

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

В.І. Доценко, В.В. Коваленко, Л.М. Рудаков, Т.І. Ткачук

**ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
КУЛЬТУР САМОПЛИВНО-ПОВЕРХНЕВИМ
СПОСОБОМ**
Навчальний посібник

Для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за спеціальностями 192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

Дніпро
2020

УДК 631.674

Рекомендовано до друку вченою радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол № 2 від 29.11.2019 р.)

Рецензенти:

Шатковський А.П. – заступник директора з наукової роботи Інституту водних проблем і меліорації НААН, доктор сільськогосподарських наук;

Кухарук П.В. - начальник відділу з управління інфраструктурою та моніторингу меліоративного стану Регіонального офісу водних ресурсів в Дніпропетровській області;

Калініченко В.Я. – доцент кафедри водогосподарської інженерії ДДАЕУ, кандидат технічних наук.

Зрошення сільськогосподарських культур самопливно-поверхневим способом: навчальний посібник / В.І. Доценко, В.В.Коваленко, Л.М. Рудаков, Т.І. Ткачук – Дніпро: ДДАЕУ, 2020. – 198 с.

Розглянуті основні принципи проведення самопливно-поверхневого способу поливу сільськогосподарських культур: полив по борознах, по смугах і затопленням. Розглянуті питання пов'язані зі зміною вбираючої здатності ґрунту протягом періоду поливу, і вплив її на елементи техніки поливу.

Окремо розглянута можливість зрошення самопливно-поверхневим способом на ділянках під дощувальні машини, які відпрацювали свій строк і не можуть працювати. Такий спосіб поливу може використовуватись як альтернативний. Велика увага приділена також підготовці поля до поливу самопливно-поверхневим способом.

ISBN

УДК 631.674

**© Доценко В.І.,
Коваленко В.І.,
Рудаков Л.М.,
Ткачук Т.І.,
2020**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВБИРАННЯ І ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДИ В ҐРУНТ.....	8
Запитання для самоконтролю.....	13
2. ПОЛИВ ПО БОРОЗНАХ.....	14
2.1 Види і конструкція борозен.....	14
2.2 Агротехнічні вимоги до поливу по борознах.....	16
2.3 Схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі при поливі по борознах.....	17
2.4 Нарізування поливних борозен.....	19
2.5 Елементи тимчасової зрошувальної мережі при поливі по борознах.....	23
Вправа 1. Встановити порядок розподілу води в тимчасову зрошувальну мережу при поливі по борознах.....	24
2.6 Поливна арматура.....	27
2.7 Гнучкі і жорсткі пересувні трубопроводи.....	32
2.8 Поливні пересувні агрегати з гнучкими шлангами ППА-165 і ППА-165У.....	39
2.9 Комплект автоматизованого обладнання для поливу по борознах.....	43
2.10 Автоматизована стаціонарна система поливу по борознах.....	46
2.11 Розрахунок елементів техніки поливу по борознах.....	50
Вправа 2. Розрахунок елементів техніки поливу по борознах.....	62
Вправа 3. Розрахунок тривалості поливу по борознах.....	64
Вправа 4. Розрахунок еквівалентного об'єму поливної норми для визначення тривалості поливу методом пробних поливів.....	68
2.12 Циклограми технології водорозподілу в борозни.....	68
Запитання для самоконтролю.....	71
3. ПОЛИВ НАПУСКОМ ПО СМУГАХ.....	74
3.1 Різновиди подачі води в поливні смуги.....	74
3.2 Агротехнічні вимоги до поливу по смугах.....	76
3.3 Нарізування поливних смуг.....	77
3.4 Поливні машини і пристрої для поливу по смугах.....	79
3.5 Розрахунок елементів техніки поливу.....	83
Вправа 5. Розрахунок елементів техніки поливу по смугах.....	92
Запитання для самоконтролю.....	94
4. ПОЛИВ ЗАТОПЛЕННЯМ.....	95
4.1 Умови застосування поливу затопленням.....	95
4.2 Розрахунок поливу затопленням.....	96
4.3 Зрошення рису.....	100
Вправа 6. Розрахунок режиму зрошення рису.....	116
Запитання для самоконтролю.....	121
5. НОРМА ВИРОБІТКУ ПРИ ПОЛИВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПО БОРОЗНАХ І СМУГАХ.....	123
5.1 Норма виробітку за зміну при поливі по борознах.....	123

5.2	Розрахунок норми часу на полив по борознах.....	124
	Вправа 7. Розрахунок необхідної кількості поливальників для поливу по борознах	129
	Вправа 8. Розрахунок норми виробітку на полив по борознах із застосуванням трубок-сифонів	130
	Вправа 9. Розрахунок норми виробітку на полив по борознах із застосуванням гнучких трубопроводів.....	131
5.3	Контроль якості роботи при поливі по борознах і смугах.....	132
	Запитання для самоконтролю.....	133
6.	ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ПОЛИВУ НА ДІЮЧИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ З ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ.....	134
6.1	Технологічні особливості та умови застосування поверхнево-самопливного способу поливу.....	134
6.2	Типові схеми організації водоподачі та водорозподілу по поверхні на різних типах діючих зрошувальних систем.....	136
6.3	Технічні засоби водоподачі для переведення частини зрошуваних земель на поверхнево-самопливний полив.....	146
6.4	Вибір елементів техніки поливу.....	148
	Запитання для самоконтролю.....	150
7.	ПІДГОТОВКА ПОЛЯ ДО ПОВЕРХНЕВО-САМОПЛИВНОГО ПОЛИВУ	152
7.1	Експлуатаційне планування, малювання і вирівнювання.....	152
7.2	Нарізування тимчасової зрошувальної мережі.....	163
7.3	Організація території зрошуваної рисової карти.....	173
7.4	Норми виробітку та норми витрат палива на механізовані роботи по підготовці поля до поливу.....	188
	Вправа 10. Розрахунок норми виробітку на експлуатаційне планування поверхні поля планувальником	193
	Запитання для самоконтролю.....	194
	ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	196
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	197

ВСТУП

Самопливно-поверхневий полив – це спосіб зрошення, у процесі якого ґрунт зволожується вбиранням, яка подається на поверхню зрошуваної ділянки. Цим способом рекомендується зрошувати просапні культури (овочі, кукурудзу, цукрові буряки, бавовник тощо), культури суцільного висіву (трави, зернові), а також сади та виноградники. Весь рис у світі поливається затопленням.

Такий спосіб найдавніший і найбільш розповсюджений: оскільки є дуже простим, не потребує складного обладнання, великих напорів і витрат води. За високої організації поливу один поливальник може керувати великими витратами води. Перші зрошувальні системи були побудовані під цей спосіб поливу. Найпростіші постійні канали, тимчасові зрошувачі і вивідні борозни в земляному руслі будувалися саме для подачі води в борозни або смуги.

В Україні зрошення сільськогосподарських культур розпочиналося цим способом. Були розроблені грандіозні плани поливу по борознах для лівобережної частини України із застосуванням найпростіших водопідйомних пристроїв [3, 7, 8]. При стрімкому розвитку сільського господарства з його механізацією і автоматизацією перевага була надана дощуванню. У зв'язку з цим площа зрошуваних земель по борознах і смугах в Україні скоротилася до мінімуму.

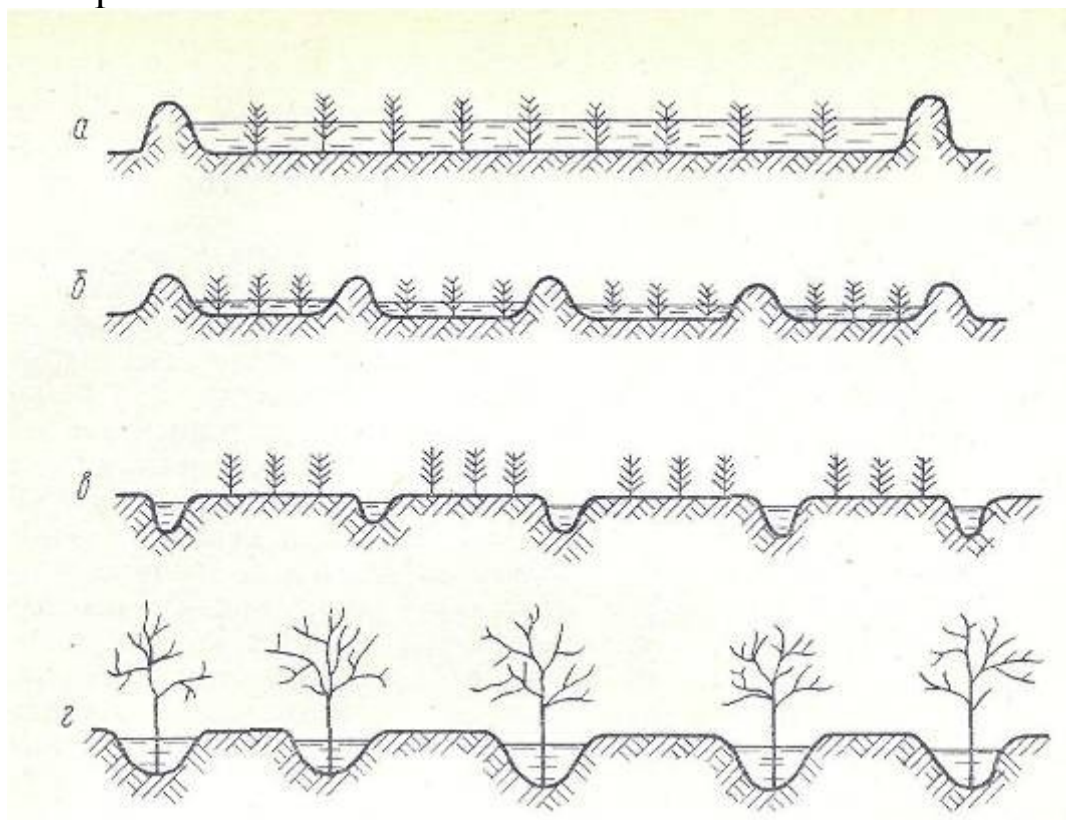
При зменшенні кількості дощувальних машин на полях за останні роки, самопливно-поверхневий полив набув нової актуальності. Маючи один водовипуск на зрошуваній ділянці і найпростіше обладнання, можна організувати полив по борознах або смугах. Тому цей спосіб при нескладному переобладнанні зрошувальної мережі, як тимчасовий захід, можна застосовувати на дощувальних системах, де дощувальні машини відпрацювали свій строк і немає можливості придбати нові.

Самопливно-поверхневий полив застосовують:

- при зрошенні з великими поливними (більше 800–1000 м³/га) і зрошувальними нормами;
- на засолених ґрунтах, які потребують промивки;

- у районах із сильними вітрами;
- на спланованій поверхні полів за сприятливих похилів з водопроникними ґрунтами;
- на важких або легкозапливаючих ґрунтах при великому водоспоживанні сільськогосподарських культур.

Основні різновиди самопливно-поверхневого поливу – полив по борознах, полив напуском по смугах, полив суцільним затопленням, полив вибірковим затопленням.



Класифікація самопливно-поверхневих способів поливу [23, 28]:
*a – суцільне затоплення; б – напуск по смугах; в – полив по борознах;
 г – вибіркове затоплення*

Механізм надходження води в ґрунт під час поливу, який визначає ту чи іншу швидкість, рівномірність і характер розподілу вологи в ґрунті, обумовлюється напрямком, по якому вода надходить до ґрунту, і величиною витрати (напору) і швидкості, з якими вода надходить і рухається по зрошуваній площі.

За розподілом води по поверхні і надходженням її в ґрунт способи самопливно-поверхневого поливу можна поділити на дві основні групи:

- 1) способи, при яких зрошувана вода розподіляється по поверхні поля суцільним шаром і надходить до ґрунту у вертикальному напрямку, тобто в основному гравітаційним шляхом;
- 2) способи, при яких вода розподіляється по поверхні поля по борознах і надходить до зрошуваного ґрунту головним чином в боковому напрямку, тобто капілярним шляхом.

До першої групи відносяться поливи з вертикальним вбиранням води, тобто по смугах, і затоплення; другої групи – поливи з боковим вбиранням, тобто по наскрізних та по тупих борознах.

При поливах з вертикальним вбиранням води, коли ґрунт зволожується гравітаційним шляхом, тоді легко руйнується грудкувата структура ґрунту; при поливах з боковим поглинанням (особливо по глибоких борознах та борознах-щілинах), коли ґрунт зволожується головним чином капілярним шляхом, тоді краще зберігається структура ґрунту і знижується випаровування води після поливу.

1. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВБИРАННЯ І ФІЛЬТРАЦІЯ ВОДИ ҐРУНТОМ

Механізм надходження води в ґрунт при самопливно-поверхнево-му зрошенні полягає в горизонтальному пересуванні потоку води по поверхні поля (суцільним шаром або по борознах) і у вертикальному вбиранні її ґрунтом гравітаційним та капілярним шляхами.

Швидкість вбирання води ґрунтом w підлягає закону:

$$w = kJ^\alpha, \quad (1.1)$$

де k – коефіцієнт пропорціональності, який при $\alpha = 1$ є коефіцієнтом фільтрації даного ґрунту;

J – градієнт напору вбирання

$$J = \frac{h+a}{a}, \quad (1.2)$$

де h – шар води на поверхні ґрунту, см;

a – потужність шару ґрунту, на якому відбувається фільтрація води, см;

α – показник степеня, змінюється від $\alpha = 1$ – для дрібнозернистих ґрунтів (закон Дарсі) до $\alpha = 0,5$ – для дуже крупнозернистих ґрунтів.

Оцінкою застосування закону Дарсі може слугувати умова Рейнольдса

$$R_1 = \frac{wd}{\nu} \leq 5, \quad (1.3)$$

де w – швидкість фільтрації, см/с;

d – діаметр частинок ґрунту, см;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, см²/с.

Для води, при $t = 20$ °С, $\nu = 0,01$ см²/с і $w \leq \frac{0,05}{d}$, що в більшій кількості випадків меліорації виконуються, тобто діє закон Дарсі.

При поливі зазвичай вода вбирається в ґрунт, далекий від насичення, і глибина a , на який відбувається протікання води, згодом збільшується; тому градієнт напору вбирання $J = \frac{h+a}{a}$ поступово зменшується (від дуже великої величини на початку поливу до близького одиниці в кінці поливу), а разом з ним знижується і швидкість вбирання води ґрунтом, наближаючись до деякої постійної

величини, яка відповідає коефіцієнту фільтрації даного ґрунту; крім того, в самому ґрунті, по мірі стикання його з водою, відбуваються механічні і фізико-хімічні зміни (набухання і зсідання колоїдів, порушення структури, утворення кірки, ущільнення), що зменшують водопроникність ґрунту, тобто k .

У процесі вбирання води ґрунтом велика роль належить капілярним силам даного ґрунту і наявності в порах повітря.

Швидкість опускання води в ґрунт на глибину a від поверхні становитиме

$$w = k \frac{h + a + H_0 - L}{a}, \quad (1.4)$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту;

H_0 – висота капілярного підняття води в даному ґрунті;

L – надлишковий тиск повітря (у ґрунті більше атмосферного);

h – шар води на поверхні.

Із цього виразу можна виділити таке:

- 1) швидкість w зменшується із збільшенням глибини протікання води a , тобто з часом, і на початку ця швидкість значно перевищує коефіцієнт фільтрації k , поступово знижуючись, причому по мірі збільшення глибини a вплив капілярних сил H_0 слабшає;
- 2) капілярні сили збільшують, а наявне в порах стиснуте повітря зменшує швидкість вбирання.

При боковому вбиранні води (у борознах) капілярні сили збільшують напір і викликають капілярне підживлення води в ґрунті між борознами зі швидкістю

$$w = k \frac{H_0 - a_1 - L}{a_1}, \quad (1.5)$$

де a_1 – висота підняття води в даний момент.

У зв'язку з цим бокове вбирання води підвищене, що особливо помітно на початку процесу, і потім поступово зменшується.

Отже, швидкість вбирання води ґрунтом не є постійною величиною і зменшується з часом, дуже суттєво на початковій стадії.

Динаміку швидкості вбирання води ґрунтом, не насичений водою (що має місце при поверхневому зрошенні), при змінюваній глибині протікання О.М. Костяков запропонував виразити залежністю

$$w_t = \frac{k_1}{t^\alpha}, \quad (1.6)$$

де w_t – швидкість вбирання води ґрунтом в момент часу t , см/год;
 k_1 – коефіцієнт водопроникності даного ґрунту в першу годину, см/год;
 α – показник степеня, що характеризує затухання швидкості вбирання води ґрунтом, змінюється від 0,30 до 0,80.

Чим більша початкова вологість ґрунту, тим меншим стає значення показника α , тобто крива вбирання води робиться більш пологою.

Загальний характер зміни швидкості вбирання води ґрунтом за часом може бути представлений кривою (рис. 1.1), яка показує, що швидкість вбирання з часом поступово зменшується, наближаючись до деякої постійної величини k , яка і характеризує собою власне коефіцієнт фільтрації даного ґрунту.

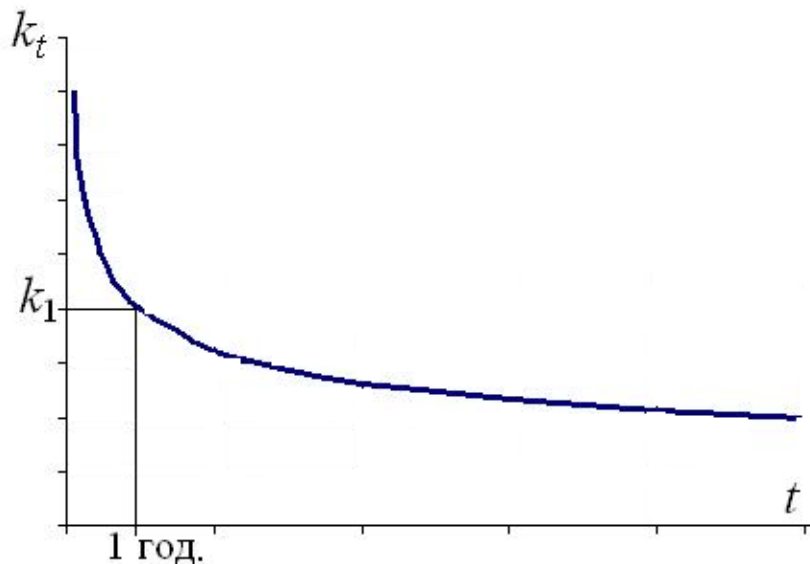


Рис. 1.1. Залежність вбирання води ґрунтом, запропонована О.М.Костяковим

Значення коефіцієнта водопроникності даного ґрунту (у кінці першої одиниці часу) дорівнює

$$k_1 = kT^\alpha, \quad (1.7)$$

де k – коефіцієнт фільтрації даним ґрунтом, який встановлюється в момент часу T від початку вбирання.

Величина коефіцієнта фільтрації k , яка характеризує водопроникність даного ґрунту, насиченого водою, залежить від шпаруватості даного ґрунту, діючого діаметра частинок ґрунту, температури води.

Коефіцієнт фільтрації ґрунту k тим більший, чим більші діючий діаметр частинок ґрунту і його шпаруватість та чим вища температура води. Величина k визначається дослідним шляхом або за формулами на основі визначення гранулометричного складу і шпаруватості ґрунту.

Середнє значення швидкості вбирання за період часу t визначається таким чином (при умові $0 < \alpha < 1$):

$$k_{\text{сер}} = \frac{1}{t} \int_0^t \frac{k_1}{t^\alpha} dt = \frac{k_1}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{t^\alpha} = \frac{k_0}{t^\alpha}, \quad (1.8)$$

де $k_0 = \frac{k_1}{1-\alpha}$ – швидкість вбирання води даним ґрунтом, середня за першу одиницю часу.

Значення коефіцієнта k_1 і показника α для даного ґрунту знаходять дослідним шляхом – визначенням зміни швидкості вбирання води в даний ґрунт, не насиченим водою і з непорушеною структурою (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Параметри α та k_1 для звичайних сіроземів (за даними К.А. Жарової) [23, 28]

Ґрунт	α	k_1
Супіщаний (що підстиляється галечником, супіщаними глинистими відкладеннями)	0,07–0,31 (0,14)	8–32 (17,6)
Середній суглинок (що підстиляється 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)

Пізніше, для апроксимації процесу вбирання води ґрунтом, застосована формула з додатковим членом швидкості вбирання, що встановилася за достатньо тривалого процесу

$$k_t = \frac{k_S}{t^\alpha} + k_{\text{вст}}, \quad (1.9)$$

де k_S – коефіцієнт, що залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту, см/год.;

$k_{\text{вст}}$ – швидкість вбирання води ґрунтом, що встановилася за достатньо тривалого її вбирання, см/год (рис. 1.2, табл. 1.2).

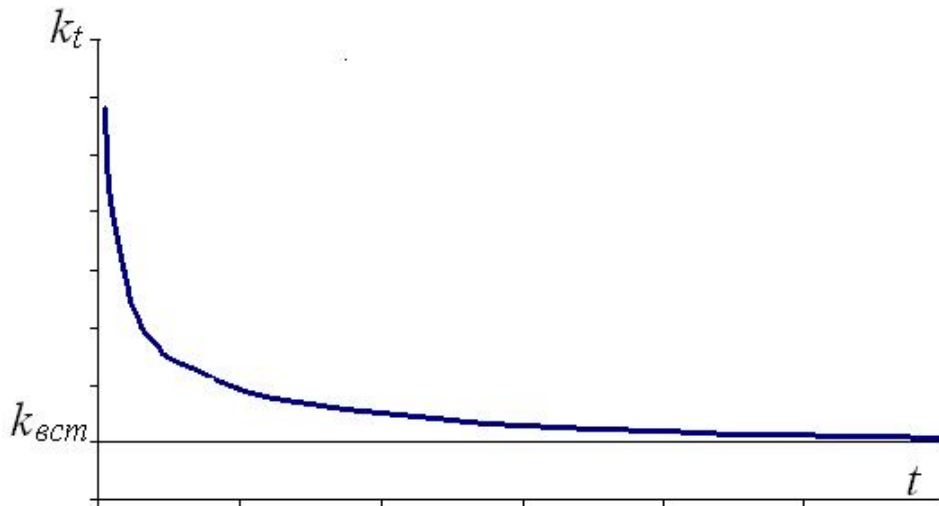


Рис. 1.2. Залежність вбирання води ґрунтом з врахуванням насиченої фільтрації

Таблиця 1.2 – Параметри формули вбирання води ґрунтом (за Н.Т. Лактаєвичем) [23, 28]

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

Весь процес, що описується кривою побудованою за цією залежністю можна розділити на два основних етапи:

- **вбирання** – швидке поглинання води ґрунтом, коли пори не заповнені водою, але по мірі заповнення їх водою швидкість процесу зменшується і настає стан фільтрації;

- **фільтрація** – рівномірний рух води в ґрунті зверху вниз під дією сил гравітації.

При поливі по борознах і смугах тривалість зрошення значно менша тривалості сталого вбирання води ґрунтом, тому в більшості випадків, розраховуючи елементи техніки поливу користуються, формулами О.М. Костякова.

У зв'язку з неоднорідністю покриття водою по довжині всіх поливних елементів середня швидкість вбирання на елементарній площадці $k_{сер}$ (за Л.Б. Бунентіним), щодо формули О.М. Костякова.

$$k_{сер} = \frac{k_1}{(1 - \alpha) \cdot (2 - \alpha) \cdot t^\alpha} \quad (1.10)$$

При поливі суцільним шаром вода вбирається у вертикальному напрямку переважно гравітаційним шляхом, а при поливі по борознах – у вертикальному і боковому напрямках переважно під дією капілярних сил.

Вибір способу поливу, який задовольняє вказаним вище вимогам, обумовлюється комплексом господарських, агротехнічних, ґрунтових і топографічних умов.

Запитання для самоконтролю

1. Що становить сутність самопливно-поверхневого поливу?
2. У якій спосіб вода потрапляє до ґрунту за самопливно-поверхневого поливу?
3. Як змінюється швидкість вбирання води ґрунтом?
4. Від чого залежить зміна швидкості надходження води до ґрунту?
5. Які математичні моделі описують зміну швидкості надходження води до ґрунту?
6. Про що свідчить коефіцієнт затухання швидкості вбирання води ґрунтом α ?

2. ПОЛИВ ПО БОРОЗНАХ

При поливі по борознах вода рухається по окремих струменях і вбирається ґрунтом під дією гравітації та капілярних сил, через змочену поверхню.

По борознах поливають просапні культури (бавовник, буряки, кукурудзу, картоплю тощо), виноградники, сади, а подекуди і вузькорядні культури (зернові, трави тощо). В останньому випадку борозни мають бути засіяні.

2.1. Види і конструкція борозен

Поливні борозни – це система паралельних русел малого поперечного перерізу, що прокладені на поверхні поля з відповідним похилом, який забезпечує поступовий рух вод від їх початку до кінця (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд борозен

Розміри та форма поперечного перерізу, поливних борозен при механічному їх влаштуванні залежать від борозноформуючого знаряддя (окучника, борозноріза), фізико-механічних властивостей ґрунту і ширини міжрядь вирощуваних просапних культур.

Розрізняють борозни при широких міжряддях глибокі (18–24 см), середньоглибокі (15–18 см) та мілкі (10–15 см).

Борозни, що мають у кінці перемичку, називаються **тупими** або **глухими** (рис. 2.2). Застосовують їх на ділянках з невеликими похилами (до 0,003), з тією умовою, щоб перепад геодезичних відміток на початку і кінці дна борозни не перевищував $\frac{1}{3}$ її глибини.

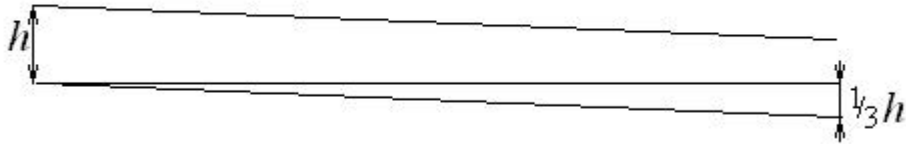


Рис. 2.2. Схема поливу по тупих борознах

Наскрізні або **проточні борозни** (рис. 2.3) не мають у кінці перемичок, і їх застосовують на ділянках з великим діапазоном похилів: від дуже малих (0,001) до дуже великих (0,03 і більше).

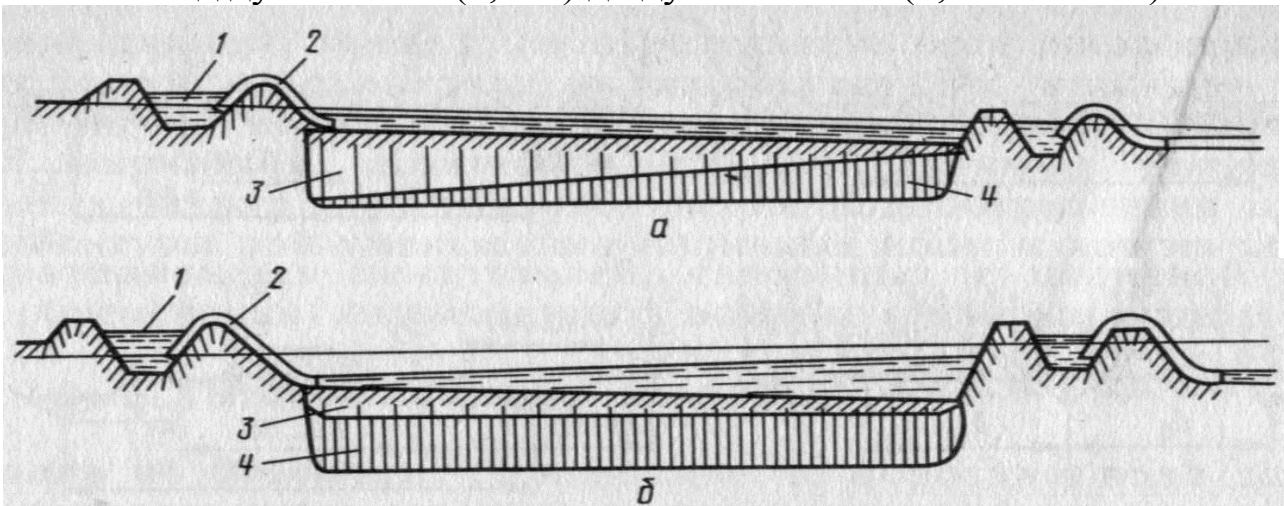


Рис. 2.3. Схема поливу і розподілу води при зрошенні по борознах: а – тупі (глухі) борозни; б – проточні (наскрізні) борозни; 1 – вивідна борозна; 2 – сифон; 3 – зона добігання зволоження ґрунту; 4 – зона зволоження ґрунту дозволоження

Борозни-щілини (рис. 2.4) нарізають спеціальними знаряддями, їх застосовують для збільшення поглинаючої здатності на слабководонепроникних ґрунтах. Ширина сформованої щілини на дні борозни становить 3–4 см, а глибина – 10–15 см.

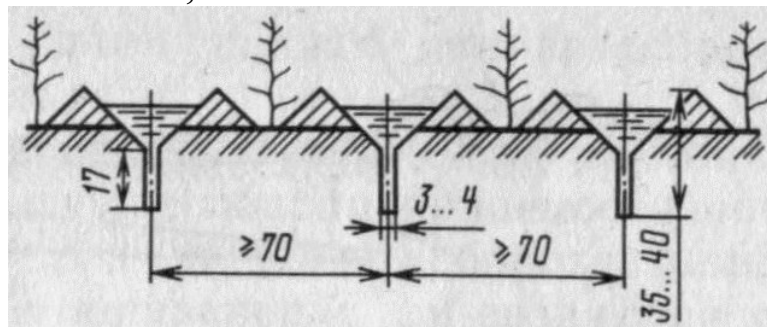


Рис. 2.4. Схема формування борозен-щілин

Вдавлені борозни формують окучниками з профільними катками, їх застосовують на ґрунтах підвищеної водопроникності для зменшення їх поглинаючої здатності і для підвищення стійкості ложа борозен до розмиву.

Мілкі борозни, що засіваються (рис. 2.5) нарізають спеціальними окучниками в агрегаті з сіялками вузькорядних культур суцільного висіву. Рослини при цьому розміщують не тільки на гребені, але і на відкосах, і на дні борозен.

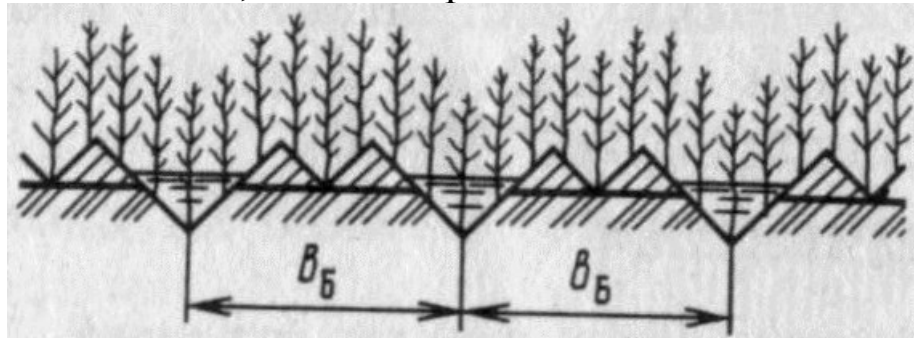


Рис. 2.5. Схема формування мілких борозен, що засіваються

Напрямок поливу борозен по відношенню до основного похилу місцевості вибирають з урахуванням забезпечення якісного проведення поливів і можливості механізованого обробітку просапних культур. Поливні борозни бажано нарізати вздовж похилу місцевості. У цьому випадку зменшиться можливість переливу води через гребені борозен. Борозни під кутом до загального похилу місцевості нарізають тільки за умови ретельно вирівняної поверхні та відсутності улоговин і мікропонижень у напрямку максимального похилу.

2.2. Агротехнічні вимоги до поливу по борознах

1. Полив здійснюється на ретельно спланованих ділянках з явно вираженим загальним похилом ділянки.
2. Поливи призначаються при зниженні запасів вологи нижче допустимого значення для зрошуваних культур. Поливні норми становлять 600–1000 м³/га і більше.
3. Нерівномірність подачі води в борозни по всіх водовипусках не повинна перевищувати $\pm 10\%$ від встановленої поливної норми при їх одночасній роботі.

4. Пошкодження сільськогосподарських рослин при поливі не повинне перевищувати 0,2 %.
5. Не допускається розмив ґрунту при витіканні води із водовипусків у поливні борозни.
6. Витрати води, що подаються в тупі борозни, мають бути в межах 0,4–1,5 л/с, у проточні – від 0,1 до 0,6 л/с.
7. Довжину поливних борозен залежно від їх похилу і водопроникності ґрунту приймають від 50 до 600 м, глибину – від 13 до 22 см.
8. Похил зрошуваних полів не повинен викликати водної ерозії під час поливу і має становити 0,0005–0,02.
9. Площа зрошуваних ділянок (з різною конфігурацією) має бути від 5 до 30 га.
10. Температура зрошувальної води має бути від 1 до 30 °С, вміст завислих частинок – до 5 г/л, мінеральних солей – до 1 г/л.
11. Не рекомендується проводити полив по борознах сільськогосподарських культур на ділянках із засоленими ґрунтами і близьким до поверхні заляганням ґрунтових вод.

