни і тривалість поливу також, як і при поливі зі скидом в кінці борозни.

Відстань між борознами залежить від типу ґрунту і форми поперечного перерізу борозни.

1.2.3 Розрахунок елементів поливу по смугах

Основні елементи техніки поливу по смугах – це питома витрата води в смугу (q), тривалість поливу (t) і довжина смуги (l).

Допустима величина питомого струменя визначається такими умовами:

- відповідністю швидкості стікання поливної води по поверхні поля і швидкості поглинання води ґрунтом, відсутністю скиду і добігання поливної води до кінця смуги;

- відсутністю змиву ґрунту, тобто швидкістю стікання води по смугі не повинна перевищувати 0,1-0,2 м/с.

Швидкість стікання води залежить від похилу смуги в поздовжньому напрямку, висоти шару і шорсткості смуги. Знаючи допустиму швидкість руху по смугі, можна визначити її питому витрату на початку смуги:

$$q = v_{adm} \cdot \omega, \quad (1.76)$$

де v_{adm} – допустима швидкість руху води в смугі, м/с;

ω – площа поперечного перерізу потоку одного погонного метра на початку смуги, м²;

$$\omega = h \cdot 1, \quad (1.77)$$

де h – висота шару води на початку смуги, м.



Швидкість руху води в смузі може бути встановлена за формулою Шезі

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}, \quad (1.78)$$

де C – коефіцієнт Шезі, який визначають за формулою

$$C = \frac{87 \cdot \sqrt{h}}{n}, \quad (1.79)$$

де n – коефіцієнт шорсткості поверхні поля, що дорівнює 1,4-4,0, залежно від характеру обробки ґрунту, вигляду сільськогосподарських культур (табл. 1.15).

Таблиця 1.15 – Залежність коефіцієнта шорсткості поверхні поля від характеру поверхні

Поверхня поля	Коефіцієнт шорсткості
Свіжоскошена багаторічна трава	1,4
Зорана поверхня з рослинністю від сходів до повного затінення	2,0
Багаторічні трави і однорічні культури вузької сівби з добре розвинутою рослинністю	4,0

При поливі по смугах величина гідравлічного радіусу близька до глибини шару води на смузі. Тому

$$v_{adm} = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = \frac{87 \cdot h \cdot \sqrt{R}}{n}, \quad (1.80)$$

Тоді глибина води на смузі

$$h = v_{adm} \frac{n}{87 \cdot \sqrt{I}} \quad (1.81)$$

Відповідно питома витрата на початку смуги

$$q = v_{adm}^2 \cdot h = \frac{v_{adm} \cdot n}{87 \cdot \sqrt{I}} \quad (1.82)$$

Тривалість поливу визначається із умов вбирання в ґрунт шару води, рівного поливній нормі:

$$t = m / K_0, \quad (1.83)$$



де m – шар води, рівний поливній нормі, м;

K_0 – середня швидкість вбирання за першу годину, м/год., яка визначається за формулою (1.68).

Приймаючи тривалість поливу t за формулою (1.79), довжину добігання струменя визначають за формулою

$$l_x = \frac{q \cdot t^\alpha}{\zeta \cdot K_0}, \quad (1.84)$$

де l_x – відстань, яку проходить фронт зволоження за час t ,

ζ – коефіцієнт, що відображає загальний об'єм води, поданий в смугу з врахуванням нижче довжини добігання:

$$\zeta = 1 + \zeta_0, \quad (1.85)$$

де ζ_0 – коефіцієнт, що враховує кількість води, що скидається нижче l_x по відношенню до потрібного об'єму на ділянці

$$\zeta_0 = \frac{u - (1 - \alpha)}{m \cdot l_x} h \cdot l_x = h \cdot \frac{u - 1 + \alpha}{m}, \quad (1.86)$$

де u – коефіцієнт, що враховує кількість води, яка залишилась на ділянці l_x в момент припинення її подачі в смугу – $u = 2/3 - 3/4$.

Якщо полив відбувається зі скидом в кінці смуги, то її довжина приймається рівною довжині добігання l_x . При поливі без скиду довжина поливної смуги повинна перевищувати l_x .

Довжина ділянки смуги, що перевищує довжину добігання, визначається із умови його зволоження за рахунок води, що стікає нижче цьому випадку довжина смуги визначається за формулою

$$l_n = l_x \cdot \zeta, \quad (1.87)$$

де l_n – повна довжина смуги, м.

Тривалість поливу така ж, як при поливі зі скидом в кінці смуги.

Витрата води в смугу визначається за формулою

$$Q = B \cdot q, \quad (1.88)$$

де B – ширина смуги, м.



Ширину смуги В приймають від 1,8 (вузькі смуги) до 10-30 м (широкі смуги). Найбільш розповсюджені смуги шириною 3,6-4,2 м. Широкі смуги влаштовують на ретельно спланованих площах при відсутності поперечних похилів.

Висота обмежувальних валиків Н залежить від витрати води в смузі, величини поздовжніх і поперечних похилів (від 0,1 до 0,25 м).

1.3 Розрахунок елементів техніки поливу при краплинному зрошенні

При розрахунку техніки поливу при краплинному зрошенні необхідно визначити:

- витрату крапельниці залежно від типу ґрунту і потрібної частки зволоження площі живлення рослин;
- відстань між крапельницями залежно від витрати і типу ґрунту;
- тривалість поливу і норму водоподачі однією крапельницею;
- поливну норму.

Одна із переваг краплинного зрошення – більш точне регулювання водного режиму ґрунту (в порівнянні з іншими способами) з врахуванням вимог рослин, для здійснення якого необхідно знати закономірності зволоження ґрунту при цьому способі поливу, тобто особливості промочування, розподіл і перерозподіл вологи в процесі поливу і після нього.

Витрата крапельниці вибирається залежно від типу ґрунту і частки площі живлення рослин, що підлягають зволоженню.

Частка площі живлення рослин, що підлягають зволоженню крапельницями залежить від кліматичної зони, типу ґрунту, витрати крапельниці, схеми розташування крапельниць на поливному трубопроводі. Для визначення частки живлення рослин, що підлягають зволоженню, необхідно знати площу, що зволожується однією крапельницею, і схему їх розташування на поливному трубопроводі. Схема розташування крапельниць на ньому залежить від площі живлення і схеми посадки рослин. На рис. 1.10 наведені дві схеми розташування крапельниць на поливному трубопроводі.

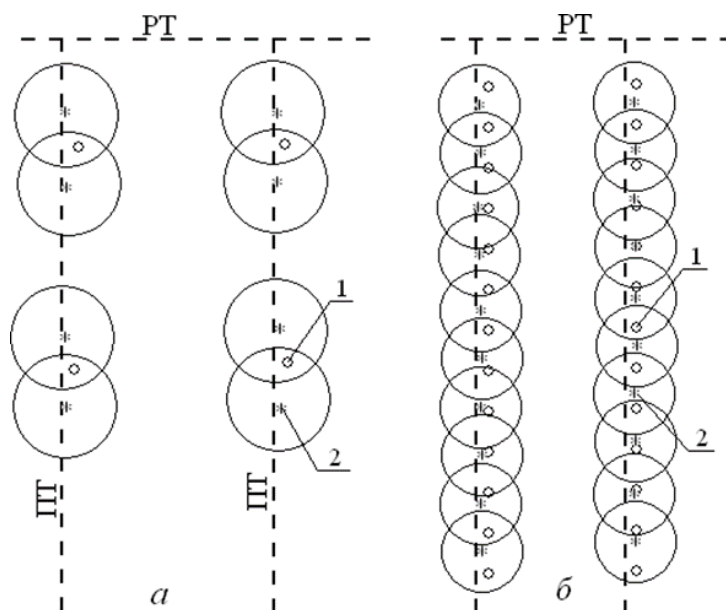


Рисунок 1.10 – Розташування крапельниць на поливному трубопроводі: а – дві крапельниці на одне дерево; б – суцільна смуга зволоження; 1 – рослина; 2 – крапельниця

Схема а – дві крапельниці на одну рослину (дерево); б – крапельниці розташовують з таким розрахунком, щоб вздовж поливного трубопроводу утворилась суцільна смуга зволоження. Якщо відстань між деревами в ряду більше $2d_k$, можуть бути встановлені дві крапельниці на одне дерево. Якщо ж воно менше $2d_k$, (де d_k – діаметр осередку зволоження однією крапельницею) доцільно створювати суцільну смугу зволоження рослин.

1.3.1 Розрахунок частки площі живлення рослин, зволожуваних крапельним способом

Розрахунок ведеться в такій послідовності:

- залежно від типу ґрунту визначають діаметр зони зволоження для заданих витрат крапельниць q_k (рис. 1.11) ;
- визначають площу зволоження однією крапельницею ω_k ;
- вибирають схеми розміщення крапельниць на поливному трубопроводі;
- визначають площу живлення рослин, що підлягають зволоженню.

Частку площі живлення рослин визначають залежно від схеми розташування крапельниць:

- при локальному зволоженні навколо окремих рослин (полив саду)

$$S = \frac{n \cdot \omega_k}{a \times b} ; \quad (1.89)$$

- при смуговому зволоженні вздовж рядка рослин (полив овочів)



$$S = \frac{l_k}{b}; \quad (1.90)$$

де n – кількість крапельниць на одне дерево, (1-2 шт.);
 ω_k – площа живлення однією крапельницею, м²

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}; \quad (1.91)$$

$a \times b$ – схема посадки дерев (a – відстань між деревами в ряду м, b – відстань між рядами рослин, м);
 l_k – ширина смуги зволоження, м.

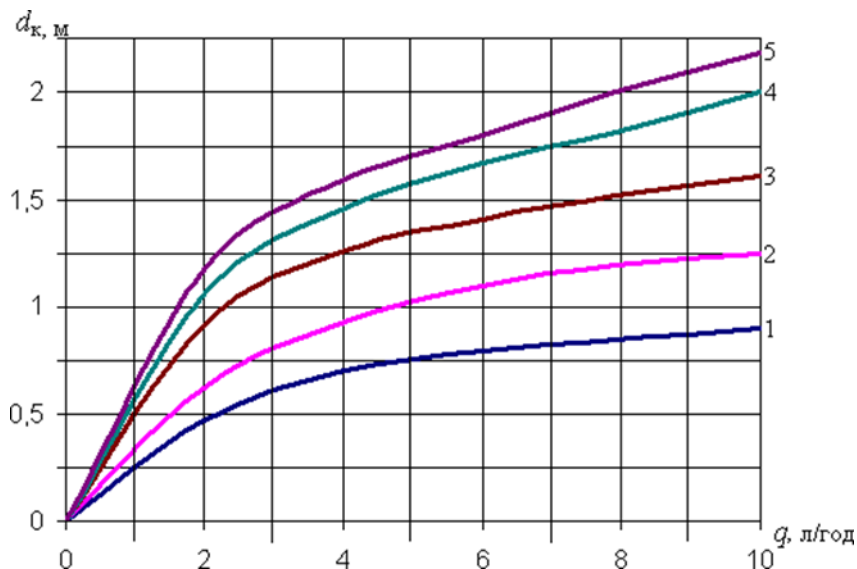


Рисунок 1.11 – Залежність діаметра зон зволоження d_k [4]: 1 – піщані; 2 – супіщані; 3 – середні суглинки; 4 – важкі суглинки; 5 – глинисті ґрунти

При смуговому зволоженні можна прийняти $l_k = d_k$.

Для зрошення вибирають такі крапельниці, які дозволяють зволожити потрібну площу живлення рослин. Потрібне значення S може бути отримане збільшенням кількості крапельниць з більшою витратою.

1.3.2 Розрахунок поливної норми при краплинному зрошенні

Величина поливної норми може бути розрахована по різниці вологозапасів в зоні зволоження до і після поливу. На відміну від традиційних способів поливу при краплинному зрошенні вологість ґрунту розподіляється нерівномірно як по всій зрошуваній площі, так і в зоні зволоження однієї крапельниці. Для розрахунку поливної норми необхідно врахувати особливості зволоження при цьому способу поливу.

Полівну норму при краплинному зрошенні (м³/га) можна визначати за формулою

$$m_k = 100 \cdot \gamma \cdot h \cdot (r_k \cdot \beta_{HB} - \beta_{min}) \cdot S, \quad (1.92)$$

де γ – щільність ґрунту, т/м³;

h – глибина розрахункового кореневмісного шару ґрунту, м;

r_k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу;

β_{HB} – вологість ґрунту, що відповідає найменшій вологоємкості, % від абсолютно сухої маси ґрунту;

β_{min} – мінімально допустима вологість ґрунту в зоні зволоження, %.

Об'єм водоподачі однією крапельницею (л) встановлюють за формулою

$$Q_k = \frac{1000 \cdot m_k}{N_k}, \quad (1.93)$$

де N_k – кількість крапельниць на 1 га.

1.3.3 Розрахунок тривалості поливу при краплинному зрошенні

Розрахунок полягає у визначенні часу подачі необхідного об'єму води кожною крапельницею. При цьому ґрунт повинен бути зволожений на глибину активного шару. Отже, тривалість поливу повинна встановлюватись з врахуванням особливостей зволоження ґрунту при цьому способі поливу.

Якщо величина поливної норми визначається з врахуванням особливостей зволоження ґрунту при краплинному зрошенні, то тривалість поливу розраховується за формулою

$$t_k = \frac{1000 \cdot m_k}{N_k \cdot q_k}, \quad (1.94)$$

де t_k – тривалість поливу, год.

q_k – витрата однієї крапельниці (емітера), л/год.

Тривалість поливу може бути визначена також за формулою

$$t_k = \frac{Q_k}{q_k}, \quad (1.95)$$

1.3.4 Приклад розрахунку елементів техніки поливу краплинним способом саду

Вправа 3.1

Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом саду

(яблуня)

Дано:

1. Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглиноковий (глинисті).
2. Схема посадки дерев – 4 X 3.
3. Вологість ґрунту при НВ – 26,0 %.
4. Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу – 0,95.
5. Глибина активного шару ґрунту – 1,5 м.
6. Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом – 75 % від НВ.
7. Щільність ґрунту – 1,30 г/см³.
8. Витрата крапельниці 4 л/год.
9. На одне дерево встановлено 2 крапельниці.

Необхідно визначити:

1. Частку площі живлення рослин.
2. Поливну норму.
3. Тривалість поливу для видачі поливної норми.

Розв'язок

1. Діаметр зони зволоження (d_k) для заданого типу ґрунту і прийнятої витрати крапельниць визначають за кривими залежності наведеної на рис. 1.11. Для крапельниць витратою 4 л/год. і важкосуглинкових ґрунтів $d_k = 1,60$ м. Тоді площа живлення однією крапельницею складе за формулою (1.91)

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,60^2}{4} = 2,01 \text{ м}^2.$$

При розташуванні двох крапельниць на одне дерево і заданою схемою посадки дерев частка площі живлення складе за формулою (1.89)

$$S = \frac{n \cdot \omega_k}{a \times b} = \frac{2 \cdot 2,01}{4 \times 3} = 0,335.$$

2. Поливна норма розрахована за формулою (1.92) складе

$$\begin{aligned} m_k &= 100 \cdot \gamma \cdot h \cdot (r_k \cdot \beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}}) \cdot S = \\ &= 100 \cdot 1,30 \cdot 1,50 \cdot (0,95 \cdot 26,0 - 0,75 \cdot 26,0) \cdot 0,335 = 340 \text{ м}^3/\text{га}. \end{aligned}$$

При установці на одне дерево двох крапельниць, їх кількість на 1 га повинна становити

$$N_k = 2 \cdot N_d ,$$



де N_d – кількість дерев на 1 га.

При відомій схемі посадки дерев $N_d = \frac{10000}{a \times b} = \frac{10000}{4 \times 3} = 833$ шт.

Тоді на 1 га необхідно встановити $N_k = 2 \cdot 833 = 1666$ шт. крапельниць. Кожна крапельниця повинна вилити згідно формули (1.93)

$$Q_k = \frac{1000 \cdot 340}{1666} = 204 \text{ л.}$$

3. Тривалість поливу згідно формули (1.95) складе

$$t_k = \frac{Q_k}{q_k} = \frac{204}{4} = 51 \text{ год.}$$

1.3.5 Приклад розрахунку елементів техніки поливу краплинним способом овочів

Вправа 3.2

Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом овочів (помідори)

Дано:

1. Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинковий.
2. Схема посадки рослин (помідор) – 1,20 + 0,60 X 0,30.
3. Вологість ґрунту при НВ – 28,3 %.
4. Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу – 0,95.
5. Глибина активного шару ґрунту – 0,5 м.
6. Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом – 75 % від НВ.
7. Щільність ґрунту – 1,28 г/см³.
8. Краплинна стрічка Aqua TraXX – ERA50804134:
 - діаметр трубки 5/8" (16 мм);
 - відстань між емітерами 30 см;
 - витрата води 1,14 л/год на емітер.

Необхідно визначити:

1. Частку площі живлення рослин.
2. Поливну норму.
3. Тривалість поливу для видачі поливної норми.

Розв'язок

1. При вирощуванні овочевих культур з краплинним зрошенням на важких за механічним складом ґрунтах схему посадки встановлюють таким чином, щоб одна емітерна лінія поливала два рядки, тобто чергування широких (1,20 м) і вузьких (0,60 м) рядків (рис. 1.12).

Згідно рис. 1.10 ширина смуги зволоження складе 0,6 м. Відстань між

поливними трубками при розташуванні їх через рядок складе 1,80 м (див. рис. 1.12). Тоді за формулою (1.90) частка площі живлення складе

$$S = l_k / b = 0,6 / 1,80 = 0,333.$$

2. Поливна норма розрахована за формулою (1.92) складе

$$m_k = 100 \cdot \gamma \cdot h \cdot (r_k \cdot \beta_{HB} - \beta_{min}) \cdot S =$$

$$= m_k = 100 \cdot 1,28 \cdot 0,5 \cdot (0,95 \cdot 28,3 - 0,75 \cdot 28,3) \cdot 0,333 = 121 \text{ м}^3/\text{га}.$$

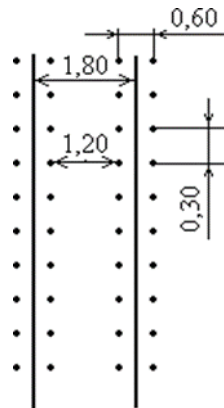


Рисунок 1.12 – Схема посадки і зрошення краплинним способом помідор

3. Загальна довжина краплинної стрічки на 1 га при розташуванні її на відстані 1,80 м складе

$$L_k = 10000 / b = 10000 / 1,80 = 555 \text{ м}.$$

При відстані 0,3 м між емітерами на 1 га їх повинно бути

$$N_k = 555 / 0,3 = 18\,518 \text{ шт}.$$

Тоді згідно формули (1.94) тривалість поливу складе

$$t_k = \frac{1000 \cdot m_k}{N_k \cdot q_k} = \frac{1000 \cdot 121}{18518 \cdot 1,14} = 5,73 \text{ год}.$$

1.4 Розрахунок елементів техніки поливу при внутрішньогрун-товому зрошенні

Елементи внутрішньогрунтового зрошення, як правило приймають такими:

- глибина закладання зволожувачів 0,4-0,6 м;
- напір у зволожувачах 0,2-0,5 м;

- питома витрата зволожувачів 0,02-0,33 л/с на 100 м довжини;
- відстань між зволожувачами 1,0-3,5 м;
- тривалість поливу.

На величину елементів техніки внутрішньогрунтового зрошення впливають водопроникність ґрунту, похил, складність мікрорельєфу, каламутність води.

Від прийнятих елементів техніки зрошення залежить якість поливу, яка оцінюється рівномірністю зволоження по довжині, глибиною незволоженого ґрунту, глибинним вибоком води.

З врахуванням технології зволоження ґрунту при внутрішньогрунтовому зволоженні зрошувальну норму сільськогосподарських культур визначають за формулою

$$M_{\text{ВГЗ}} = \sum D \cdot \frac{k_1}{(2-2 \cdot k_1 + k_1^2)^{0,5}}, \quad (1.96)$$

де $\sum D$ – сумарний дефіцит водоспоживання за вегетаційний період, м³/га;
 k_1 – коефіцієнт, що враховує особливості технології внутрішньогрунтового зволоження (при вирощуванні на запроектованій ділянці культур суцільного посіву $k_1 = 0,9$ при відстані між зволожувачами 0,8-0,9 м; $k_1 = 0,8$ при відстані 1,0-1,2 м; $k_1 = 0,7$ при відстані 1,3-1,5 м; при вирощуванні садів $k_1 = 0,5-0,6$).

Одиночна (питома) поливна норма – об'єм води на одиницю довжини зволожувача (м³/м), необхідна для утворення в ґрунті контуру зволоження з заданими параметрами

$$m' = 0,785 \cdot \sigma \cdot H \cdot b \cdot (\omega_{\text{НВ}} - \omega_{\text{min}}), \quad (1.97)$$

де σ – коефіцієнт, що враховує розподіл вологи в розрахунковому шарі, $\sigma = 0,8$;

H – розрахункова глибина контуру зволоження, м;

b – середня ширина контуру зволоження, м;

$\omega_{\text{НВ}}$ – відносні запаси вологи в 1 м³ ґрунту при НВ, м³/м³;

ω_{min} – відносні запаси вологи в 1 м³ ґрунту при передполивній вологості, м³/м³.

Поливна норма (м³/га)

$$m = 0,65 \cdot H \cdot b \cdot (\omega_{\text{НВ}} - \omega_{\text{min}}) \cdot \sum L, \quad (1.98)$$

де $\sum L$ – загальна довжина зволожувачів на 1 га, м:

$$\sum L = \frac{10000}{d}, \quad (1.99)$$

де d – відстань між зволожувачами, м.

При суцільному зволоженні поля приймають $d = b$.
Довжину зволожувача (l) можна визначити за формулою

$$l = \frac{q}{k_v \cdot \chi}, \quad (1.100)$$

де q – витрати у голові зволожувача, м³/с;
 k_v – швидкість вбирання води у ґрунт, м/с;
 χ – змочений периметр зволожувача, м.

Тривалість поливу (t) визначають за формулою

$$t = \frac{m \cdot F}{q \cdot n}, \quad (1.101)$$

де m – поливна норма, м³/га;
 F – зрошувана площа, га;
 q – витрата води, що подається одним зволожувачем, м³/год;
 n – кількість зволожувачів.

Витрата зволожувача на один метр довжини

$$q_{з.д.} = a \cdot h, \quad (1.102)$$

де a – параметр, що залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту і ступеня перфорації зволожувача;
 h – п'єзометричний напір у зволожувачі, м.

Параметр a визначають за формулою

$$a = \frac{m \cdot T \cdot B}{86.4 \cdot t \cdot h_p} \cdot 10^{-7}, \quad (1.103)$$

де T – кількість тактів водообороту;
 B – відстань між зволожувачами, м;
 t – мінімальний міжполивний період, діб;
 h_p – розрахунковий напір над віссю зволожувача, м.

Мінімальна тривалість міжполивного періоду (діб) для окремої культури складає

$$t_{min} = \frac{m}{d_{доб}}, \quad (1.104)$$

де $d_{доб}$ – середньодобовий дефіцит водоспоживання за декаду з максимальним водоспоживанням сільськогосподарської культури, м³/га за добу.

Відстань між зволожувачами визначають за методом О.М. Костякова (рис. 1.13).

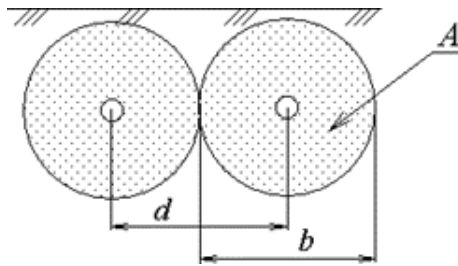


Рисунок 1.13 – Розрахункова схема

Кількість води, що надходить до ґрунту через поверхню пористого зволожувача на одиницю довжини за одиницю часу складає

$$q_1 = \mu \cdot \pi \cdot k \cdot d \cdot h^n, \quad (1.105)$$

де q_1 – питома витрата на 1 п.м, л/с;
 μ – коефіцієнт, що характеризує водопроникність зволожувача;
 k – коефіцієнт витрат, ($k=0,6-0,9$);
 d – діаметр контуру зволоження, м;
 h – діючий п'єзометричний напір, м;
 n – показник ступеня ($n=0,8-0,9$).

Кількість води (л/с на 1 п. м), яку може поглинути ґрунт:

$$q'_1 = \mu \cdot \pi \cdot d \cdot \frac{k_1}{t^a} = \mu \cdot \pi \cdot d \cdot k_{сер}, \quad (1.106)$$

де $k_{сер}$ – середня швидкість вбирання води в ґрунт, м/с.

Витрата на всю довжину зволожувача

$$Q = q_1 \cdot l. \quad (1.107)$$

У відповідності з поливною нормою ця витрата дорівнює

$$Q' = \frac{m \cdot l \cdot b}{86.4 \cdot t}, \quad (1.108)$$



де t – тривалість подачі витрати, діб.

Для нормальної роботи системи необхідно щоб $Q \approx Q'$.
Об'єм води який потрібно подати на один зволожувач

$$V = 86.4 \cdot t \cdot Q = m \cdot l \cdot b . \quad (1.109)$$

З врахуванням водно-фізичних властивостей ґрунту об'єм

$$V = A \cdot l \cdot \eta \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}}) . \quad (1.110)$$

де A – площа поперечного перерізу контуру зволоження, м²;
 η – шпаруватість ґрунту, % від об'єму;
 $\beta_{\text{НВ}}$ – вологість ґрунту, що відповідає НВ, % від маси сухого ґрунту;
 β_{min} – мінімально допустима вологість ґрунту при зрошенні, %.

Площа поперечного перерізу зволожувача

$$A = \frac{\pi \cdot b^2}{4} , \quad (1.111)$$

тоді виходячи з рівняння (4.15) отримуємо

$$V = \frac{\pi \cdot b^2}{4} \cdot l \cdot \eta \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}}) . \quad (1.112)$$

Прирівняємо рівняння (1.109) і (1.112) отримуємо

$$\frac{\pi \cdot b^2}{4} \cdot l \cdot \eta \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}}) = m \cdot l \cdot b , \quad (1.113)$$

спростивши маємо

$$4 \cdot m = \pi \cdot b \cdot \eta \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}}) ,$$

тоді

$$b = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot \eta \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{min}})} , \quad (1.114)$$

1.4.1 Приклад розрахунку елементів техніки поливу внутрішньоґрунтового способом

Вправа 4.1

Розрахунок елементів техніки поливу внутрішньоґрунтового способом

Дано:

1. Ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинковий.
2. Вологість ґрунту при НВ – 28,0 %.
3. Шпаруватість ґрунту – 48,0 %.
4. Сільськогосподарська культура – ячмінь ярий.
5. Передполивна вологість ґрунту – 75 % від НВ.
6. Розрахункова поливна норма – 400 м³/га.
7. Дефіцит водоспоживання сільськогосподарської культури – 1800 м³/га.
8. Швидкість вбирання води ґрунтом в кінці 1 год. – 0,03 м/год.
9. Показник ступеня α – 0,5.
10. Коефіцієнт, що характеризує водопроникність зволожувача – 100 м/добу.

Необхідно визначити:

1. Відстань між зволожувачами і загальну довжину зволожувачів на 1 га.
2. Зрошувальну норму з врахуванням технології зволоження ґрунту.
3. Питому поливну норму на 1 м зволожувача.
4. Витрату води для зрошення 1 га поля.
5. Тривалість зволоження.

Розв'язок

1. При суцільному зволоженні поля відстань між зволожувачами приймають рівною середній ширині контуру зволоження тобто $d = b$.

Середню ширину контуру зволоження при внутрішньоґрунтовому зволоженні можна знайти за формулою (1.114)

$$b = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot \eta \cdot (\beta_{НВ} - \beta_{min})} = \frac{4 \cdot 400}{\pi \cdot 48 \cdot (28 - 21)} = 1,52 \text{ м.}$$

Отже, відстань між зволожувачами можна прийняти 1,5 м.