2.3. Схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі при поливі по борознах

У межах поливної ділянки існує лише тимчасова зрошувальна мережа, яка включає: тимчасовий зрошувач, вивідні і поливні борозни. Залежно від рельєфу і похилу подача води з ділянкового зрошувача в тимчасову мережу може здійснюватися за двома схемами – *поздовжньою* і *поперечною* (рис. 2.6).

При *поздовжньому* розташуванні тимчасової зрошувальної мережі вода з каналу чи гідранту надходить до тимчасового зрошувача, потім у вивідну борозну, а з неї – у поливні борозни (рис. 2.6, а).

При *поперечній* схемі вода з каналу надходить у тимчасовий зрошувач, а з нього – у поливні борозни (рис. 2.6, б).

Поздовжню схему рекомендується застосовувати при похилах місцевості менше 0,004, а поперечну – при більших похилах. Ефективнішою вважають поперечну схему, оскільки через відсутність вивідних борозен скорочуються затрати на їх нарізування, збільшується коефіцієнт використання землі і скорочуються втрати води на фільтрацію. Якщо довжина поливних борозен сягає 400 м і

більше, то тимчасові зрошувачі можна не влаштовувати, а воду у вивідні або поливні борозни подавати безпосередньо з ділянкового каналу.

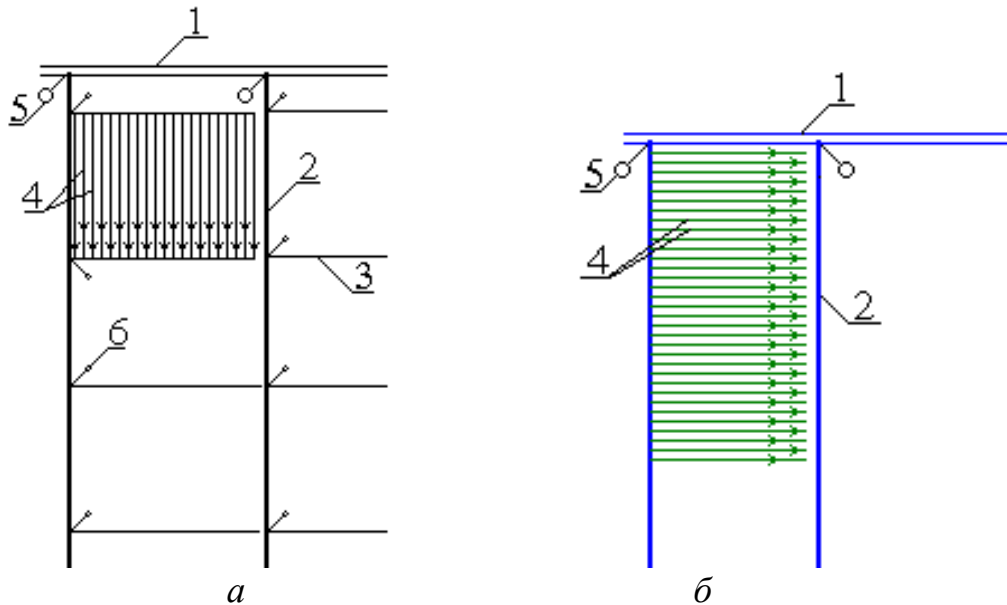


Рис. 2.6. Поздовжня (а) і поперечна (б) схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі при поливах по борознах: 1 – ділянковий зрошувач; 2 – тимчасовий зрошувач; 3 – вивідна борозна; 4 – поливна борозна; 5 – водовипуск із ділянкового в тимчасовий зрошувач; б – водовипуск із тимчасового зрошувача у вивідну борозну.

Тимчасову зрошувальну мережу нарізають у такій послідовності. Перш за все нарізають поливні борозни за найбільшим похилом або під кутом до горизонталей на всій ділянці. При поздовжній схемі потім нарізають вивідні борозни і останніми – тимчасові зрошувачі. При поперечній схемі відразу за поливними борознами нарізають тимчасові зрошувачі. Довжина тимчасових зрошувачів не повинна перевищувати 1200 м, а вивідних борозен – 200 м.

Воду в поливні борозни подають в основному в їх головному створі. При цьому водоподача в борозни може здійснюватись:

- з постійними витратами в період затоплення борозен без проточності (без скиду) в кінцевому створі;
- з постійними витратами в період добігання води до кінця борозни, практично без проточності;
- з постійними витратами в період поливу, включаючи період зволоження, як правило, зі значною проточністю в кінці борозен;

- зі змінними, які зменшуються дискретно, витратами в період дозволення, при порівняно невеликій проточності;
- зі змінними, які змінюються плавно, витратами в період дозволення, при порівняно невеликій проточності;
- з постійними і змінними витратами вздовж борозни осередками зволоження;
- у переривчастому режимі з постійними або дискретно зменшуваними витратами протягом декількох циклічних періодів добігання, практично без проточності в кінці борозен.

Найпростішою схемою поливу є постійна витрата води, що подається в борозну, але при такій подачі збільшується нерівномірність розподілу поглинутої води вздовж тупої борозни і скиди в кінці проточної борозни, тому для усунення цього недоліку застосовують більш складні схеми зі змінними витратами.

2.4. Нарізування поливних борозен

Агротехнічні вимоги до нарізування борозен.

1. До нарізування борозен поливна ділянка має бути ретельно спланована довгобазовими планувальниками і вирівняна волокушами або шлейфами. При візуальному огляді орної ділянки не повинно бути помітних роз'ємних борозен і звальних гребенів.
2. Поливна ділянка повинна мати виражений похил з поступовим зменшенням у напрямку поливних борозен. При слабкій водопроникності ґрунту похил поверхні має бути не менше 0,01, при середній – від 0,01 до 0,02, при високій – до 0,03, але не більше, інакше, вода буде розмивати борозни і змивати ґрунт.
3. З урахуванням ступеня водопроникності ґрунту і найкращого напрямку нарізування борозен необхідно вибрати потрібний похил і намітити місце розташування тимчасової зрошувальної мережі.
4. Довжину і переріз борозен вибирають з урахуванням агротехнічних вимог сільськогосподарських культур, механічного складу ґрунту, рельєфу місцевості, забезпечення пропуску розрахункової кількості води в агрономічно допустимі строки, а також механізації сільськогосподарських робіт.
5. Похил борозен повинен забезпечувати рух води самопливно по всій довжині без накопичення, застою і переливу через гребені.

6. Глибину поливних борозен визначають агрономічними умовами зрошуваних культур. По можливості борозни нарізають глибше, оскільки вода краще долає не вирівняні ділянки, що зустрічаються по довжині борозни, навіть на спланованих полях. Задана глибина поливних борозен і їх профіль повинні втримуватися по всій довжині.
7. Кількість нарізаних борозен за один прохід агрегату має дорівнювати кількості висіяних рядків просапних культур.
8. Відстань між борознами задають залежно від ширини між рядками і захисної смуги вздовж рядків та механічного складу ґрунту, забезпечивши тим самим змикання контурів зволоження під час проведення поливу. За умовами змикання контуру зволоження відстань між осями борозен на легких за механічним складом ґрунтах приймають 50–60 см, на середніх – 60–80, на відносно важких – 80–90 см і на важких глинистих – 100–110 см.

Комплектування агрегатів для нарізування борозен

Під час нарізання поливних борозен застосовують *культиватор-рослинопідживлювач* КРН-5,6 і КРН-4,2 та *культиватор* ЧКУ-4, ЧКУ-200. Основним робочим органом для нарізування борозен слугує борозник – аричник (рис. 2.7).

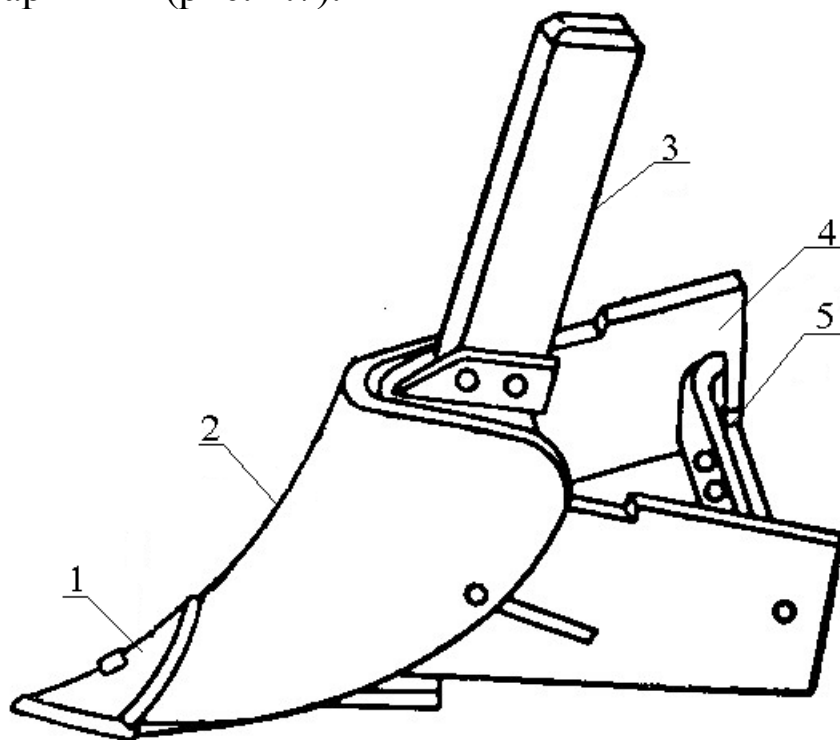


Рис. 2.7. Борозник культиватора ЧКУ-200: 1 – розпушуючий носок;

2 – корпус; 3 – стояк; 4 – додатковий відвал; 5 – розпірка.

Тип трактора при комплектуванні культиваторних агрегатів вибирають з урахуванням отримання найбільшої продуктивності і кращого використання потужності тракторного двигуна. Найкраще цим вимогам відповідають трактори класу тяги 1,4 тс (ЮМЗ-6АЛ, ЮМЗ-650, ЮМЗ-8070, МТЗ-570, МТЗ-590, МТЗ-800, МТЗ-8274 та ін.).

Підготовка агрегатів до роботи з нарізування борозен

До початку підготовки трактора до роботи перевіряють комплектність додаткового обладнання, інструментів і виконують всі загальні операції по підготовці тракторів до роботи відповідно до заводських інструкцій.

На тракторі встановлюють ширину колії залежно від ширини міжрядь. Начіплюють культиватор на трактор. Встановлюють аричніки на задані умови роботи – по довжині градія, по ширині захвата культиватора, по глибині обробки (рис. 2.8.).

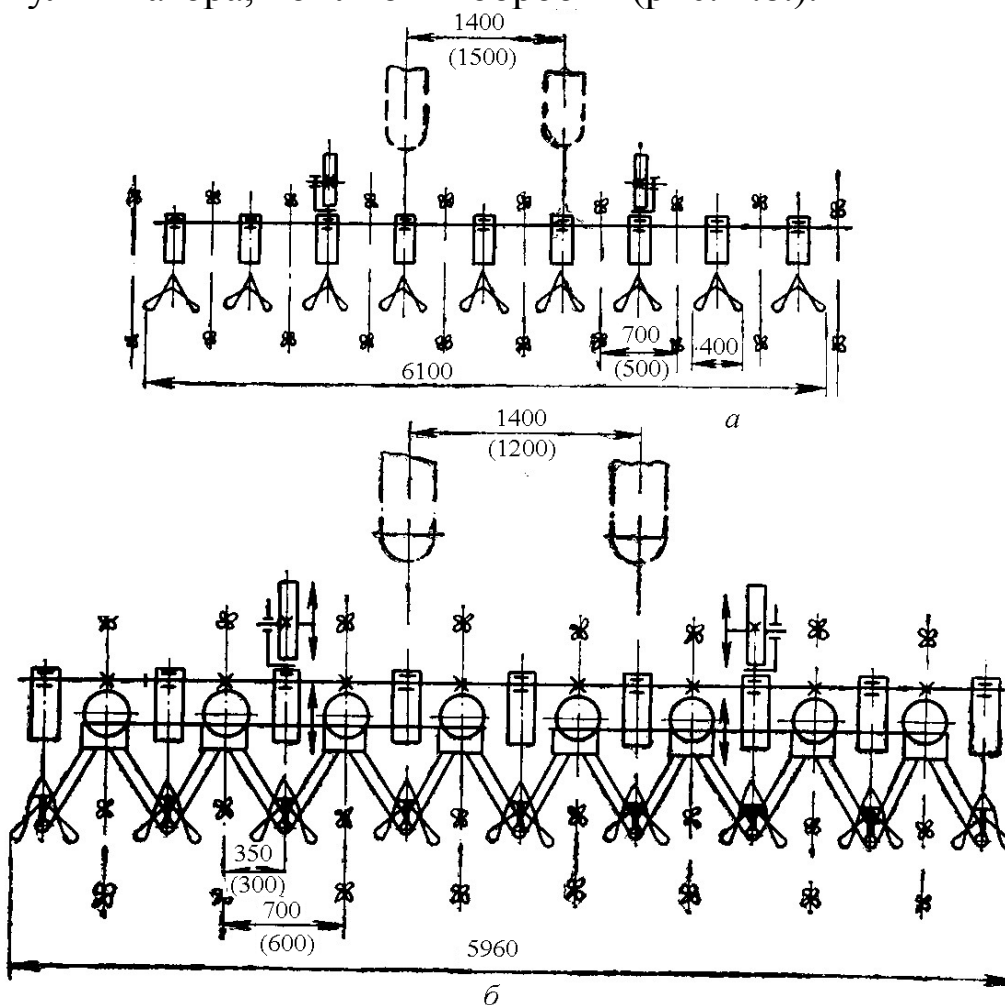


Рис. 2.8. Розстановка робочих органів культиваторів КРН-4,2 і КРН-5,6:
а – без внесення добрив; б – з одночасним внесенням добрив.

На культиваторах-рослинопідживлювачах встановлюють і регулюють **туковисіваючі апарати** для одночасного внесення добрив на задану норму.

Робота агрегатів при нарізанні борозен

Найкращий спосіб руху агрегату – **човниковий з грушоподібними поворотами.**

Борозноробний агрегат виїжджає на поворотні смуги, і його встановлюють так, щоб нарізування борозен на засіяних полях вести по сліду сіялкового агрегату. Для внесення мінеральних добрив одночасно з нарізуванням борозен агрегат попередньо заправляють відповідними матеріалами.

Тукову суміш, у яку входять азотні добрива (наприклад, аміачна селітра), готують не раніше ніж за півгодини до використання безпосередньо на ділянці, де проводять підживлення.

У робоче та транспортне положення культиватор переводять гідросистемою трактора, встановлюючи важіль розподільника в положення «Плаваюче» і «Підйом», у результаті чого забезпечується копіювання рельєфу місцевості під час руху агрегату. Агрегат перевіряють остаточно проїхавши 30–50 м, по параметрах борозен, що утворились, і по відповідності їх до прийнятих за нормативами. За необхідності агрегат повторно регулюють.

Під час роботи спостерігають за ходом робочих органів, стояки їх мають знаходитись у вертикальному положенні, що обумовлює рівномірну глибину нарізування борозен. Правильність положення робочих органів досягають зміною довжини центральної тяги підйомного механізму.

При одночасному внесенні добрив спостерігають за роботою туковисівних апаратів, за висівом добрив по показнику рівня туків.

Робочі органи культиватора при повороті підіймають у транспортне положення в момент проходження поворотної смуги.

Аричніки і колеса систематично очищують від налиплого ґрунту і бур'яну під час повороту агрегату, а за необхідності – і в загінці на короткочасних зупинках.

Контроль і оцінка якості нарізування борозен

Глибину борозни вимірюють лінійкою з поділками не менше 0,5 см і бруском, укладаючи його поперек борозен. Глибину обробітку вимірюють у трьох – п'яти місцях поля по довжині гону в крайніх борознах по ширині захвату культиватора. Загальна кількість замірів у трикратній повторюваності повинна бути не менше 18. За результатами вимірювань обчислюють середню глибину борозен. Допустиме відхилення від середньої величини ± 1 см.

Ширину борозен вимірюють лінійкою, аналогічно як і глибину, в п'яти місцях по довжині з трикратною повторністю. Допустиме відхилення від середньої ширини ± 1 см.

Ширину борозни стикового міжряддя вимірюють як мінімум у трьох суміжних позиціях з трикратною повторністю, в трьох – п'яти місцях по довжині гону. Допустиме відхилення від середньої величини $\pm 2-3$ см.

Ступінь пошкодження рослин має бути не більше 1 % від загальної густоти стояння. Кількість рослин підраховують до і після обробки в трьох місцях по діагоналі поля на ділянках довжиною 5 м, у всіх рядках по ширині захвату культиватора.

Якість роботи контролюють гідротехнік, бригадир тракторної бригади або агроном на початку роботи і 1–2 рази протягом зміни, а також у разі зміни режиму роботи і під час переїзду на іншу ділянку.

2.5. Елементи тимчасової зрошувальної мережі при поливі по борознах

До встановлення елементів зрошувальної мережі входять:

- планове розташування тимчасової зрошувальної мережі в межах кожного поля;
- визначення витрат води по елементах мережі;
- встановлення чергування роботи каналів, тимчасових зрошувачів, вивідних борозен, а також поливних борозен і смуг за час поливу;
- ув'язка строків поливу з раціональним використанням сільськогосподарських машин при послідовному обробітку.

При поливі по борознах за поздовжньою схемою розрахунку підлягають такі елементи зрошувальної мережі, які розташовані в межах поля (рис. 2.9):

- ділянковий розподільник (канал чи трубопровід);

- тимчасові зрошувачі;
- вивідні борозни;
- поливні борозни чи смуги.

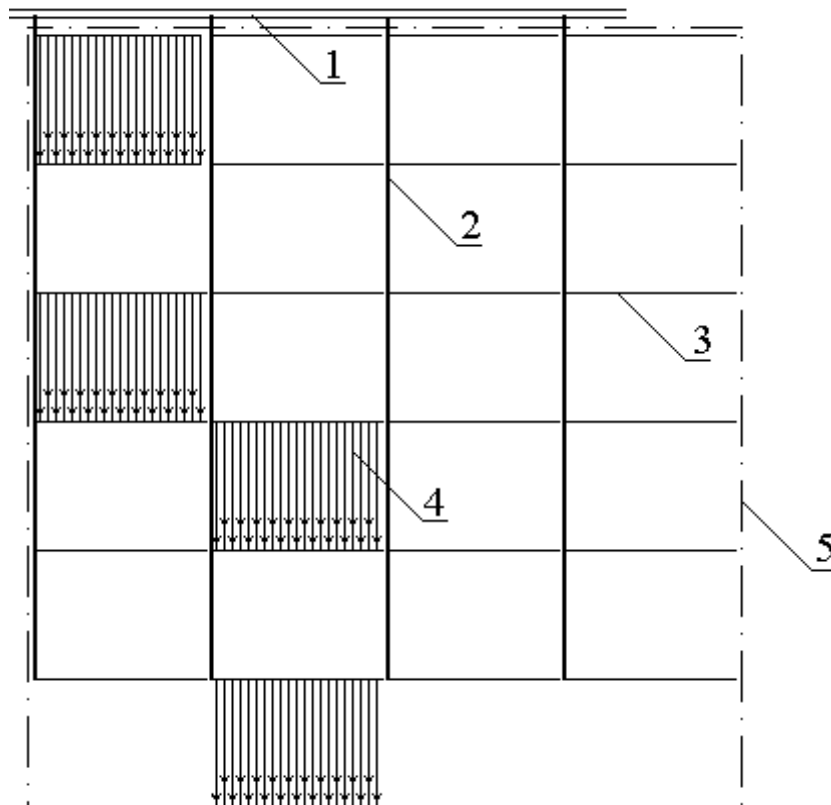


Рис. 2.9. Розташування тимчасової зрошувальної мережі на полі при поздовжній схемі: 1 – ділянковий розподільник; 2 – тимчасовий зрошувач; 3 – вивідна борозна; 4 – поливна борозна; 5 – межа поля

Для поперечної схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі розрахунок ведеться аналогічно, тільки без вивідних борозен.

Для елементів зрошувальної мережі рекомендують такі витрати:

- ділянковий розподільник – 100–130 л/с;
- тимчасовий зрошувач – 20–80 л/с;
- вивідна борозна – 10–40 л/с;
- поливна борозна – 0,2–1,2 (іноді до 3,0) л/с.

Частина елементів техніки поливу встановлюють конструктивно залежно від ширини міжрядь, технічних засобів подачі води в борозну, частину розраховують залежно від похилу місцевості, вбираючої здатності ґрунту, поливної норми, а решту ув'язують з попередньо визначеними елементами.

Вправа 1. Встановити порядок розподілу води в тимчасову зрошувальну мережу при поливі по борознах

Дано: 1. Сільськогосподарська культура – буряки цукрові.

2. Ширина міжрядь – 0,6 м.
3. Схема розташування елементів тимчасової зрошувальної мережі – позовжня (рис. 2.9).
4. Площа поля – 72 га (1200×600 м).
5. На полі розташовано 4 тимчасових зрошувачі.
6. Довжина поливної борозни – 200 м.
7. Поливна норма – 600 м³/га.
8. Полив необхідно здійснити за 5 діб.
9. Полив ведеться у дві зміни по 8 год.

Розв'язок

Деякі характеристики елементів поливу задають виходячи із нормативів або рекомендацій, інші виходячи із них розраховують (ув'язують).

Для даного випадку прийнято 4 тимчасових зрошувачі. Довжина їх залежить від розмірів поля і становить 1200 м. Відстань між сусідніми тимчасовими зрошувачами дорівнює

$$B_{mз} = \frac{B_p}{n_{mз}} = \frac{600}{4} = 150 \text{ м.}$$

Площа, що обслуговується одним тимчасовим зрошувачем, становить

$$\omega_{mз} = \frac{l_{mз} B_{mз}}{10000} = \frac{1200 \cdot 150}{10000} = 18 \text{ га, або } \omega_{mз} = \frac{\omega_d}{n_{mз}} = \frac{72}{4} = 18 \text{ га.}$$

Кількість вивідних борозен на одному тимчасовому зрошувачі залежить від його довжини і довжини поливних борозен:

$$n_{вб} = \frac{l_{mз}}{l_{нб}} = \frac{1200}{200} = 6.$$

Довжина вивідної борозни дорівнює $l_{вб} = B_{mз} = 150 \text{ м.}$

Відстань між вивідними борознами становить $B_{вб} = \frac{l_{mз}}{n_{вб}} = \frac{1200}{6} = 200 \text{ м, або } B_{вб} = l_{нб} = 200 \text{ м.}$

Площа, що обслуговується однією вивідною борозною, така:

$$\omega_{вб} = \frac{l_{вб} B_{вб}}{10000} = \frac{150 \cdot 200}{10000} = 3 \text{ га, або } \omega_{вб} = \frac{\omega_{mз}}{n_{вб}} = \frac{18}{6} = 3 \text{ га.}$$

Довжина поливної борозни $l_{нб} = 200 \text{ м.}$ Відстань між поливними борознами дорівнює відстані міжрядь $B_{нб} = 0,6 \text{ м.}$ Площа, що обслуговується однією поливною борозною, становить $\omega_{нб} = \frac{l_{нб} B_{нб}}{10000} = \frac{200 \cdot 0,6}{10000} = 0,012 \text{ га.}$

Кількість поливних борозен, що живляться від однієї вивідної борозни, така: $n = \frac{\omega_{вб}}{\omega_{нб}} = \frac{3}{0,012} = 250 \text{ шт., або } n = \frac{l_{вб}}{B_{нб}} = \frac{150}{0,6} = 250 \text{ шт.}$

Поливають у дві зміни по 8 год, тобто по 16 год за добу. Загальна тривалість поливу поля 5 діб, або 80 год.

Витрату води, яку необхідно подавати на ділянковий зрошувач, розраховують за формулою $Q_d = \frac{m \cdot \omega_d}{3,6 \cdot T_d} = \frac{600 \cdot 72}{3,6 \cdot 80} = 150 \text{ л/с.}$

Для розрахунку витрат води в елементи нижчого порядку приймають максимально допустимі витрати, при цьому кількість одночасно працюючих елементів округлюють у більший бік. Так максимальна витрата, яку необхідно подати в тимчасовий зрошувач, становить 80 л/с.

Звідси кількість одночасно працюючих тимчасових зрошувачів буде такою:

$$n_{mз}^0 = \frac{Q_{\partial}}{Q_{mз}^{max}} = \frac{150}{80} = 1,875 \approx 2.$$

Уточнена витрата тимчасового зрошувача така $Q_{mз} = \frac{Q_{\partial}}{n_{mз}^0} = \frac{150}{2} = 75$ л/с.

Кількість чергувань тимчасових зрошувачів $K_{mз} = \frac{n_{mз}}{n_{mз}^0} = \frac{4}{2} = 2.$

Тривалість роботи одного тимчасового зрошувача

$$T_{mз} = \frac{T_{\partial}}{K_{mз}} = \frac{80}{2} = 40 \text{ год.}$$

Кількість одночасно працюючих вивідних борозен при $Q_{вб}^{max} = 40$ л/с становитиме $n_{вб}^0 = \frac{Q_{mз}}{Q_{вб}^{max}} = \frac{75}{40} = 1,875 \approx 2.$

Витрата у вивідну борозну $Q_{вб} = \frac{Q_{mз}}{n_{вб}^0} = \frac{75}{2} = 37,5$ л/с.

Кількість чергувань вивідних борозен $K_{вб} = \frac{n_{вб}}{n_{вб}^0} = \frac{6}{2} = 3.$

Тривалість роботи вивідних борозен $T_{вб} = \frac{T_{mз}}{K_{вб}} = \frac{40}{3} = 13,3$ год.

Кількість одночасно працюючих поливних борозен при $Q_{пб} = 1,2$ л/с становитиме $n_{пб}^0 = \frac{Q_{вб}}{Q_{пб}} = \frac{37,5}{1,2} = 31,2 \approx 31$ шт.

Кількість чергувань поливних борозен дорівнює $K_{пб} = \frac{n_{пб}}{n_{пб}^0} = \frac{250}{31} = 8.$

Тривалість роботи поливних борозен така:

$$T_{пб} = \frac{T_{вб}}{K_{пб}} = \frac{13,3}{8} = 1,66 \text{ год або } 100 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результат розрахунку роботи тимчасової зрошувальної мережі на полі при поливі по борознах

Елемент зрошувальної мережі				Кількість елементів, шт.			

	Довжина, (l), м	Відстань між елементами (B), м	Площа, що обслуговується (ω), га	загальна (n)	одночасно працюючих (n^0)	чергувань (K) Кількість	Тривалість роботи (T), год.	Витрата (Q), л/с
Ділянковий зрошувач (∂)	-	-	72	1	1	1	80	150
Тимчасовий зрошувач ($mз$)	1200	150	18	4	2	2	40	75
Вивідна борозна ($вб$)	150	200	3	6	2	3	13,3	37,5
Поливна борозна ($пб$)	200	0,6	0,012	250	31	8	1,66	1,2

2.6. Поливна арматура

При поливі по борознах без армування оголовків вода подається через прокопи в бортах вивідних борозен. При проходженні води через прокопи частина ґрунту вимивається, тому після закінчення поливу часто не вистачає ґрунту для закриття прокопу. Для закріплення ґрунту прокопів застосовують одерновку борозен, що потребує значних затрат ручної праці і коштів.

У сучасних умовах прокопи захищають поліетиленовими мішками з-під добрив, насіння та обладнання, які завозять на зрошувану ділянку. Продуктивність поливу дуже низька – 0,5–1,0 га за зміну на одного поливальника. Незважаючи на це, поверхневий полив широко застосовують (особливо в дуже посушливих районах).

Для підвищення продуктивності праці постійно вдосконалюють техніку поливу по борознах за рахунок механізації і автоматизації процесу водорозподілу.

Поліпшення техніки розподілу поливної води і збільшення продуктивності праці при поливі можна досягти використовуючи різні пристрої, вдосконалення і заміни: сифони, поливні трубки і щитки, однобортні борозни замість земляної тимчасової зрошувальної мережі (рис. 2.10).

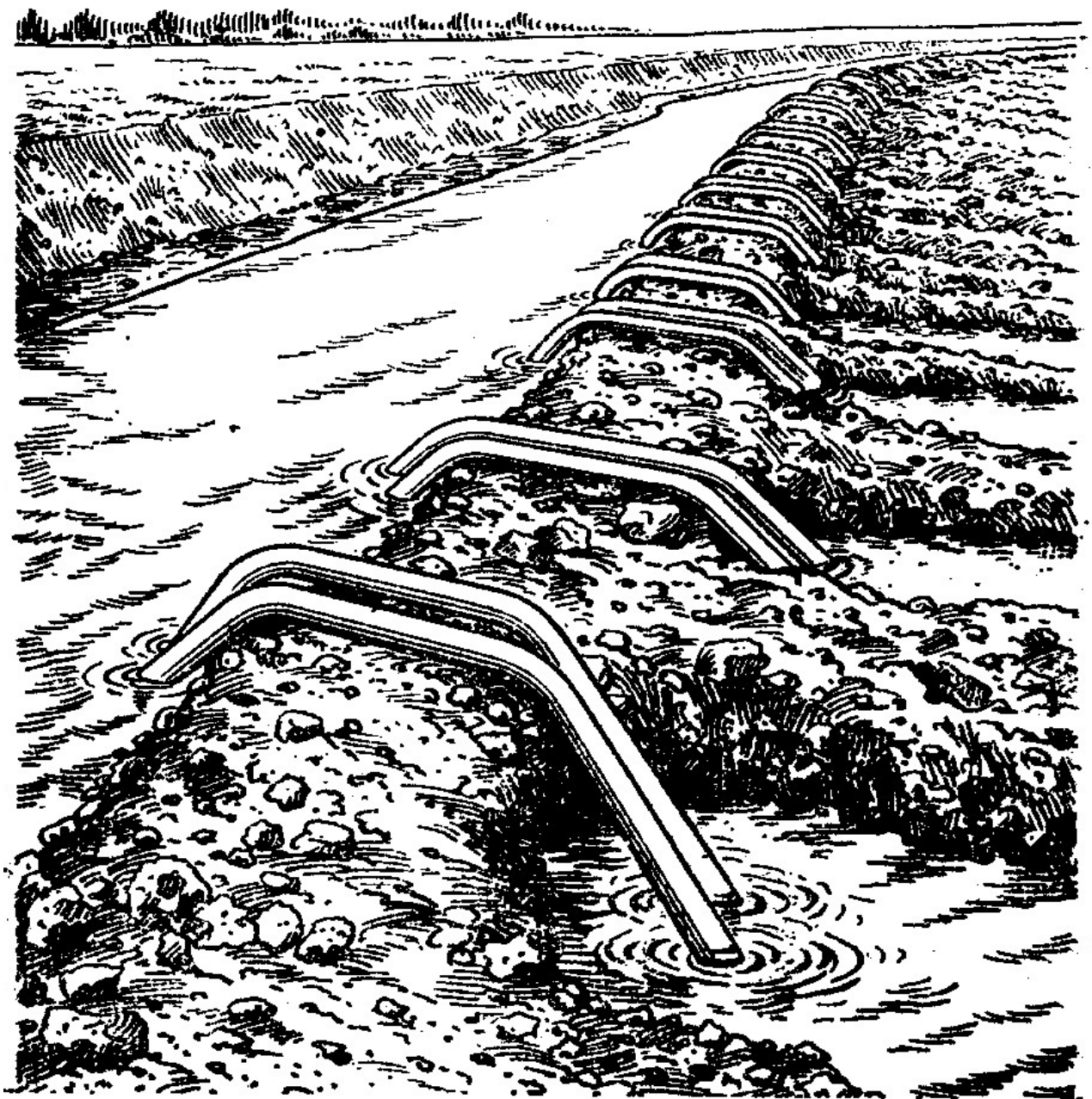
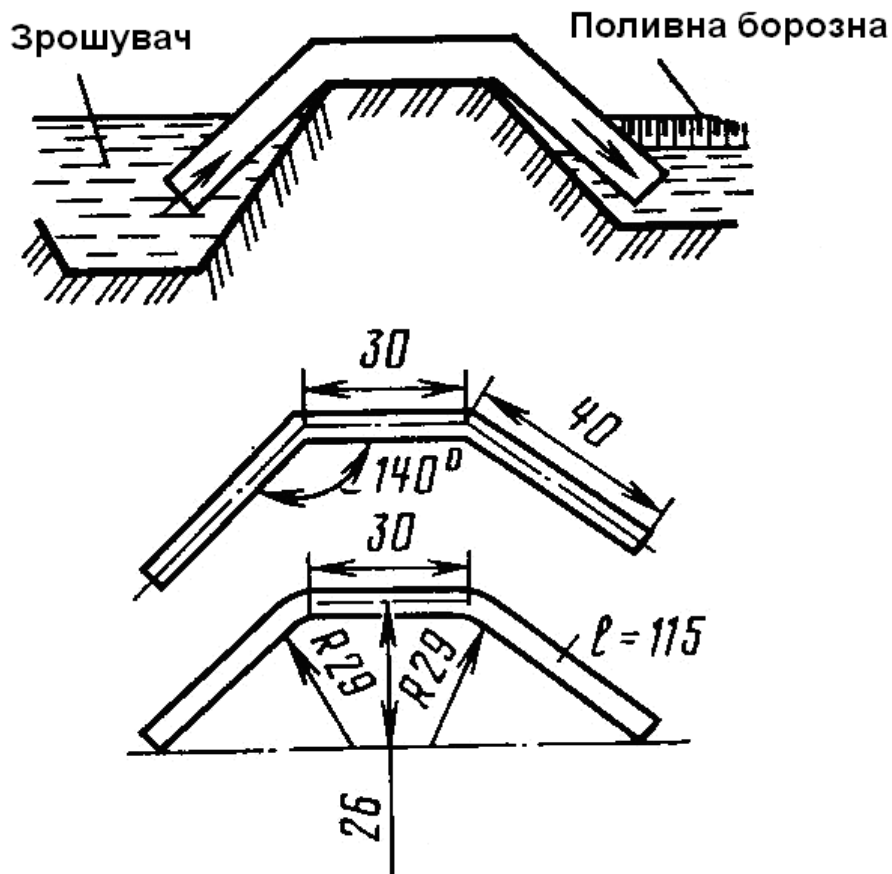


Рис. 2.10. Сифони на зрошувачі

Переносна поливна арматура дозволяє проводити нормовану водоподачу в борозни при порівняно невеликих додаткових затратах.