Загальну довжину зволожувачів на 1 га визначають за формулою (1.99)

$$\sum L = \frac{10000}{d} = \frac{10000}{1,5} = 6666 \text{ м.}$$

2. Зрошувальну норму з рахуванням технології зволоження ґрунту визначають за формулою (1.96). При цьому коефіцієнт k_1 при відстані між зволожувачами 1,5 м потрібно прийняти 0,7. Отже

$$M_{\text{ВГЗ}} = \sum D \cdot \frac{k_1}{(2-2 \cdot k_1 + k_1^2)^{0.5}} = 1800 \cdot \frac{0,7}{(2-2 \cdot 0,7 + 0,7^2)^{0.5}} = 1207 \text{ м}^3/\text{га}$$

3. Питому поливну норму на 1 м зволожувача знаходять за формулою (1.97). При цьому глибину закладання зволожувачів можна прийняти 0,6 м, цьому ж значенню можна прийняти і величину H , тобто $H = 0,6$ м. Відносні запаси вологи по об'єму знаходять по співвідношенню

$$\omega = \frac{\beta \cdot \gamma}{100}, \quad \text{тоді} \quad \omega_{\text{НВ}} = \frac{28,0 \cdot 1,23}{100} = 0,344, \quad \omega_{\text{min}} = \frac{21,0 \cdot 1,23}{100} = 0,258.$$

Знайшовши всі компоненти можна визначити питому поливну норму

$$\begin{aligned} m' &= 0,785 \cdot \sigma \cdot H \cdot b \cdot (\omega_{\text{НВ}} - \omega_{\text{min}}) = \\ &= 0,785 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,52 \cdot (0,344 - 0,258) = 0,062 \text{ м}^3/\text{м}. \end{aligned}$$

Поливна норма за формулою (1.98) складе

$$\begin{aligned} m &= 0,65 \cdot H \cdot b \cdot (\omega_{\text{НВ}} - \omega_{\text{min}}) \cdot \sum L = \\ &= 0,65 \cdot 0,6 \cdot 1,52 \cdot (0,344 - 0,258) \cdot 6666 = 400 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ що відповідає вихід-} \\ &\quad \text{ним даним.} \end{aligned}$$

4. Кількість води, що надходить до ґрунту через поверхню пористого зволожувача на одиницю часу за формулою (1.105). Коефіцієнт, що характеризує водопроникність зволожувача складає 100 м/добу або 0,00116 м/с. Тоді

$$q_1 = \mu \cdot \pi \cdot k \cdot d \cdot h^n = 0,00116 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot 1,52 \cdot 0,3^{0.8} = 0,00170 \text{ м}^2/\text{с}$$

або 1,70 л/с на 1 п.м.

Кількість води яку може поглинути ґрунт із зволожувача залежно від фільтраційних властивостей ґрунту і їх можна розрахувати за формулою (1.106). Середню швидкість вбирання води в ґрунт можна знайти за формулою (1.68)

$$k_{\text{сер}} = \frac{0,03}{1-0,5} = 0,06 \text{ м/год. або } 0,0000167 \text{ м/с.}$$



Тоді

$$q'_1 = \mu \cdot \pi \cdot d \cdot k_{\text{сер}} = 0,00116 \cdot \pi \cdot 1,52 \cdot 0,0000167 = 0,000000128 \text{ м}^2/\text{с}$$

або 0,000128 л/с на 1 п.м.

Із двох отриманих питомих витрат для подальших розрахунків приймають менше значення. В даному випадку 0,000128 л/с на п.м.

Витрата для зрошення 1 га (гідромодуль) з загальною довжиною 6666 м витрата складе

$$Q_1 = 0,000128 \cdot 6666 = 0,85 \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

5. Тривалість поливу залежить від поливної норми і гідромодуля і в даному випадку складе

$$T = \frac{m}{Q_1} = \frac{400}{0,85 \cdot 3,6} = 130 \text{ год.}$$

1.5 Вихідні дані до виконання індивідуального завдання

Виконайте розрахунок елементів техніки поливу дощувальним устаткуванням за варіантами (табл. 1.16).

Таблиця 1.16 – Вихідні дані за варіантами

Показники	Варіанти		
	Зразок для виконання (див. вправо)	Варіант № 1	Варіант № 2
№ вправи	Вправа 1.1		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу дощувальними машинами, що працюють позиційно		
Дано			
Дощувальна машина	ДФ-120 «Дніпро»	ДФ-120 «Дніпро»	ДФ-120 «Дніпро»
Зрошувана площа сівозміни, га	600	650	620
Поливна норма, м ³ /га	400	450	500
Температура повітря під час поливу, °С	25	22	23
Відносна вологість повітря, %	60	60	60
Швидкість вітру на висоті 2 м, м/с	1,5	1,6	1,8
Кількість змін поливу	2 зміни по 8 годин	2 зміни по 8 годин	2 зміни по 8 годин
Мінімальний міжполивний період, діб	10	11	12
Необхідно визначити:			
непродуктивну витрату (втрати на випаровування);			
площу поливу з однієї позиції;			
середню інтенсивність дощ;			
тривалість роботи на позиції для видачі поливної норми;			
продуктивність машини за зміну, добу, сезон;			
потрібну на сівозміні кількість машин.			

Показники	Варіанти		
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 3	Варіант № 4
№ вправи	Вправа 1.2		
Умова	Розрахунок техніки поливу дощувальними машинами кругової дії		
Дано	ДМУ-Б463-60		
Дощувальна машина			
Площа сівозміни, га	600	650	620
Середня поливна норма, м ³ /га	300	400	350
Коефіцієнт, що враховує втрати на випаровування β	1,1	1,1	1,1
Ймовірність перевищення вітру за вегетацію більше допустимого, %	5,9	5,2	4,4
Середньодобовий дефіцит водоспоживання, розрахований в самий навантажений період, м ³ /га	54	52	50
Тривалість мінімального міжполивного періоду, діб	7	10	8
Кількість змін поливу	полив здійснюють в 3 зміни по 8 год.		
Необхідно визначити:			
площу поливу з однієї позиції;			
оптимальну витрату дощувальної машини;			
тривалість роботи на одній позиції;			
середню інтенсивність дощу;			
кількість подвійних ходів на останньому візку для видачі поливної норми;			
продуктивність машини за годину, зміну, добу та сезон;			
кількість машин необхідна для сівозміни;			
кількість позицій, з яких може поливати одна машина.			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 5	Варіант № 6
№ вправи	Вправа 1.3		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу для ЕДМФ «Кубань»		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий
Показник безнапірного вбирання води в ґрунт, мм	70		
Сільськогосподарська культура	помідори	огірки	перець солодкий
Полівна норма, м ³ /га	500	400	350
Мінімальний міжполивний період, діб	7	10	9
Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування підчас поливу	1,1	1,1	1,1
Кількість змін поливу	дощувальна машина працює цілодобово		
Коефіцієнт робочого часу доби	0,75	0,75	0,75
Необхідно визначити:			
режим роботи ЕДМФ «Кубань-М»;			
максимальну довжину поля.			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 7	Варіант № 8

Показники	Варіанти		
	Вправа 1.4		
№ вправи	Вправа 1.4		
Умова	розрахунок елементів техніки поливу двохконсольного дощувального агрегату ДДА-100МА		
Дано			
Дощувальний двохконсольний агрегат	ДДА-100МА	ДДА-100МА	ДДА-100МА
Похил вздовж тимчасового зрошувача	0,001	0,001	0,001
Поливна норма, м ³ /га	300	350	400
Мінімальний міжполивний період, діб	10	7	12
Допустима тривалість поливу сільськогосподарських культур, діб	5	5	5
Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу	1,1	1,1	1,1
Кількість змін поливу	дощувальний агрегат працює в дві зміни по 8 год.		
Площа сівозміни, га	480	560	560
Середня площа поля, га	80	80	80
Необхідно визначити:			
максимальну довжину б'єфу;			
потрібну кількість проходів дощувального агрегату для видачі поливної норми;			
тривалість роботи на б'єфі;			
максимальну і середню інтенсивність дощу при роботі на б'єфі;			
продуктивність дощувального агрегату за годину, зміну, добу, поливний сезон;			
потрібну кількість одночасно працюючих дощувальних агрегатів для зрошення сівозміни			

Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 7	Варіант № 8
		Вправа 1.5	
№ вправи	Вправа 1.5		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу далекоструминним дощувачем ДДН-70		
Дано			
Дощувальний пристрій	Дощувач далекоструминний – ДДН-70		
Схема розстановки агрегатів	по трикутниках		
Поливна норма, м ³ /га	300	350	350
Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування під час поливу	1,1	1,1	1,1
Необхідно визначити:			
середню інтенсивність штучного дощу при поливі по колу і сектору (240°);			
шар води за один оберт дощувального апарату;			
необхідну кількість обертів дощувального апарату;			
тривалість роботи дощувача на позиції для видачі поливної норми			

Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 9	Варіант № 10
		Вправа 1.6	
№ вправи	Вправа 1.6		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою ДМУ-75		
Дано			
Поливна витрата, л/с	8	8	8
Довжина поліетиленового шлангу, м	285	285	285

Показники	Варіанти		
	Радіус дії дощувального апарата на саморухомому візку, м	40	40
Поливна норма, м ³ /га	300	250	350
Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування підчас поливу	1,1	1,1	1,1
Площа поля, га	36	40	45
Розрахункова тривалість поливу, діб	5	5	6
Кількість змін поливу	полив здійснюється цілодобово		
Коефіцієнт використання часу зміни	0,76	0,76	0,76
Мінімальний міжполивний період, діб	10	7	8
Необхідно визначити:			
площу поливу із однієї позиції;			
тривалість поливу на одній позиції;			
швидкість підтягування поліетиленового шлангу;			
продуктивність дощувальної установки за годину зміну, поливний сезон;			
потрібну кількість одночасно працюючих установок для зрошення поля в установлений строк			
Показники			
	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 11	Варіант № 12
№ вправи	Вправа 1.7		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу шлангобарабанною установкою «Rainstar» E51 110-590 від фірми «Bauer» (Австрія)		
Дано			
Поливна витрата, м ³ /год	70	70	70
Довжина поліетиленового шлангу, 590 м	590	590	590
Ширина захвату дощувальною консолю, м	72	72	72
Поливна норма, м ³ /га	400	350	450
Коефіцієнт, що враховує втрати води на випаровування підчас поливу	1,1	1,1	1,1
Необхідно визначити:			
площу поливу із однієї позиції;			
тривалість поливу на одній позиції;			
швидкість підтягування поліетиленового шлангу			
Показники			
	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 13	Варіант № 14
№ вправи	Вправа 1.8		
Умова	Розрахунок техніки поливу із стаціонарної мережі дощувальними апаратами		
Дано			
Дощувальні апарати	Дощувальні апарати ДД-30		
Схема розстановки апаратів	трикутник	трикутник	трикутник
Площа ділянки, га	60		
Тривалість поливу, діб	протягом 3-х діб		
Поливна норма, м ³ /га	600	550	500
Середній напір на вході в апарат, 50 м	50	50	50
Діаметр сопла, мм	30	30	30
Швидкість вітру, м/с	3	2,5	3,2

Показники	Варіанти		
Коефіцієнт, що враховує втрати на випаровування, β	1,1	1,1	1,1
Коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу зміни, $K_{зм}$	0,94	0,94	0,94
Кількість змін поливу	Полив здійснюється цілодобово		
Необхідно визначити:			
кількість одночасно працюючих апаратів;			
дальність польоту струменя і відстань між суміжними апаратами і трубопроводами при заданому напорі;			
ступінь стиснення еліпса при заданій швидкості вітру;			
оптимальну частоту обертання апарата;			
середню інтенсивність дощу;			
параметри і характер розпаду струменя на краплі			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 13	Варіант № 14
№ вправи	Вправа 3.1		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом саду		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки дерев	4 X 3	4 X 3	4 X 3
Вологість ґрунту при НВ, %	26,0	25,5	25,0
Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу	0,95	0,95	0,95
Глибина активного шару ґрунту, м	1,5	1,5	1,6
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,30	1,29	1,27
Витрата крапельниці, л/год.	4	4	4
Кількість крапельниць	На одне дерево встановлено 2 крапельниці		
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 15	Варіант № 16
№ вправи	Вправа 3.1		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом саду		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки дерев	4 X 3	4 X 4	4 X 4
Вологість ґрунту при НВ, %	26,0	24,5	24,0
Коефіцієнт, який враховує нерівномір-	0,95	0,95	0,95

Показники	Варіанти		
ність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу			
Глибина активного шару ґрунту, м	1,5	1,6	1,65
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,30	1,28	1,25
Витрата крапельниці, л/год.	4	4	4
Кількість крапельниць	На одне дерево встановлено 2 крапельниці	На одне дерево встановлено 1 крапельниця	
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 17	Варіант № 18
№ вправи	Вправа 3.1		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом саду		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки дерев	4 X 3	4 X 3	4 X 4
Вологість ґрунту при НВ, %	26,0	25,5	24,3
Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу	0,95	0,95	0,95
Глибина активного шару ґрунту, м	1,5	1,62	1,55
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,30	1,27	1,24
Витрата крапельниці, л/год.	4	4	4
Кількість крапельниць	На одне дерево встановлено 2 крапельниці	На одне дерево встановлено 1 крапельниця	
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			
Показники	Зразок для виконання (див. вправу)	Варіант № 19	Варіант № 20
№ вправи	Вправа 3.2		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом овочів		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки рослин	1,20 + 0,60 X 0,30	1,10 + 0,60 X 0,30	1,20 + 0,70 X 0,40
Вологість ґрунту при НВ, %	28,3	27,8	27,3
Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу	0,95	0,95	0,95

Показники	Варіанти		
	Глибина активного шару ґрунту, м	0,50	0,55
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,28	1,25	1,23
Краплинна стрічка Aqua TraXX – ERA50804134:			
- діаметр трубки;	5/8" (16 мм)		
- відстань між емітерами;	30 см		
- витрата води.	1,14 л/год на емітер		
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			
Показники	Зразок для виконання (див. вправо)	Варіант № 21	Варіант № 22
№ вправи	Вправа 3.2		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом овочів		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки рослин	1,20 + 0,60 X 0,30	1,20 + 0,70 X 0,40	1,10 + 0,70 X 0,30
Вологість ґрунту при НВ, %	28,3	27,5	27,0
Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу	0,95	0,95	0,95
Глибина активного шару ґрунту, м	0,50	0,60	0,65
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,28	1,30	1,25
Краплинна стрічка Aqua TraXX – ERA50804134:			
- діаметр трубки;	5/8" (16 мм)		
- відстань між емітерами;	30 см		
- витрата води.	1,14 л/год на емітер		
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			
Показники	Зразок для виконання (див. вправо)	Варіант № 23	Варіант № 24
№ вправи	Вправа 3.2		
Умова	Розрахунок елементів техніки поливу краплинним способом овочів		
Дано			
Ґрунт	чорнозем звичайний важкосуглинковий	чорнозем звичайний середньосуглинковий	чорнозем звичайний легкосуглинковий
Схема посадки рослин	1,20 + 0,60 X 0,30	1,20 + 0,70 X 0,30	1,30 + 0,70 X 0,40
Вологість ґрунту при НВ, %	28,3	28,5	28,0
Коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу вологи в зоні зволоження після поливу	0,95	0,95	0,95

Показники	Варіанти		
Глибина активного шару ґрунту, м	0,50	0,45	0,55
Мінімально допустима вологість ґрунту перед поливом, %	75 % від НВ		
Щільність ґрунту, г/см ³	1,28	1,32	1,20
Краплинна стрічка Aqua TraXX – ERA50804134:			
- діаметр трубки;	5/8" (16 мм)		
- відстань між емітерами;	30 см		
- витрата води	1,14 л/год на емітер		
Необхідно визначити:			
частку площі живлення рослин;			
поливну норму;			
тривалість поливу для видачі поливної норми			

Рекомендовані джерела

1. Балсюту И.Н., Штефирца И.Г. Оросительные мелиорации. – Кишнев: Штиинца, 1988. – 70 с.
2. Волковский П.А., Розова А.А. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям. – М.: Колос, 1980. – 239 с.
3. ДБН В.2.4-1-99 Меліоративні системи і споруди. – К.: Держбуд України, 2000. – 180 с.
4. Евсеев Г.А. Эксплуатация дождевальных машин. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 208 с.
5. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. А.И. Безменова. – М.: Колос, 1982. – 352 с.
6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Водна інженерія та водні технології». Розділ «Техніка поливу» за ОПП «Водна інженерія та водні технології» зі спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти / В.І. Доценко, Т.І. Ткачук. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – 64 с.
7. Орошение: Справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
8. Полищук Д.П. и др. Справочник по использованию мелиоративной техники. – К.: Урожай, 1986. – 223 с.
9. Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям / Под ред. Е.С. Маркова. М.: Агропромиздат, 1986. 368 с.
10. Ромащенко М.І., Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Шевелєв О.І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / За ред. Академіка УААН М.І. Ромащенко. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2007. – 175 с.
11. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: ВО Агропромиздат, 1990. – 416 с.
12. Справочник. Механизация полива / Под ред. В.Ф. Носенко, Б.Г. Штепы. – М.: Агропромиздат, 1990. – 335 с.



Питання для самоперевірки

1. Які основні параметри враховуються під час визначення продуктивності дощувальних машин?
2. Які основні показники впливають найбільше на вибір дощувального устаткування для поливу конкретної сівозмінної ділянки?
3. Яке дощувальне устаткування найчастіше використовується під час зрошення невеликих ділянок (до 50 га) із ставків та інших місцевих джерел зрошення?



Індивідуальне завдання 2 Проектування дренажу на зрошувальній системі

Мета: навчитись визначати основні параметри проектування дренажу на зрошувальній системі на прикладі однієї дрени.

2.1 Теоретичні відомості

Дренаж в поєднанні з комплексом меліоративних і агротехнічних заходів повинен забезпечувати регулювання водно-сольового режиму ґрунту і підґрунтя зони аерації для створення потрібного меліоративного режиму зрошуваних земель, збереження і покращення родючості ґрунту.

Дренаж будується на землях, які в період їх освоєння або за даними прогнозу на найближчу перспективу, що зазнають підтоплення і засолення.

Проектування дренажу необхідно здійснювати на підставі аналізу водно-сольового режиму меліорованої території з використанням досвіду експлуатації зрошувальних систем. Водно-сольовий режим необхідно обґрунтовувати прогнозними розрахунками.

Будівництво дренажу впливає на природні умови району, може зберегти або поліпшити сформовану для даної території гідромеліоративну обстановку, створити або підтримати нові, сприятливі для розвитку рослин, умови.

Дренажна мережа повинна забезпечити [1]:

- оперативне управління процесом водо- і солеобміну в зонах аерації та повного насичення, зменшення обсягів дренажного стоку та його впливу на навколишнє середовище;
- максимальний притік води до дрени в даних умовах при зменшенні затрат на будівництво та експлуатацію дренажу;
- транспортування дренажно-скидного стоку з мінімальними втратами на фільтрацію з провідної мережі, а продуктів обробки стоку (солей та розсолу) – без втрат.

Дренаж на зрошуваних землях повинен забезпечити відвід надлишку солей: з кореневмісного шару ґрунту, а також підтримувати рівень підземних вод, який виключає можливість повторного засолення та заболочування земель. Разом з тим недостатньо техніко та економічно обґрунтований дренаж без врахування результатів достовірних прогнозів зміни режиму ґрунтових вод під впливом зрошувальних меліорацій буде мало-ефективний. Горизонтальний дренаж цілорічно працюючий на відвід ґрунтових вод погіршує водний режим ґрунтів, сприяє вимиванню з них поживних речовин і викликає надмірне обезсолення земель.

Необхідність обладнання дренажу встановлюють на підставі аналізу водно-сольового режиму ґрунтів об'єкту меліорації та прилеглих територій в існуючих і проектних умовах з врахуванням біологічних особливостей



сільськогосподарських культур та вимог охорони навколишнього середовища. Встановлюють також глибину залягання ґрунтових вод при різних водоподачі та вибраній техніці зрошення, строки будівництва дренажу та строки підйому рівня ґрунтових вод до критичної глибини. Рівень мінералізації ґрунтових вод та критичні глибини їх залягання встановлюють на підставі спеціальних досліджень і досвіду експлуатації меліоративних систем.

Меліоративна обстановка на зрошуваних землях характеризується положенням рівня ґрунтових вод, їх мінералізацією, засоленням та осолоднюванням кореневмісного шару ґрунту. Прогноз цієї обстановки може вестись воднобалансовими розрахунками, а також по залежностях встановлених на підставі теоретичних та емпіричних досліджень.

2.2 Прогноз рівня ґрунтових вод воднобалансовими розрахунками

Об'єм дренажного стоку визначають на підставі рівняння водного балансу [1-2].

Рівняння водного балансу ґрунтових вод в загальному вигляді

$$\Delta W_{sw} = (V_{q,sw} - V_{\tilde{q},sw}) + V_l \pm V_v \mp V_{v,a} - W, \quad (2.1)$$

де ΔW_{sw} – зміна запасів ґрунтових вод, м³/га;

$(V_{q,sw} - V_{\tilde{q},sw})$ – відповідно притік і відтік ґрунтових вод із зовні, м³/га;

V_l – фільтраційні втрати зрошувальної води із мережі каналів і трубопроводів, м³/га;

V_v – вертикальний вологобмін балансового шару ґрунту з нижчерозташованими водоносними горизонтами (підживлення ґрунтових вод напірними підземними водами або перетікання ґрунтових вод вниз), м³/га;

$V_{v,a}$ – вертикальний водообмін між водами зони аерації і ґрунтовими водами, м³/га;

W – об'єм дренажного стоку (навантаження на дренаж), м³/га.

При розрахунках на підставі середньорічних умов багаторічного періоду можна вважати, що зміна запасів ґрунтових вод $\Delta W_{sw} = 0$. При розташуванні меліорованої території на вододілі можна прийняти $V_{q,sw} = 0$; на засоленних землях, що характеризуються слабкою відтічністю допускається приймати $V_{\tilde{q},sw} = 0$, тоді рівняння (2.1) спрощується і має вигляд

$$W = V_l \pm V_{v,a} \mp V_v. \quad (2.2)$$

Втрати на фільтрацію із зрошувальних каналів і трубопроводів V_l



встановлюють шляхом проведення, натурних спостережень на зрошуваних землях, за об'єктами-аналогами або гідродинамічними розрахунками. Цю величину також можна визначити виходячи із ККД зрошувальної мережі за формулою

$$V_l = \frac{1-\eta}{\eta} M, \quad (2.3)$$

де η – ККД внутрішньогосподарської зрошувальної мережі;

M – зрошувальна норма з врахуванням промивного режиму, м³/га

$$M = D_{wb} + W_n + W_E + W_g + M_n, \quad (2.4)$$

де D_{wb} – дефіцит водоспоживання зрошуваних сільськогосподарських культур (визначається на підставі розрахунку режиму зрошення для відповідної сівозміни на середньобагаторічні погодні умови), м³/га;

W_n – скид з поверхні полів при поливі (при застосуванні сучасної широкозахватної дощувальної техніки і закритої зрошувальної мережі $W_n = 0$);

W_g – додаткові втрати води при поливі за рахунок інфільтрації нижче розрахункового шару (при якісному проведенні поливу – без переполиву $W_g = 0$);

W_E – додаткові втрати води при поливі на випаровування (W_E в середньому складає 10 % від D_{wb});

M_n – додаткова зрошувальна норма на промивний режим (для чорноземів звичайних і південних M_n складає 0,05 від сумарного випаровування).

Для розглянутого прикладу середньовиважена зрошувальна норма нетто $D_{wb} = 2690$ м³/га; при застосуванні сучасної широкозахватної дощувальної машини із закритої зрошувальної мережі $W_n = 0$; додаткові втрати на випаровування $W_E = 0,1 \cdot D_{wb} = 0,1 \cdot 2690 = 269$ м³/га; проведення поливів проектується якісне, тому додаткові втрати води при поливі за рахунок інфільтрації нижче розрахункового шару складають $W_g = 0$; якщо проектувати промивку ґрунту, то додаткова зрошувальна норма на промивний режим становитиме $M_n = 0,05 \cdot 3830 = 192$ м³/га при середньому сумарному випаровуванні із зрошувальної системи 389мм.

Тоді зрошувальна норма з врахуванням промивного режиму визначається за формулою (2.4):

$$M = 2690 + 269 + 192 = 3151 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Втрати води із зрошувальної мережі визначається за формулою (2.3):

$$V_l = \frac{1-\eta}{\eta} M = \frac{1-0,95}{0,95} 3151 = 165 \text{ м}^3/\text{га}.$$

При відсутності даних про вертикальний водообмін між водами зони аерації і ґрунтовими водами $V_{v,a}$, його можна прийняти за формулою

$$V_{v,a} = \varphi \cdot M, \quad (2.5)$$

де φ – безрозмірний коефіцієнт, який варіюється в різних меліоративно-гідрогеологічних умовах від 0,05 до 0,25-0,35 та більше.

Розрахункове значення φ підбирають на підставі даних досвіду експлуатації зрошуваних масивів, які перебувають в аналогічних умовах. Максимальна інтенсивність живлення ґрунтових вод спостерігається при поливах затопленням на рисових зрошувальних системах та промиванні засолених ґрунтів ($\varphi \geq 0,3-0,4$), менш значна – при поливах по смугах та борознах ($\varphi = 0,2-0,3$). В умовах поливів дощуванням втрати зрошувальних вод на інфільтрацію суттєво зменшуються ($\varphi \approx 0,1-0,2$), а при використанні нової широкозахватної поливної техніки можуть бути зведені до мінімум ($\varphi \approx 0,05-0,1$) [1].

Отже для розглянутого прикладу можна прийняти $\varphi = 0,1$ і тоді вертикальний водообмін між водами зони аерації і ґрунтовими водами $V_{v,a}$ за формулою (2.5):

$$V_{v,a} = \varphi \cdot M = 0,1 \cdot 3151 = 315 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Вертикальний водообмін балансового шару з нижчерозташованими водоносними шарами визначають в тому випадку коли є підпір підземних вод другого або третього горизонту, що знаходяться під напором. В цьому випадку розрахунок ведуть за формулою

$$V_v = q_v \cdot 10000 \cdot t, \quad (2.6)$$

де q_v – інтенсивність вертикального водообміну балансового шару з нижчерозташованими водоносними горизонтами, м/добу

$$q_v = \frac{(H_{h,2} - H_{h,1}) \cdot k}{10000 \cdot t \cdot h}, \quad (2.7)$$

t – тривалість розрахункового періоду, днів;

$H_{h,2}$ – напір вод нижчерозташованого водоносного горизонту, м;

$H_{h,1}$ – напір першого від поверхні водоносного горизонту, м;

k і h – відповідно коефіцієнт фільтрації і потужність розділяючого шару,



м/добу і м.

При відносно великій потужності розділяючого шару і невеликій його пропускній здатності $k < 0,1$ м/добу вертикальним водообміном можна знехтувати [1]. В розглянутому випадку підживлення підземними водами не передбачається. Тому вважають, що $V_v = 0$.

Отже, виходячи із воднобалансових розрахунків об'єм дренажного стоку (навантаження на дренаж) буде складати за формулою (2.2):

$$W = 165 + 315 + 0 = 480 \text{ м}^3/\text{га}$$

Щорічний приріст рівня ґрунтових вод розраховують за формулою

$$\Delta h = \frac{W}{10000 \cdot \mu}, \quad (2.8)$$

де μ – коефіцієнт недостатку насичення ґрунтів зони аерації (коефіцієнт водовіддачі), який залежить від механічного складу ґрунтів (табл. 2.1).

Для розглянутого прикладу з чорноземами звичайними важкосуглинковими коефіцієнт водовіддачі μ складатиме 0,02, звідси щорічний приріст рівня ґрунтових вод за формулою (2.8):

$$\Delta h = \frac{480}{10000 \cdot 0,02} = 2,40 \text{ м.}$$

Критична глибина залягання ґрунтових вод – це граничне їх значення вище якого в ґрунті відбувається накопичення водорозчинних солей в небезпечній концентрації [1]. Ця величина залежить від ступеня мінералізації ґрунтових вод, механічного і структурного складу ґрунту.

Академік О.М. Костяков встановив залежність критичної глибини залягання рівня ґрунтових вод від їх мінералізації (табл. 2.2).

Таблиця 2.1 – Типові характеристики фільтраційних властивостей ґрунтів [1]

Тип ґрунтів	Коефіцієнт фільтрації, k , м/добу	Коефіцієнт водовіддачі, μ	Максимальна висота капілярного підняття, H_{\max} , м
Глини: важкі щільні легкі піскуваті	Менше 10^{-5} (1-10)· 10^{-4}	Менше 0,001 0,001-0,01	Більше 5 4-5
Суглинки: мулисті важкі середні легкі	0,01-0,05 0,05-0,10 0,10-0,30 0,30-0,60	0,01 0,01-0,02 0,02-0,03 0,03-0,05	3,5-4,0 3,0-3,5 2,0-3,0 1,5-2,0
Суглинки лесоподібні: важкі	0,1-0,3	0,02-0,03	3,0-3,5

Тип ґрунтів	Коефіцієнт фільтрації, к, м/добу	Коефіцієнт водо-віддачі, μ	Максимальна висота капілярного підняття, H_{\max} , м
середні	0,3-0,5	0,03-0,05	2,0-3,0
легкі	0,5-1,0	0,05-0,07	1,5-2,0
Супіски	0,5-1,5	0,07-0,12	1,2-1,5
Піски:			
тонкозернисті пилуваті	1-3	0,10-0,15	1,00-1,20
дрібнозернисті	3-10	0,15-0,20	0,35-1,00
середньозернисті	10-15	0,20-0,25	0,15-0,35
крупнозернисті	15-30	0,25-0,30	0,02-0,14
гравелісті з галькою	30-100	0,30-0,35	-

Таблиця 2.2 – Залежність критичної глибини залягання ґрунтових вод ($H_{кр}$) від їх мінералізації (МГВ)

Мінералізація ґрунтових вод, г/л	Більше 7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	1,5
Критична глибина залягання ґрунтових вод $H_{кр}$, м	3,5	3,2	3,0	2,6	2,2	1,5

При мінералізації ґрунтових вод 4 г/л критична глибина залягання ґрунтових вод складає 2,6 м.