Трубки-сифони являють собою вигнуті трубки довжиною 1,3–2,2 м, укладені на валик тимчасового зрошувача чи вивідної борозни (рис. 2.11).

Сифони виготовляють із жерсті, гумового шланга або поліетилену. Принцип їх дії ґрунтується на використанні різниці горизонту води у вивідній і поливній борознах. Найбільш поширені сифони із поліетилену діаметром 20–60 мм.



*Рис. 2.11. Трубки-сифони, що застосовуються при поливі по борознах:
(розміри в см)*

Полив за допомогою сифонів виконують при похилах поверхні ґрунту понад 0,003 на довгих борознах (200–400 м).

Основний недолік – трудомісткість робіт при встановленні сифонів. Потім ці сифони можна застосовувати декілька разів без зайвих установок.

Для зниження трудомісткості при перестановці сифонів на інші борозни застосовують *нерозряджальні сифони* (рис.2.12). Для поливу по борознах застосовують стандартні нерозряджальні сифони типу СНк і СНп.

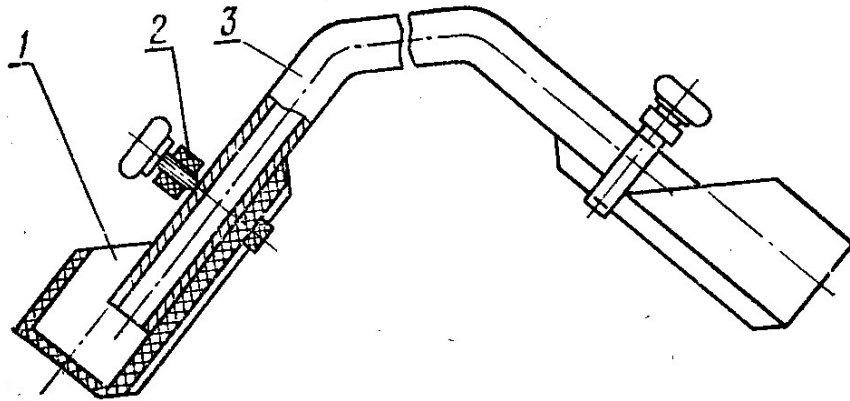


Рис.2.12. Схема незряджального сифону:
 1 – водозабірник; 2 – гвинт; 3 – коліно.

Сифон незряджальний комбінований (СНк) складається з коліна, виготовленого з дюралевої трубки, і двох водозабірників, виготовлених із поліетилену (рис. 2.13, а).

Сифон незряджальний пластмасовий (СНп) складається з коліна і двох водозабірників, виготовлених із поліетилену (рис. 2.13, б).

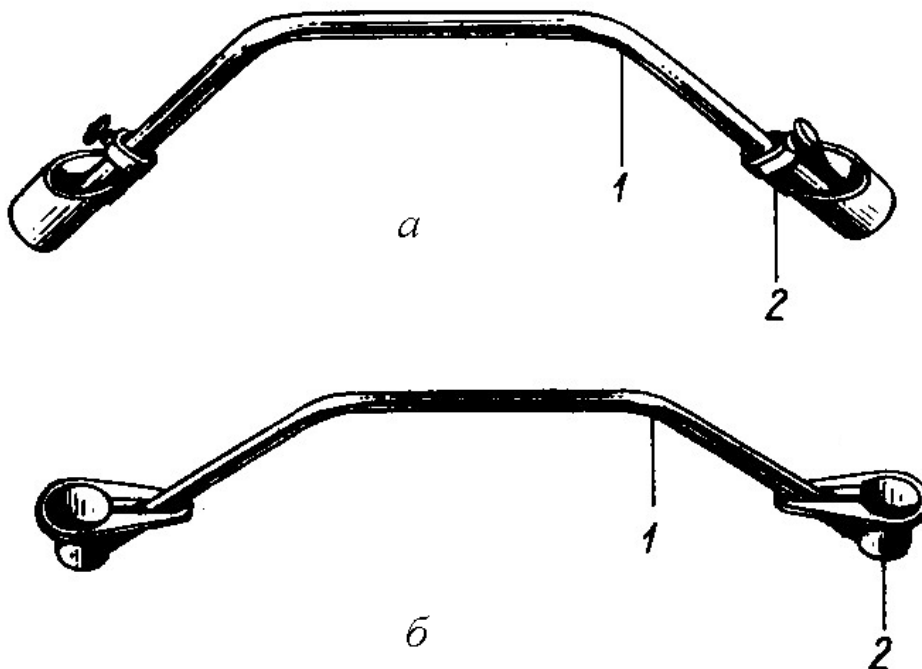


Рис. 2.13. Сифони незряджальні:
 а – комбінований; б - пластмасовий; 1 – коліно; 2 – стакан водозабірник

Водозабірник щільно кріплять до коліна. У період роботи незряджальних сифонів рівень води у вивідній борозні повинен бути вище верхнього краю стакана водозабірника. Коли рівень води

опускається нижче його краю, то робота сифона припиняється, але він не розряджається, завдяки тому, що у водозабірнику залишається деякий об'єм води, що перешкоджає потраплянню повітря у внутрішню порожнину. Вода, яка знаходиться в зливному і вхідному оголовках, створює розрідження у верхній частині сифона. Це гарантує нерозрядженість сифона при зниженні рівня води у джерелі.

Водозабірник, встановлений на зливному оголовку, дозволяє регулювати витрати води.

Затрати праці на збирання 90 сифонів становлять 1,6 люд.-год. Один робітник може обслуговувати 90–120 сифонів. У зв'язку з простотою конструкції проведення планових технічних обслуговувань під час експлуатації не передбачено.

Поливні трубки (рис. 2.14) довжиною 60–70 см і діаметром 30–60 мм встановлюють у борт вивідної борозни або тимчасового зрошувача до відмітки урізу води. Завдяки цьому вода одночасно і з однаковими витратами надходить у всі поливні борозни. Полив застосовують при похилах 0,003–0,01 та довжині борозен 350–500 м.

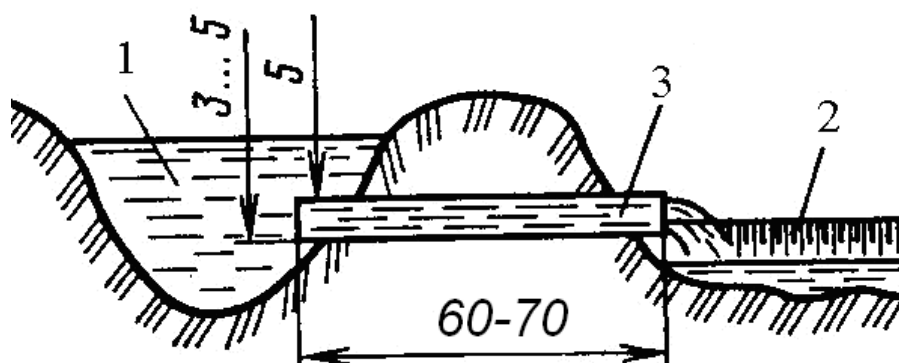


Рис. 2.14. Схема встановлення поливної трубки:

1 – вивідна борозна; 2 – поливна борозна; 3 – трубка (розміри в см).

Поливні щитки (рис. 2.15) влаштовують у голові поливних борозен на місці прокопів для попередження розмиву. Поливні щитки можуть бути різної форми. Вони працюють як водозливи з тонкою стінкою, і тому мають фіксовані витрати при заданих напорах у вивідних борознах. Поливні щитки можуть бути добрими водомірними пристроями при подачі води безпосередньо до кожної борозни.

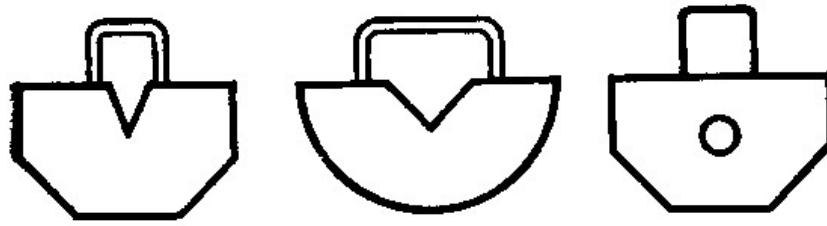


Рис. 2.15. Поливні щитки.

Однобортні вивідні борозни (рис. 2.16) відрізняються від звичайних вивідних тим, що у них практично відсутній борт з боку поливних борозен і вода безпосередньо з вивідної борозни надходить у відкриті оголовки поливних борозен. Поливальник може залучати до поливу одночасно до 100 і більше поливних борозен при похилах не більше 0,001 і керувати поливним потоком до 100 л/с і більше.

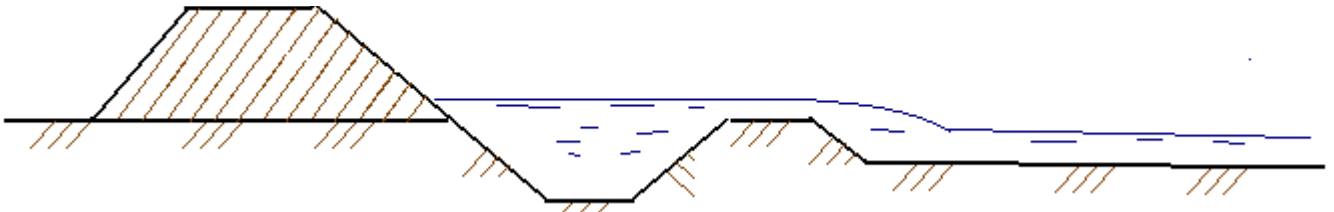


Рис. 2.16. Однобортна вивідна борозна

2.7. Гнучкі і жорсткі пересувні трубопроводи

Пересувні поливні трубопроводи (рис. 2.17) рекомендується застосовувати на спланованих масивах із середніми похилами 0,003–0,006 і ґрунтами низької водопровідності, тобто там де нарізають поливні борозни великої довжини.

Гнучкі трубопроводи можна пересувати вручну, а також застосовувати різні намоточні пристрої і машини.

Поліетиленові та капронові шланги можна використовувати як для транспортування води (транспортуючі трубопроводи), так і для її розподілу в поливні борозни (поливні трубопроводи). Поліетиленові поливні трубопроводи встановлюють з нерегульованими отворами, а трубопроводи з меліоративної тканини – з регульованими.

Розподіл води з трубопроводів у борозни здійснюють за допомогою спеціальних водорегулювальних пристроїв, їх застосовують в умовах підвищених похилів і складного рельєфу місцевості. При більш спланованому рельєфі можливий розподіл води в борозни без регулювальних пристроїв. Для рівномірного розподілу

води необхідно вибрати сприятливі поєднання довжини трубопроводу, похилу по трасі і напір на початку трубопроводу з урахуванням зміни витрат по довжині трубопроводу.

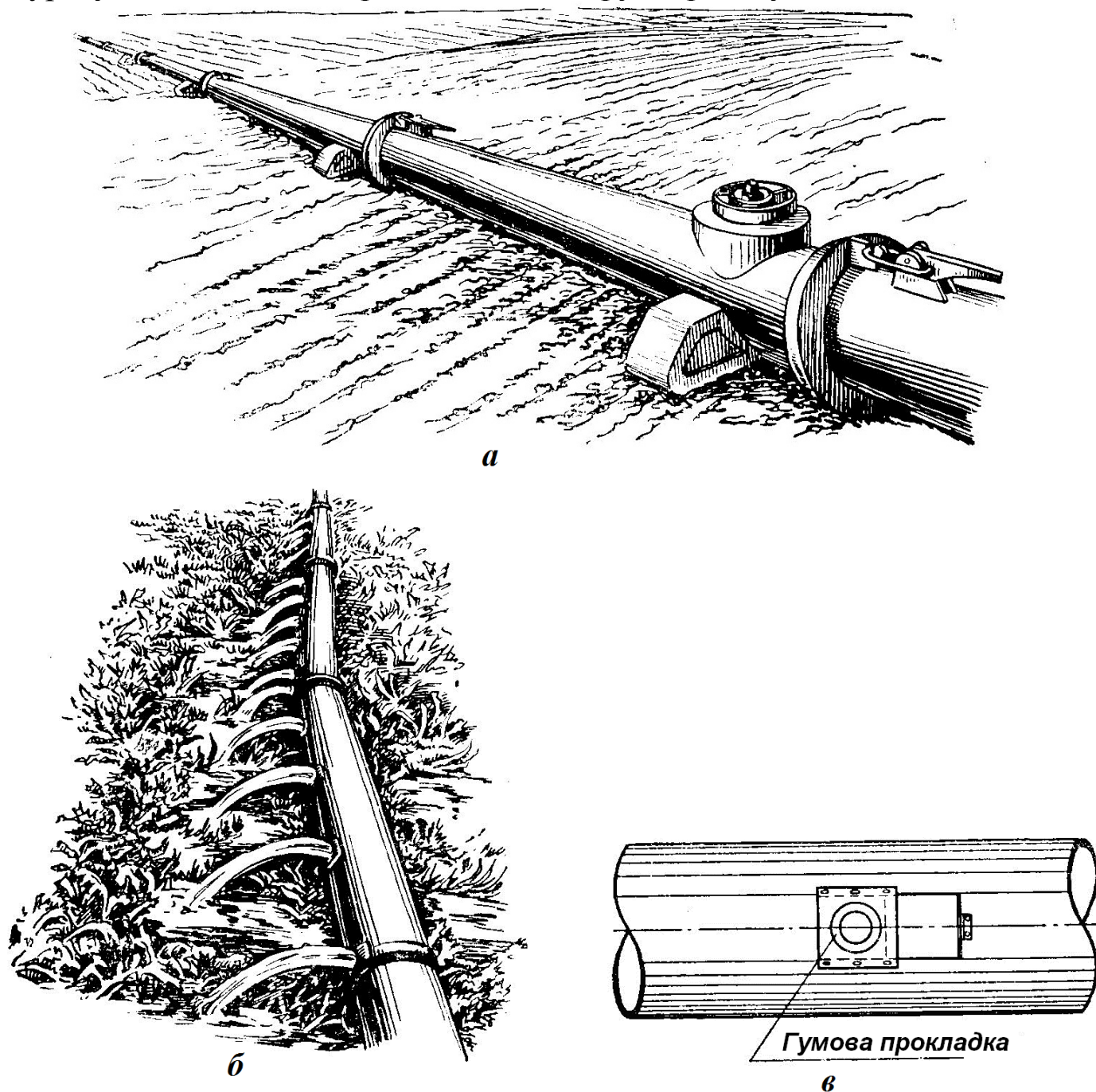


Рис. 2.17. Жорсткі поливні пересувні трубопроводи:

а – транспортуєчий трубопровід; б – поливний трубопровід; в – регульований водовипуск

При розрахунках поливних трубопроводів необхідно враховувати зміни витрат води по довжині.

Жорсткий поливний трубопровід можна розраховувати за формулою

$$Q = \sqrt{\frac{d_m^5 (H_0 - H_L + i \cdot l_m)}{0,0277\lambda \cdot l_m}}, \quad (2.1)$$

де Q – витрата води в поливному трубопроводі, що дорівнює сумі витрат в усі поливні борозни, м³/с;

d_m – діаметр трубопроводу, м;

H_0 і H_L – п'єзометричний напір на початку і в кінці трубопроводу, м;

i – геодезичний похил по трасі трубопроводу;

l_m – довжина трубопроводу або фронту одночасної роздачі води, м;

λ – коефіцієнт опору по довжині трубопроводу, який для жорсткого трубопроводу орієнтовно можна обчислити за формулою

$$\lambda = \frac{0,015}{d_m^{0,92}}. \quad (2.2)$$

Гнучкий поліетиленовий трубопровід можна розраховувати за формулою

$$Q = \sqrt{\frac{d_m^5 \left[\frac{1-n}{n^2} H_L + i \cdot l_m \right]}{0,0277\lambda \cdot l_m - 0,091d_m}}, \quad (2.3)$$

де n – величина, що враховує залежність коефіцієнта витрат від швидкості води в трубопроводі, змінюється від 0,93 при швидкості 1 м/с до 0,85 при швидкості 2 м/с.

Поливні трубопроводи застосовують за трьома принципово різними схеми.

1. Гнучкі чи жорсткі трубопроводи слугують для заміни вивідної борозни, їх укладають на поле перпендикулярно до напрямку поливних борозен. Збирають і укладають трубопроводи вручну або намоточними пристроями. При такій схемі використання трубопроводів можливі однотактні і багатотактні поливи як при поздовжньому, так і при поперечному розташуванні тимчасової мережі. Однотактний полив проводять, коли пропускна здатність трубопроводу дозволяє подати воду у всі борозни.
2. Гнучкі трубопроводи слугують для заміни всієї тимчасової мережі. Частина трубопроводів, що замінює тимчасові зрошувачі, є транспортуючою і слугує для підводу води до поливних трубопроводів.

3. Транспортуючий трубопровід укладають у ґрунт нижче орного горизонту. На поверхню виходять гідранти з засувками, до яких підключають поливні трубопроводи, які укладають під час поливу. Відстань між гідрантами відповідає довжині поливних борозен.

Використання поливних трубопроводів висуває підвищені вимоги до зрошувальної води: її каламутність при застосуванні шлангів не повинна перевищувати 1,0–1,5 г/л, для підземних трубопроводів – 3–4 г/л. Режим промивки шлангів і підземних трубопроводів залежить від каламутності зрошувальної води. Плаваюче у воді сміття затримують і збирають спеціальними ґратками і сітками, як правило, у водозабірних спорудах.

Тип поливних трубопроводів вибирають залежно від величини діючих напорів, відстані між поливними борознами, виду зрошуваної сільськогосподарської культури, згідно з організацією території та іншими умовами.

Схеми роботи трубопроводів залежать від величини і співвідношення поздовжнього і поперечного похилів.

Для напівавтоматичного розподілу води на ділянках з добрим плануванням застосовують гнучкі трубопроводи з обкантикованими отворами постійного діаметра, який вибирають залежно від розрахункового струменя. Трубопровід розташовують по розрахунковому похилу (0,002-0,005). Регулювання струменя при цьому проводять одночасно по всій довжині гнучкого трубопроводу, змінюючи засувкою напір на його початку. Якщо по трасі гнучкого трубопроводу є перемінний похил, то потрібне індивідуальне регулювання кожного поливного струменя. Для цього кращі показники має водовипуск із жорстким клапаном підвищеного опору пелюсткового типу.

Жорсткі трубопроводи довговічніші ніж гнучкі шланги, вони доступні огляду, легко промиваються. Ними можна замінити відкриті зрошувачі в земляному руслі на просадочних лесових ґрунтах.

Недоліком жорстких трубопроводів є складність технології переміщення з однієї позиції на іншу та висока вартість. Нижче наводиться характеристика деяких стандартних поливних комплектів для зрошення по борознах.

Розбірний трубопровід ТАП-150 із алюмінієвого сплаву призначений для поливу просапних сільськогосподарських культур по борознах переважно в умовах складного рельєфу місцевості. Поливати можна за поперечною або поздовжньою схемою з однієї або декількох позицій за сезон, а також за поперечною схемою відносно напрямку борозен на вологомістких ґрунтах при похилах місцевості до 0,004.

До комплекту обладнання входять 19 ланок трубопроводу зі швидкорозбірними з'єднаннями, приєднувальним рукавом і мулозбірником. Кожна ланка має шість водовипускних отворів з регуляторами витрат поливних струменів.

Трубопровід може працювати із живленням від лоткового водовипуску, в тому числі сифонного, а також від гідранта закритого зрошувача. Можлива подача води із тимчасових зрошувачів, виконаних у напіввиїмці-напівнасіпу.

При роботі від закритої зрошувальної мережі трубопровід ТАП-150 приєднують до двох сусідніх стояків-розподільників закритого трубопроводу. У середині стояка влаштовують щитову перегородку для підтримання необхідного рівня води. Початок трубопроводу приєднують до напірної частини стояка, а кінець – до безнапірної частини наступного, розташованого нижче, стояка-розподільника.

Розібраний трубопровід ТАП-150 з позиції на позицію пересувають трактором або вручну.

Витрату води в трубопровід регулюють шляхом зміни перерізу гнучкого шланга спеціальною стрічкою. Рівномірність витрат води в кожен борозну регулюють клапаном-водовипуском, збільшуючи або зменшуючи його прохідний переріз. Під час роботи трубопроводу необхідно слідкувати за ходом поливу: очищати водовипускні клапани, що забились, не допускати підтікання води в протилежний поливу бік. В табл. 2.2 наведені основні технічні характеристики поливного трубопроводу ТАП-150.

Комплект гнучких трубопроводів КП-160 (табл. 2.3) призначений для поливу по борознах з живленням від закритої або відкритої зрошувальної мережі з розташуванням його вздовж або впоперек напрямку зрошувача (поздовжня і поперечна схема поливу). Можлива робота в агрегаті з низьконапірною насосною станцією при заборі води з різних водойм.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики поливного трубопроводу ТАП-150

Показник	Характеристика
Ширина захвату, м	102
Максимальна витрата води, л/с	до 30
Витрата поливного струменя, л/с	0,02–0,1
Площа поливу з однієї позиції, га	до 40
Продуктивність поливу, га/год	до 0,15
Діаметр трубопроводів, мм: переносного поливного стаціонарного розподільного	150 189-250
Допустимий похил	до 0,1
Маса комплекту, кг	349

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики комплекту гнучких трубопроводів КП-160

Показник	Характеристика
Витрата води, л/с	60
Напір води, м	1–3
Загальна довжина транспортуючого трубопроводу діаметром 300 мм, м	700
Довжина поливного трубопроводу діаметром 160 мм, м	400
Довжина одного відрізка трубопроводу, м	50
Відстань між водовипусками, м	0,6–0,9
Маса комплекту, кг	1110
Продуктивність за 1 год. основної роботи (поливна норма 1200 м ³ /га), га	0,24
Площа поливу з однієї позиції, га	16–24
Обслуговуючий персонал, чол.	2
Трактор	1 на 5 комплектів

До складу комплекту входять: швидко розбірні капронові трубопроводи з пліізобутоновим покриттям (транспортуючий і поливний), хрестовини, пластмасові кільця, лоткові сифони з вакуум-насосом, затискачі-заглушки.

Поливний комплект КОПО-100 (табл. 2.4) з поліетиленовими транспортуючими і поливними трубопроводами призначений для вегетаційних, вологозарядкових і промивних поливів при вирощуванні просапних сільськогосподарських культур з живленням від лоткових сифонів або водовипусків, від гідрантів закритих зрошувачів із забором води із зрошувачів у земляному руслі.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики поливного комплекту КОПО-100

Показник	Характеристика
Витрата води, л/с	35–60
Напір, м	1
Відстань між водовипусками, м	0,6-0,9
Площа поливу з однієї позиції, га	19,2
Довжина транспортуючого трубопроводу діаметром 210 мм, м	400
Довжина одного поливного трубопроводу, м	800
Маса, кг	380
Строк служби, сезонів	1–3

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики гнучких трубопроводів

Номер виробу	Модель	Внутрішній діаметр (мм)	Товщина стінки (мм)	Робочий тиск (bar)	Довжина в бобіні (м)	Маса бобіни (кг)
101000993	B-LAYFLAT 040	41	1,25	4,9	100	21
101000999	B-LAYFLAT 050	53	1,30	4,4	100	28
101001010	B-LAYFLAT 075	78	1,70	3,9	100	54
101001016	B-LAYFLAT 100	104	1,75	3,9	100	70
101001943	B-LAYFLAT 150	155	1,90	2,9	100	118
101001029	B-LAYFLAT 200	207	2,20	2,9	100	179
101000998	R-LAYFLAT 050	53	2,05	10,3	100	42
101001009	R-LAYFLAT 075	78	2,25	8,8	100	66
101001015	R-LAYFLAT 100	104	2,55	8,8	100	100
101001023	R-LAYFLAT 150	155	2,95	6,8	100	168
101000377	PRO-FLAT, 1 ½" 030-LF0150	40	1,50	6,2	91,4	21
101000378	PRO-FLAT, 2" 030-LF0200	53	1,60	5,5	91,4	29
101000379	PRO-FLAT, 3" 030-LF0300	78	1,70	4,8	91,4	50
101000380	PRO-FLAT, 4" 030-LF0400	103	1,91	4,8	91,4	60
101000382	PRO-FLAT, 6" 030-LF060	155	2,11	3,4	91,4	115
101000383	PRO-FLAT, 8" 030-LF800	205	2,29	3,1	91,4	198

У сучасних умовах перелічених вище стандартних трубопроводів можна не знайти, але вони настільки прості, що їх можна виготовити самостійно із доступних сучасних матеріалів. Для цього можна використати, наприклад, лейфлети типу T-Tape, Pro-Flat від John

Deere Water та інші (табл. 2.5). Це надійні універсальні трубопроводи, які підходять для будь-яких сільськогосподарських потреб. *Лейфлети* виготовляються із високоякісних смол, які витримують жорсткі умови сільськогосподарських і гірничодобувних робіт. Частіше за все їх використовують для систем краплинного зрошення, але їх можна широко застосовувати і для розподілу води в борозни.

2.8. Поливні пересувні агрегати з гнучкими шлангами ППА-165 і ППА-165У

Полівні машини призначені для механізованого розподілу води при поливі по борознах.

Полівний пересувний агрегат ППА-165 призначений для поливу сільськогосподарських культур по борознах в усіх зонах зрошуваного землеробства. Він складається із начепленої на трактор тяги класу 1,4 тс насосної станції ПМС-165 і агрегатованого з трактором причіпного візка, на якому розміщений барабан з гідравлічним приводом для транспортування, розкладання і складання гнучких трубопроводів. Полівний агрегат застосовують під час забору води з каналів або лотків.

Полівний пересувний агрегат ППА-165У відрізняється від ППА-165 компоновкою (рис. 2.18). Всі частини агрегату начеплені на трактор: насосна станція розташована ззаду трактора, а шланговий барабан – спереду.

Полівний трубопровід, виготовлений із капронової тканини, що складається із трьох 100-метрових відрізків, з'єднаних патрубками і затискними хомутами. Відстань між водовипусками відповідає ширині міжрядь культур, які поливаються (60, 70 або 90 см).

Перед поливом барабан-контейнер з поливним трубопроводом встановлюють у кінці поля за допомогою гідроциліндра. Трактор розташовують біля водойми або каналу, тракторист за допомогою тросової лебідки розмотує поливний трубопровід, приєднує його до насосної станції і вмикає агрегат у роботу.

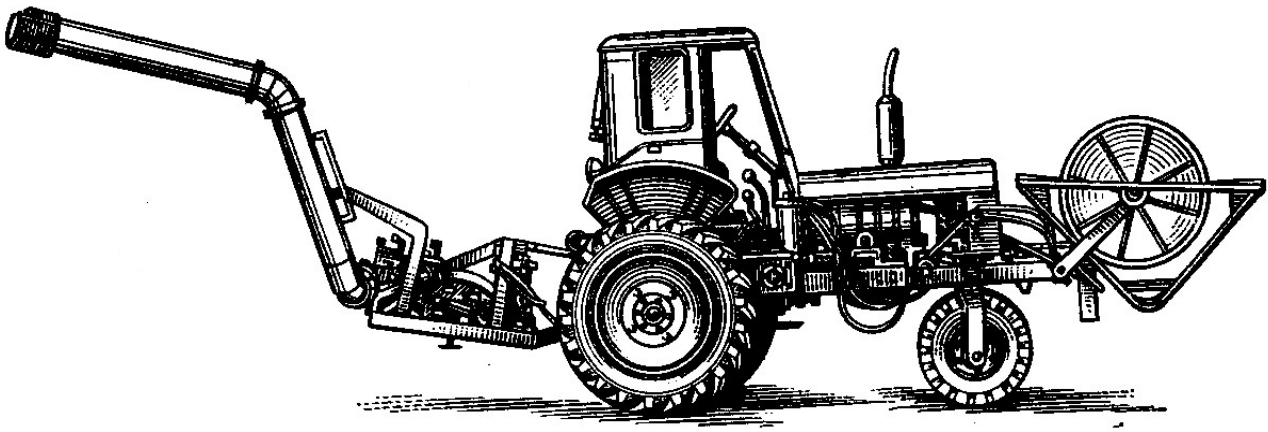


Рис. 2.18. Загальний вигляд поливного пересувного агрегату ППА-165У

Такі поливні машини нині серійно зараз не випускаються, однак їх можна скомплектувати власноруч, маючи тракторну насосну станцію і барабан із гнучким шлангом, які в сучасних умовах широко пропонуються і застосовуються для поливу. Їх характеристики можна підібрати за аналогією до стандартних поливних машин (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Основні технічні характеристики поливних машин

Показник	ППА-165	ППА-165У
Агрегується з трактором	Т-28Х4М	Т-28Х4М, Т-40, МТЗ-50, Т-54В
Витрата води, л/с	150–175	150-200
Напір, м	0–2	0–2
Насос	08–25Г	08–25Г
Поливний трубопровід:		
- матеріал	гумова тканина	гумова тканина
- загальна довжина, м	400	300
- діаметр, мм	300	300
Ширина між рядками, см		60, 70 і 90
Площа, що поливається з однієї позиції, га		8–10
Продуктивність (при поливній нормі 1200 м ³ /га), га/год		0,6
Сезонна продуктивність, га		120
Обслуговуючий персонал:		
- тракторист	1	1
- поливальник	1	1

Тривалість поливу (t , год.) залежить від поливної норми, її визначають за формулою

$$t = \frac{m \cdot F}{Q}, \quad (2.4)$$

де m – поливна норма, м³/га;

F – площа поливу з однієї позиції, га;

Q – витрата (подача) води, м³/год.

Технологічні схеми роботи шлангових машин ППА-165 і ППА-165У:

1. Поливний трубопровід розташовують перпендикулярно до зрошувача. Після закінчення поливу його пересувають на наступну позицію. Полив розпочинають на початку зрошувача (рис. 2.19).

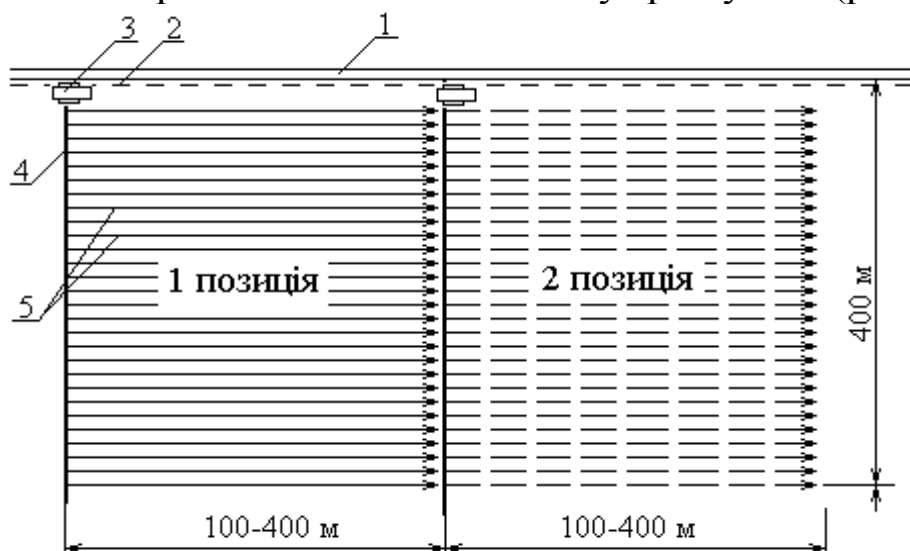


Рис. 2.19. Схема поливу поливним пересувним агрегатом:

- 1 – зрошувач; 2 – експлуатаційна дорога вздовж зрошувача; 3 – стоянка ППА; 4 – розтягнутий поливний шланг; 5 – поливні борозни*

Переваги схеми:

- транспортування агрегату відбувається по польовій дорозі, розташованій вздовж зрошувача;
- мінімальні втрати води на фільтрацію, в порівнянні з наступними схемами.

Недоліки схеми:

- трубопровід розкладають по мокрому полю.

2. Полив розпочинають з кінця зрошувача, поливний трубопровід також розташовують перпендикулярно до зрошувача (рис. 2.20).

Переваги схеми:

- транспортують і розкладають трубопровід по сухому полю.

Недоліки схеми:

- збільшена тривалість заповнення каналу до потрібного рівня;
- збільшуються втрати води в порівнянні з попередньою схемою.

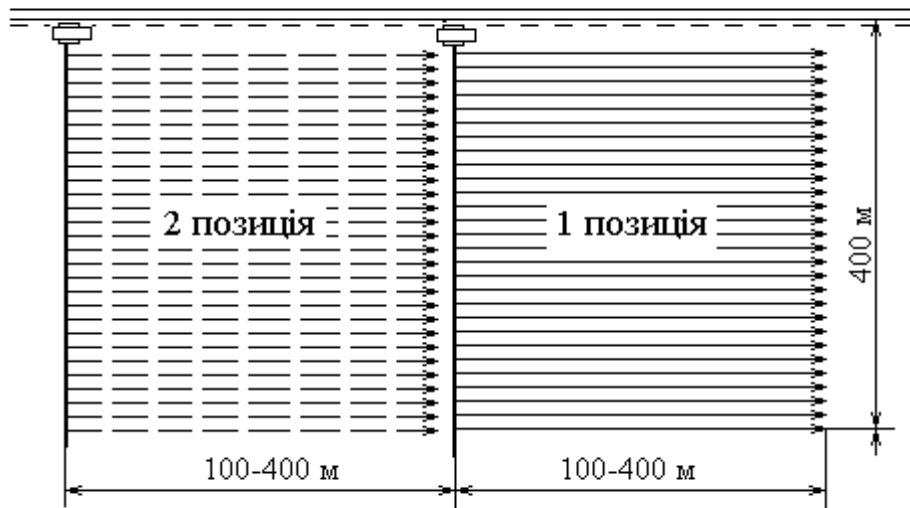


Рис. 2.20. Схема поливу поливним пересувним агрегатом

3. Поливні трубопроводи розкладають перпендикулярно до зрошувача. Полив відбувається через одну позицію (рис. 2.21).

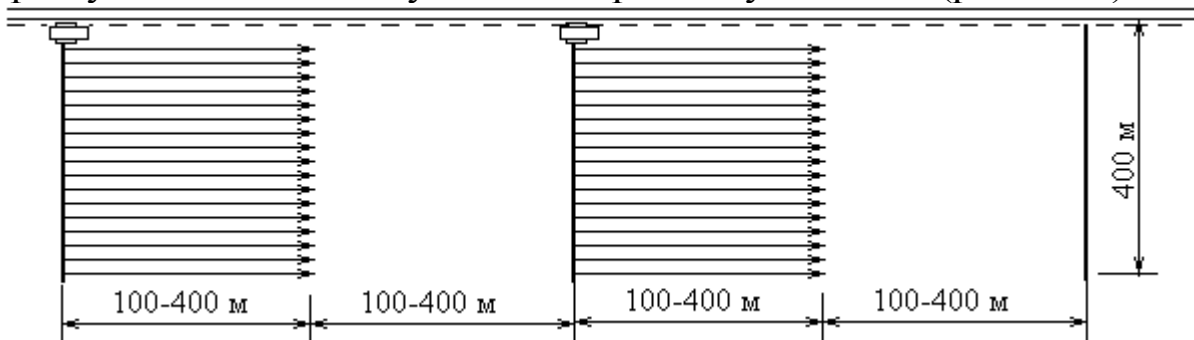


Рис. 2.21. Схема поливу поливним пересувним агрегатом

Переваги схеми:

- транспортують і розкладають трубопровід по порівняно сухому полю;
- немає холостого перегону в кінці поливу поля.

Недолік схеми:

- збільшується тривалість зміни позицій.

4. Поливний трубопровід розташовують вздовж зрошувача (рис. 2.22).

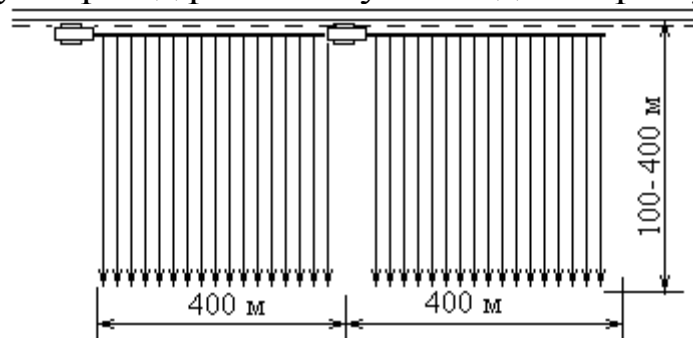


Рис. 2.22. Схема поливу поливним пересувним агрегатом

Переваги схеми:

- покращуються умови розкладання і збирання трубопроводу.

Недоліки схеми:

- скорочується відстань між зрошувачами, і, отже, збільшуються капітальні затрати.

2.9. Комплект автоматизованого обладнання для поливу по борознах

Сезонно-стаціонарний комплект призначений для поливу по борознах просапних сільськогосподарських культур на ґрунтах середньої і пониженої водопроникності. Забезпечується полив затопленням тупих борозен змінним струменем з дискретною водоподачею. Живлення здійснюється від гідрантів закритої зрошувальної мережі.

Комплект для поливу площі 120–160 га включає від 16 до 24 поливних шлангових пристроїв АШУ-32 (рис. 2.23), які обслуговує один оператор.

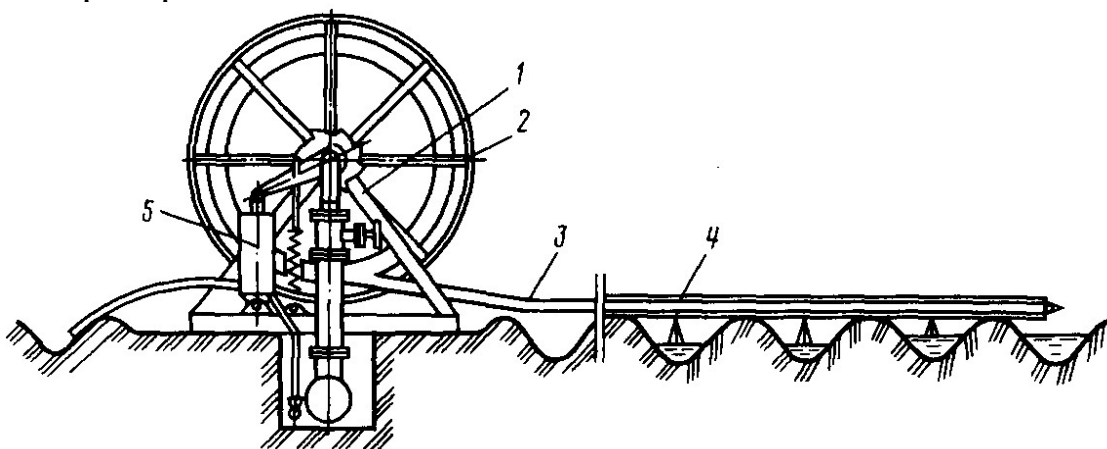


Рис. 2.23. Схема шлангового поливного пристрою АШУ-32:

1 – рама; 2 – барабан; 3 – шланг поливний; 4 – водовипускні отвори; 5 – гідроцилінр.

Технічні характеристики поливного пристрою АШУ-32 наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика шлангового поливного пристрою АШУ-32

Показник	Характеристика
Тип	Напівстаціонарний

Витрата води, л/с	3,0–4,5
Тиск води на вході, МПа	0,3–0,4
Кількість водовипусків	3–5
Відстань між водовипусками, см	60, 70, 90
Робоча довжина поливного шланга, м	100–200
Маса установки (без води), кг	330–410
Коефіцієнт використання робочого часу	0,95
Сезонне навантаження на одну установку при $m=600$ м ³ /га, га	4–8
Кількість установок, що обслуговує один оператор	16–24
Клас трактора для розкладання поливних шлангів на вихідну позицію	Будь-який клас

Ця напівстаціонарна конструкція складається із пристрою зі шлангом, що має в кінцевій частині регульовані водовипуски (3–5 і більше) з каліброваними отворами і гасники поливного струменя, гідромеханізм приводу барабана, командний генератор.

Полив відбувається в автоматичному режимі. Гідроприводи всіх намотувальних пристроїв спрацьовують одночасно в запрограмованому режимі за сигналами командного генератора: при цьому поливні шланги пересуваються кожен раз на одне міжряддя. Витрату водовипусків регулюють перекриттям частини перерізу каліброваного отвору.

Автоматизований шланговий пристрій АШУ-4 (табл. 2.8) призначений для поливу від гідрантів закритих зрошувачів по борознах довжиною 150–200 м просапних сільськогосподарських культур постійною, змінною або дискретною витратою на ґрунтах середньої і зниженої водопроникності з водоподачею пропорційно вбираючої здатності ґрунту (рис. 2.24; 2.25).

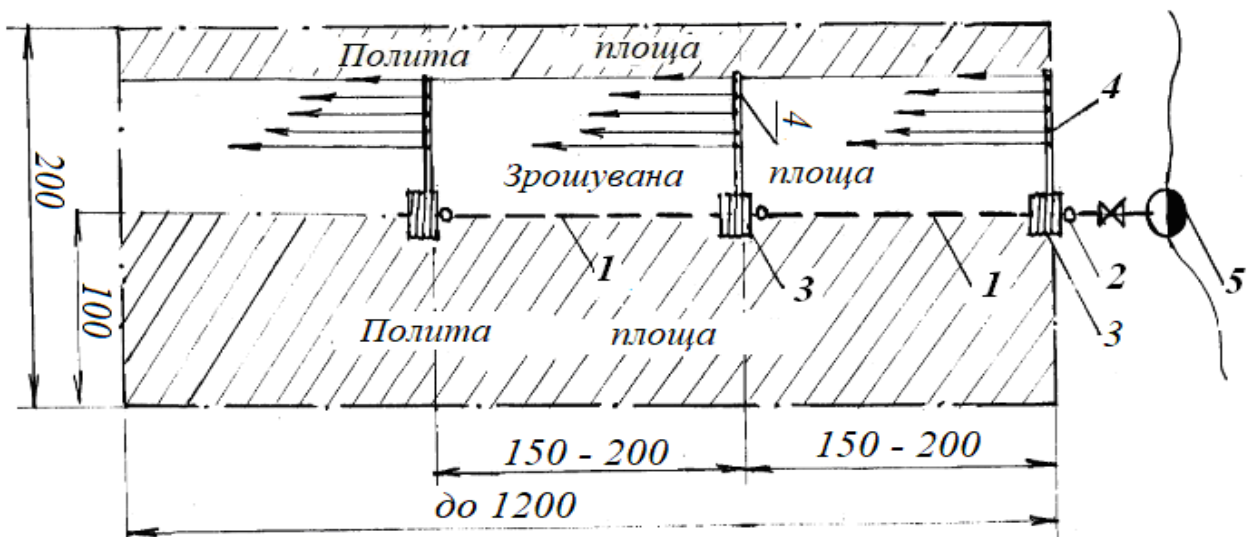


Рис. 2.24. Схема зрошувальної мережі з АШУ: 1 – зрошувальний трубопровід; 2 – гідрант; 3 – АШУ-4; 4 – поливний трубопровід; 5 – насосна станція

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика АШУ-4

Тип	Напівстаціонарний
Витрата води, л/с	4
Довжина поливного шланга, м	100
Ширина захвату, м	200
Кількість водовипусків	7
Відстань між водовипусками, см	60–90
Тиск, МПа	0,20–0,25
Маса, кг без шланга	290
Маса, кг зі шлангом	325



Рис. 2.25. Автоматизований шланговий пристрій АШУ-4

2.10. Автоматизована стаціонарна система поливу по борознах

Досвід раціоналізації техніки поливу по борознах стверджує про можливість створення системи з повною механізацією і автоматизацією процесу поливу. Така система має забезпечувати широкий поливний фронт, рівномірність зволоження по довжині борозен і включати систему контролю за якістю поливу і рівномірним водорозподілом між поливними елементами, а також різко підвищити продуктивність праці, знизити затрати ручної праці приблизно в 10 разів і в остаточному підсумку замінити поливальника на механізатора.

Автоматизована система поверхневих поливів має складатись із спланованих поливних ділянок, оснащених датчиками контролю якості поливу і розподілу. Єдиним тимчасовим елементом тут є поливна мережа. Вода в борозни повинна надходити із стаціонарної трубопровідної мережі, обладнаної системою каскадного автоматизованого керування.

Одним із прикладів впровадження засобів автоматизації і механізації в системи поверхневого поливу є зрошувальна мережа з підземними перфорованими трубопроводами, запропонованими І.А. Шаровим і Г.Ю. Шейнкіним. Дослідно-виробничі випробовування таких систем успішно проведені в аридній зоні. Вони рекомендовані до впровадження при вирощуванні бавовнику, садів і виноградників на передгірних масивах Середньої Азії, Закавказзя і Північного Кавказу.

Принципову схему зрошувальної мережі з поливними трубопроводами зображено на рис. 2.26. Із господарського каналу вода забирається спорудою двокамерного типу: перша камера – суха, із засувками, у другій встановлюють сміттєзатримуючі решітки і сітки.

Господарські канали обладнують у вигляді водоводів зі збірних залізобетонних елементів. Від водозабірної споруди очищена вода рухається по залізобетонному, бетонному або азбестоцементному транспортуючому трубопроводу з розподільними колодязями. Засувки, встановлені в колодязях, дозволяють регулювати подачу води в поливні трубопроводи, які відходять від них під прямим кутом до

транспортуючого трубопроводу. Довжина транспортуючих трубопроводів 1500–2500 м.

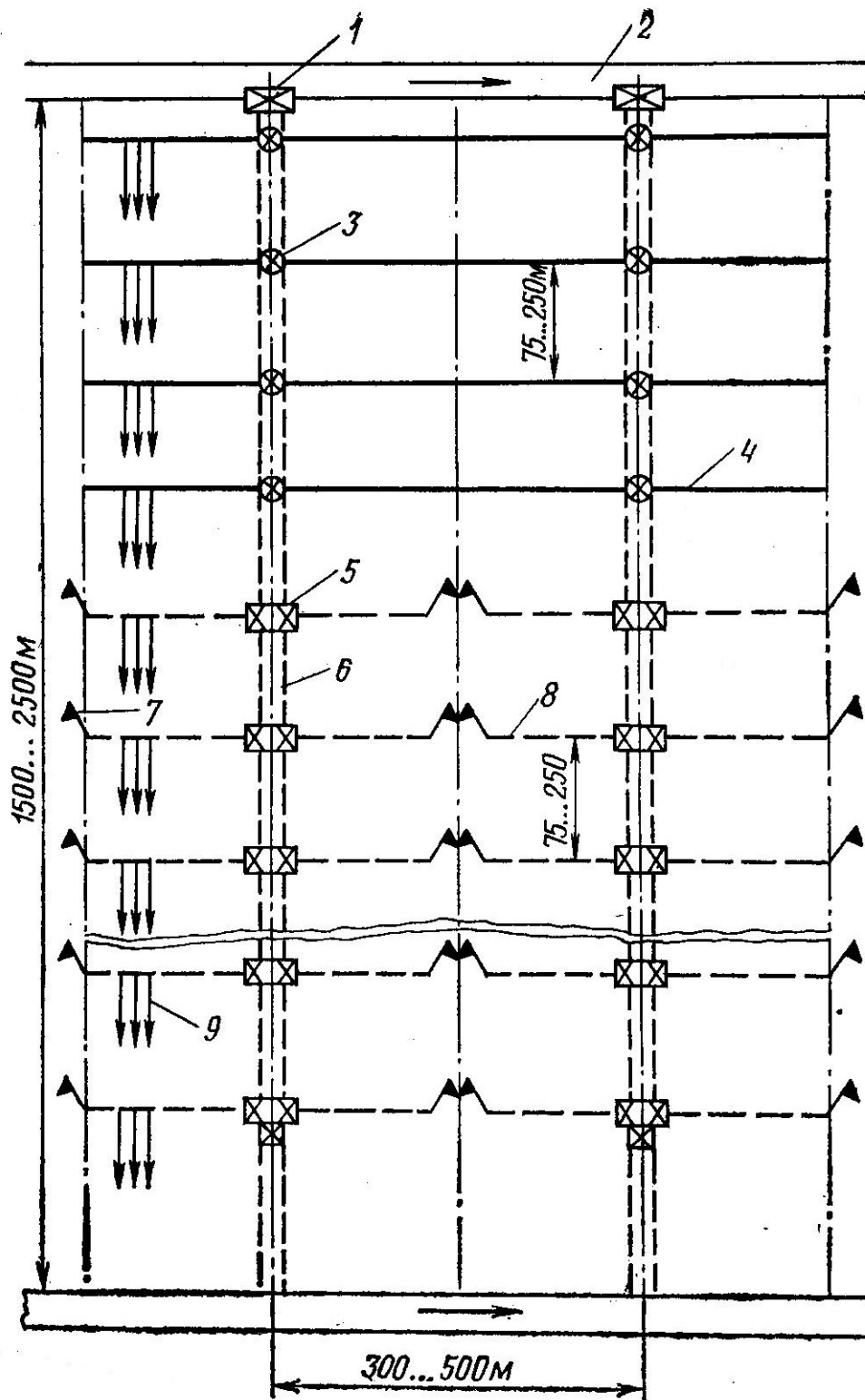


Рис. 2.26. Автоматизована система поливу по борознах із перфорованих трубопроводів: 1 – водозабірна споруда; 2 – господарський канал; 3 – гідрант-водовипуск; 4 – траса прокладки шлангів; 5 – розподільний колодязь;

6 – підземний транспортуючий трубопровід; 7 – промивна засувка на закритому поливному трубопроводі; 8 – підземний поливний трубопровід; 9 – напрямок поливу

Поливні трубопроводи працюють під природним напором, тому що транспортуючий трубопровід розташовують по найбільшому похилу місцевості. При цьому похил може змінюватися від 0,005 до 0,04. Напір при подачі води постійним струменем має бути не менше 2 м, а при подачі змінним струменем - не менше 5 м.

Для поливу ділянок у верхній частині транспортуючого трубопроводу влаштовують гідранти з гнучкими поливними шлангами. Вони працюють при напорах приблизно 1 м. При напорі більше 5 м передбачають підземні поливні трубопроводи. Відстань між гідрантами і розподільними колодцями визначається довжиною борозен. Довжина поливних трубопроводів 150–250 м, глибина закладання 25–30 см. Щоб не пошкодити поливний трубопровід під час оранки, по всій трасі на смузі шириною 1,5–2,0 м проводиться дискування на глибину 10–12 см. Після цього поле орють на необхідну глибину паралельно підземному трубопроводу.

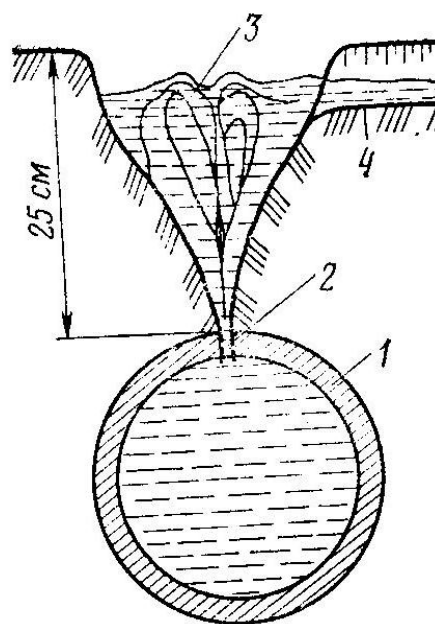


Рис. 2.27. Схема водовипуска із отворів поливних трубопроводів:
1 – поліетиленовий трубопровід діаметром 150–300 мм;
2 – водовипускний отвір; 3 – вирва розмиву; 4 – дно борозни

Вода із поливних трубопроводів подається у вигляді джерелець у борозну через отвори (рис. 2.27), діаметр яких змінюється по довжині.

При поливі працюють 3–4 яруси трубопроводів, одночасно поливається 10–12 га. При цьому утворюється наскрізна борозна, яка дозволяє проводити післяполивний міжрядний обробіток з великою довжиною гону.

Для зрошення садів і виноградників підземні поливні трубопроводи обладнують патрубками-водовипусками, які встановлюють у створі кожного ряду на 10–20 см вище поверхні землі. При поздовжній схемі поливу патрубки виконують з вільним

переливом води з обох боків ряду в обвідні борозни (рис. 2.28). У цьому разі потрібен незначний напір, усього 0,7–1,0 м.

Випробовування цієї системи показали, що продуктивність праці на поливах виноградника збільшилась у 3–5 разів, а затрати води зменшились в 2 рази в порівнянні з поливом із відкритої мережі. При поперечній схемі поливу (похил більше 0,04) патрубки обладнують кришкою і водовипусками підвищеного опору з індивідуальним регулюванням поливного струменя.

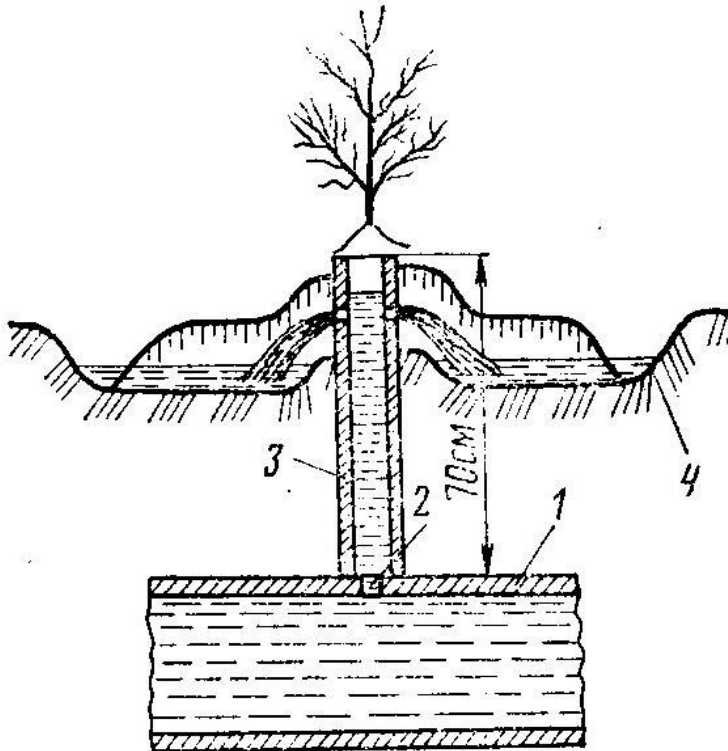


Рис. 2.28. Схема водовипуску з поліетиленовими патрубками:
 1 – поліетиленовий трубопровід;
 2 – водовипускний отвір;
 3 – поліетиленовий патрубок;
 4 – борозна

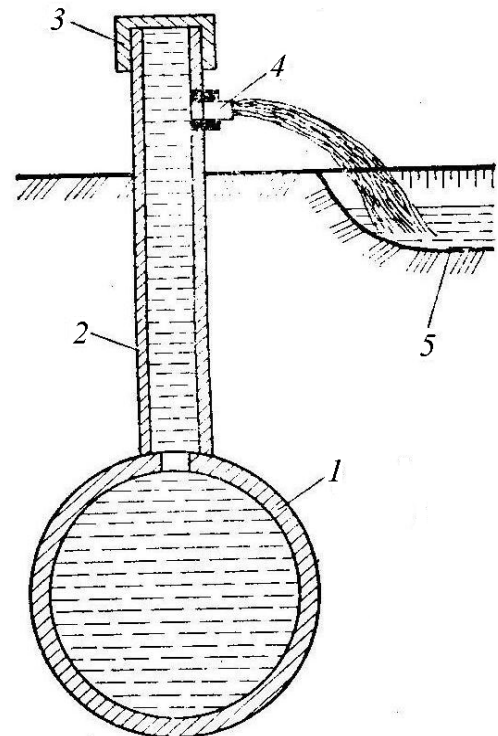


Рис. 2.29. Схема водовипуску з регульованою витратою води:
 1 – поліетиленовий трубопровід;
 2 – поліетиленовий патрубок;
 3 – кришка; 4 – регульований водовипуск; 5 – борозна

Вода із патрубків подається, як правило, в одну борозну з верхнього боку ряду (рис. 2.29). Кінцеві частини підземних поливних трубопроводів обладнують промивним пристроєм.

Закриті мережі з підземними поливними трубопроводами широко використовуються для зрошення виноградників у передгірних районах Північного Таджикистану.

Незважаючи на значні капітальні затрати при будівництві таких систем, можливість повної автоматизації процесу зрошення робить актуальною подальшу роботу в цьому напрямі [25].

2.11 Розрахунок елементів техніки поливу

по борознах

Завдання призначення оптимальних величин елементів техніки поливу, як правило, виконують різними методами, які доповнюють один одного, а саме: теоретичним розрахунком, польовим дослідом і пробним поливом. Елементи техніки поливу по борознах з постійними і змінними витратами води, отримані на підставі кожного з трьох методів, рекомендується поєднувати.

Теоретичний метод розрахунку техніки поливу базується на розгляді борозен, як маленьких каналів у земляному руслі зі змінною витратою по довжині. Метод польового дослідження базується на експериментальних дослідженнях вбирання води ґрунтом. Рекомендації розповсюджуються на регіони, де проводяться дослідження для характерних ґрунтів. Методом пробних поливів уточнюють прийняті теоретичні і дослідні елементи поливу для конкретної зрошуваної ділянки.

Теоретичний метод розрахунку техніки поливу по борознах

Метод теоретичного розрахунку техніки поливу по борознах базується на використанні теоретичних і експериментальних залежностей, що відображають механізм зволоження ґрунту при поверхнево-самопливному способі.

Теорія розрахунку техніки поверхневого поливу, що включає всі основні випадки розподілу води на поле і зволоження ґрунту, розроблена О.М. Костяковим. Основою теорії поверхневого поливу є рівняння балансу води в поливній борозні з урахуванням динамічності швидкості вбирання води ґрунтом.

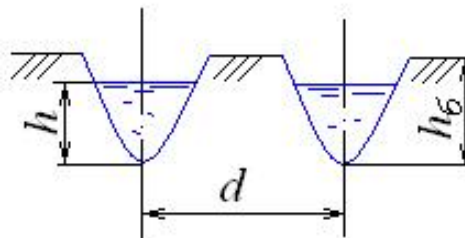


Рис. 2.30. Схема до розрахунку елементів техніки поливу по борознах

Рух води в борозні можна охарактеризувати як сталий, зі змінною витратою вздовж русла нестійкого параболічного перерізу. У зв'язку з вбиранням води ґрунтом по довжині поливних борозен змінюється

витрата поливного струменя, а отже, й інші гідравлічні параметри малого потоку. Для кожного створу борозни, за винятком головного, характерна зміна витрати поливних струменів від 0 в момент добігання до кінцевої величини сталої проточності чи скиду води.

Розрахунок проточних борозен. Швидкість потоку води зверху борозни, як і для відкритого каналу, розраховують за формулою Шезі

$$v = C_1 \sqrt{R \cdot I}, \quad (2.5)$$

де $R = h \frac{\alpha + \varphi}{\alpha + 2\sqrt{1 + \varphi^2}} = \xi h$;

φ – закладання відкосів борозни (зазвичай, $\varphi = 1$);

C_1 – швидкісний коефіцієнт (коефіцієнт Шезі).

При звичайних формах і розмірах борозен значення коефіцієнта ξ в середньому становить 0,7–0,8.

Швидкісний коефіцієнт C_1 приймають від $\frac{87\sqrt{R}}{1,75}$ до $\frac{87\sqrt{R}}{4,5}$ залежно від ступеня шорсткості і глибини борозни.

Отже, від $v = 50\sqrt{I} \cdot R$ до $v = 20\sqrt{I} \cdot R = C \cdot R$, де величина C дорівнює від $50\sqrt{I}$ до $20\sqrt{I}$.

Швидкість потоку води по борозні має бути на рівні 0,1–0,2 м/с, щоб запобігти руйнуванню структури і розмиву ґрунту.

Витрата води, що надходить в кожну борозну, дорівнює

$$q = \omega \cdot v = \omega \cdot C \cdot R = \frac{C \cdot \omega^2}{\chi}, \quad (2.6)$$

де ω – площа живого перерізу борозни;

χ – змочений периметр.

Якщо середня ширина живого перерізу борозни дорівнює b , а глибина води h , то $\omega = b \cdot h$ і $\chi = \lambda \cdot b$, де $\lambda = 1 + \frac{h}{b}(2\sqrt{1 + \varphi^2} - \varphi)$,

згідно з цим $q = \frac{C \cdot \omega^2}{\chi} = \frac{C}{\lambda} b \cdot h^2$ і $h = \sqrt{\frac{q \cdot \lambda}{b \cdot C}}$.

Витрата води по довжині борозни поступово зменшується, і різниця витрат в перерізах x і $x + dx$ буде дорівнювати

$$\frac{C}{\lambda} b [y^2 - (y - dy)^2] = \frac{C}{\lambda} \cdot b^2 y \cdot dy. \quad (2.7)$$

Ця різниця обумовлюється тим, що на довжині dx вода поглинається дном та відкосами борозни, і шар залишеної в борозні води накопичується під час поливу. Вплив залишеної в борозні води може бути оцінений деяким поправочним коефіцієнтом n до швидкості поглинання.

Середню швидкість поглинання і накопичення шару води в борозні на одиницю довжини її в момент часу t можна виразити таким чином:

$$w_x = \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} b \cdot \lambda_0, \quad (2.8)$$

де $\lambda_0 = 1 + \frac{y}{b} (2\nu\sqrt{1+\varphi^2} - \varphi)$,

причому коефіцієнт ν є поправочним на бокове вбирання води відкосами борозни капілярним шляхом. Цей коефіцієнт тим більший, чим краще виражені капілярні властивості ґрунту, і може набувати значень 1,5 до 2,5.

Отже, рівняння балансу води в поливній борозні буде мата вигляд

$$\frac{C}{\lambda} b^2 y dy = - \frac{nk_0}{t^\alpha} \lambda_0 b dx. \quad (2.9)$$

Інтегруючи це рівняння, отримаємо

$$\frac{C}{\lambda} (h^2 - y^2) = \frac{nk_0}{t^\alpha} \lambda_0 x. \quad (2.10)$$

Із цього рівняння отримаємо довжину шляху ввібраної води x в борозні в момент часу t від початку поливу

$$\frac{Ch^2}{\lambda} = \frac{nk_0}{t^\alpha} \lambda_0 x \quad \text{або} \quad \frac{q}{\lambda_0 b} = \frac{nk_0}{t^\alpha} x, \quad (2.11)$$

оскільки по попередньому $q = \frac{C}{\lambda} bh^2$.

Вираз $\lambda_0 b = \vartheta$ являє собою активний змочений периметр борозни з урахуванням дії капілярних сил. Величина ϑ зі зменшенням похилу борозни зростає, через те що при цьому збільшується шар води в борозні h при даній величині струменя q .

Із отриманого виразу можна визначити довжину x і час добігання t_x води поданої в борозну витрати q :

$$x = \frac{q \cdot t^\alpha}{\vartheta \cdot n \cdot k_0} \quad \text{і} \quad t_x = \left[\frac{\vartheta \cdot n \cdot k_0 x}{q} \right]^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (2.12)$$

Якщо довжина борозни дорівнює x , то при заданому струмені в одну борозну q в момент часу $t > t_x$ на кінці борозни буде відбуватися стік води з витратою

$$q_x \frac{C}{\lambda} by^2 = \frac{C}{\lambda} bh^2 - \frac{nk_0}{t^\alpha} b \lambda_0 x = q \cdot \left[1 - \frac{\vartheta nk_0 x}{qt^\alpha} \right]. \quad (2.13)$$

Коефіцієнт стоку в борозні на довжині x у момент t дорівнює

$$y_0 = \left[1 - \frac{\vartheta nk_0 x}{qt^\alpha} \right].$$

Якщо в кінці борозни на довжині x допускається стік води q_x для більшої рівномірності зволоження ґрунту по довжині борозни, то скидна вода повинна надходити в наступну вивідну борозну і потім у розташовані нижче поливні борозни, щоб скиду води з поля не відбувалось і вода не втрачалася марно.