Академік В.А. Ковда запропонував визначати $H_{кр}$ залежно від середньорічної температури повітря t , що характеризує тепловий режим території:

$$H_{кр} = 170 + 8 \cdot t, \text{ см.} \quad (2.9)$$

Для розглянутого прикладу при середньобагаторічній температурі повітря 8,8 °С $H_{кр} = 170 + 8 \cdot 8,8 = 240$ см або 2,4 м.

Крім того $H_{кр}$ можна встановити залежно від глибини розповсюдження основної маси коріння рослин h і висоти активної зони капілярного підняття води в даному ґрунті H_k :

$$H_{кр} = H_k + h. \quad (2.10)$$

Глибина активного шару ґрунту залежить від виду рослин, фази їх розвитку, ґрунтових умов та інших факторів. Для деяких сільськогосподарських культур в табл. 2.3 наведена приблизна глибина активного шару ґрунту [1].

Таблиця 2.3 – Орієнтовні значення глибин активного шару ґрунту, h

Сільськогосподарська культура	Глибина активного шару ґрунту, м
Озимі зернові	0,7-1,0
Кукурудза	0,7-1,0
Цукрові буряки	0,7-1,0
Люцерна	0,8-1,0
Картопля	0,6-0,7
Овочі	0,4-0,7
Плодові сади	1,5-2,0
Ягідник	0,7-1,0

Розрахункове значення висоти активної зони капілярного підняття приймають рівним половині повної висоти H_{max} наведеної в табл. 2.1.

Для розглянутого прикладу для зернової сівозміни (озимі зернові) $h = 1,0$ м, а для суглинків важких максимальна висота капілярного підняття в середньому складає 3,2 м, тоді $H_k=1,6$ м, і $H_{кр} = 1,6 + 1,0 = 2,6$ м.

Як правило, із перелічених вище методів вибирають той де $H_{кр}$ найбільше, тоді для подальших розрахунків приймаємо $H_{кр}=2,6$ м.

Термін через який ґрунтові води можуть піднятися до критичної глибини визначають за формулою

$$t_{кр} = \frac{H_{поч} - H_{кр}}{\Delta h}, \quad (2.11)$$

де $H_{поч}$ – початковий рівень ґрунтових вод, м.

Для розглянутого прикладу $H_{поч} = 7$ м, тоді $t_{кр} = \frac{7,0 - 2,6}{2,4} = 1,6$ років.

Отже, якщо не проектувати дренажу, то рівень ґрунтових вод через 1,6 років підійметься до критичного рівня.


2.3 Розрахунок параметрів горизонтального систематичного дренажу

На зрошуваних землях може застосовуватись горизонтальний дренаж різної конструкції і призначення. Найбільш дієвим є горизонтальний систематичний дренаж, який рівномірно розташований по всій зрошуваній території. При незначних і місцевих підняттях рівня ґрунтових вод до критичного рівня застосовують горизонтальний вибірковий дренаж. При направленому потоку ґрунтових вод від водного об'єкту або з прилеглого водозбору застосовують береговий або головний дренаж.

До параметрів систематичного горизонтального дренажу відносять глибину закладання дрен, відстань між дренами, положення рівнів ґрунтових вод між дренами в розрахунковий період, притік до дрен і витрату дрени, положення депресійних кривих в різні моменти часу.

Основними методами визначення параметрів горизонтального дренажу є гідродинамічні розрахунки, основані на аналітичних залежностях сталої і несталої фільтрації і притоку води до дрени, для різних гідрогеологічних схем:

- порівняно однорідної, що залягає від поверхні до водоупору;
- двошарової товщі з закладанням дренажу у верхньому або нижньому шарі;
- трьох або чотирьохшарова товща з закладанням дренажу у верхньому шарі;
- двошарова або однорідна товща з напірним живленням при закладанні дренажу у верхньому шарі.



Для визначення параметрів дренажу вибирають розрахункову геофільтраційну схему, на якій показують схематизований гідрогеологічний розріз з показом схеми живлення дренажу. В даному курсовому проекті представлена порівняльно однорідна товща, що залягає на водоупорі. Коефіцієнт фільтрації визначений, як середньо виважений по глибині. У водоносній товщі не спостерігається явно виділених прошарків, коефіцієнти яких відрізняються більше ніж в 10 разів від середнього значення.

Глибина закладання дренажу обмежується з одного боку прийнятою допустимою глибиною залягання ґрунтових вод і з іншого, можливостями дренаукладчиків. На півдні України закладання дрен змінюється від 2,5 до 4,0 м.

Глибину закладання дрен можна визначити за формулою (рис. 2.1)

$$H_{др} = H_{кр} + H_{ост} + H_{нап}, \quad (2.12)$$

де $H_{кр}$ – критична глибина залягання ґрунтових вод, м;

$H_{ост}$ – перевищення ґрунтових вод між дренами над рівнем води в дренах, м (приймають для важких суглинків 0,5 м, для середніх – 0,4 м і легких – 0,3 м);

$H_{нап}$ – глибина наповнення води в дрени, м (приймають 0,5 діаметра дрени).

Для розглянутого прикладу для суглинків важких перевищення ґрунтових вод між дренами над рівнем води в дренах $H_{ост}=0,5$ м, при критичній глибині залягання ґрунтових вод $H_{кр} = 2,6$ м, орієнтовному розрахунковому діаметрі дрени 100 мм ($H_{нап}=0,05$ м),

$$H_{др} = 2,6 + 0,5 + 0,05 = 3,15 \text{ м.}$$

Якщо приблизно прийняти криву депресії у вигляді параболи то середню між дренами глибину залягання ґрунтових вод можна розрахувати за формулою

$$H_{сер} = H_{др} - \frac{2}{3}(H_{др} - H_{кр}). \quad (2.13)$$

Для розглянутого прикладу $H_{сер} = 3,15 - \frac{2}{3}(3,15 - 2,6) = 2,78$ м.

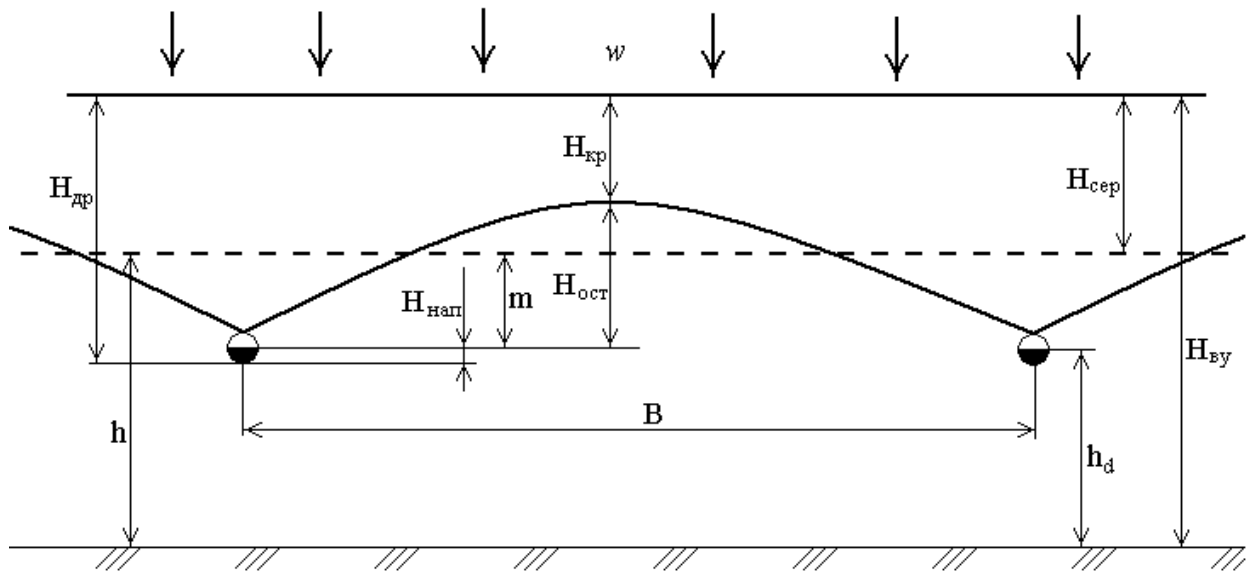


Рисунок 2.1 – Геофільтраційна схема для визначення параметрів горизонтального систематичного дренажу в однорідній товщі

Інтенсивність інфільтраційного живлення визначають за формулою

$$w = \frac{W}{10000 \cdot t}, \quad (2.14)$$

де W – об'єм дренажного стоку (навантаження на дренаж), м³/га;
 t – тривалість вегетаційного періоду, діб.

Об'єм дренажного стоку визначають на підставі воднобалансових розрахунків, і для розглянутого прикладу складає 480 м³/га. Тривалість вегетаційного періоду для зрошуваної зони України у середньому складає 200 діб, тоді

$$w = \frac{480}{10000 \cdot 200} = 0,00024 \text{ м/добу.}$$

Розрахунок відстані між дренами здійснюють при відомих:

- середньому значенні навантаження на дренаж (інтенсивності інфільтрації) за розрахунковий період;
- глибині закладання дрени;
- допустимій глибині пониження рівня ґрунтових вод між дренами;
- геологічній будові водоносної товщі ґрунту.

Відстань між дренами B для однорідної товщі при глибокому заляганні водоупору $h \rightarrow \infty$ і $\frac{B}{2} < h_d$ визначають за формулою О.М. Костякова

$$B = \frac{\pi \cdot k \cdot H_{ост}}{w \cdot \left(\ln \frac{B}{D_p} - 1 \right)}, \quad (2.15)$$



де h – потужність всієї водоносної товщі від водоупору до верхнього дзеркала, м;

h_d – висота від водоупору до рівня води в дрени, м;

k – коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту, м/добу;

D_p – діаметр дрени, м.

Відстань між дренами B у формулі (2.15) спочатку задається, як стандартне значення, потім отримане значення необхідно перерахувати декілька разів (ітерацій) доки попереднє і наступне значення не буде відрізнятися більше чим на 5 м. Отримане значення B округлюють з точністю ± 5 м.

Для розглянутого прикладу:

- потужність водоносної товщі $h = H_{\text{вн}} - H_{\text{сер}} = 15 - 2,78 = 12,22$ м;

- висота $h_d = H_{\text{вн}} - H_{\text{др}} + H_{\text{нап}} = 15 - 3,15 + 0,05 = 11,9$ м;

- діаметр дрени $D_p = 100$ мм або 0,1 м;

- початкове значення B приймаємо 100 м

$$\text{Звідси } B_1 = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,00024 \cdot \left(\ln \frac{100}{0,1} - 1\right)} = 554 \text{ м,}$$

$$B_2 = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,00024 \cdot \left(\ln \frac{554}{0,1} - 1\right)} = 429 \text{ м,}$$

$$B_3 = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,00024 \cdot \left(\ln \frac{429}{0,1} - 1\right)} = 444 \text{ м,}$$

$$B_4 = \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,00024 \cdot \left(\ln \frac{444}{0,1} - 1\right)} = 442 \text{ м.}$$

В результаті приймаємо $B = 440$ м.

Для остаточного прийняття рішення необхідно перевірити умову $\frac{B}{2} < h_d$, для даного випадку $\frac{440}{2} > 12,22$, тобто умова не виконується і дану формулу застосовувати не можна.

При обмеженій величині залягання водоупору відстань між дренами визначають за формулою В.М. Шестакова

$$B = 4 \left(\sqrt{\Phi^2 + \frac{T \cdot H_{\text{ост}}}{2 \cdot w}} - \Phi \right), \quad (2.16)$$

де T – провідність водоносної товщі ґрунту, м²/добу

$$T = k \cdot h; \quad (2.17)$$

Φ – фільтраційний опір, обумовлений гідродинамічною недосконалістю дренажу за ступенем розкриття водоносної товщі, м.

Для порівняно однорідної товщі, що залягає до водоупору фільтраційний опір розраховують за формулою

$$\Phi = h \cdot f, \quad (2.18)$$

де f – опір, який розраховують за формулами

$$\text{при } \frac{m}{h} < 0,1 \text{ і } r_{\partial} \ll h \quad f = 0,73 \lg \frac{h}{\pi \cdot r_{\partial}}, \quad (2.19)$$

якщо умова не виконується, то

$$f = 0,366 \cdot \lg \frac{h}{2\pi \cdot r_{\partial} \sin \frac{\pi(2m+r_{\partial})}{2h}}, \quad (2.20)$$

Примітка. При взятті тригонометричних функцій на калькуляторі, необхідно його перевести в реєстр радіан.

В наведених формулах: r_{∂} – радіус дрени, м;

m – перевищення середнього рівня ґрунтових вод над рівнем води в дрени, м

$$m = (H_{\text{др}} - H_{\text{нап}}) - H_{\text{сер}}. \quad (2.21)$$

Для розглянутого прикладу:

- провідність водоносної товщі ґрунту $T = k \cdot h = 0,5 \cdot 12,22 = 6,11 \text{ м}^2/\text{добу}$;

- перевищення середнього рівня ґрунтових вод над рівнем води в дрени $m = (H_{\text{др}} - H_{\text{нап}}) - H_{\text{сер}} = (3,15 - 0,05) - 2,78 = 0,32 \text{ м}$;

- перевірка умови $\frac{m}{h} < 0,1$, а саме $\frac{m}{h} = \frac{0,32}{12,22} = 0,026 < 0,1$ – умова виконується, тому f можна розраховувати за формулою (2.9):

$$f = 0,73 \lg \frac{12,22}{\pi \cdot 0,05} = 1,38,$$

$$\Phi = 12,22 \cdot 1,38 = 16,86 \text{ м},$$

звідки

$$B = 4 \left(\sqrt{16,86^2 + \frac{6,11 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,00024}} - 16,86 \right) = 259 \text{ м}.$$



В подальшому відстань між дренами приймаємо 260 м.