Для забезпечення поливу без скиду в кінці борозни потрібно дотримуватись умови $y_0 = 0$, тобто

$$\frac{q \cdot n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha} = 1,0. \quad (2.14)$$

При поливі без скиду в момент припинення подачі води в борозну, коли $t = t_x$, на довжині її залишиться об'єм води, рівний $\mu(b_0 + \varphi h)h \cdot x$, де $\mu = \frac{2}{3} - \frac{3}{4}$. Частина цього об'єму, яка дорівнює $[\mu - (1 - \alpha)]bxh$, стече нижче довжини x . Для запобігання скиду повну довжину борозни l необхідно зробити такою, щоб виконувалась умова

$$(l - x)dm = [\mu - 1 + \alpha]bxh, \quad (2.15)$$

звідки отримаємо, що при поливі без скиду

$$n = \frac{l}{x} = 1 + \frac{h}{m} \cdot \frac{b}{d} (\mu - 1 + \alpha), \quad (2.16)$$

де d – відстань між борознами.

При поливі без скиду, тобто при $l = l_x$, середня по довжині борозни поливна норма нетто, виражена у вигляді шару води, буде дорівнювати

$$m_{\text{нетто}} = \frac{q \cdot t}{d \cdot l} \cdot \frac{1 - \alpha}{\mu - 1 + \alpha}, \quad (2.17)$$

а поливна норма бруто дорівнює $m_{\text{брутто}} = \frac{q \cdot t}{d \cdot l}$. У цьому випадку коефіцієнт корисної дії (ККД) поливу буде дорівнювати одиниці (якщо не враховувати втрат на випаровування води під час поливу).

Можна встановити також зв'язок поливної норми з контуром зволоження ґрунту по довжині борозни і дефіцитом потрібної вологості; якщо контур зволоження має площу поперечного перерізу F , а різниця потрібної і наявної вологості ґрунту в контурі F

становитиме δ % від повної вологоємності β_{HB} , то можна написати рівність, яка дає зв'язок між основними факторами.

$$\delta \cdot F \cdot \beta_{HB} = m \cdot d = \vartheta \cdot k_0 \cdot t^{1-\alpha}, \quad (2.18)$$

Із отриманих виразів можна визначити тривалість поливу

$$t = \left[\frac{m \cdot d}{\vartheta \cdot k_0} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left[\frac{\delta \cdot F \cdot \beta_{HB}}{\vartheta \cdot k_0} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} = \frac{m \cdot d \cdot l}{q} = \left[\frac{\vartheta \cdot l \cdot k_0}{q} \right]^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (2.19)$$

Як видно, тривалість поливу t для видачі у ґрунт поливної норми m (нетто) зростає зі збільшенням m , l і зі зменшенням q ; тому зі збільшенням похилу l борозни тривалість поливу, яка потрібна для видачі норми m , збільшується, через те що при більшому l зменшується q .

Для ув'язки потрібної величини m із виданим в борозну струменем q , відстанню між борознами d і природною вологістю ґрунту застосовуються поливи через одну борозну.

Продуктивність праці при поливі по борознах визначається величиною

$$v = \frac{N \cdot d \cdot l}{t} = \frac{N \cdot q}{m}, \quad (2.20)$$

де N – кількість одночасно поливаних борозен одним поливальником протягом часу t ;

d – відстань між борознами;

l – довжина борозен при поливній нормі m і витраті води q , яку подають в кожен борозну.

Як видно, продуктивність праці при поливі по борознах підвищується:

- а) зі збільшенням кількості одночасно поливаних борозен поливальником $\left[\frac{N}{t} \right]$, що досягається автоматизацією розподілу і подачі води в кожен борозну і підвищенням якості планування поля;
- б) зі збільшенням довжини борозни l відповідно до виданої в кожен борозну витратою $\left[\frac{q}{\vartheta} \right]$ на одиницю змоченого периметра ϑ при даній поливній нормі m і водопроникності ґрунту (k_0).

Збільшення l знижує час на армування борозен на поливній ділянці і підвищує кількість обслуговуваних в одиницю часу борозен $\left[\frac{N}{t} \right]$. Збільшення q при довжині l може спричинити скид води на кінці борозни, розмив і перелив води; невелика ж q і повільне

капілярне зволоження ґрунту дозволяють зберегти структуру, але можуть зробити полив дуже затяжним і дати нерівномірне зволоження ґрунту по довжині борозни і великі втрати води на випаровування. Якщо поливають без скиду, то величина струменя в одну борозну при даному t повинна відповідати умові $q = \frac{k_0 \cdot l \cdot \vartheta}{t^\alpha}$, причому швидкість води в борозні має бути не більше 0,20 м/с. Тому зі збільшенням похилу борозен l величина струменя зменшується і при $l > 0,015$ становить не більше 0,15 л/с. Залежно від проникності ґрунту, довжини і похилу борозен витрата води в одну борозну q може бути від 0,10 до 0,50 л/с.

Для рівномірного зволоження ґрунту і автоматизації розподілу води потрібно дозувати надходження води в кожен борозну, що досягається за допомогою переносних поливних трубок (рис. 2.14), сифонів (рис. 2.11), щитків (рис. 2.15), однобортних вивідних борозен (рис. 2.16) та інших пристроїв, які встановлюють на початку кожної поливної борозни або двох суміжних борозен.

Якщо величина струменя в одну борозну дорівнює q , а кількість одночасно працюючих борозен дорівнює N , то поливна витрата, якою оперує один поливальник, становить

$$Q = N \cdot q = \frac{B}{d} q = \frac{B \cdot k_0 \cdot \vartheta \cdot l}{d \cdot t^\alpha}, \quad (2.21)$$

де B – загальна ширина поливаних смуг поливальником, м;

d – відстань між борознами, м.

Величина Q зазвичай коливається від 15–20 до 30–40 л/с, і продуктивність поливу становить від 1 до 2,0–2,5 га за зміну (а при ретельному плануванні поля і автоматизації розподілу доходить до 4–5 га за зміну). Для значного підвищення продуктивності праці поливальника, щоб різко збільшилася кількість поливних борозен N , застосовують спеціальні поливні машини, які дозволяють значно збільшити поливну витрату Q і ширину одночасно зрошуваної площі B . Відповідно до величини Q підбирають розміри тимчасових зрошувачів, вивідних борозен і поливних трубопроводів.

Довжина борозен при поливі без скиду має бути рівною

$$l = n \cdot x = \frac{q \cdot t^\alpha}{\vartheta \cdot k_0} = \frac{R \cdot v \cdot t^\alpha}{k_0}, \quad (2.22)$$

де R – гідравлічний радіус борозни.

Отже, довжина борозни при заданому похилі збільшується зі збільшенням витрати q , яку видають у борозну, тривалості поливу t і зі зменшенням водопроникності ґрунту k_0 . Що стосується зв'язку довжини борозен з похилом, то при одній і тій же q довжина борозни збільшується зі збільшенням I , або збільшується швидкість; однак при дуже великих похилах борозни роблять коротшими для зменшення витрати води, яку подають у борозну, щоб швидкість потоку води в борозні v при великих похилах не перевищувала допустимої величини за умовами нерозмивності ґрунту.

Один із прикладів зв'язку довжини борозен l і розмірів витрат q при різних похилах I наведений в табл. 2.9.

Дані табл. 2.9 відносяться до ґрунтів середньої проникності при недостатній спланованості поля. На добре спланованому полі довжину борозни можна значно збільшити.

Таблиця 2.9 – Зв'язок між довжиною борозни і витратою води в борозну залежно від похилу

Похил борозни I	Довжина борозни l , м	Витрата в борозну q , л/с
0,015–0,010	70–100	0,15–0,25
0,010–0,005	100–120	0,25–0,40
0,005–0,002	80–100	0,40–0,60
0,002–0,001	60–80	0,60–0,75

На легких ґрунтах, підстелених галькою наведені величини l знижуються на 20–40 %, а величина q підвищується відповідно до збільшення k_0 (розраховується за формулами). На важких ґрунтах величина l підвищується, а q зменшується на 15–25 % в порівнянні з даними табл. 2.9.

Розглянемо умови, від яких залежить рівномірність зволоження ґрунту по довжині борозни. При тривалості подачі води на початку борозни t і проходженні води в її кінці t_k зволоження ґрунту на початку борозни буде еквівалентне шару води $m_e = k_0 \frac{\vartheta_e}{d} t^{1-\alpha}$, а в кінці борозни – шару води $m_n = k_0 \frac{\vartheta_n}{d} t_n^{1-\alpha}$, де ϑ_e і ϑ_n – активний змочений периметр на початку і кінці борозни. Рівномірність зволоження ґрунту по довжині борозни, яка характеризується відношенням $m_n : m_e$, буде $\frac{\vartheta_n}{\vartheta_e} \left[\frac{t_n}{t} \right]^{1-\alpha}$. Якщо зволоження ґрунту на початку і кінці борозни не

повинне відхилитись більше ніж на $\pm\Delta$ часток від встановленої середньої поливної норми, то необхідно, щоб

$$\mu = \frac{1 - \Delta}{1 + \Delta} = \frac{\vartheta_n}{\vartheta_s} \left[\frac{t_n}{t} \right]^{1-\alpha} = \frac{\vartheta_n}{\vartheta_s} \left[1 - \beta \frac{t_x}{t} \right]^{1-\alpha}, \quad (2.23)$$

де t_x – тривалість добігання води від початку до кінця борозни на довжині x ;

β – коефіцієнт, який визначається емпірично, становить від 0,9 до 0,7 і залежить від відношення часу стоку води в кінці борозни t_1 після припинення подачі води на початку борозни до часу добігання t_x , оскільки $\beta = 1 - \frac{t_1}{t_x}$ зі збільшенням довжини борозни x відношення $\frac{t_1}{t_x}$ зменшується і, отже, значення коефіцієнта β збільшується.

Змочені периметри зверху і знизу борозни ϑ_s і ϑ_n близькі між собою.

Якщо тривалість подачі води в борозну t (при постійній витраті q) більша тривалості добігання t_x , то в кінці борозни відбувається стік води. Загальний стік води в кінці борозни за час t_x при тривалості подачі води в борозну t витратою q визначається із рівняння $q \cdot t = \frac{d \cdot m \cdot l}{1 - \sigma}$, де σ – частка стоку від подачі $q \cdot t$; m – середня поливна норма на довжині борозни l . Звідси можна отримати, що $\sigma = 1 - \frac{\vartheta \cdot n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha}$; із цього виразу випливає, що при тривалості поливу, рівній часу добігання ($t = t_x$), стік у кінці борозни довжиною $l = n \cdot x$ буде дорівнювати нулю ($\sigma = 0$).

Якщо для збільшення рівномірності зволоження ґрунту по довжині борозни допускається $t > t_x$ і стік у кінці борозни, то цей стік повинен надходити в наступну вивідну борозну і використовуватися на полив нижче розташованих борозен, щоб не було скиду води з поля.

Користуючись наведеними залежностями для t_x , t , m , μ , можна встановити необхідні елементи техніки поливу по борознах (l , q , t), які відповідають певним вимогам рівномірності зволоження по довжині борозен Δ , потрібній поливній нормі m і допустимій величині стоку σ при заданих умовах (k_0 , α , l).

Для підтримання структури і пухкого шару ґрунту на відкосах і гребенях борозен поливають невеликими витратами води q , які подаються в кожен борозну, щоб не було глибокого наповнення їх водою. При цьому розпочинати полив необхідно зменшеним поливним струменем і поступово доводити струмінь до нормальної величини q , а в кінці поливу знову знижувати струмінь, щоб не було стоку (скиду) води.

Через те що водопроникність ґрунту борозен k_0 від першого поливу до наступного знижується (унаслідок замулення і ущільнення ґрунту та інших чинників) і у верхній частині борозен сильніше, ніж у нижній, то при постійній довжині борозен необхідно зменшувати величину струменя q від перших поливів до наступних.

Поглиблення борозен, як і розширення їх, збільшує поглинання води, скорочує час добігання, знижує поливну норму m і дає більш рівномірне зволоження ґрунту по довжині.

Можливість розпушення ґрунту при поливі по борознах дозволяє збільшити водопроникність ґрунту k_0 і тим самим сприятливо впливати на зменшення скиду і підвищення коефіцієнта корисного використання води.

Полив по тупих борознах. Землі з малим похилом часто поливають по глибоких тупих борознах шляхом наповнення їх водою і подальшим вбиранням води ґрунтом під час стояння її в борозні. При глибокому затопленні борозен структура і аерація ґрунту в гребенях між борознами порушуються, проте на землях з малими похилами цей спосіб поливу має ряд позитивних сторін, забезпечуючи отримання малих поливних норм, високий ККД, зменшення втрат на випаровування та ін.

Довжина поливних борозен l може бути від 40 до 80 м залежно від рельєфу, спланованості поля і ґрунтових умов: чим легший гранулометричний склад ґрунту і чим гірший мікрорельєф, тим коротша довжина борозен l .

Відстань між поливними борознами d залежить від характеру розташування рослин і властивостей ґрунту: у легких ґрунтах контури зволоження витягнуті донизу і відстань d має бути меншою, щоб контури зволоження змикались; і навпаки, ґрунти важкого гранулометричного складу мають контури зволоження, витягнуті в сторони, відповідно відстань d може бути більшою (рис. 2.31).

Якщо середня глибина наповнення борозни водою дорівнює H , а середня ширина води в ній дорівнює $b = b_0 + \varphi \cdot H$, то об'єм наповнення однієї борозни буде рівним $V = b \cdot H \cdot l$ (рис. 2.32).

Щоб наповнити борозну шаром води H протягом часу t_1 при поливній витраті q , необхідно витратити (нехтуючи випаровуванням за час t_1) кількість води, що дорівнює

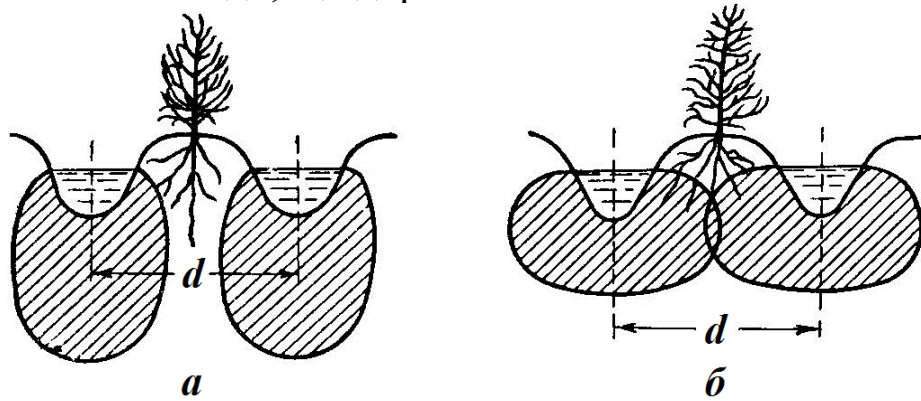


Рис. 2.31. Контури зволоження ґрунту при поливі по борознах:
а – легкі ґрунти; б – важкі ґрунти

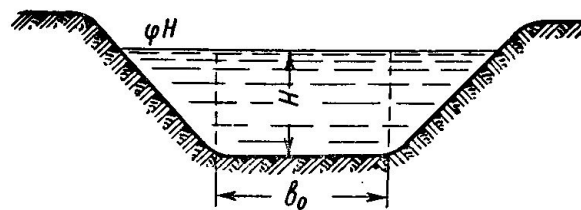


Рис. 2.32. Розрахункова схема тупої борозни

$$t_1 \cdot q = (b \cdot H + \chi_0 \cdot \sigma_1 \cdot t_1) \cdot l, \quad (2.24)$$

де $\sigma_1 = \frac{k_0}{t_1^\alpha}$ – середня за час t_1 швидкість вбирання води ґрунтом;

χ_0 – середній за час t_1 активний змочений периметр борозни розрахований за формулою;

$$\chi_0 = b_0 + \frac{2}{3} v \cdot H \cdot \sqrt{1 + \varphi^2}, \quad (2.25)$$

де v – коефіцієнт, який залежить від капілярних властивостей даного ґрунту і дорівнює 1,5–2,5.

Перший доданок формули (2.24) характеризує об'єм наповнення борозни, а другий – об'єм води, яка вбирається ґрунтом борозни за час її наповнення t_1 ; співвідношення між першим і другим об'ємами може становити від 1,5 до 3,0 (залежно від проникності ґрунту, тривалості t_1 наповнення борозни і витрати в одну борозну q). Після наповнення борозни шаром H подача води в борозну припиняється і об'єм води $b \cdot H \cdot l$ поступово вбирається ґрунтом протягом часу t_2 .

Якщо поливна норма нетто еквівалентна шару води m , то матимемо

$$t_1 \cdot q = m \cdot d \cdot l \quad \text{і} \quad t_1 = \frac{m \cdot d \cdot l}{q},$$

можна знехтувати випаровуванням з водної поверхні борозни за час t_2 . Із цього і попереднього рівняння отримуємо, що середня глибина наповнення борозен має дорівнювати

$$H = \frac{d}{b} m - \sigma_1 \cdot t_1 \frac{\chi_0}{b} = \frac{d}{b} m \left[1 - \frac{\chi_0 \cdot l \cdot \sigma_1}{q} \right], \quad (2.26)$$

тобто H залежить від потрібної поливної норми m і при даній m від q . Відношення $\frac{d}{b}$ визначається капілярними властивостями ґрунту: для суглинистих ґрунтів воно дорівнює 2,5–3,0.

Поливна витрата q , яка видається в одну борозну для її наповнення, не повинна викликати розмиву ґрунту, тобто швидкість руху води не повинна перевищувати 0,3 м/с. Тому витрату q зі збільшенням похилу борозен зменшують. З підвищенням проникності ґрунту і довжини борозен витрату q збільшуються для отримання вищого ККД поливу. Залежно від умов поливу, витрата води в одну борозну може становити від 1 до 3 л/с.

Якщо поливна витрата на поливній ділянці дорівнює Q , то кількість одночасно наповнюваних борозен буде дорівнювати $N = \frac{Q}{q}$.

Продуктивність поливу по тупих борознах, згідно з попереднім висновком, визначають співвідношенням

$$\frac{N \cdot d \cdot l}{t_1} = \frac{N \cdot q}{m} = \frac{Q \cdot d}{H \cdot b} = N \cdot d \cdot l \cdot \frac{q}{H \cdot b \cdot l},$$

тобто при заданій поливній нормі нетто (m) вона підвищується при збільшенні кількості одночасно працюючих борозен (N) та витрати води у кожную борозну (q), при зменшенні перерізу борозен ($H \cdot b$)

Коефіцієнт корисної дії поливу по тупих борознах $\eta = \frac{m \cdot d \cdot l}{q \cdot t_1}$ дорівнює одиниці, якщо глибина наповнення борозен H відповідає поливній нормі нетто m .

Через відсутність строго окресленого фіксованого русла гідравлічні параметри на початку борозни, як правило, встановлюють за емпіричними залежностями

$$\omega = \frac{A \cdot q_0^{2\beta}}{i^\beta}, \quad (2.27)$$

$$\chi = \frac{A_1 \cdot q_0^{2y}}{i^y}, \quad (2.28)$$

де ω – площа живого перерізу на початку борозни, м²;

A , β – емпіричні коефіцієнти, які чисельно дорівнюють 0,128 та 0,375 за даними О.М. Кривов'язова, 0,062 та 0,300 за даними М.Т. Лактаєва;

i – похил борозни;

χ – змочений периметр на початку борозни, м;

A_1 , y – емпіричні коефіцієнти, які чисельно дорівнюють 0,106 та 0,135 за даними А.М. Ляпіна, 0,690 та 0,125 за даними О.М. Кривов'язова, 0,105 та 0,165 за даними В.П. Косенка.

Довжина (в метрах) добігання по сухій борозні, за даними І.Г.Алієва, А.А. Акжанова, В.П. Носенка, В.В. Ізюмові, може бути виражена також емпіричною формулою

$$l = v_0 \cdot t_l^y, \quad (2.29)$$

де v_0 – швидкість просування води по сухій борозні за першу одиницю часу, м/с;

y – емпіричний коефіцієнт сповільнення швидкості просування води в сухій борозні;

t_l – тривалість добігання.

Ця формула проста і добре співпадає з дослідними даними. Коефіцієнт y залежно від здатності ґрунту вбирати воду ложем борозни і витрати поливного струменя змінюється від 0,4 до 0,9 і досягає максимального значення при складній водопроникності і значній витраті поливного струменя.

Вправа 2. Розрахунок елементів техніки поливу по борознах

Дано: 1. Ґрунт – суглинок середній.

2. Швидкість вбирання в кінці першої години – 0,03 м/год.

3. Показник ступеня α – 0,5.

4. Уклон поверхні поля вздовж борозни – 0,008.

5. Ширина борозни по дну – 0,1 м.

6. Закладання відкосів борозни – 1.

7. Глибина борозни – 0,15 м.

8. Коефіцієнт шорсткості борозни – 0,04.

9. Ширина міжряддя – 0,6 м.

10. Поливна норма – 600 м³/га або 0,6 м.

Необхідно визначити: 1. Витрату води в борозну.

2. Тривалість поливу.

3. Довжину борозни.

Розв'язок

1. Задаючись глибиною води в борозні $h = \frac{1}{3}h_0 = \frac{1}{3} \cdot 15 = 5$ см, визначають елементи поперечного перерізу борозни:

$$\omega = (b_0 + \varphi \cdot h) \cdot h = (0,1 + 1 \cdot 0,05) \cdot 0,05 = 0,0075 \text{ м}^2;$$

$$\chi = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + \varphi^2} = 0,1 + 2 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{1 + 1^2} = 0,241 \text{ м};$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{0,0075}{0,241} = 0,031 \text{ м};$$

$$y = 1,5 \cdot \sqrt{n} = 1,5 \cdot \sqrt{0,04} = 0,30;$$

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{0,04} \cdot 0,031^{0,3} = 7,87;$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = 7,87 \cdot \sqrt{0,031 \cdot 0,008} = 0,12 \text{ м/с}.$$

Оскільки швидкість руху води в борозну знаходиться в допустимих межах 0,1–0,2 м/с, то можна знайти витрату в борозну:

$$q_b = v \cdot \omega = 0,12 \cdot 0,0075 = 0,0009 \text{ м}^3/\text{с} = 0,9 \text{ л/с} = 3,24 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2. Тривалість поливу встановлюють із умов вбирання ґрунтом поливної норми, яка визначається за формулою $t = \left[\frac{m \cdot d}{\chi_1 \cdot K_0} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}$:

- змочений периметр борозни з урахуванням капілярних властивостей ґрунтів

$$\chi_1 = b_0 + 2 \cdot \xi \cdot h \cdot \sqrt{1 + \varphi^2} = 0,1 + 2 \cdot 2,0 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{1 + 1^2} = 0,382 \text{ м};$$

- середній коефіцієнт фільтрації за першу годину

$$K_0 = \frac{K_v}{1 - \alpha} = \frac{0,03}{1 - 0,5} = 0,06 \text{ м/год};$$

- тривалість поливу

$$t = \left[\frac{m \cdot d}{\chi_1 \cdot K_0} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left[\frac{0,06 \cdot 0,6}{0,382 \cdot 0,06} \right]^{\frac{1}{1-0,5}} = 2,46 \text{ год}.$$

3. Знаючи тривалість поливу можна визначити довжину добігання фронту зволоження через 2,46 год за формулою $l_x = \frac{q_x \cdot t^\alpha}{\chi_1 \cdot \zeta \cdot K_0}$:

- значення ζ_0

$$\zeta_0 = h \cdot b \cdot \frac{\mu - 1 + \alpha}{m \cdot d} = 0,05 \cdot 0,15 \cdot \frac{0,75 - 1 + 0,5}{0,6 \cdot 0,06} = 0,052;$$

- значення ζ

$$\zeta = 1 + \zeta_0 = 1 + 0,052 = 1,052;$$

- довжина добігання

$$l_x = \frac{q \cdot t^\alpha}{\chi_1 \cdot \zeta \cdot K_0} = \frac{3,24 \cdot 2,46^{0,5}}{0,382 \cdot 1,052 \cdot 0,06} = 211 \text{ м};$$

- повна довжина борозни

$$l_b = l_x \cdot \zeta = 211 \cdot 1,052 = 222 \text{ м}.$$

Вправа 3. Розрахунок тривалості поливу по борознах

Дано: 1. Сільськогосподарська культура – кукурудза.

2. Ширина міжрядь $d = 0,6$ м.
3. Поливна норма $m = 600$ м³/га.
3. Витрата води в борозну $q_0 = 0,9$ л/с.
4. Глибина води на початку борозни $h = 0,05$ м.
5. Ширина борозни по дну $b_0 = 0,1$ м,
6. Закладання відкосів борозни $\varphi = 1$.
7. Довжина борозни $l_0 = 50$ м.
8. Ґрунт – суглинковий.
9. Швидкість вбирання води ґрунтом у кінці першої години $K_1 = 0,03$ м/год.
10. Показник ступеня затухання вбирання води в ґрунт $\alpha = 0,5$.

Розв'язок

Поливна норма, як правило, складається із норми добігання і норми дозволення. Тому і тривалість поливу поділяють на тривалість добігання і тривалість дозволення.

Тривалість добігання води по сухій борозні визначають за формулою

$$t_l = \left[\frac{b_{акт} \cdot n \cdot k_v \cdot l_0}{(1 - \alpha) q_0} \right]^{1/\alpha}, \quad (2.27)$$

де t_l – тривалість добігання струменя до кінця борозни, год;

$b_{акт}$ – активна ширина поглинання води в борозну, м;

n – коефіцієнт, що враховує накопичення води в борозні;

K_v – коефіцієнт водопроникності за першу годину, м/год;

l_0 – довжина борозни, м;

α – коефіцієнт затухання швидкості вбирання;

q_0 – витрата на початку борозни, м³/год.

Розрахунок ведуть у такій послідовності:

- поливну норму в розрахунках, як правило, застосовують у вигляді

$$\text{шару води } m_0 = \frac{m}{10000} = \frac{600}{10000} = 0,6 \text{ м};$$

- витрату води в борозну приймають у $q_0 = 0,9 \cdot 3,6 = 3,24$ м³/с;

- змочений периметр борозни з урахуванням капілярних властивостей ґрунту

$$\chi_1 = b + 2 \cdot v \cdot h \cdot \sqrt{1 + \varphi^2} = 0,1 + 2 \cdot 2,0 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{1 + 1} = 0,382 \text{ м},$$

де v – коефіцієнт, що характеризує капілярні властивості ґрунту: для супіщаних ґрунтів дорівнює 1,5, для суглинистих – 2,0; для глинистих – 2,5;

- коефіцієнт, який фактично відображає загальний об'єм води, поданої в борозну з урахуванням скидів нижче довжини добігання

$$n = 1 + \frac{(\mu - 1 + \alpha) \cdot h \cdot b}{m_0 \cdot d} = 1 + \frac{(0,7 - 1 + 0,5) \cdot 0,05 \cdot 0,1}{0,06 \cdot 0,6} = 1,035.$$

- середня швидкість вбирання води ґрунтом

$$K_v = \frac{K_1}{1 - \alpha} = \frac{0,03}{1 - 0,5} = 0,06 \text{ м/год.};$$

- для даного випадку тривалість добігання становитиме

$$t_l = \left[\frac{0,382 \cdot 1,035 \cdot 0,06 \cdot 50}{(1 - 0,5) \cdot 3,24} \right]^{1/0,5} = 0,39 \text{ год} = 23,4 \text{ хв.}$$

- поливна норма, яка видається за час добігання

$$m_{\text{доб}} = \frac{600 \cdot q_{\text{б}} \cdot t_{\text{доб}}}{d \cdot l_{\text{б}}} = \frac{600 \cdot 0,9 \cdot 23,4}{0,6 \cdot 50} = 421 \text{ м}^3/\text{га};$$

- поливна норма дозволоження $m_{\text{дозв}} = m - m_{\text{доб}} = 600 - 421 = 179 \text{ м}^3/\text{га};$

- тривалість додаткової подачі води до заданої поливної норми

$$t_{\text{дозв}} = \frac{m_{\text{дозв}} \cdot d \cdot l_{\text{б}}}{600 \cdot q_{\text{б}}} = \frac{179 \cdot 0,6 \cdot 50}{600 \cdot 0,9} = 9,9 \text{ хв};$$

Загальна тривалість поливу однієї борозни для видачі поливної норми

$$t_{\text{пол}} = t_{\text{доб}} + t_{\text{дозв}} = 23,4 + 9,9 = 33,3 \text{ хв.}$$

Метод розробки рекомендацій за даними польового дослідження

Розробка рекомендацій за даними польового дослідження є основним методом, який реально встановлює зв'язок елементів техніки поливу з показниками, що характеризують умови і якість проведення поливу на конкретному масиві зрошення. За результатами польового дослідження вибирають раціональне співвідношення елементів техніки поливу зіставленням отриманих показників з критеріями, що відображають потрібну якість технологічного процесу (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Рекомендовані сполучення показників техніки поливу по борознах для типових умов (за М.Т. Лактаєвим)

Водопроникність ґрунту	Показник	Значення показників при різних похилах поливних борозен				
		0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
Велика (супісок, легкі суглинки, що підстиляються галькою з глибини 1 м)	$l_{\text{б}}$, м	40	105	180	200	150
	$q_{\text{б}}$, л/с	0,1	0,5	0,75	1,5	1
	$t_{\text{доб}}$, год.	5,5	1,3	3	1,25	1,8
	$t_{\text{дозв}}$, год.	2,5	1,9	0,5	0,75	0,2
	$t_{\text{пол}}$, год.	8	3,2	3,5	2	2
Середня (середні суглинки)	$l_{\text{б}}$, м	75	130	250	300	250
	$q_{\text{б}}$, л/с	0,1	0,25	0,75	1	0,75
	$t_{\text{доб}}$, год.	7,8	4,6	2,8	3,1	4,6
	$t_{\text{дозв}}$, год.	6,2	4,8	3,1	2,1	1,2
	$t_{\text{пол}}$, год.	14	9,4	5,9	5,2	5,8
Низька (важкі суглинки)	$l_{\text{б}}$, м	150	200	325	400	600
	$q_{\text{б}}$, л/с	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5
	$t_{\text{доб}}$, год.	9	18	19	20	13
	$t_{\text{дозв}}$, год.	32,5	29	26	17	8

	$t_{пол}$, ГОД.	41,5	47	45	37	21
Слабка (глини, суглинки, що підстилаються непроникними прошарками)	l_b , м	125	150	250	300	600
	q_b , л/с	0,05	0,05	0,1	0,1	0,25
	$t_{доб}$, ГОД.	14	20	20	34	35
	$t_{дозв}$, ГОД.	76	67,5	55	41	20
	$t_{пол}$, ГОД.	90	87,5	75	75	55

Примітка: l_b – довжина борозни; q_b – витрата в борозну; $t_{доб}$ – тривалість добігання; $t_{дозв}$ – тривалість дозволоження; $t_{пол}$ – загальна тривалість поливу.

При розробці рекомендацій за величиною елементів техніки поливу по борознах на підставі результатів польового дослідження використовують такі критерії:

- протягом вегетаційних поливів допустиме відхилення середніх фактичних поливних норм від заданих не повинно перевищувати 15 %;
- норма добігання – 65–85 % від заданої поливної норми;
- мінімальне значення коефіцієнта нерівномірності зволоження ґрунту по довжині поливних борозен 0,75 (для окремих культур – 0,7);
- втрати води на скид у кінці борозни при поливі струменем з постійними витратами не повинні перевищувати 30 % водоподачі, струменем зі змінними витратами – 10 %;
- не допускаються переливи води через гребені борозен, розмиви ложа в борознах і збільшення каламутності води по їх довжині;
- витрати поливного струменя повинні бути меншими від граничнодопустимих (із умов недопущення розмиву і переливу) на 10–20 %;
- довжина борозни має бути меншою від допустимої.

Рекомендації щодо техніки поливу, отримані дослідним шляхом для ділянок, застосовують на території всього зрошуваного району. Недоліком методу є неможливість розповсюдження отриманих рекомендацій на інші зрошувані райони з природними умовами, які відрізняються від розглянутих.

Метод пробних поливів

Метод пробних поливів призначений для уточнення величини елементів техніки поливу безпосередньо на поливній ділянці. Пробні поливи суміщають з виробничими, які дозволяють перевірити

рекомендовані величини елементів техніки поливу і досягти найбільшого наближення фактичних поливних норм до розрахункових на кожному полі зі специфічними умовами проведення поливів. Проводити їх можуть агрономи чи гідротехніки, а також самі поливальники, використовуючи найпростіше обладнання.

На практиці велике значення має визначення часу, протягом якого необхідно підтримувати воду в борозні для внесення в ґрунт заданої поливної норми. Це завдання може бути вирішене при проведенні спеціального досліду на якому відрізок борозни обмежують щитками і заповнюють водою до потрібного рівня. Необхідна тривалість стояння води в борозні для внесення заданої поливної норми визначається тривалістю вбирання еквівалентного їй об'єму води на відрізок борозни при підтриманні в ній постійного рівня.

Пробні поливи також проводять для встановлення витрати поливного струменя. Проводять їх у такій послідовності: на поливній ділянці вибирають декілька поливних борозен (3 або 4), об'ємним способом чи способом водозливу регулюють подачу води в їх головах; величину подачі орієнтовно призначають існуючими рекомендаціями; фіксують тривалість добігання струменя до кінця борозни і встановлюють фактичну норму добігання. Перевагу віддають тому струменю, де норма добігання становить $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{4}$ від заданої поливної норми.

Вправа 2.4. Розрахунок еквівалентного об'єму поливної норми для визначення тривалості поливу методом пробних поливів

- Дано: 1. Поливна норма – 600 м³/га,
 2. Дослід проводять на відрітку поливної борозни – 5 м.
 3. Відстань між борознами – 0,6 м.

Розв'язок

Розрахунок ведуть із пропорції

$$\left. \begin{array}{l} m \text{ м}^3/\text{га} \rightarrow 10000 \text{ м}^2; \\ x \text{ м}^3 \rightarrow l \times d \text{ м}^2. \end{array} \right\}$$

Тоді $x = \frac{m \cdot l \cdot d}{10000} = \frac{600 \cdot 5 \cdot 0,6}{10000} = 0,18 \text{ м}^3$ або 180 л.

2.12. Циклограми технології водорозподілу в борозни

Циклограма водорозподілу – це узагальнені графічні характеристики взаємодії між елементами техніки поливу і показниками якості технологічного процесу (поливної норми – m , тривалості поливу – t , довжини борозни – L , витрати поливного струменя – q , тривалості зволоження і часу добігання).

1. Полив по тупих борознах струменем з постійними витратами з заповненням їх об'ємом води, еквівалентним поливній нормі; тривалість вбирання значно перевищує тривалість водоподачі (рис. 2.33)
2. Полив по проточних борознах струменем з постійною витратою добігання зі зволоженням ґрунту в процесі сповільненого просування води по сухій борозні, практично без проточності (скиду) – рис. 2.34.

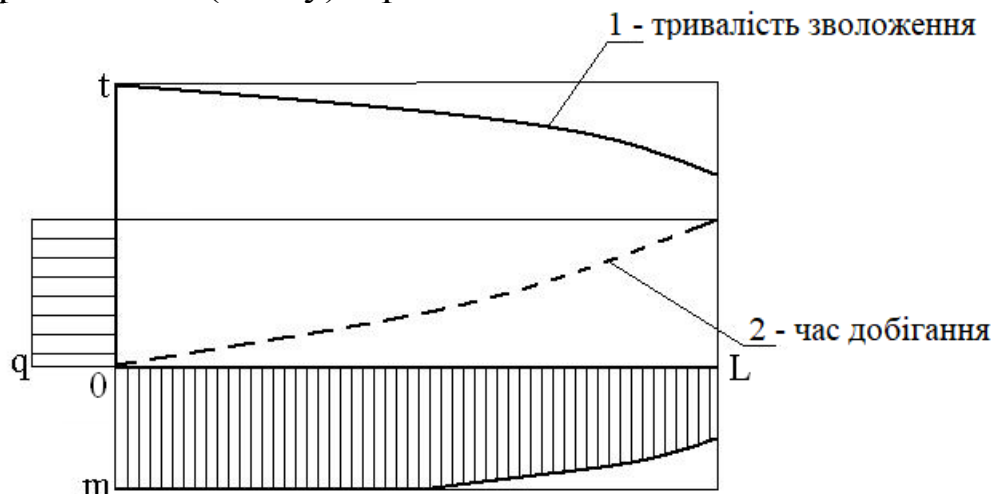


Рис. 2.33. Циклограма поливу по тупих борознах з постійними витратами:

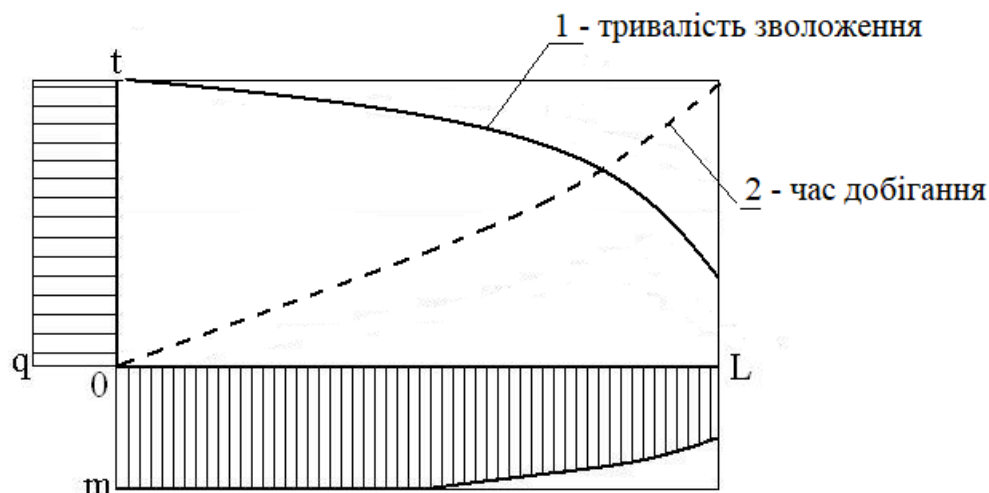


Рис. 2.34. Циклограма поливу по проточних борознах з постійною витратою без проточності

3. Полив по проточних борознах струменем з постійною витратою, заданою нормою зі зволоженням ґрунту в процесі

просування води по сухій борозні та утворенням додаткової проточності в кінці (рис.2.34).

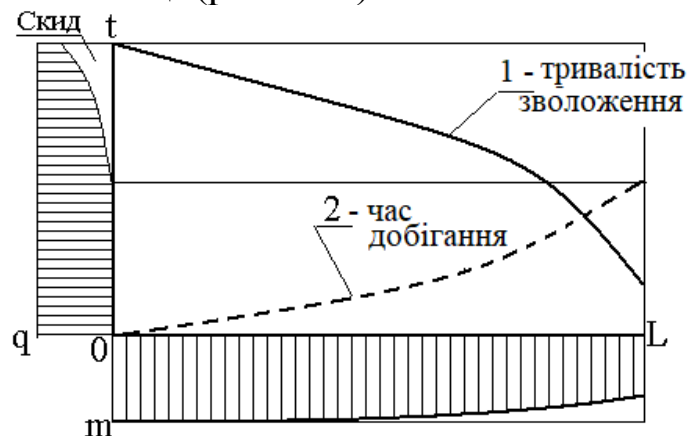


Рис. 2.34. Циклограма поливу по проточних борознах зі постійною витратою і утворенням додаткової проточності

4. Полив по проточних борознах струменем зі змінною витратою, зі зволоженням ґрунту заданою нормою в процесі добігання до кінця борозни початковим струменем і дозволенням струменем з витратою, дискретно зменшеною при мінімальній проточності (2.35).

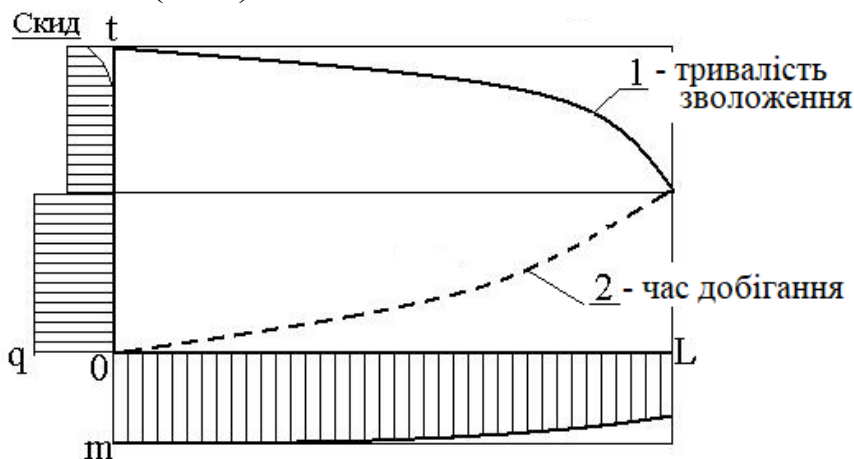


Рис. 2.35. Циклограма поливу по проточних борознах струменем зі змінною витратою

5. Полив по проточних борознах струменем зі змінною витратою зі зволоженням ґрунту заданою поливною нормою в процесі добігання початкового струменя до кінця борозни і струменем дозволення з плавно зменшуваною витратою відповідно до вбираючої здатності ґрунту (без проточності) – рис. 2.36.

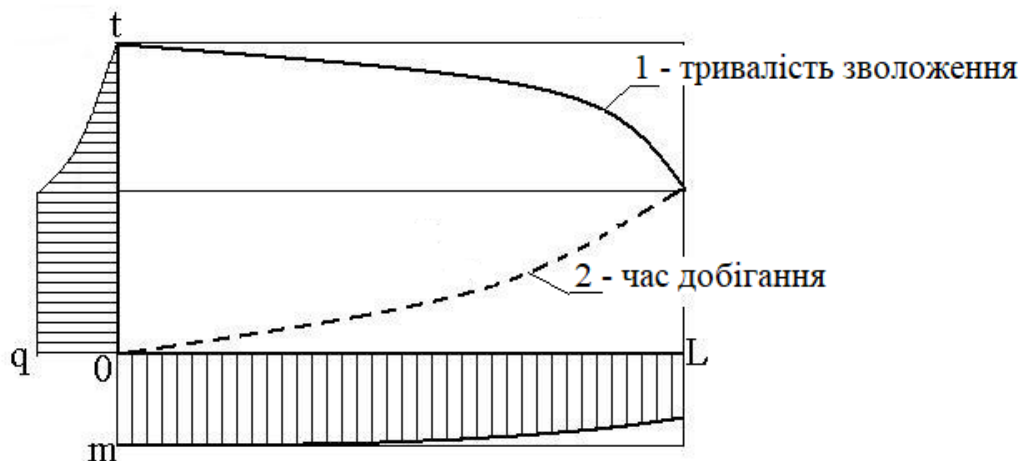


Рис. 2.36. Циклограма поливу по проточних борознах струменем зі змінною витратою без скиду

6. Полив по проточних борознах зі зволоженням ґрунту заданою нормою за декілька дискретних циклів добігання струменя з постійною витратою по сухій і зволоженій борозні (без проточності) – рис. 2.37.

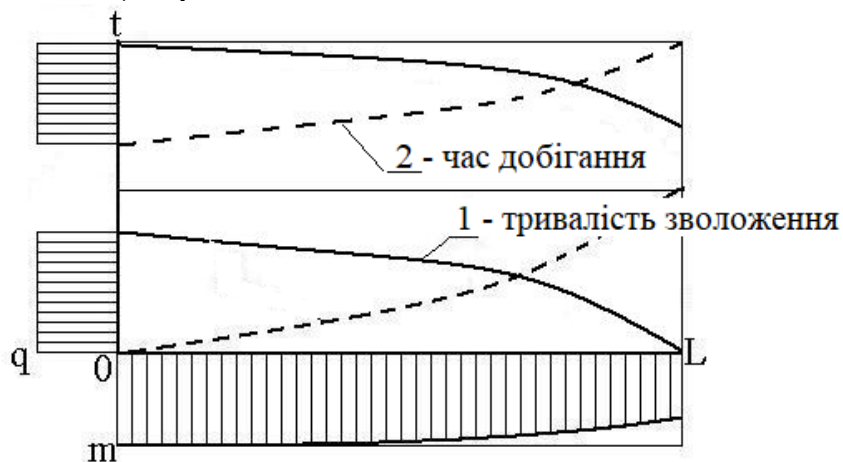


Рис. 2.37. Циклограма поливу по проточних борознах зі зволоженням ґрунту заданою нормою за декілька дискретних циклів добігання без проточності

7. Полив по довгих проточних борознах з постійною витратою із розподілених по довжині водовипусків зі зволоженням ґрунту заданою поливною нормою в процесі руху води по сухій борозні між створами водовипусків і незначним скидом у кінці борозни (полив шлейфами) – рис. 2.38.

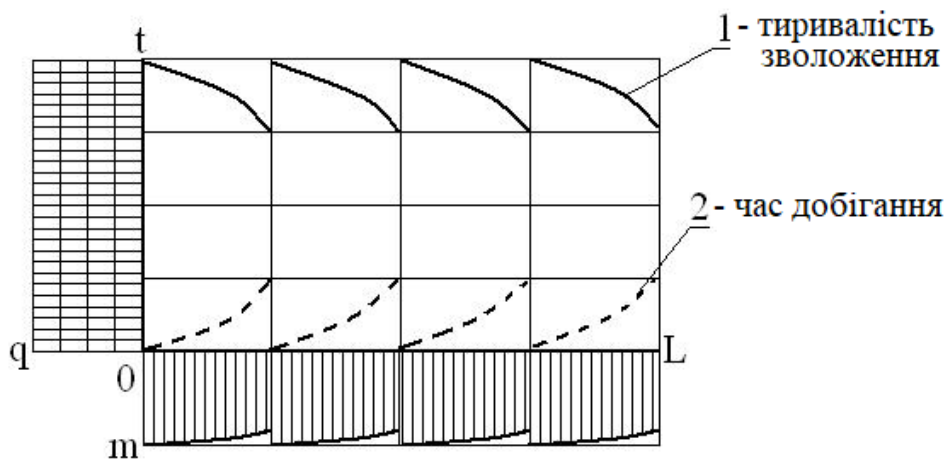


Рис. 2.38. Циклограма поливу по довгих проточних борознах з постійною витратою із розподілених по довжині водовипусків

Запитання для самоконтролю

1. У чому сутність поливу по борознах?
2. Яким чином здійснюється зволоження ґрунту при поливі по борознах?
3. Які культури поливають по борознах?
4. У чому полягають особливості поливного режиму по борознах?
5. Які витрати води повинні подаватись у тупі і проточні борозни?
6. Яким є рекомендований похил вздовж поливних борозен?
7. Які схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі застосовують при поливі по борознах?
8. З яких елементів складається поперечна схема розташування тимчасової зрошувальної мережі?
9. З яких елементів складається поздовжня схема розташування тимчасової зрошувальної мережі?
10. Чим відрізняється поперечна схема розташування тимчасової зрошувальної мережі від поздовжньої?
11. Яку схему розташування тимчасової зрошувальної мережі вважають кращою: поздовжню чи поперечну? Чому?
12. В якій послідовності нарізають тимчасову зрошувальну мережу при поливах по борознах?
13. Для чого застосовують черговість поливу?
14. Для чого виконують ретельне планування поливної ділянки перед нарізуванням поливних борозен?
15. Чому похил ділянки вздовж поливних борозен має поступово зменшуватись?
16. Від чого залежить відстань між поливними борознами?
17. Які машини використовують для нарізування поливних борозен?

18. Який основний робочий орган застосовують для створення поливних борозен?
19. Для чого змінюють і регулюють відстань між аричниками та колесами трактора?
20. Для чого слугують туковисівні апарати при нарізуванні поливних борозен?
21. Який спосіб руху агрегату застосовують при нарізуванні поливних борозен?
22. Яким чином забезпечується копіювання рельєфу місцевості при нарізанні поливних борозен?
23. За чим спостерігають під час нарізування поливних борозен?
24. Які елементи контролюють при нарізуванні поливних борозен?
25. Яким чином контролюють глибину нарізання поливних борозен?
26. Яким чином оцінюють якість ширини нарізуваної поливної борозни?
27. Як визначають ступінь пошкодження рослин при нарізуванні поливних борозен?
28. У який спосіб подають воду в борозни без армування?
29. На чому ґрунтується принцип дії трубок-сифонів?
30. Який принцип роботи нерозряджальних сифонів?
31. Для чого застосовують водозбірники на трубках-сифонах?
32. Як застосовують поливні трубки при зрошенні по борознах?
33. Що являють собою поливні щитки?
34. У чому полягає особливість застосування однобортних вивідних борозен?
35. Яким чином подають воду в поливні борозни при застосуванні пересувних поливних трубопроводів?
36. За якими схемами застосовують поливні трубопроводи при зрошенні по борознах?
37. Чим відрізняється транспортуючий трубопровід від поливного при поливах по борознах?
38. Чим відрізняються одна від одної поливні машини ППА-165 і ППА-165У?
39. Яким чином задають поливну норму на поливних машинах ППА-165 і ППА-165У?
40. Які технологічні схеми поливу застосовують при поливі агрегатами ППА-165 і ППА-165У?
41. Які пристрої застосовують на сезонно-стаціонарних системах?
42. Як працює шланговий пристрій АШУ-32?
43. Яким чином здійснюється полив по борознах у стаціонарних системах?
44. Які методи застосовують для визначення елементів техніки поливу по борознах?

45. На підставі чого розроблялись розрахункові методи визначення елементів техніки поливу по борознах?
46. Від чого залежить тривалість добігання води по сухій борозні?
47. Що таке поливна норма добігання і поливна норма дозволоження?
48. У чому полягає метод розробки рекомендацій елементів техніки поливу за даними польового дослідження?
49. У чому полягають недоліки методу розробки елементів техніки поливу за даними польового дослідження?
50. Де і коли можуть встановлюватись елементи техніки поливу методом пробних поливів?
51. Як методом пробних поливів установлюють час, протягом якого необхідно підтримувати воду в борозні для внесення в ґрунт заданої поливної норми?
52. Як методом пробних поливів установлюють оптимальну витрату поливного струменя в борозну?
53. Що являє собою циклограма технології водорозподілу в поливній борозні?

3. ПОЛИВ НАПУСКОМ ПО СМУГАХ

Полив напуском по смугах застосовують при зрошенні вузькорядних культур (зернових колосових, однорічних і багаторічних трав, моркви, цибулі та ін.) на територіях з похилами 0,002–0,02. При цьому вода рухається по поверхні ґрунту, покриваючи її шаром 2–3 см. Для спрямування руху води смуги з обох боків обмежують валиками (палами).

Смуги роблять вузькими (шириною 1,8–4,2 м) або широкими (шириною 10–30 м). Найбільш розповсюджені смуги шириною 3,6–4,2 м (ширина проходу ґрунтооброблювальних машин, сівалок, культиваторів, жаток).

Висота обмежуючих валиків залежить від витрати води в смузі, поздовжніх та поперечних похилів і становить від 0,1–0,15 до 0,4–0,45 м.

3.1. Різновиди подачі води в поливні смуги

Розрізняють три види подачі води в смуги: з головним, із боковим і комбінованим напуском.

Полив з головним напуском (рис. 3.1) застосовують при похилах поздовжньому – 0,002–0,01 і поперечному не більше 0,003. Вода з тимчасових зрошувачів, вивідних борозен або поливних трубопроводів надходить у смуги шириною в один (3,6 м або 4,2 м) чи два (7,2 м або 8,4 м) проходи дискової сівалки. Валики влаштовують одночасно з сівбою. Під час сівби зернових і трав їх засівають.

Полив напуском по смугах, як правило, виконують нормою добігання, що дозволяє зменшити поливні норми з 900–1000 м³/га до 500–700 м³/га. При цьому подачу води на смугу припиняють, коли вона пройде 75–85 % довжини смуги.

Поливати можна і змінними струменями. Для змочування смуги подають витрату води 10–15 л/с і більше на 1 м ширини смуги, а потім її зменшують у 2–3 рази.

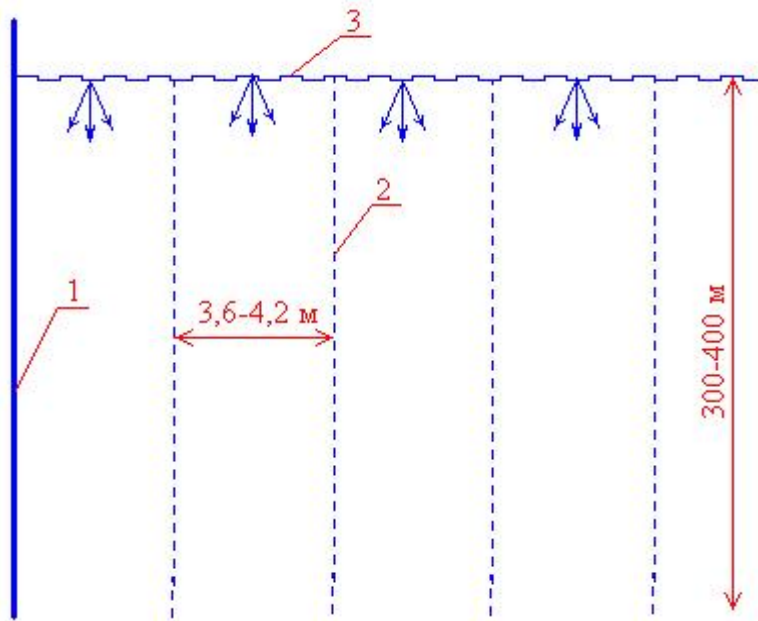


Рис. 3.1. Полив напуском по смугах з головним напуском води:
 1 – тимчасовий зрошувач; 2 – валик; 3 – вивідна борозна

При довгих смугах питома витрата води має бути не менше 3 л/с, щоб не збільшувати тривалість поливу і забезпечити рівномірне покриття поверхні ґрунту водою. Довжина смуги залежить від гранулометричного складу, водопроникності ґрунту і похилу поверхні поля.

Полив з боковим напуском (рис. 3.2) застосовують при поздовжніх похилах 0,02–0,03, у складному мікрорельєфі і поперечному похилі – до 0,002.

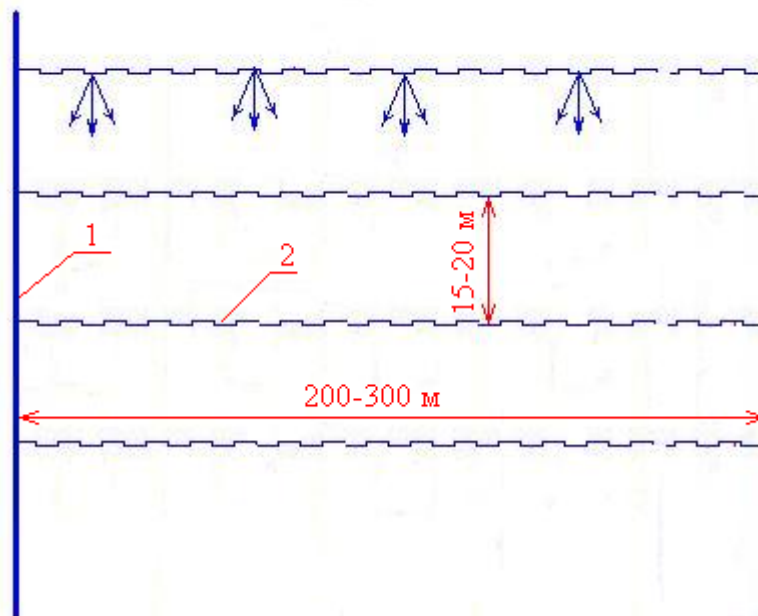


Рис. 3.2. Полив по смугах з боковим напуском води:

1 – тимчасовий зрошувач; 2 – вивідна борозна

Смуги з боковим напуском води відокремлюють одна від одної не валиками, а вивідними борознами з глибиною 25–30 см і висотою бортів 15–25 см, які є обмежувачами смуги. Ширину смуги приймають кратною ширині сівалки в межах 15–25 м.

Полив з боковим напуском доцільно застосовувати на важких суглинистих ґрунтах. Витрати води при цьому підвищені: 25–100 л/с. Вода на смугу надходить через водовипуски або прокопи. Відстань між ними підбирають так, щоб віяло руху води з одного випуску зливалося з іншим.

Питому витрату води на 1 м ширини смуги встановлюють дослідним шляхом. Довжина смуг досягає 300 м і більше. Продуктивність праці при поливі не є високою – 0,8–1,5 га за зміну на одного поливальника.

Недоліки поливу з боковим напуском води:

- нерівномірність зволоження ґрунту;
- великі втрати води на фільтрацію по вивідних борознах;
- низька продуктивність.

Полив з комбінованим напуском застосовують при складному мікрорельєфі та поздовжньому похилі 0,03–0,04 на неспланованих або малоспланованих полях. Ширина смуги може досягати 15 м, а довжина – 400 м. Питома витрата – 10–15 л/с на 1 м ширини смуги. Вода подається в смугу з тимчасового зрошувача і вивідної борозни. Комбінований напуск води сприяє підвищенню продуктивності праці при поливі (до 2,0–2,5 га за зміну на одного поливальника).

3.2. Агротехнічні вимоги до поливу по смугах

1. Вода повинна рівномірно розподілятися по всій зрошуваній ділянці. Задана поливна норма видається за один прийом.
2. Пошкодження сільськогосподарських рослин під час поливу допускається не більше 0,2 %.
3. Розмив ґрунту в районі водовипуску не допускається.
4. Температура зрошувальної води має бути від 1 до 30 °С, вміст завислих частинок – до 5 г/л, мінералізація солей – до 1 г/л.
5. Ширина смуги зволоження має бути кратною ширині сіялок, і залежно від рельєфу місцевості може становити від 3,6–4,2 м

(вузькі борозни) до 30–40 м (широкі борозни). За наявності великих поперечних похилів ширину смуги можуть зменшувати до 1,8 м.

6. Довжину смуги залежно від рельєфу місцевості і гранулометричного складу ґрунту обладнують від 50 до 500 м. Чим важчий гранулометричний склад ґрунту і чим більший похил місцевості в напрямку нарізування смуг, тим довгими вони можуть бути.
7. Тимчасові земляні валики, що розділяють ділянку на поливні смуги, повинні мати висоту 15–25 см і ширину в основі 40–60 см.
8. Розташування смуг у напрямку валиків має бути перпендикулярним горизонталям місцевості. Поперечний і поздовжній профілі смуги повинні забезпечувати рівномірний рух хвилі напуску, яка має покривати дрібні нерівності ґрунту і рівномірно зволожувати його по всій ширині поливної смуги.

3.3. Нарізування поливних смуг

Полівні смуги нарізають на добре спланованих зрошуваних ділянках. Нарізування поливних смуг, як і нарізування поливних борозен, може бути виконане за два схемами (поздовжньою і поперечною). Спочатку виконують роботи по утворенню земляних валиків, потім по підвищених місцях упоперек нарізають тимчасові зрошувачі (при поперечній схемі).

Агротехнічні вимоги до нарізування поливних смуг

1. До нарізування смуг зрошувана ділянка повинна бути ретельно спланована довгобазовим планувальником.
2. Відхилення від заданої висоти валиків допускається не більше 3 см, ширини смуги – не більше ± 5 см.
3. Приваликові резерви при утворенні валиків не допускаються. Поверхня ґрунту після проходження смугоутворювача має бути рівною і без ущільнень.

Комплектування агрегатів для нарізування поливних смуг

Полівні смуги нарізають смугоутворювачем ПАЛ-КЗУ-0,3 (рис. 3.3) в агрегаті з трактором класу тяги 2с (ХТЗ-150-03, ХТЗ-150-09, ХТЗ153Б, ДТ-75 та ін.). Ширина захвата агрегату – 2,8 м, продуктивність – 6 км/год. Крім того цей агрегат можна застосовувати

для вирівнювання поверхні поля і нарізування та зарівнювання тимчасових зрошувачів (п. 7.2.2).

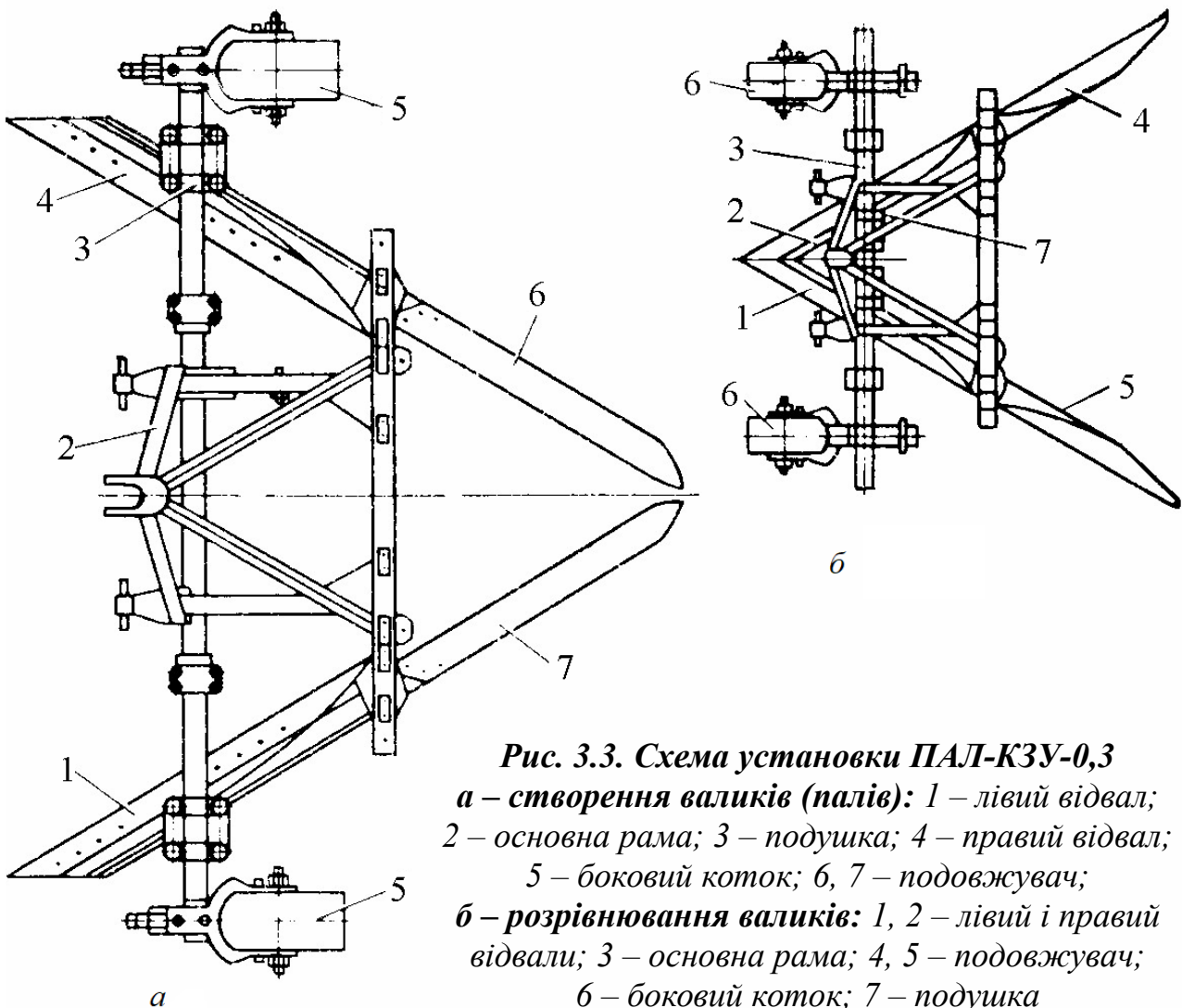


Рис. 3.3. Схема установки ПАЛ-КЗУ-0,3
а – створення валиків (палів): 1 – лівий відвал; 2 – основна рама; 3 – подушка; 4 – правий відвал; 5 – боковий коток; 6, 7 – подовжувач;
б – розрівнювання валиків: 1, 2 – лівий і правий відвали; 3 – основна рама; 4, 5 – подовжувач; 6 – боковий коток; 7 – подушка

Робота агрегатів при нарізуванні поливних смуг

Для першого проходу напрямком руху розмічають віхами, відбивають поворотні смуги (контрольні лінії для включання і виключання робочих органів).

Валики нарізають, як правило, одночасно з посівом насіння агрегатами, що складаються з валороба та із сівалки, яка за ним їде.

Основний спосіб руху агрегатів – човниковий.

Під час роботи валороба-розрівнювача КЗУ-0,3 переводять агрегат із транспортного положення в робоче і встановлюють його на поворотній смузі по лінії першого проходу. Глибину обробітку встановлюють за допомогою бокових коліс.

Контроль якості робіт по нарізанню валиків

Висоту валиків вимірюють у трьох – п'яти точках по довжині валика. Виводять середню величину і визначають відхилення фактичної висоти валика від середньої. Відхилення має бути не більше ± 5 см.

Відстань між суміжними валиками заміряють мірною стрічкою в трьох – п'яти місцях по довжині. Відхилення відстаней між валиками (ширина смуги) має бути не більше ± 10 см.

Якість виконаних робіт контролюють на початку роботи і 1–2 рази протягом зміни, а також при переїзді агрегату на іншу ділянку.

3.4. Поливні машини і пристрої для поливу по смугах

Поливний пересувний агрегат з гнучкими шлангами ППА-300 (рис. 3.4) призначений для поливу затопленням супутніх культур у рисових сівозмінах, а також для розподілу води в смугі. Складається він із начепленої насосної станції, гнучкого поливного трубопроводу і намотувального пристрою.