Для розглянутої фільтраційної схеми відстань між дренами можна розрахувати і за формулою С.Ф. Авер'янова

$$B = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot H_{\text{ост}} \cdot h_d}{w} \cdot \left(1 + \frac{H_{\text{ост}}}{2 \cdot h_d}\right) \cdot \alpha}, \quad (2.22)$$

де α – коефіцієнт висячості

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot h_d}{B} \cdot 2,94 \cdot \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi \cdot D_p}{2 \cdot h_d}}}. \quad (2.23)$$

Розрахунок як і в формулі О.М. Костякова (2.15) здійснюють за декілька ітерацій.

Для розглянутого прикладу значення відстані між дренами в початковому наближенні приймаємо рівному розрахунковому за формулою В.М. Шестакова тоді

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 12,22}{260} \cdot 2,94 \cdot \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi \cdot 0,1}{2 \cdot 12,22}}} = 0,657,$$

$$B = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 12,22}{0,00024} \cdot \left(1 + \frac{0,5}{2 \cdot 12,22}\right) \cdot 0,657} = 261 \text{ м.}$$

Отже, розрахунок за формулою В.М. Шестакова (2.16) і за формулою С.Ф. Авер'янова (2.23) дає подібний результат ($B = 260$ м).

Розрахунок відстані між дренами з іншою геологічною будовою водоносної товщі ґрунту здійснюють за формулою В.М. Шестакова (2.16), але фільтраційний опір Φ визначають за специфічними формулами, що враховують окремо коефіцієнти фільтрації і потужність різних водоносних шарів.

Питомий притік води до дрени з обох боків на 1 п. м дрени визначають за формулою

$$q_{\text{пн}} = w \cdot B. \quad (2.24)$$

В даному прикладі він складе:

$$q_{\text{пн}} = 0,00024 \cdot 260 = 0,0624 \text{ м}^2/\text{добу або}$$

$$\frac{0,0624 \cdot 1000}{86400} = 0,0007222 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}).$$

2.4 Гідравлічний розрахунок дрена і колекторів

Гідравлічний розрахунок виконують окремо для кожної дрени та колектора. При цьому враховують витрату, яку повинна пропустити дрена, похил і матеріал труб із яких виготовлена дрена.

Розрахунок нормальної витрати дрени здійснюють за формулою

$$Q_{\text{н}}^{\text{др}} = q_{\text{вег}} \cdot F, \text{ л/с} \quad (2.25)$$

де $q_{\text{вег}}$ – модуль дренажного стоку в вегетаційний період, л/(с·га)

$$q_{\text{вег}} = w \cdot \frac{10000}{86,4} = w \cdot 116. \quad (2.26)$$

w – інтенсивність інфільтраційного живлення (навантаження на дренаж), м/добу;

F – площа, яку обслуговує дрена, га

$$F = \frac{L \cdot B}{10000}, \quad (2.27)$$

L – довжина дрени, м;

B – відстань між дренами (зона впливу на ґрунтові води однієї дрени), м.

Розрахункові витрати закритого колектора молодшого порядку дорівнюють сумі витрат впадаючих в нього дрена. Розрахункова витрата закритого колектора старшого порядку дорівнює сумі витрат впадаючих в нього дрена і молодших колекторів тобто:

$$Q_{\text{н}}^{\text{кол}} = Q_{\text{н}}^{\text{др}} \cdot n, \quad (2.28)$$

$$Q_{\text{тах}}^{\text{кол}} = Q_{\text{тах}}^{\text{др}} \cdot n \quad (2.29)$$

де n – кількість дрена, що впадають в колектор, шт.

Знаючи максимальну витрату $Q_{\text{мах}}^{\text{др}}$ дрени, задавшись похилом (i) і матеріалом труб за формулою

$$Q = 0,39 \cdot C \cdot d^{5/2} \cdot i^{1/2} \quad (2.30)$$

підбирають розрахунковий діаметр труб і співставляють його зі стандартним значенням.

Для підбраного діаметра швидкість руху води в трубі розраховують за формулою


$$v = 0,5 \cdot C \cdot \sqrt{d \cdot i}. \quad (2.31)$$

В формулах (2.29) і (2.30):

d – внутрішній діаметр дрени, м;

i – похил дрени;

C – коефіцієнт Шезі, який розраховують за формулою Манінга

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \quad (2.32)$$

де R – гідравлічний радіус, який приймають для труб з повним заповненням $d/4$;

n – коефіцієнт шорсткості.

При проведенні гідравлічних розрахунків приймають такі коефіцієнти шорсткості для різних матеріалів труб n :

- для гончарних труб – 0,017;
- для бетонних і залізобетонних труб – 0,015;
- для гофрованих і витих ПВХ труб – 0,017;
- для азбестоцементних перфорованих труб – 0,013;
- для азбестоцементних неперфорованих – 0,012;
- для поліетиленових гладких труб – 0,012;
- для керамічних каналізаційних труб – 0,013-0,015.

Похили дрен визначають із умов забезпечення швидкості незамулюючого руху води, так як для виносу із дрен частинок менше 0,05 мм потрібна незамулююча швидкість потоку 0,15 м/с.

Мінімальну швидкість перевіряють на пропуск нормальної витрати, а максимальну – на максимальну витрату.

Для зони зрошення України максимальна швидкість води в трубі може прийматись такою [1]:

- для гладких гончарних труб – 1,0 м/с;
- для розтрубних труб – 1,5 м/с;
- для азбестоцементних та пластмасових труб – 2,5 м/с.

При проектуванні дрен в профілі необхідно витримувати такі значення мінімально допустимих похилів:

- для дрен із керамічних дренажних і азбестоцементних труб діаметром 100-150 мм – 0,0015;
- для дрен із труб іншого матеріалу діаметром 100 мм – 0,002;
- для дрен діаметром 125-150 мм – 0,0015;
- для дрен діаметром 200-250 мм – 0,001;
- для дрен діаметром 300 мм і більше, а також для колекторів – 0,0005.

При безпохильному рельєфі і при відсутності засолення верхньої товщі ґрунтів допускається зменшення початкової глибини закладання дрен до 1,8 м і похилів до 0,0015. При цьому довжина дрен не повинна перевищувати 600-800 м.

Закриті дрени проектуються із труб різного матеріалу діаметром до 150 мм включно (табл. 2.4) [1]. В деяких випадках дрени можуть бути в діаметрі 200 мм, при цьому фільтр встановлюється по всій довжині дрени. Труби більших діаметрів застосовують для створення колекторів. Приклади основних технічних характеристик труб для прокладання дренажної мережі зведено в табл. 2.4, наведений перелік не є вичерпним і за бажанням здобувач вищої освіти під час виконання індивідуального завдання може використати самостійний огляд нормативно-технічної літератури щодо підбору відповідного сортаменту труб та відповідно навести використанні посилання на інформаційні джерела у власній індивідуальній роботі.


Таблиця 2.4 – Приклад основних технічних характеристик труб, що рекомендовані для застосування в дренажній мережі [1]

Тип труб	Параметри труб			Маса виробу, кг	Тип з'єднання
	внутрішній діаметр, мм	зовнішній діаметр, мм	довжина труби, м		
Труби дренажні гофровані із ПВХ ТУ 6-05-1078-78	54	63	160	41,6	Муфтове або зварювання
	55	75	120	43,2	
	77	90	100	50,0	
	94	110	70	50,4	
	107	125	60	54,6	
Труби поліетиленові високої щільності ПВП ГОСТ 1859973	67	75	-	1,53	Зварювання
	80	90	6	2,18	
	98	110	8	3,24	
	124	140	8	5,26	
	142	160	-	6,86	
Труби дренажні гофровані із ПВХ ТУ 33-291-83		50	200	35,8	Муфтове
		63	160	38,2	
		75	120	38,2	
		90	100	38,0	
		110	70	32,4	
		125	60	35,4	
Труби дренажні гнучкі виті із ПВХ ТУ 21 УССР 72-77	100	118	6	6,6	Встик
	150	170	6	12,0	
	200	229	6	19,2	
Труби керамічні дренажні розтрубні ТУ 21 43 УССР 13-30	100	132	0,6		Розтруб
	150	190	0,6		
Труби керамічні каналізаційні ГОСТ 282-74	200	240			Розтруб
	250	292			
	300	350	1,0		
	350	405	i		
	400	460	1,2		
	450	518			
Керамічні дренажні ГОСТ 8411-74	50	72		1,5	Встик
	75	101		2,7	
	100	130	0,333	4,0	
	125	161		5,8	
	150	190		7,0	

Тип труб	Параметри труб			Маса виробу, кг	Тип з'єднання
	внутрішній діаметр, мм	зовнішній діаметр, мм	довжина труби, м		
	175 200 250	219 248 300		9,0 11,0 13,0	
Керамічні дренажні розтрубні ТУ УССР 323-82	100 125 150 175 200 250 300	132 161 190 219 246 296 350	0,6	5,8 9,2 11,6 15,3 17,7 22,4 27,9	Розтруб
Керамзитобетонні дренажні (трубофільтри) ТУ 33-5-80	50 75 100 125 150 200 150 200 300 400 500	100 135 170 205 250 320 250 320 470 620 780	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 05 1 1 1 1 1	3,5 6,0 8,0 12,5 20,0 30,0 40 60 123 212 338	Муфти Встик
Труби залізобетонні безнапірні ГОСТ 6482-079	400 500 600 800	500 620 720 960	5,025	800 1300 1600 2800	Фланцеве
Труби залізобетонні безнапірні	400 500 600 800 1000 1200 1400 1600	500 620 720 960 1200 1420 1620 1840	5	1000 1400 1700 3000 4000 6300 7000 8000	Розтруб
Труби бетонні фальцові з плоским майданчиком ТПФ-2 ТПФ-3 ТПФ-4 ТУ 33 УССР 66-82	219 300 392	309 406 516	2 2 2	200 320 480	Фальцове
Труби бетонні фальцові перфоровані ТФПП-2 ТФПП-3 ТФПП-4	219 300 392	309 406 515	2 2 2	200 320 480	Фальцове
Труби залізобетонні фальцові круглі ТУ 33 УССР 53-78 ТФД-2 ТФД-3	200 300	300 410	5 5	510 775	Фальцове

В розглянутому прикладі на сівозміні 1 виділено 4 дрени (розташування визначають на плані зрошувальної системи). Довжина дрени 1-Др1 складає $L = 1262$ м, $B = 260$ м.

$$F = \frac{1262 \cdot 260}{10000} = 32,80 \text{ га.}$$


$$q_{\text{вер}} = 0,00024 \cdot 116 = 0,028 \text{ л/(с·га)}.$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{др}} = 0,028 \cdot 32,80 = 0,913 \text{ л/с}.$$

Гідравлічний розрахунок виконують на пропуск максимальної витрати 10 %-ї забезпеченості. Для спрощення розрахунків максимальну витрату дрен заданої забезпеченості орієнтовно можна прийняти в 5-6 разів вище нормальної.

$$\text{Тоді } Q_{\text{max}}^{\text{др}} = 0,913 \cdot 5 = 4,57 \text{ л/с}.$$

Знаючи максимальну витрату $Q_{\text{max}}^{\text{др}}$ дрени, задавшись похилом (i) і матеріалом труб за формулою (2.30) підбирають розрахунковий діаметр труб і співставляють його зі стандартним значенням.

$$Q = 0,39 \cdot C \cdot d^{5/2} \cdot i^{1/2},$$

$$0,00457 \text{ м}^3/\text{с} = 0,39 \cdot 30,29 \cdot d^{5/2} \cdot 0,032^{1/2},$$

$$0,00457 = 2,11 \cdot d^{5/2},$$

$$d^{5/2} = 0,00457/2,11=0,002166,$$

$$d^1 = 0,002166^{2/5} = 0,086 \text{ м або } 86 \text{ мм}.$$

Стандартний діаметр 94 мм для труб дренажних гофрованих із ПВХ ТУ 6-05-1078-78 (див. табл. 2.4).

Для зручності виконання гідравлічного розрахунку дрен та колекторів можна скористатись спеціальними номограмами, наведеними на рис. 2.2-2.3. Під час роботи з номограмами послідовність дій наступна: $Q_{\text{пр}} \rightarrow d_{\text{д}} \rightarrow h/d \rightarrow d_{\text{в}} \rightarrow i \rightarrow V_{\text{пр}} \rightarrow V_{\text{роз}}$.

В даній номограмі необхідно розрахункову витрату привести до стандартної шорсткості. Так для ПВХ труб при шорсткості 0,017 поправочний коефіцієнт (K) складає 1,3 (див. рис. 2.2). Тоді приведена витрата складе

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{роз}} K = 4,57 \text{ л/с} \cdot 1,3 = 5,94 \text{ л/с}.$$

Відмітка витоку дрени складає 115 м, гирла 75 м, при довжині 1262 м, тоді похил дрени $i = \frac{115-75}{1262} = 0,032$. Похил $i = 0,032 > 0,002$.