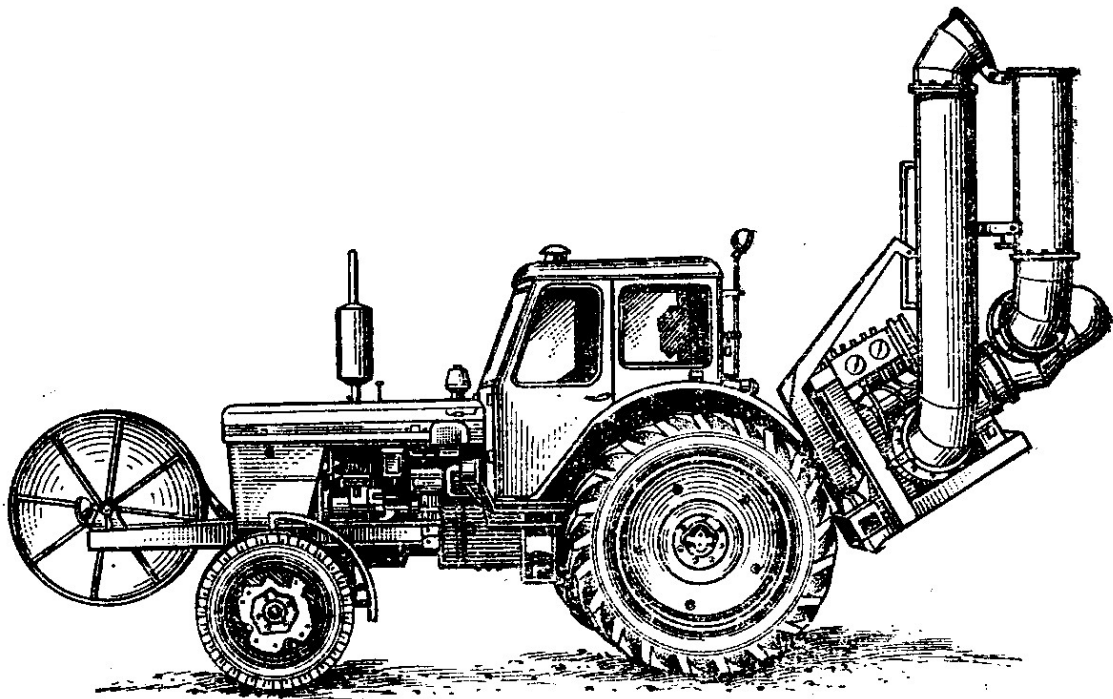


Рис. 3.4. Загальний вигляд поливного агрегату ППА-300

Загальна компоновка агрегату ППА-300 схожа на поливний агрегат ППА-165У. Рама приєднується до тяг начепленого пристрою трактора. З лівого боку рами на стояку встановлений щиток приладів,

на якому розташовані манометр і вакуумметр. Насос – осьовий горизонтальний (пропелерний) марки ОГ5-30; вал насоса з'єднаний з одноступінчастим редуктором, що знаходиться в одному блоці; робоче колесо насоса і ведена шестерня редуктора мають спільний вал.

Всмоктуючий трубопровід складається із двох частин, що з'єднуються при установці машини на позиції. При транспортуванні машини частину трубопроводу з фільтром від'єднують і закріплюють на кронштейні, що встановлений на поворотній частині трубопроводу. Підйом всмоктувальної лінії відбувається приводом від гідросистеми трактора.

Напірна лінія має в кінці два кільцевих хомути приєднання поливного трубопроводу, вона кріпиться до клапанної коробки. Закриття клапана відбувається за допомогою натягнення тросу ручкою із кабіни трактора.

Газоструминний вакуум-апарат слугує для створення розрідження в камері насоса і заповнення її водою. Розміщують його на вихлопній трубі трактора.

Механізм намотки призначений для розкладання і збирання поливного трубопроводу. На розбірній рамі, що змонтована спереду трактора, встановлено барабан для намотування поливного трубопроводу. Барабан приводиться в дію гідромотором, що працює від гідросистеми трактора.

Поливний трубопровід призначений для транспортування і розподілу води напуском (рис. 3.5). Він складається із чотирьох відрізків гнучкого капронового прогумованого рукава довжиною 120 м. Відрізки між собою з'єднують заправленням кінця відрізка трубопроводу всередину початку наступного і закріпленням петлями та застіжками, рівномірно розташованими по колу, або за допомогою патрубків та хомутів.

На кожному відрізку є шість водовипусків, розташованих діаметрально протилежно по два на відстані 20 м один від одного. Водовипуски виготовлені із тієї самої тканини, що і трубопроводи, приклеєні і пришиті до нього. На кожному водовипуску є стрічка для регулювання витрати води від 0 до 25 л/с.

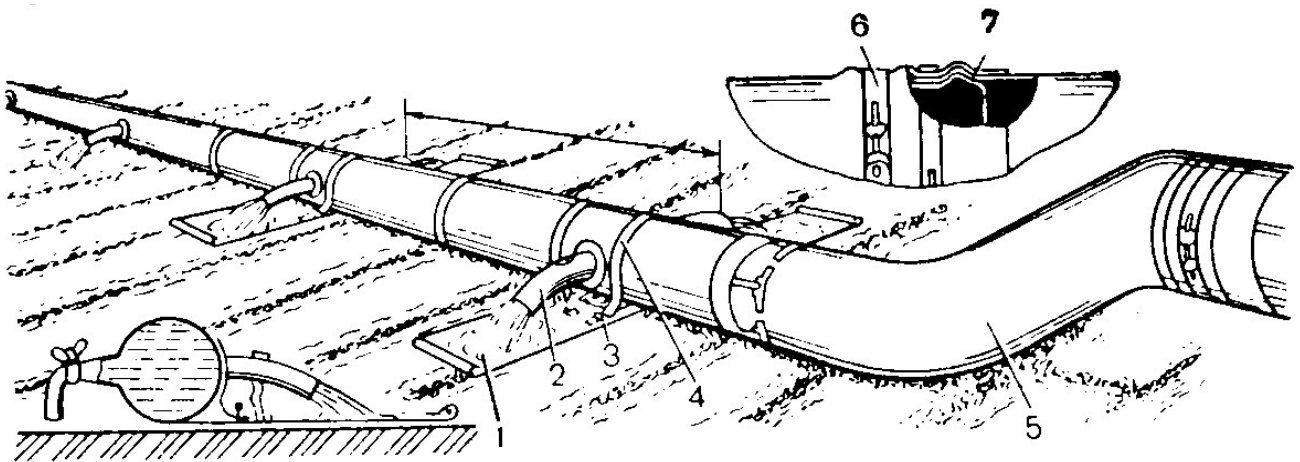


Рис. 3.5. Поливний трубопровід агрегату ППА-300:

1 – полотно-гасник; 2 – водовипуск; 3 – застіжка; 4 – петля; 5 – гнучкий трубопровід; 6 – хомут; 7 – з'єднувальний патрубок

Під перші шість водовипусків за допомогою лямок і застіжок кріплять полотна-гасники для гасіння струменя води і попередження розмиву ґрунту в зоні витікання із водовипусків води.

Полив виконують позиційно. Перед установкою агрегату на позиції поливний трубопровід розкладають (рис. 3.6).

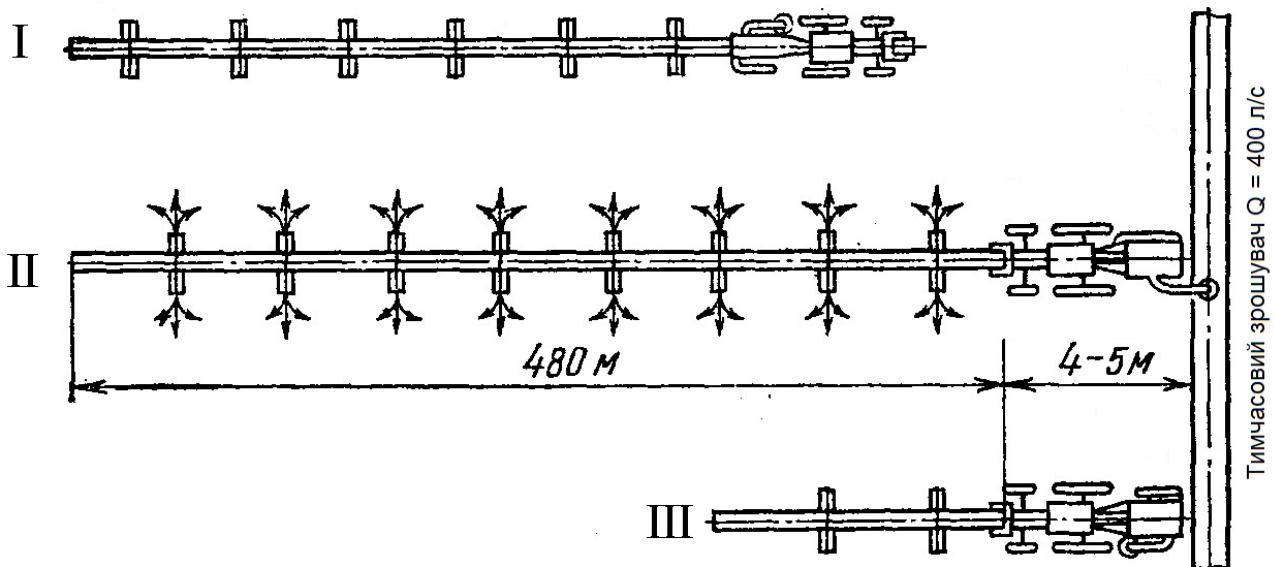


Рис. 3.6. Схема поливу пересувним поливним агрегатом ППА-300:

І – розкладання трубопроводу; ІІ – полив; ІІІ – збирання трубопроводу

При русі трактора по трасі розкладки трубопровід під дією своєї маси розмотується. Після закінчення розмотки кожного відрізка трубопроводу агрегат зупиняють, початок розмотаного відрізка з'єднують з кінцем змотаного трубопроводу шляхом заправлення його всередину і закріплення за допомогою петель і застіжок. Після

укладки потрібної довжини трубопроводу агрегат під'їжджає до зрошувача, встановлюється на позицію, тракторист опускає всмоктуючий трубопровід, приєднує до напірного патрубку поливний трубопровід і включає ежектор.

Під час поливу поливальник слідкує за розподілом води, що виходить із водовипусків, а за необхідності прикриває їх чи регулює подачу. Крім цього, на початку роботи поливальник приєднує до поливного трубопроводу полотна-гасники.

Обслуговують агрегат тракторист і поливальник. Машина ППА-300 агрегується з колісними тракторами (МТЗ-50 або ЮМЗ) дозволяє збільшити продуктивність праці на поливі в 2,0–2,5 рази в порівнянні з роботою вручну (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики поливного пересувного агрегату ППА-300

Показник	Характеристика
Привод	Від вала відбору потужності трактора
Необхідна потужність	22,2–28,1 кВт
Робоча швидкість:	
- при розкладці трубопроводу	1,65–2,8 км/год
- при збиранні	3–4,8 км/год
Транспортна швидкість	10 км/год
Продуктивність за годину чистої роботи при $m=1200 \text{ м}^3/\text{га}$	0,53 га
Сезонна продуктивність	115–315 га
Обслуговуючий персонал	2 чол.
Робочий напір	5,0–7,8 м
Витрата води	245–312 л/с
Допустима висота всмоктування	1,5 м
Довжина поливного трубопроводу	240 м

Крім того, для подачі води в поливні смуги можуть застосовуватися: трубки-сифони, поливні трубки, поливні щитки. Для збільшення витрат в одну смугу кількість пристроїв можна збільшувати.

3.5. Розрахунок елементів техніки поливу

Основним видом поливу по смугах є полив з головним напуском води. При цьому розташування поливних смуг і елементів зрошувальної мережі на зрошувальній ділянці має правильну геометрію. Розрахунок техніки поливу включає визначення довжини і ширини смуги, питомої витрати води на початку смуги, тривалість поливу, висоту водозатримуючих валиків (рис. 3.7).

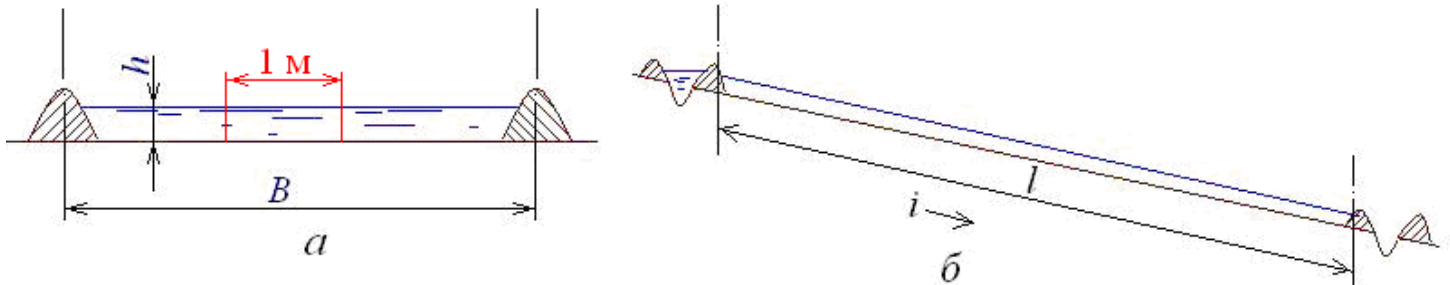


Рис. 3.7. Схема до розрахунку елементів техніки поливу по смугах:
a – поперечний переріз зрошуваної смуги; *б* – поздовжній профіль смуги.

При поливі по смугах вода, рухаючись по поверхні, поступово вбирається ґрунтом. Шар води, який зверху смуги має товщу h , протягом часу t по довжині l повністю вбирається ґрунтом (рис. 3.8).

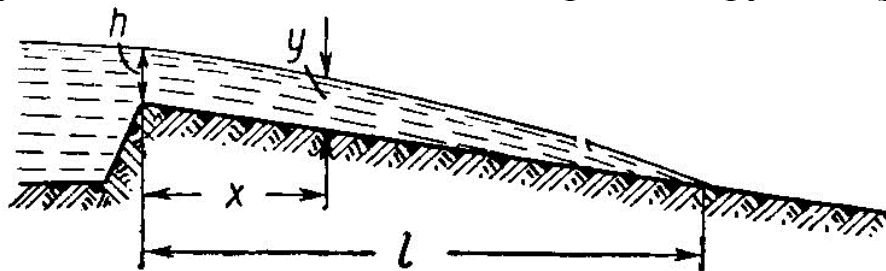


Рис. 3.8. Положення поверхні води в смугі

Визначимо аналітичну криву рівня шару води, що рухається по смугі, при таких даних: похилі i і проникність ґрунту k .

Швидкість води в перерізі x (від верху смуги), допускаючи формулу рівномірного руху, приблизно дорівнює $v_x = C_1 \sqrt{y \cdot i}$, оскільки гідравлічний радіус, через малу висоту шару води в порівнянні з його шириною, можна прийняти $R = y$.

Швидкісний коефіцієнт розраховують за формулою

$$C_1 = \frac{87\sqrt{y}}{y + \sqrt{y}}, \quad (3.1)$$

де y – коефіцієнт шорсткості поверхні поля, який змінюється від 1,4 до 4,0, залежно від характеру обробки ґрунту, сільськогосподарських культур і фази їх розвитку та ін. (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – 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

Оскільки шар води y коливається в невеликих межах – від 1 до 4 см, то можна прийняти $C_1 = \frac{87\sqrt{y}}{y}$ і $v_x = C \cdot y$, де $C = \frac{87}{y}\sqrt{I}$, що дає значення C від $15\sqrt{I}$ до $40\sqrt{I}$, залежно від стану обробітку поверхні ґрунту. Звідси витрата води, що надходить зверху смуги на одиницю її ширини, буде дорівнювати

$$q = h \cdot C \cdot h = C \cdot h^2. \quad (3.2)$$

Якщо витрата води на одиницю ширини в перерізі x дорівнює $q_x = y \cdot v_x$, то в суміжному перерізі на відстані dx від першого (рис. 3.9) витрата води буде $q_x^{\square} = y^{\square} \cdot v_x^{\square}$, де $y^{\square} = y - dy$ і $v_x^{\square} = C(y - dy)$.

Різниця цих витрат на довжині dx дорівнює

$$y \cdot v_x - y^{\square} \cdot v_x^{\square} = Cy^2 - C(y - dy)^2 = 2C \cdot y \cdot dy. \quad (3.3)$$

Ця різниця обумовлена тим, що на довжині dx вода вбирається ґрунтом і накопичується шар води, який залишився на поверхні.

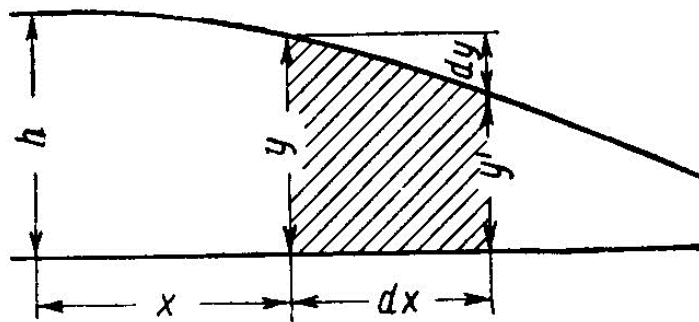


Рис. 3.9. Розрахункова схема до визначення рівня води в смузі

Середнє на довжині x значення швидкості вбирання води ґрунтом в момент t добігання води до кінця довжини x дорівнює $\frac{k_0}{t_x^\alpha}$.

Вплив накопичення води, що залишилася на поверхні, на довжині x може бути оцінений деяким поправочним коефіцієнтом n до швидкості поглинання. Значення коефіцієнта $n > 1,0$, причому зі збільшенням тривалості поливу t воно зменшиться. Частково це

відбувається за рахунок деякого руйнування структури зрошуваного ґрунту – по мірі збільшення t .

Накопичення шару води на довжині смуги x збільшується зі збільшенням, витрати води q і чим менше шорсткість і похил i , оскільки з формули (3.2) маємо $h = \sqrt{\frac{q}{C}}$. Тому значення коефіцієнта n збільшується зі збільшенням q і зі зменшенням i . Отже, значення середньої швидкості вбирання води ґрунтом на довжині x з поправкою на залишений на поверхні шар води для часу t можна прийняти рівним $\frac{n \cdot k_0}{t^\alpha}$. Рівняння балансу поливної води, яка стікає, можна записати так:

$$2C \cdot y \cdot dy = - \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} dx. \quad (3.4)$$

Знак мінус у цьому рівнянні поставлений тому, що зі збільшенням x значення y зменшується. Інтегрування цього рівняння дає

$$C \cdot y^2 = - \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} x + \bar{C}. \quad (3.5)$$

Інтегрування рівняння можливе при допущенні середньої швидкості вбирання. При $x=0$, $y=h$ отримаємо значення $\bar{C} = C \cdot h^2$ і наступне рівняння шару води, яка стікає, при поливі напуском

$$C(h^2 - y^2) = \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} x. \quad (3.6)$$

Якщо за x прийняти довжину добігання струменя в момент t після поливу, при якій $y=0$, то будемо мати

$$q = C \cdot h^2 = \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} x. \quad (3.7)$$

Із цього виразу можна визначити довжину і час добігання води, який зверху має шар h , і питомою витратою на 1 м ширини смуги $q = C \cdot h^2$.

Довжина добігання в момент t буде дорівнювати

$$x = \frac{q}{n \cdot k_0} t^\alpha, \quad (3.8)$$

а час добігання t_x :

$$t_x = \sqrt[\alpha]{\frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q}}. \quad (3.9)$$

Зі збільшенням похилу смуги час t_x зменшується, через те що збільшується швидкість.

За час t_x вода, що подається зверху витратою q , протече довжину x , ввібравшись на цій довжині в ґрунт, так що шар у перерізі x буде дорівнювати $y=0$; зверху ж у момент t_x буде шар води h .

Товщина шару води, яка стікає y , у перерізі x від верху смуги в момент часу $t > t_x$ визначається із отриманого вище рівняння

$$C \cdot h^2 - C \cdot y^2 = \frac{n \cdot k_0}{t^\alpha} x, \quad (3.10)$$

звідси, підставляючи замість $C \cdot h^2 = q$, будемо мати

$$y = h \sqrt{1 - \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha}}. \quad (3.11)$$

Величина $h = \sqrt{\frac{q}{C}}$. Із виразу для y видно, що цей шар за часом в одному і тому ж перерізі поступово зростає, наближаючись до h (рис. 3.10).

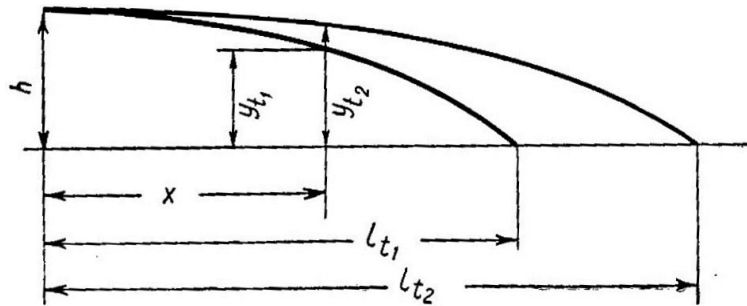


Рис. 3.10. Розрахункова схема визначення товщини шару води у фіксованому перерізі x

Якщо довжина смуги дорівнює x , а час поливу $t > t_x$, то при питомій витраті струменя q в момент t на кінці смуги буде відбуватися скид води з питомою витратою

$$q_x = C \cdot y^2 = C \cdot h^2 \left[1 - \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha} \right] = q \left[1 - \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha} \right]. \quad (3.12)$$

Відсоток скиду (від подачі) на довжині x у момент $t > t_x$, який дорівнюватиме $y_0 = 1 - \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha}$, буде більше, чим більше питома витрата подачі q , чим менше довжина смуги x і проникність ґрунту k_0 ; відсоток скиду на одній і тій же довжині смуги x поступово збільшується пропорційно тривалості поливу, більше часу добігання.

Оскільки полив потрібно вести без скиду, то необхідно дотримуватись умови $y_0 = 0$, тобто $\frac{n \cdot k_0 \cdot x}{q \cdot t^\alpha} = 1,0$ або $q = \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{t^\alpha}$.

У момент t припинення подачі води зверху по довжині добігання x залишиться шар води, який змінюється від h до нуля знизу, що дає об'єм на 1 м ширини смуги біля $\mu \cdot h \cdot x$, де μ дорівнює від $\frac{2}{3}$ до $\frac{4}{5}$.

Частина цього об'єму води буде поглинена ґрунтом на довжині x , частина ж стече зі смуги нижче довжини x . Перша частина є величиною, яка дорівнює $(1 - \alpha)h \cdot x$, а друга $[\mu - (1 - \alpha)]h \cdot x$. Щоб після поливу вода, яка стікає не пішла на скид, потрібно фактичну довжину смуги l зробити більше довжини добігання x (рис. 3.11).

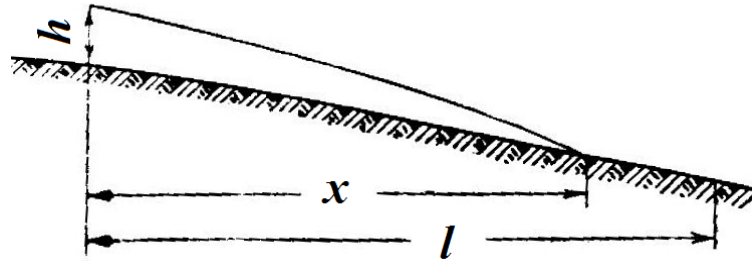


Рис. 3.11. Розрахункова схема для визначення довжини смуги

При цьому для рівномірності зволоження смуги по довжині потрібно поставити вимогу, щоб довжина смуги $(l - x)$ отримала вологу за необхідній поливної норми m , тобто щоб виконувалась така умова:

$$(l - x)m = [\mu - (1 - \alpha)]h \cdot x, \quad (3.13)$$

звідки отримаємо

$$n = \frac{l}{x} = 1 + \frac{h}{m}(\alpha - \frac{1}{3}) \quad (3.14)$$

або

$$n = 1 + \frac{h}{m}(\alpha - \frac{1}{4}); \quad (3.15)$$

у цих формулах величина поливної норми m виражена у вигляді шару води.

Звідси визначається повна довжина смуги l , на якій буде ввібрана вся кількість води $q \cdot t$, що видана при поливі за час t .

При поливі без скиду, тобто при $t = t_x$, середня на довжині l поливна норма нетто, яка виражена у вигляді шару води, буде дорівнювати

$$m_{nm} = k_0 \cdot t^{1-\alpha} = k_{cep} t, \quad (3.16)$$

а поливна норма брутто – $m_{op} = \frac{q \cdot t}{x}$. При поливі без скиду $m_{nm} = m_{op}$, якщо не враховувати втрат на випаровування води під час поливу, через те що вони незначні. Поливна норма m_{nm} повинна відповідати тим вимогам і розмірам, про які йшлося вище.

Тривалість поливу смуги t , що необхідна для видачі до ґрунту потрібної поливної норми m (вираженої у вигляді шару), визначається із рівняння

$$t = \frac{m}{k_{\text{cep}}} = \left[\frac{m}{k_0} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}. \quad (3.17)$$

Рівномірність зволоження ґрунту по довжині смуги залежить від певних умов. Якщо тривалість подачі води на смугу зверху її дорівнює t , а тривалість проходження води в нижньому перерізі смуги дорівнює t_n , то зволоження ґрунту у верхньому перерізі смуги буде дорівнювати $k_0 \cdot t^{1-\alpha}$, а в нижньому – $k_0 \cdot t_n^{1-\alpha}$; отже, рівномірність зволоження смуги по довжині її (внизу і зверху) характеризується відношенням $\left[\frac{t_n}{t} \right] = \frac{m(1-\Delta)}{m(1+\Delta)} = \mu$, де Δ – відношення зволоження ґрунту в кінці і на початку смуги від заданої поливної норми m . Тривалість проходження води знизу смуги в загальному випадку дорівнюватиме $t_n = t - t_x + t_1$, де t_x – час добігання води на довжині x , а t_1 – час стоку води, що залишилася на смузі після припинення подачі води на початку; $t_1 = \beta_0 t_x$, де коефіцієнт β_0 визначається дослідним шляхом і дорівнює від 0,1 до 0,3. Тому можна написати так:

$$\mu = \left[\frac{t_n}{t} \right] = \left[1 - \beta \frac{t_x}{t} \right]^{1-\alpha}, \quad (3.18)$$

де $\beta = (1 - \beta_0)$.

За час t_n в кінці смуги на довжині її x буде відбуватись стік води. Загальна кількість води, що стікає зі смуги на довжині x за час t_n , може бути визначена за такою залежністю: $q \cdot t = \frac{m \cdot x}{1 - \sigma}$, де σ – відношення кількості води, яка стікає, до поданої на смугу за час подачі t . При поливі добігання без скиду $t = t_x$ і $\sigma = 0$. Якщо для збільшення рівномірності зволоження ґрунту по довжині смуги допускається полив зі скидом води в кінці смуги, то вода на довжині x , яка стікає, повинна обов'язково надходити у вивідну борозну наступної нижче розташованої смуги і використовуватися для поливу цієї смуги, щоб зі всієї площі поливної ділянки вода не скидалась.

Із отриманих формул видно, що при поливі без скиду поливна норма добігання m менше, чим менші тривалість поливу і довжина смуги x і чим більша питома поливна витрата q .

Продуктивність праці при поливі по смугах визначається величиною

$$v = \frac{\omega}{t} = \frac{10^4}{t_1} = \frac{N \cdot Q}{m}, \quad (3.19)$$

де $\omega = N \cdot B \cdot l$ – площа смуг, яка одночасно поливається одним поливальником;

N – кількість смуг;

B, l – розміри кожної смуги;

t – тривалість поливу площі ω ;

t_1 – тривалість поливу 1 га, причому $t_1 = t \frac{10^4}{\omega}$;

NQ – загальна поливна витрата води, з якою працює один поливальник;

$Q = B \cdot q$ – поливна витрата, яку необхідно подати на одну смугу.

За попереднім розрахунком при поливі без скиду

$$m = \frac{N \cdot Q \cdot t}{\omega} = k_0 \cdot t^{1-\alpha}, \quad (3.20)$$

тому $t = \left[\frac{k_0 \cdot \omega}{N \cdot Q} \right]^{\frac{1}{\alpha}} = \left[\frac{k_0 \cdot l}{q} \right]^{\frac{1}{\alpha}}$.

Звідси отримуємо $v = \omega \left[\frac{N \cdot Q}{k_0 \omega} \right]^{\frac{1}{\alpha}} = N \cdot B \cdot l \left[\frac{q}{k_0 \cdot l} \right]^{\frac{1}{\alpha}}$, тобто продуктивність праці при поливі без скиду при заданій поливній нормі m і проникності ґрунту k_0 підвищується: зі збільшенням загальної ширини одночасно працюючих смуг ($N \cdot B$), що залежить від досвідченості поливальника і особливо від автоматизації розподілу загальної поливної витрати ($N \cdot Q$), та зі збільшенням питомої витрати води q , яку подають на 1 м ширини смуги. Однак збільшення q більше відомих розмірів (більше 4–8 л/с на 1 м ширини смуги) може викликати ерозію ґрунту і створити скид води зі зрошуваної площі, тому доцільно застосовувати змінний поливний струмінь, який поступово зменшується по мірі тривалості поливу.

Знаючи потрібну поливну норму m , і проникність k_0 та задаючись потрібною продуктивністю праці (і тривалістю поливу 1 га, рівною t_1), за вищенаведеними формулами можна визначити величини NQ та $\omega = N \cdot B \cdot l$ і потім найбільш доцільні значення Q і $B \cdot l$, для отримання необхідної продуктивності праці (при допустимих значеннях q).

Допустима величина питомої поливної витрати q визначається двома головними умовами:

- 1) відповідністю швидкості стікання і швидкості вбирання води, відсутністю скиду і добіганням до кінця смуги, як це витікає із виразу $q = \frac{n \cdot k_0 \cdot x}{t^\alpha}$;
- 2) відсутністю змиву ґрунту: при прийнятому $q = C \cdot h^2$ і даному похилі поля швидкості стікання води по смугі, рівній зверху $v = C \cdot h$, не повинна перевищувати величини 0,10–0,20 м/с.

Тому розміри поливної витрати Q на одиницю ширини смуги мають бути тим меншими, чим більший похил поверхні.

Значення поливної витрати Q , яку необхідно видати на смугу, встановлюють за формулою

$$Q = B \cdot q = B \cdot C \cdot h^2 = \frac{n \cdot k_0 \cdot b \cdot x}{t^\alpha} \leq \frac{B \cdot v_0^2}{C}, \quad (3.21)$$

де B – ширина поливної смуги, кратна ширині захвату сільськогосподарської машини; чим рівніший рельєф, тим більшою може бути B ;

v_0 – допустима за умовами ерозії ґрунту швидкості потоку води при поливі; $v_0 \leq 0,10 - 0,20$ м/с.

Для більшої рівномірності розподілу води по ширині смуги і для зменшення змиву ґрунту зі смуги можна поливати поперек рядків посіву, щоб рядки рослин були перпендикулярні до напрямку стікаючої води: цій вимозі краще відповідає поперечне розташування тимчасових зрошувачів.

Довжина смуг при поливі без скиду

$$l = n \cdot x = \frac{q \cdot t^\alpha}{k_0} = \frac{v_0 h}{k_{cep}}, \quad (3.22)$$

вона збільшується зі збільшенням питомої витрати (q), опору ґрунту до розмиву (v_0) і зі зменшенням проникності ґрунту (k_{cep}). Залежно від цих умов довжину смуги на ґрунтах з доброю водопроникністю приймають до 80–120 м, а на ґрунтах зі слабкою водопроникністю – до 125–300 м. При нерівному мікрорельєфі довжину смуг зменшують на 20–30 %: при великих похилах смуги скорочують унаслідок необхідності зменшення q і h , для того, щоб не відбувалось розмивання ґрунту; при малих же похилах (менших 0,002) смуги скорочують унаслідок зменшення швидкості потоку води.

На підставі наведених формул і міркувань можна встановити потрібні співвідношення між розмірами поливних смуг, величиною поливної витрати, поливною нормою і тривалістю поливу, які

забезпечують найбільш повне використання води (відсутність скиду та ін.) і необхідну продуктивність праці при поливі. Залежно від правильного співвідношення елементів техніки поливу і застосування засобів автоматизації розподілу води по полю продуктивність при поливі по смугах становить від 2 до 10 га за зміну на одного поливальника. Правильна розбивка смуг, вирівнювання їх поверхні, армування водовипусків на смуги та інші методи мають дуже велике значення для підвищення продуктивності праці.

Вправа 5. Розрахунок елементів техніки поливу по смугах

Дано: 1. Ґрунт – суглинок середній.

2. Швидкість вбирання наприкінці першої години – 0,03 м/год.