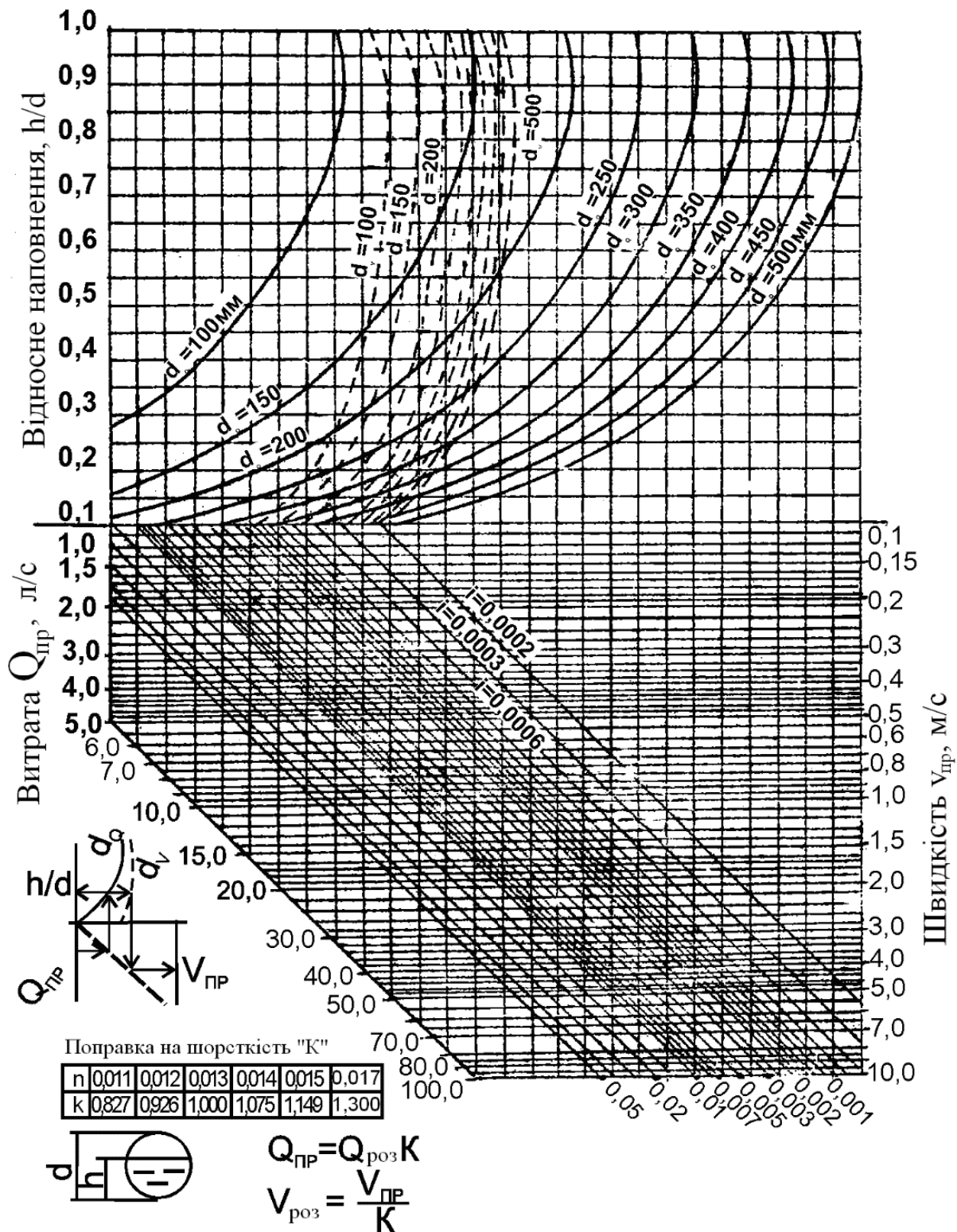


Рисунок 2.2 – Номограма для гідравлічного розрахунку колекторно-дренажних труб діаметром 100-500 мм

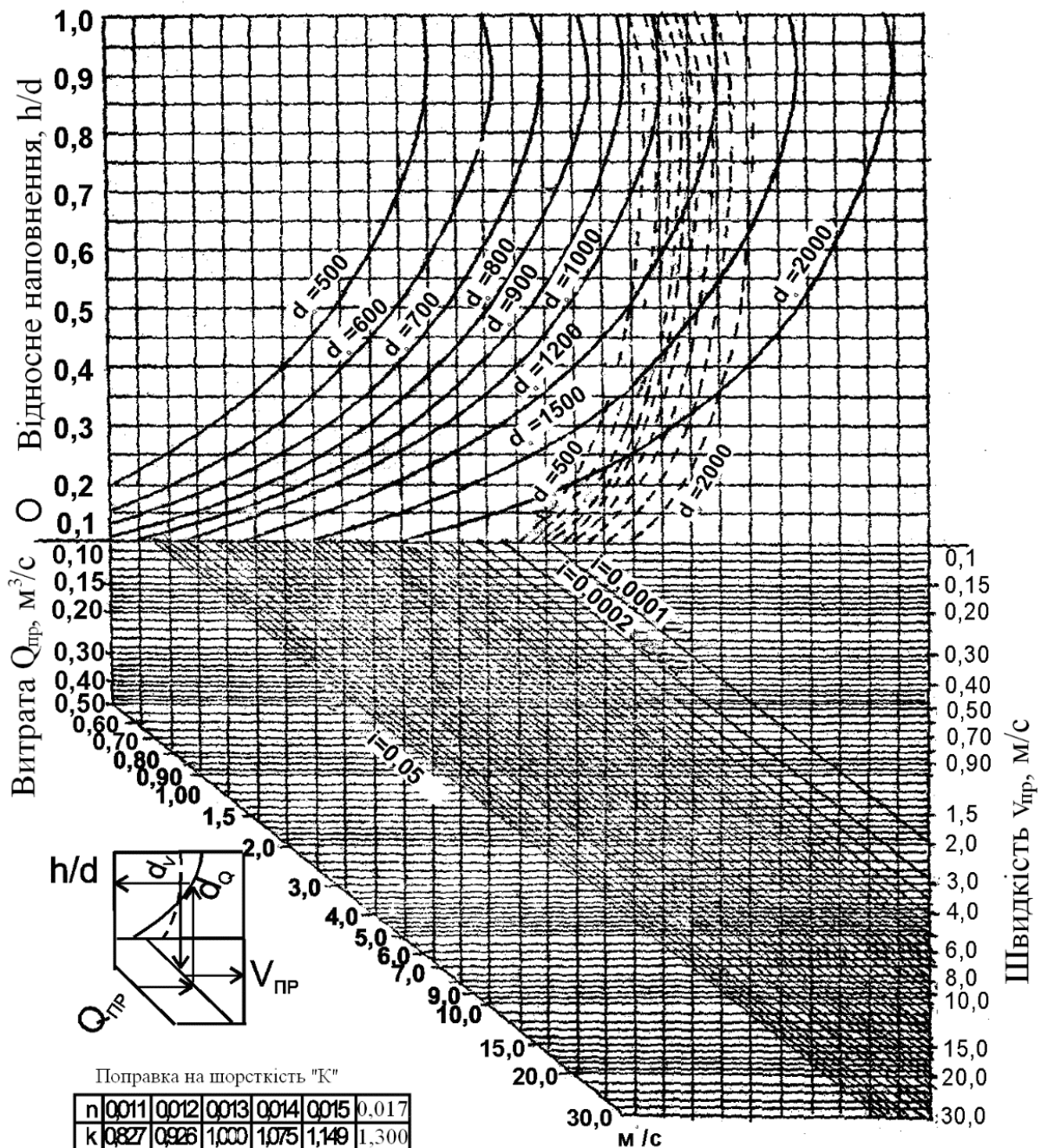


Рисунок 2.3 – Номограма для гідравлічного розрахунку колекторних труб діаметром 500-2000 мм

Згідно номограми:

- потрібний діаметр дрени – 100 мм;
- ступінь наповнення дрени $h/d = 0,628$;
- приведена швидкість води в дрени – 1,41 м/с;
- розрахункова максимальна швидкість руху води в дрени

$$v_{\text{роз}} = \frac{v_{\text{пр}}}{K} = \frac{1,41}{1,3} = 1,08 \text{ м/с.}$$

Отримана швидкість буде більше за мінімально допустиму (0,15 м/с). Отже, дрібні частинки ґрунту будуть виноситись водним потоком при пропуску нормальної витрати. Отримана розрахункова швидкість менша за максимально допустиму швидкість потоку $v_{\text{роз}} = 1,08 \text{ м/с} < 2,05 \text{ м/с}$.

Розраховані параметри дренажу по сівозміні 1 наведені і табл. 2.5

Таблиця 2.5 – Розрахункові параметри дренажної мережі

Назва дрени	Пікетаж	Довжина, м	Площа дренажування, га	Похил	Витрата, л/с			Діаметр, мм	Відносне наповнення, h/d	Швидкість приведена, м/с	Швидкість середня, м/с
					нормальна	максимальна	приведена				
1-Др1	0–12+62	1 262	32,81	0,032	0,92	4,57	5,94	94	0,628	1,08	1,08
1-Др2	0–8+93	893	23,21	0,041	0,65	3,25	4,22	77	0,678	1,26	0,97
1-Др3	0–16+99	1 699	44,17	0,029	1,24	6,18	8,04	107	0,646	1,30	1,00
1-Др-4	0–15+77	1 577	41,00	0,038	1,15	5,74	7,46	94	0,727	1,40	1,08

Для більш точних розрахунків можна скористатись спеціалізованим програмним забезпеченням, зокрема DRENADGE, або виконати нижче наведені розрахунки. Слід відзначити, що за програмним комплексом DRENADGE отримано середню швидкість 0,97 м/с [2].

Розглянемо розрахунковий метод визначення гідравлічних параметрів.

Знаючи максимальну витрату дрени $Q_{\text{max}}^{\text{др}} = 4,57 \text{ л/с}$, задавшись похилом ($i=0,032$) і матеріалом труб (ПВЗ) за формулою (2.30) підібрали стандартний внутрішній діаметр 94 мм.

Виконуємо розрахунок об'єму води в трубі (рис. 2.4). Розрахунок обсягу рідини (води) в трубі необхідний при розрахунку або виконанні робіт з влаштування систем опалення, водопостачання, каналізації (водотведення), дренажу тощо. Кількість води (витрата) визначається: добуток площі перерізу та довжини трубопроводу. Формула визначення об'єму води в трубі:

$$Q = S \cdot L, \quad (2.32)$$

де S – площа перерізу, м²;

L – довжина труби, м.

Тобто при максимальній витраті $Q_{\text{max}}^{\text{др}} = 0,00457 \text{ м}^3/\text{с}$ отримуємо питому витрату 0,00457 м³/с на 1 м.

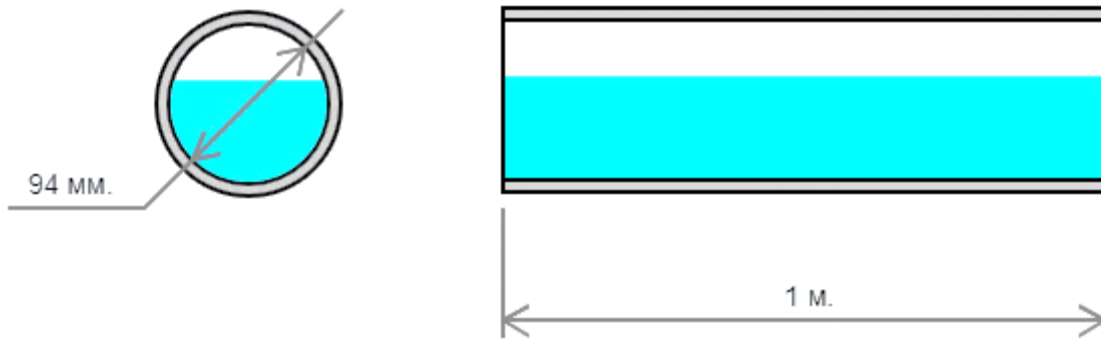


Рисунок 2.4 – Схема для визначення розрахунку води в трубі

Формула визначення площі перерізу неповністю заповнених труб виконується шляхом розрахунку площі сегменту BCD (за умови наповнення труби менше ніж половина діаметру) (рис. 2.5). Площа сегменту BCD дорівнює площі сектору ABCD за вирахуванням площі трикутника ABD:

$$S_{BCD} = S_{ABCD} - S_{ABD},$$

$$S_{ABCD} = R^2 \cdot \arccos(1 - h/R),$$

$$S_{ABD} = L \cdot \frac{R-h}{2} = (R-h)\sqrt{R^2 - (R-h)^2} = (R-h)\sqrt{2Rh - h^2},$$

$$S_{BCD} = R^2 \cdot \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) - (R-h)\sqrt{2Rh - h^2}. \quad (2.33)$$

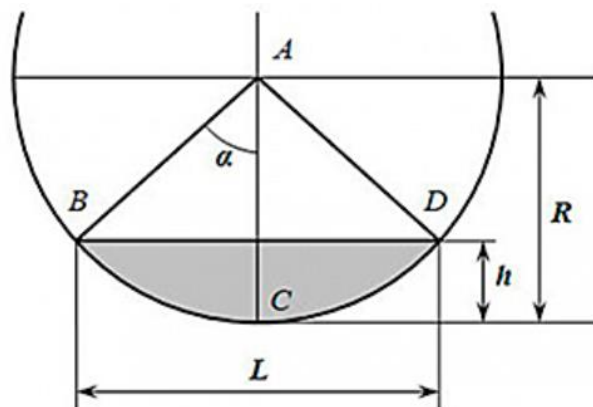


Рисунок 2.5 – Схема визначення площі перерізу неповністю заповнених труб

Знаючи питому витрату 0,00457 м²/с на 1 м визначаємо висоту наповнення водою труби h методом ітерацій, для зручності використовуючи *Microsoft Excel* (табл. 2.6). Площа перерізу потоку визначалась при глибині наповнення труби менше ніж $h=d/2$, мм, за формулою (2.33) (див. колонки 3-4 в табл. 2.6), при наповненні на половину $h=d/2$, мм, – визначалась

як половина площі круга $\pi \cdot R^2$ (див. колонки 5-6 в табл. 2.6), при наповненні більше ніж на половину, але не повністю – визначалась як різниця між площею круга $\pi \cdot R^2$ та незаповненого водою сегменту, площа якого визначалась за формулою (2.33) (див. колонки 7-8 в табл. 2.6). За результатами розрахунків, отримана глибина наповнення труби $h = 59$ мм під час пропуску максимальної витрати $Q_{\max}^{\text{др}} = 4,57$ л/с, оскільки $4570 \text{ мм}^2 \approx 4581.99 \text{ мм}^2$ (див. табл. 2.6)

Таблиця 2.6 – Визначення площі перерізу неповністю заповнених труб шляхом ітерацій

Питома витрата, мм ² /с на 1 м	Внутрішній діаметр труби d, мм	Висота наповнення труби h, мм	Площа перерізу потоку, мм ²	Наповнення труби на половину h=d/2, мм	Площа перерізу потоку при h=d/2, мм, мм ²	Висота наповнення труби h, мм	Площа перерізу потоку, мм ²	Площа перерізу труби (повне наповнення), мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4570	94	1	12.886	47	3468,13	93	6923.37	6936.26
		10	395.4876			84	6540.77	
		20	1079.372			74	5856.89	
		30	1907.451			64	5028.81	
						63	4940.79	
						62	4852.06	
						61	4762.64	
						60	4672.61	
						59	4581.99	
						58	4490.85	

Живий переріз (w) – це поперечний переріз потоку, перпендикулярний до всіх ліній струму. Наприклад, у круглій трубі діаметром d , в якій весь поперечний переріз зайнятий рідиною, живий переріз – це площа кола. Отже, на підставі виконаних розрахунків (див. табл. 2.6), отримано $w = 4581,99$ при $h = 59$ мм.

Змочений периметр – та частина периметра живого перерізу, що стикається з твердими стінками, утворюючи змочену поверхню. Наприклад, для русла вся бічна поверхня потоку, за винятком вільної поверхні, яку рідина має на кордоні з газоподібним середовищем; для круглої труби, працюючої повним перетином, змочений периметр дорівнює довжині кола, тобто $\chi = \pi \cdot d$, м.

Для круглої незаповненої труби (рис. 2.6), якщо кут у радіанах,

$$\chi = \pi \cdot d \cdot \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{d \cdot \varphi}{2}, \quad (2.33)$$

або, якщо кут у градусах

$$\chi = \pi \cdot d \cdot \frac{\varphi}{360} \quad (2.34)$$

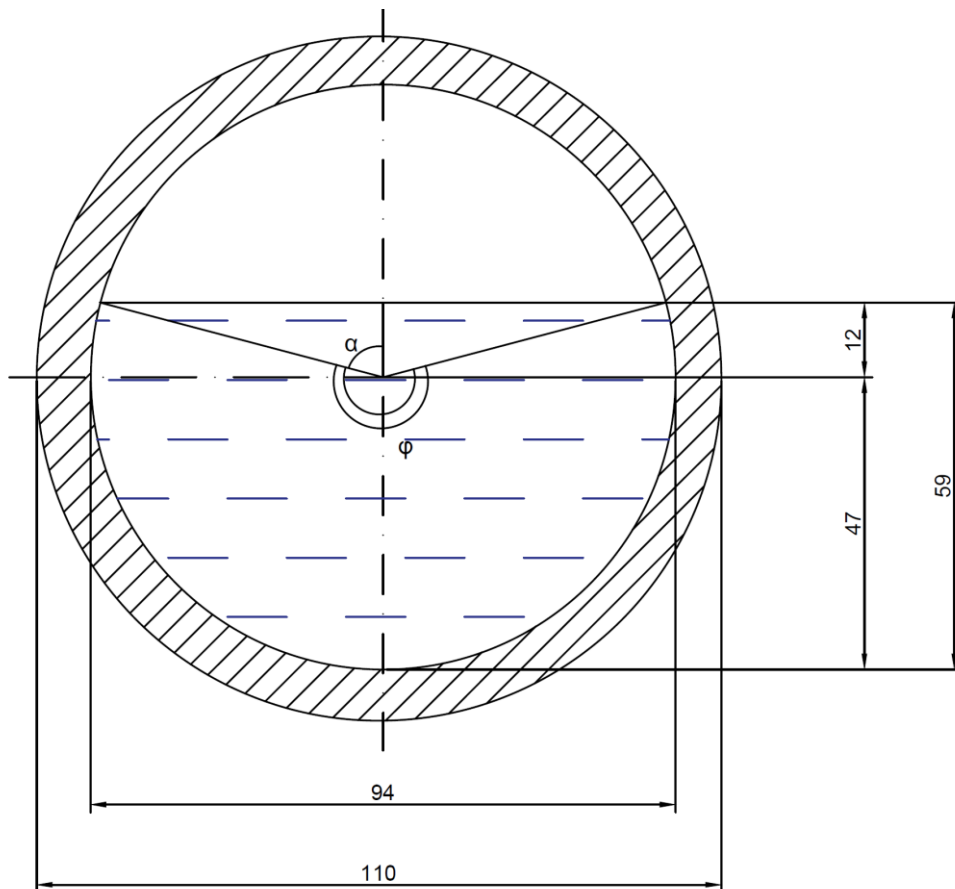


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема для визначення змоченого периметр в наповненій трубі

Для визначення кута φ спочатку необхідно знайти кут α (див. рис. 2.4):

$$\cos \alpha = 12 / 47 = 0,2553,$$

звідки

$$\arccos \alpha = 75,21^\circ.$$

Отримуємо кут φ , як $360^\circ - 2 \cdot 75,21^\circ = 209,58^\circ$.

Змочений периметр визначаємо за формулою (2.34)

$$\chi = \pi \cdot d \cdot \frac{\varphi}{360} = 3,14 \cdot 0,094 \cdot \frac{209,58}{360} = 0,17183 \text{ м}$$

Гідравлічний радіус (R) – відношення площі живого перерізу до змоченого периметру. Наприклад, для круглої труби, що працює повним перетином, гідравлічний радіус чверті діаметра, тобто:



$$R = \frac{w}{\chi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4\pi \cdot d} = \frac{d}{4} \quad (2.35)$$

$$R = \frac{w}{\chi} = \frac{0,00458199 \text{ м}^2}{0,17183 \text{ м}} = 0,026666 = 0,0267 \text{ м.}$$

Коефіцієнт Шезі за формулою (2.32):

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,017} 0,0267^{1/6} = 32,159 = 32,16$$


Для підбраного діаметра 94 мм швидкість руху води в трубі за формулою (2.31) складе:

$$v = 0,5 \cdot C \cdot \sqrt{d \cdot i} = 0,5 \cdot 32,16 \cdot \sqrt{0,094 \cdot 0,032} = 0,88 \text{ м/с}$$

Отримана швидкість буде більше за мінімально допустиму (0,15 м/с). Отже, дрібні частинки ґрунту будуть виноситись водним потоком при пропуску нормальної витрати. Отримана розрахункова менша за максимально допустиму швидкість: $v = 0,88 \text{ м/с} < 2,05 \text{ м/с}$.

Довідково. Подібні гідравлічні характеристики колекторів визначаються їх найбільшою пропускною здатністю при заданому ухилі і площі живого перерізу потоку [3]. Для проектування побутових водовідвідних мереж приймається безнапірний режим руху рідини з частковим (0,5-0,8) наповненням труб. В мережах, призначених для транспортування дощових вод, розрахункові витрати спостерігаються не частіше одного разу на кілька років. Часто водовідвідні мережі працюють в безнапірному режимі при частковому заповненні. Цей режим має низку переваг перед напірним. У побутових і виробничо-побутових мережах необхідно забезпечувати деякий резерв живого перерізу трубопроводу. Через вільну від води верхню частину перерізу труби здійснюється вентиляція розгалуженої водовідвідної мережі. При цьому в трубопроводі безперервно виділяються гази, що утворюються у воді, які викликають корозію трубопроводів та споруд на них, що ускладнює експлуатацію водовідвідних мереж.

У стічних водах також містяться нерозчинені домішки органічного і мінерального походження. Перші мають невелику густину і добре транспортуються потоком води. Другі (пісок, біте скло, шлаки тощо) мають значну густину і транспортуються лише при певних швидкостях режиму руху рідини. Тому найважливішою умовою проектування водовідвідних мереж є забезпечення в трубопроводах при розрахункових витратах необхідних швидкостей руху рідини, що виключають утворення щільних незмивних відкладень. Для проведення гідравлічних розрахунків гофрованих двошарових труб можуть використовуватися гідравлічні формули, номограми



і таблиці відповідно до вимог ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування." Розрахунок самопливних трубопроводів полягає у визначенні їх діаметра, ухилу і параметрів роботи – наповнення і швидкості. Зазвичай вихідним для розрахунку є витрати, які визначаються в першу чергу.

2.5 Конструкція дренажної мережі

В проєкті передбачений вибірковий балочний горизонтальний дренаж, який розташований в місцях найбільш вірогідного підняття рівня ґрунтових вод. Запроектована ділянка має декілька місцевих лоцин у вигляді невеликих балок. Тому запроектовані дрени приурочені саме цим пониженням.

Згідно завдання необхідно запроектувати вибіркові дрени на одній із запроектованих сівозмін. В прикладі на зрошувальній сівозміні 1 запроектовані 4 дрени 1-Др1 1-Др2, 1-Др3, 1-Др4. Глибина закладки труб 3,00 м. Труби підібрані для дрен ПВХ діаметром 77, 94 і 107 мм. Похил дрен мінімальний 0,029, максимальний – 0,041.

Для захисту дренажних труб від замулення необхідно застосувати штучні волокнисті матеріали із полімерних волокон (наприклад, склополотно ВВ-АМ ТУ 21-23-131-80).

По довжині дрен передбачені оглядові колодязі, які встановлені на початку дрен в місцях поворотів і розгалужень, а також через кожні 200-400 м по довжині.

Колодязі передбачені відкритими із збірних залізобетонних кілець діаметром 1 м типу КС (без отворів під труби) і КСД (з отворами під труби і днищем). Верх оглядових колодязів перекривається плитами перекриття типу ПП-10 з влаштуванням залізобетонних люків, обладнаних кришками.

Глибина колодязя регламентується глибиною закладання дрен. Дно колодязя повинне бути на 10-20 см нижче вихідної із колодязя труби. Колодязі обладнуються ходовими скобами. Таких колодязів на дренажній мережі сівозміни 1 передбачено 17 шт.

Дренажні води скидаються через гирлові споруди, яких передбачено на сівозміні 4 шт.

2.6 Вихідні дані до виконання індивідуального завдання

Ознайомтесь з основами проектування вибіркового горизонтального дренажу на зрошувальній системі шляхом визначення параметрів однієї дрени 1-Др1 (див. п. 2.2-2.4) на підставі вихідних даних (табл. 2.7). Проектована ділянка розташована на вододілі на півдні України. Тривалість вегетаційного періоду для зрошуваної зони України у середньому складає 200 діб. Початковий рівень ґрунтових вод $H_{поч} = 10,0$ м. Глибина залягання до водопору 15 м. Наведіть розрахунки та відповідні пояснення до них, а також наведіть основні результати у вигляді таблиці та рисунку (див. табл. 2.6, рис. 2.6),

зробіть наприкінці відповідні висновки. Слід відзначити, що здобувач вищої освіти може запропонувати і навести з відповідним поясненням формули, які ґрунтуються на правилах геометрії, щодо визначення висоти наповнення труби при відомій витраті (див. формулу (2.33)).

Таблиця 2.7 – Вихідні дані за варіантами

Варіант №	0	1	2	3	4	5
Показники						
Зміна запасів ґрунтових вод в багаторічному розрізі, мм	0	0	0	0	0	0
Характеристика зрошувальної системи	закрита зрошувальна мережа із застосуванням сучасної широкозахватної дощувальної техніки	закрита зрошувальна мережа із застосуванням сучасної широкозахватної дощувальної техніки				
Характеристика ґрунтів	чорноземи звичайні важко-суглинкові	чорноземи південні середньосуглинкові	чорноземи звичайні середньосуглинкові			
Склад сівозміни	зернові (озимі зернові)	зернові (озимі зернові)				
Середньовиважена зрошувальна норма нетто, м ³ /га	2690	3100	3050	2850	2750	3000
Середнє сумарне випаровування із зрошувальної системи, мм	389	368	395	378	382	365
Середньобагаторічна температурі повітря, °С	8,8	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5
ККД внутрішньогосподарської зрошувальної мережі	0,95	0,96	0,95	0,96	0,97	0,98
Підживлення підземними водами	не передбачається	не передбачається				
Мінералізація ґрунтових вод, г/л	4	3,5	3,8	3,0	2,5	2,9
Матеріал труб	дренажні гофровані із ПВХ	поліетиленові гладкі				
Довжина дрени 1-Др1, м	1262	1150	1180	1050	1090	990

Продовження табл. 2.7

Варіант №	6	7	8	9	10
Показники					
Зміна запасів ґрунтових вод в багаторічному розрізі, мм	0	0	0	0	0
Характеристика зрошувальної системи	закрита зрошувальна мережа із застосуванням сучасної широкозахватної дощувальної техніки				
Характеристика ґрунтів	чорноземи південні легкосуглинкові	чорноземи звичайні легкосуглинкові			
Склад сівозміни	овочі				
Середньовиважена зрошувальна норма нетто, м ³ /га	3400	2850	2950	3350	3600
Середнє сумарне випаровування із зрошувальної системи, мм	391	385	375	368	371
Середньобагаторічна температурі повітря, °С	9,2	9,1	9,3	9,6	9,4
ККД внутрішньогосподарської зрошувальної мережі	0,96	0,97	0,96	0,97	0,98

Варіант №	6	7	8	9	10
Показники					
Підживлення підземними водами	не передбачається				
Мінералізація ґрунтових вод, г/л	4,2	3,8	3,6	4,5	3,9
Матеріал труб	поліетиленові гладкі				
Довжина дрени 1-Др1, м	1452	1384	1260	1193	1521

Продовження табл. 2.7

Варіант №	11	12	13	14	15
Показники					
Зміна запасів ґрунтових вод в багаторічному розрізі, мм	0	0	0	0	0
Характеристика зрошувальної системи	закрита зрошувальна мережа із застосуванням сучасної широкозахватної дощувальної техніки				
Характеристика ґрунтів	чорноземи південні сажкосуглинкові		чорноземи звичайні середньосуглинкові		
Склад сівозміни	овочі				
Середньовиважена зрошувальна норма нетто, м ³ /га	3250	2950	3050	3550	3350
Середнє сумарне випаровування із зрошувальної системи, мм	371	378	398	381	355
Середньобагаторічна температурі повітря, °С	9,3	9,4	8,5	9,3	9,1
ККД внутрішньогосподарської зрошувальної мережі	0,96	0,94	0,96	0,97	0,95
Підживлення підземними водами	не передбачається				
Мінералізація ґрунтових вод, г/л	3,8	4,8	4,6	3,5	3,7
Матеріал труб	поліетиленові гладкі				
Довжина дрени 1-Др1, м	1320	1412	1365	1578	1529

Рекомендовані джерела

1. Доценко В.І. Розрахунок і проектування дренажу на зрошувальних системах: навчальний посібник / В.І. Доценко, В.В. Коваленко, Л.М. Рудаків, Т.І. Ткачук – Дніпро: ДДАЕУ, Акцент ПП, 2018. – 335 с.

2. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Гідромеліоративні системи та комплексні меліорації» на тему «Проект зрошувальної системи» / В.І. Доценко. – ДДАЕУ, 2018. – 88 с.

3. Гідравлічний розрахунок і ухил каналізаційної труби. Євротрубпласт. URL: <https://etp.com.ua/ua/articles/uklon>.

Питання для самоперевірки

1. Які показники враховує рівняння водного балансу ґрунтових вод в загальному вигляді?

2. Які параметри враховуються під час гідравлічного розрахунку дрени та колекторів?

3. Яка послідовність дій під час користування номограмами для гідравлічного розрахунку колекторно-дренажних труб в залежності від їх діаметру?