3. Показник степеня α – 0,5.

4. Похил поля вздовж смуги – 0,008.

5. Коефіцієнт шорсткості – 4.

6. Допустима швидкість руху води в смузі v_0 – 0,12 м/с.

7. Поливна норма – 600 м³/га.

Необхідно визначити: 1. Питому витрату води на початку смуги.

2. Тривалість поливу на початку смуги.

3. Довжину смуги (L_n) для того, щоб полив здійснювався без скидів.

4. Зробити ув'язку довжини смуги з довжиною борозни.

Розв'язок

1. Розрахунок елементів техніки поливу по смугах здійснюють на 1 м ширини смуги відповідно до допустимої швидкості руху води v_0 , що дорівнює 0,1–0,2 м/с. Обчислення виконують, так само як і при поливі по борознах:

$$v_{дон} = c\sqrt{R \cdot i}; \tag{3.23}$$

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{3}}; \tag{3.24}$$

$$R \approx h, \tag{3.25}$$

тоді

$$v_{дон} = \frac{1}{n} h^{\frac{1}{3}} \cdot h^{\frac{1}{2}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} h^{\frac{5}{6}} \cdot i^{\frac{1}{2}}. \tag{3.26}$$

Звідси визначають шар води на смузі

$$h = \left[\frac{n \cdot v_{дон}}{\sqrt{i}} \right]^{\frac{6}{5}}. \tag{3.27}$$

Глибина шару води в смузі тоді складатиме $h = \frac{0,12 \cdot 4}{87 \cdot \sqrt{0,008}} = 0,046$ м.

Питома витрата води на початку смуги q буде такою:

$$q = v \cdot h = 0,12 \cdot 0,046 = 0,00552 \text{ м}^2/\text{с} = 5,52 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}) = 19,9 \text{ м}^2/\text{год}.$$

2. Шар води, що дорівнює поливній нормі $m = 0,06$ м.

Середня швидкість вбирання води ґрунтом за першу годину

$$k_{cep} = \frac{k_0}{1 - \alpha} = \frac{0,03}{1 - 0,5} = 0,06 \text{ м/ГОД.}$$

Час, за який вбирається поливна норма, визначається за формулою

$$t = \frac{m}{k_{cep}} \quad (3.28)$$

Тривалість поливу на початку смуги

$$t = \frac{0,08}{0,06} = 1,78 \text{ ГОД.}$$

3. Довжина добігання струменя води l_x за час t визначається за формулою

$$l_x = \frac{q \cdot t^\alpha}{n \cdot k_{cep}}, \quad (3.29)$$

де n – коефіцієнт, що відображає загальний об'єм води, поданий в смугу з урахуванням довжини добігання;

$$n_0 = h \frac{\mu - 1 + \alpha}{m} = 0,046 \frac{0,75 - 1 + 0,5}{0,06} = 0,372;$$

$$\text{де } \mu = \frac{2}{3} - \frac{3}{4};$$

$$n = 1 + n_0 = 1 + 0,372 = 1,372;$$

$$l_x = \frac{19,9 \cdot 1,78^{0,5}}{1,372 \cdot 0,06} = 323 \text{ м.}$$

Для того, щоб полив здійснювався без скиду, довжина смуги має бути

$$l_n = l_x \cdot n = 323 \cdot 1,372 = 443 \text{ м.}$$

Оскільки за розрахунком довжина смуги буде більшою довжини борозни, то для зручності організації поливу доцільно брати їх однаковими. Прийmemo довжину смуги рівною довжині борозни $l_n = l_\sigma$.

Для того, щоб полив проводився без скиду, необхідно перерахувати витрату води, яку потрібну для поливу смуги. Розраховуємо баланс поданої і ввібраної води на одиницю ширини смуги:

$$q_n \cdot t_n = m \cdot l_n, \text{ звідки отримуємо}$$

$$q_n = \frac{m \cdot l_n}{t_n \cdot 3600} = \frac{0,06 \cdot 222}{1,78 \cdot 3600} = 0,00206 \text{ м}^2/\text{с} = 2,06 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}).$$

Швидкість руху води в смугі знаходимо з формули $v^2 = 87 \cdot q_n \cdot \frac{\sqrt{I}}{n}$, отримуючи

$$\text{в результаті } v = \sqrt{87 \cdot 0,00206 \cdot \frac{\sqrt{0,008}}{4}} = 0,063 \text{ м/с.}$$

$$\text{Шар води на початку смуги } h = \frac{q_n}{v} = \frac{0,00206}{0,063} = 0,033 \text{ м.}$$

Отже, якщо довжина смуги приймається рівною довжині борозни, тобто $l_\sigma = 222$ м, то питома витрата води на початку смуги має бути 2,06 л/(с·м). У цьому випадку швидкість руху на початку смуги буде 0,063 м/с, а глибина води на смугі 3,3 см.

Витрати води на всю смугу становлять

$$Q = q \cdot B, \quad (3.30)$$

де B – ширина смуги, м.

Ширину смуги і висоту валика приймають з умови влаштування смуги.

Запитання для самоконтролю

- 1. Яким чином поливають сільськогосподарські культури по смугах?*
- 2. Що таке пали?*
- 3. Яким чином здійснюють полив по смугах з боковим і верхнім напуском води із тимчасової зрошувальної мережі або поливного пристрою?*
- 4. Якими є агрономічні вимоги до поливу по смугах?*
- 5. Залежно від чого задають ширину поливної смуги?*
- 6. Якими мають бути розміри тимчасових земляних валиків при влаштуванні поливних смуг?*
- 7. Якими є агротехнічні вимоги до нарізування поливних смуг?*
- 8. Чим нарізають поливні смуги?*
- 9. В якій послідовності виконують нарізування поливних валиків?*
- 10. Як контролюють якість робіт при нарізанні валиків?*
- 11. Які поливні пристрої застосовують для подачі води в поливні смуги?*
- 12. Яке призначення поливного агрегату ППА-300?*
- 13. Що означають питомі витрати поливного струменя, які подаються в поливну смугу?*
- 14. Від чого залежить критична швидкість руху води в поливній смугі?*
- 15. Від чого залежить тривалість добігання струменя по смугі?*
- 16. Від чого залежить рівномірність зволоження ґрунту вздовж поливної смуги і як її визначають?*

4. ПОЛИВ ЗАТОПЛЕННЯМ

Полив затопленням – найдавніший спосіб поверхнево-самопливного зрошення, застосовується переважно для зрошення рису, лиманного зрошення і промивання засолених ґрунтів. Рідше цей полив застосовують для зрошення люцерни, кукурудзи і зернових культур як супутніх у рисових сівозмінах.

4.1. Умови застосування поливу затопленням

Полив затопленням здійснюють на огорожених валиками площадках – *чеках* площею 0,2–50 га, залежно від похилу місцевості. Ширину чека, залежно від поперечного похилу, роблять від 40 до 80 м, іноді більше. Довжина чека залежить від поздовжнього похилу місцевості, причому різниця відміток двох чеків при крутому рельєфі має бути не більше 20 см, а при пологому – 10 см. Затоплювані чеки повинні мати прямокутну форму, причому довша сторона розташовується в напрямку малого похилу місцевості, а коротка – по напрямку великого похилу.

Розмір чека, відповідно до напрямку руху сільськогосподарських машин, має бути кратним їх ширині захвата (ширині загінки при тракторній оранці, ширині захвата сіялок, збиральних машин).

Чеки в рисових господарствах мають горизонтальну поверхню. Для звичайних польових культур вони можуть мати похил 0,0005–0,001. Максимально допустимий похил поверхні затоплюваних чеків становить 0,002. Якщо необхідно, то виконують планувальні роботи; планування поверхні робиться з точністю ± 5 см від середньої поверхні чека.

Вода, що надходить у чек, затоплює його шаром 5–20 см і вбирається ґрунтом. Залишки води при поливі польових і кормових культур скидаються.

Валики, які обмежують затоплювані чеки, дуже утрудняють механізацію сільськогосподарських робіт при цьому поливі. Для покращення умов механізації необхідно, щоб валики були

легкоперехідними для тракторів з причіпними знаряддями і комбайнами.

Примикаючи один до одного (в напрямку похилу), чеки утворюють так званий ланцюг чеків, які в рисових господарствах заливають послідовно. Кількість чеків, з'єднаних в один ланцюг, зазвичай становить 4–8.

При поливі затопленням польових і овочевих культур усередині чеків нарізають борозни або смуги, тобто застосовують *змішаний спосіб поливу*. При цьому забезпечується швидке просування води, рівномірніше зволоження ґрунту, зменшуються поливні норми з (4000–5000 до 1200–1500 м³/га), відбувається швидке звільнення чека від надлишкової води, оскільки більшість сільськогосподарських рослин не витримує тривалого затоплення. Короткочасне затоплення (до 2–3 діб) задовільно переносять кукурудза, люцерна, озима та яра пшениця, ячмінь, овес, сорго.

Перевагою при поливі затопленням є його висока продуктивність (20–50 га за зміну на одного поливальника), цілодобове поливання, можливість повної автоматизації процесу водорозподілу. Основний недолік – це значні фільтраційні втрати води, тому поливні норми сягають 3000 м³/га і більше.

Поливи затопленням особливо ефективні в малонаселених районах. Так, у Заволжі затопленням поливають понад 15 тис. га посівів кормових культур, кукурудзи, а в окремих господарствах – плодові сади і овочі.

При поливі затопленням ґрунт зволоження гравітаційним шляхом, у результаті поглинання створеного на поверхні ґрунту суцільного шару води.

4.2. Розрахунок поливу затопленням

Середній шар затоплення чека h залежить від мікрорельєфу і ступеня планування поверхні: нерівна поверхня збільшує h , оскільки всі підвищення мікрорельєфу мають бути покриті шаром води потрібної товщі, унаслідок чого в усіх пониженнях мікрорельєфу буде надлишковий шар води. Планування поверхні чеків дозволяє зменшити середній шар затоплення і пов'язану з цим кількість витраченої води.

Довжина чека залежить від глибини затоплення h і від похилу поверхні (рис. 4.1).

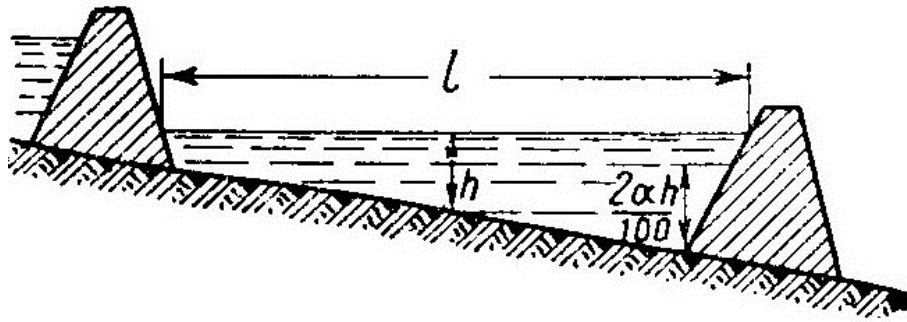


Рис. 4.1. Поздовжній переріз чека (розрахункова схема затоплення)

Якщо зволоження ґрунту знизу чека не повинно відрізнятися більше ніж на α % від середнього, то довжина чека має бути рівною $l = \frac{2\alpha h}{100i}$, а ширина чека $b = \frac{2\alpha h}{100i_0}$, де i – поздовжній похил чека, а i_0 – поперечний похил чека, причому $i > i_0$. Різниця глибин затоплення зверху і знизу рисового чека повинна бути не більше 10 см, тобто $\frac{2\alpha h}{100} = 0,10$ м. Чим більше h , тим вищими мають бути валики; чим гірше мікрорельєф і планування, тим меншою роблять довжину чека (при заданому h). Збільшення l (при даному i) пов'язане із підвищенням h , витратами води і нерівномірністю зволоження, але зменшує вартість мережі і полегшує механізацію сільськогосподарських робіт.

Середня витрата води Q_1 , необхідна для затоплення ланцюга n чеків шаром h , дорівнює

$$Q_1 = \frac{\omega \cdot n}{t_1} (h + \sigma_1 t_1); \quad (4.1)$$

$$t_1 = \frac{n \cdot \omega \cdot h}{Q_1 - \sigma_1 \cdot \omega \cdot n}, \quad (4.2)$$

де ω – площа одного чека;

t_1 – загальна тривалість затоплення ланцюга, год.;

σ_1 – середня за час t_1 кількість увібраної води ґрунтом, м/год.

Загальна кількість води на затоплення ланцюга чеків (у вигляді шару) дорівнює

$$m = \frac{Q_1 t_1}{\omega \cdot n} = h + \sigma_1 \cdot t_1 = h \left[1 + \frac{\sigma_1 \cdot \omega \cdot n}{Q_1 - \sigma_1 \cdot \omega \cdot n} \right]. \quad (4.3)$$

Повна витрата на підтримання шару h , яка застосована при зрошенні рису, має бути рівною

$$Q = (\sigma_2 + e_2) \cdot \omega \cdot n, \quad (4.4)$$

де σ_2 – середній шар (в одиницю часу) ввібраної води ґрунтом і відтік за час t_2 (рис. 4.2);

e_2 – інтенсивність випаровування за той же період.

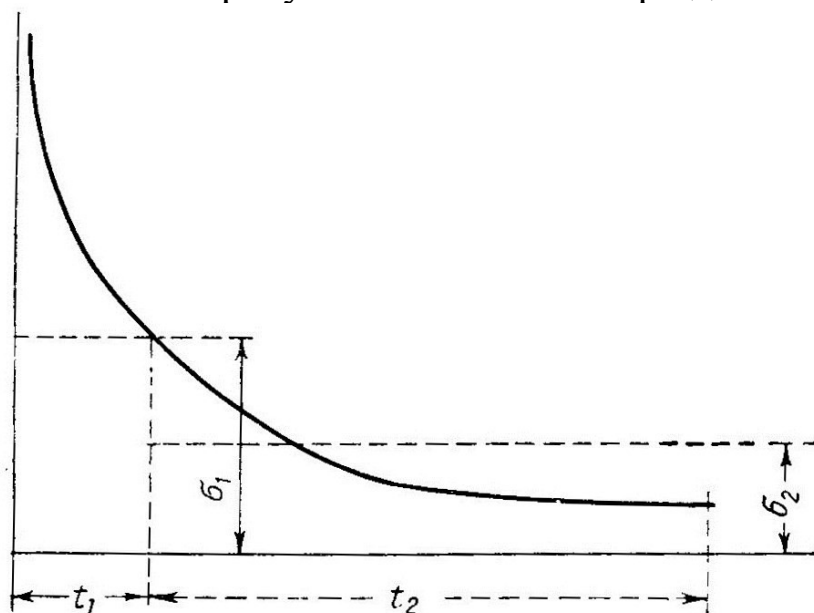


Рис. 4.2. Залежність зміни вбирання води ґрунтом чека

Тривалість t_2 визначається за умовами поливу рису. Глибина промочування ґрунту при близькому заляганні ґрунтових вод може досягати їх глибини.

Продуктивність праці при затопленні визначається відношенням

$$\frac{\omega \cdot n}{t} = \frac{Q_1}{h + \sigma_1 t} = \frac{Q_1}{y \cdot h}, \quad (4.5)$$

де $y = 1 + \frac{\sigma_1 t}{h}$.

Оскільки

$$h = 0,5 \sqrt{\frac{\omega \cdot i \cdot i_0}{\alpha \cdot \beta}}, \quad (4.6)$$

то з формули (4.5) отримаємо, що продуктивність праці при поливі затопленням може бути охарактеризована відношенням

$$\frac{\omega \cdot n}{t} = \frac{2Q_1}{y} \sqrt{\frac{\alpha \cdot \beta}{i \cdot i_0 \cdot \omega}} \quad (4.7)$$

де α і β – відношення шару затоплення верхнього і нижнього чека;

i і i_0 – поздовжній і поперечний похил чека;

ω – площа одного чека, яка дорівнює $b \cdot l$,

Звідси видно, що продуктивність праці при поливі затопленням (при заданій середній нормі затоплення h і ступені рівномірності α і

β розподілу води в чеку) підвищується із збільшенням поданої на затоплення витрати води Q_1 , зі зменшенням поздовжнього і поперечного похилів чека, тобто зі збільшенням його спланованості, із збільшенням допустимої швидкості руху води в ланцюзі чеків під час затоплення (v_0), через те що коефіцієнт $\gamma = 1 + \frac{\sigma_1 t}{h}$ зменшується зі зменшенням t , тобто зі збільшенням швидкості руху води і, нарешті, зі зменшення розмірів чеків. Що стосується форми чеків, то бажано скорочувати їх довжину по найбільшому похилу (за рахунок збільшення ширини), оскільки зменшення довжини чека l сприяє більш швидкому утворенню підпору, що дозволяє скоротити час затоплення t , і збільшує витрату води Q_1 , яка подається в ланцюг чеків без небезпеки ерозії ґрунту. При великій ширині чека b можна подану на затоплення витрату води Q_1 поділити на частини.

Якщо шар води h не скидається, то після наповнення чека він поглинається в ґрунт і випаровується протягом часу

$$t_3 = \frac{h}{\sigma_3 + e_3}, \quad (4.8)$$

де σ_3 і e_3 – середня швидкість поглинання і випаровування води, що виражена у вигляді шару за одиницю часу.

При зрошенні культур затопленням дуже важливо правильно встановити витрати води, які залежать від ступеня спланованості і похилу зрошуваної території, площі чека і поливної норми.

Зв'язок між цими факторами записується рівнянням

$$\omega_c = 0,01 \cdot m + 0,24 \cdot q - 21,51, \quad (4.9)$$

де ω_c – площа чека, га;

m – поливна норма, м³/га;

q – питома витрата води (гідромодуль), л/(с·га).

Чим менше похил поверхні чека, тим швидше він заповнюється. При площі чека 5–10 га, щоб вилити поливну норму 1000 м³/га, необхідно мати витрату води 70–90 л/с. При такій самій нормі для чека площею 15–20 га витрата має бути збільшена до 110–130 л/с.

Витрати води в період затоплення чека при глибокому заляганні ґрунтових вод повинні також враховувати інтенсивність випаровування і вбирання води ґрунтом

$$Q_c \cdot t_{зам} = \omega_c \cdot (h_{зам} + h_E + h_{в\dot{o}p} + h_{од}), \quad (4.10)$$

де Q_c – витрата води в період затоплення чека, м³/год;

$t_{зам}$ – тривалість затоплення, год;

ω_c – площа чека, м²;

$h_{зам}$ – потрібний шар затоплення, м;

h_E – шар випаруваної води в період затоплення чека, м;

$h_{обр}$ – шар увібраної ґрунтом води (встановлюється за середньою швидкістю вбирання з врахуванням неодночасного покриття водою площі чека), м;

$h_{доод}$ – додатковий шар води, що забезпечує при даній фільтрації і розмірах чека його заповнення в потрібний строк, м.

4.3. Зрошення рису

Сучасна інженерна рисова зрошувальна система складається із зрошувальних і дренажно-скидних каналів, поливних карт, розділених валиками на чеки, споруд на мережі, доріг, засобів зв'язку, лісосмуг, будівель для служби експлуатації.

Умови застосування рисових зрошувальних систем

Рисові системи розташовують у районах, що мають сприятливі кліматичні умови і достатні водні ресурси, на землях з похилами меншими 0,005 (найкращими є значення 0,0025).

У першу чергу рисову систему рекомендується розташовувати на землях з несприятливими для вирощування інших культур ґрунтово-меліоративними умовами. Рис вирощують у сівозміні з іншими культурами (люцерна, ячмінь, пшениця озима, кукурудза, соя).

Для отримання максимальної економічно оправданої кількості продукції при найменших затратах зрошувальної води необхідні:

- високий ступінь водозабезпеченості рисових полів;
- планове водокористування;
- ефективне використання водних і земельних ресурсів;
- горизонтальність поверхні чеків;
- добрий меліоративний стан рисових полів.

Щоб створити умови для високої продуктивності праці при поливі, необхідно:

- раціоналізувати конструкцію рисових систем, у першу чергу рисових карт;
- впроваджувати автоматизацію водорозподілу;
- забезпечувати безвідмовну роботу зв'язку.

Для зберігання навколишнього середовища необхідно:

- попереджувати процеси засолення і заболочування;
- зберігати родючий шар ґрунту;
- очищати скидні води, передбачати повторне їх використання.

Рисові зрошувальні системи в Україні

У 60–70-ті роки ХХ ст. рисові зрошувальні системи в Україні побудовані на площі 62,2 тис. га (Автономна Республіка Крим – 31,4 тис. га, Херсонська область – 17,8 тис. га і Одеська область – 13,0 тис. га).

Розміщені рисові зрошувальні системи в зоні дії Краснознам'янського та Північнокримського магістральних зрошувальних каналів, а також у заплаві р. Дунай. Всього в Україні виділено 6 регіонів рисосіяння в системі природного районування (рис. 4.3):

- 1 – Придунайський;
- 2 – Краснознам'янський;
- 3 – Каланчацький;
- 4 – Західно-Присиваський;
- 5 – Центрально-Присиваський;
- 6 – Східно-Присиваський.

Після анексії Криму і відключення Північнокримського каналу регіони рисосіяння в Криму фактично припинили своє існування.

За кліматичними і рельєфними умовами південь України ідеально підходить для вирощування рису. Будівництво великих зрошувальних систем і перекидання великих об'ємів води з Дніпра в південні райони вирішили проблему з водопостачанням. Однак, відсутність в Україні достатнього досвіду вирощування рису не дала можливості в процесі проектування рисових систем у 60–70-ті роки ХХ ст. правильно спрогнозувати можливий вплив рисосіяння на навколишнє середовище. Вважалося, що досить вимити з ґрунту солі – родючість ґрунту підвищиться, але вплив рисових зрошувальних систем на стан агроландшафту Причорноморської зони виявився значно складнішим.



*Рис. 4.3. Регіони рисосіяння в системі природного районування
(за Ю.М. Грищенко, 1996)*

В умовах України більшість зрошувальних рисових каналів мають земляні русла, частина їх покрита бетонними плитами або виконана в бетонних лотках. Дренажно-скидна система має земляні русла. Карти, в основному Краснодарського типу, складаються із чеків прямокутної форми.

Існуючі рисові зрошувальні системи мають значні втрати води, які обумовлені технічною недосконалістю їх конструкції, відсутністю належного водообміну, недостатнім повторним використанням дренажно-скидних вод, наявністю необґрунтованих технологічних і непродуктивних скидів води. Це призводить до збільшення зрошувальної норми до 25–30 м³/га і більше тис., тоді як для основних масивів рисосіяння півдня України з важкими і середніми за механічним складом ґрунтами з глибиною рівня ґрунтових вод 1–3 м зрошувальна норма нетто змінюється від 14 до 20 тис. м³/га.

У середньому по країні врожайність рису змінюється від 45 до 55 ц/га. Кращі господарства одержували з кожного гектара 60–65 ц/га

зерна, а окремі бригади – 70–80 ц/га. Це дозволило підвищити валовий збір зерна до 170–180 тис. тонн, а в окремі роки і більше.

Фінансово-економічна криза, яка розпочалась у сільському господарстві України на початку 90-х років, спричинила суттєве зменшення виробництва рису. Посівні площі скоротилися до 22–23 тис. га, що становить усього 35–37 % від наявності рисових систем, а при анексії Криму ці площі суттєво зменшились. При цьому значна частина господарств взагалі припинила вирощувати рис, одержуючи в кращому разі на рисових системах невисокі врожаї зернових або інших культур, у гіршому разі – рисові системи в аграрному виробництві не використовуються взагалі.

Для підвищення економічної ефективності виробництва рису важливе значення має освоєння більш високопродуктивних ресурсозберігаючих технологій вирощування рису, реконструкція існуючих систем на більш екологічно безпечні, ресурсозберігаючі системи, впровадження рисових систем з повторним використанням дренажно-скидних вод для запобігання скиду їх за межі рисових систем.

Дослідною станцією рису УААН та Херсонським державним аграрним університетом розроблена, запроектована, впроваджена у виробництво і досліджується нова рисова зрошувальна система площею 432 га нетто з повністю закритою зрошувальною і скидною мережами, автоматизованим замкнутим циклом водорозподілу, поворотним використанням дренажно-скидних вод (автор системи – к.т.н., доцент В.Й. Маковський)

Склад рисової зрошувальної системи

Основними елементами рисової зрошувальної системи є:

- водопровідна (подаюча) зрошувальна мережа;
- водовідвідна (скидна) мережа;
- гідротехнічні споруди для регулювання витрат і рівнів у всіх ланках системи;
- додаткове експлуатаційне обладнання і пристрої (водомірні пости, зв'язок, дороги, лісосмуги, службові та житлові будівлі), які створюють необхідні умови для належної господарської і технічної експлуатації рисових зрошувальних систем.

У сучасних умовах у більшості випадків зрошувальна і дренажно-скидна мережі виконані у вигляді каналів і лотків різної конструкції.

Зрошувальна мережа складається з магістрального каналу, розподільних каналів різного порядку, оснащених гідротехнічними спорудами, і слугує для транспортування води від джерела зрошення до рисових чеків.

Дренажно-скидна мережа складається із відкритих або закритих дрен і колекторів, армованих гідротехнічними спорудами. Вона призначена для скиду і відведення дренажно-скидних вод за межі системи, а також для забезпечення підтримки необхідного режиму зрошення на рисовому полі.

Периферійні елементи водовідвідної мережі виконують функції:

- відгрожувальних дрен, що попереджують підйом рівня ґрунтових вод до поверхні на землях, які прилягають до рисових сівозмін, а в деяких випадках, захищають територію рисової системи від підтоплення;
- зливоперехоплюючих каналів – у випадку надходження зливових потоків на територію зрошувальних систем ззовні.

До складу рисових зрошувальних систем, крім загальних елементів мають входити поливні (рисові) карти, що складаються із окремих чеків (горизонтальних площадок), картові зрошувачі, картові скиди, скиди-зрошувачі, а за необхідності – обмежувальні дрени та дамби.

Канали та дрени рисових систем повинні забезпечувати початкове затоплення рисових карт тривалістю не більше трьох діб, висів рису в цілому по господарству – 12–16 діб; підтримання розрахункового шару води в чеках у потрібні агротехнічні строки.

Поливна (рисова) карта

Поливна карта – це частина поля рисової сівозміни, яка обмежена за периметром молодшими каналами зрошувальної і дренажно-скидної мережі. Кілька суміжних полів створюють рисовий сівозмінний масив. Поливна карта – основний елемент рисової системи, оскільки в її межах відбувається повний цикл усіх робіт, пов'язаних з вирощуванням рису.

Рисову карту поділяють на горизонтальні майданчики (чеки) поперечними валиками. Кількість і розмір чеків на карті залежать від рельєфу і загального похилу місцевості. Площа чеків повинна бути не менше 2 га, а довжина однієї із його сторін – не менше 200 м,

оскільки сільськогосподарські роботи виконуються всередині чеків. За сприятливого рельєфу вся карта може являти собою єдиний чек.

На сучасній практиці рисосіяння застосовують чотири основних типи поливних карт:

- карти Краснодарського типу (ККТ);
- карта-чек широкого фронту (КШФ);
- карта Кубанського типу;
- карта Далекосхідного типу.

Карта Краснодарського типу розміщується за напрямком основного похилу місцевості, перпендикулярно до горизонталей (рис. 4.4).

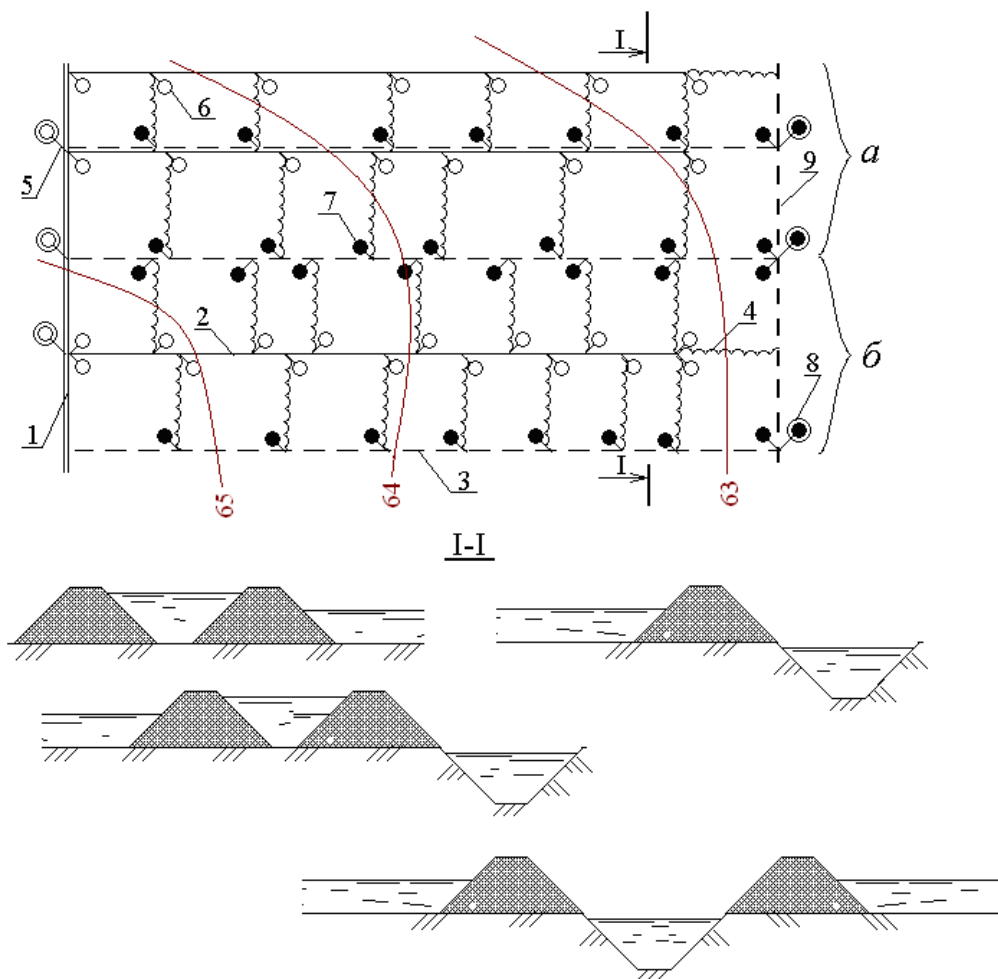


Рис. 4.4. Схема карти Краснодарського типу:

- а* – одностороннє командування; *б* – двостороннє командування; 1 – ділянковий розподільник; 2 – картовий зрошувач; 3 – картовий скид; 4 – валик; 5 – водовипуск із ділянкового розподільника в картовий зрошувач; 6 – водовипуск із зрошувача в чек; 7 – водовипуск із чека в скид; 8 – водовипуск із скиду в колектор; 9 – колектор

Картові зрошувачі, як правило, проектують двостороннього командування. У кожній карті з боку, протилежного зрошувачу, розташований картовий дренажно-скидний канал. Ширина карти залежить від механічного складу ґрунтів і, як правило, становить 150–200 м. Валиками карта розділена на декілька чеків зі середньою площею 2–4 га. Валики постійні, висотою 0,4–0,5 м. У місцях прилягання валиків до доріг на довжину 8–10 м їм надають «перехідного» профілю з похилом 1:4 для переїзду сільськогосподарської техніки. Як гідротехнічні споруди застосовують водовипуски з затворами шандорного типу.

Недоліки карти Краснодарського типу:

- невеликі розміри чеків, що зменшує продуктивність сільськогосподарських машин;
- складність і трудомісткість водорозподілу по чеках;
- невисокий коефіцієнт земельного використання території;
- поперечні валики знижують продуктивність праці при проведенні сільськогосподарських робіт, затруднюють переїзди сільськогосподарських машин із чека в чек;
- затоплення і осушення карти відбувається нерівномірно («терасність чеків»).

Карту-чек широкого фронту подачі і скиду розміщують довшою стороною вздовж горизонталей (рис.4.5). Залежно від рельєфу довжина чека – 400–1200 м, ширина – 75–200 м, площа – 4–20 га. Всю поверхню карти планують під одну відмітку, тобто карта являє собою один великий чек. Існують два різновиди карт-чеків широкого фронту: без дренажу (рис. 4.5,*а*) і з дренажем (рис. 4.5,*б*).

У бездренажному варіанті подачу і скид води здійснюють через зрошувач-скид у виїмці. Проте дренажі у цьому випадку невисока. Карта-чек широкого фронту з дренажем позбавлена цього недоліку. Зрошувачі-скиди на цих картах можуть бути як одностороннього, так і двостороннього командування.

Працює карта-чек так. Вода з розподільника останнього порядку через споруди затоплює зрошувач-скид, переповнює його і через не обваловану бровку виходить на поверхню карти-чека. Споруда в кінці зрошувача закрита і вода поступово заповнює карту-чек. Заповнення і спорожнення карти-чека широкого фронту відбувається в 1,5–2,0 рази

швидше, ніж на карті Краснодарського типу. Глибину зрошувачів-скидів приймають 1,0–1,5 м.

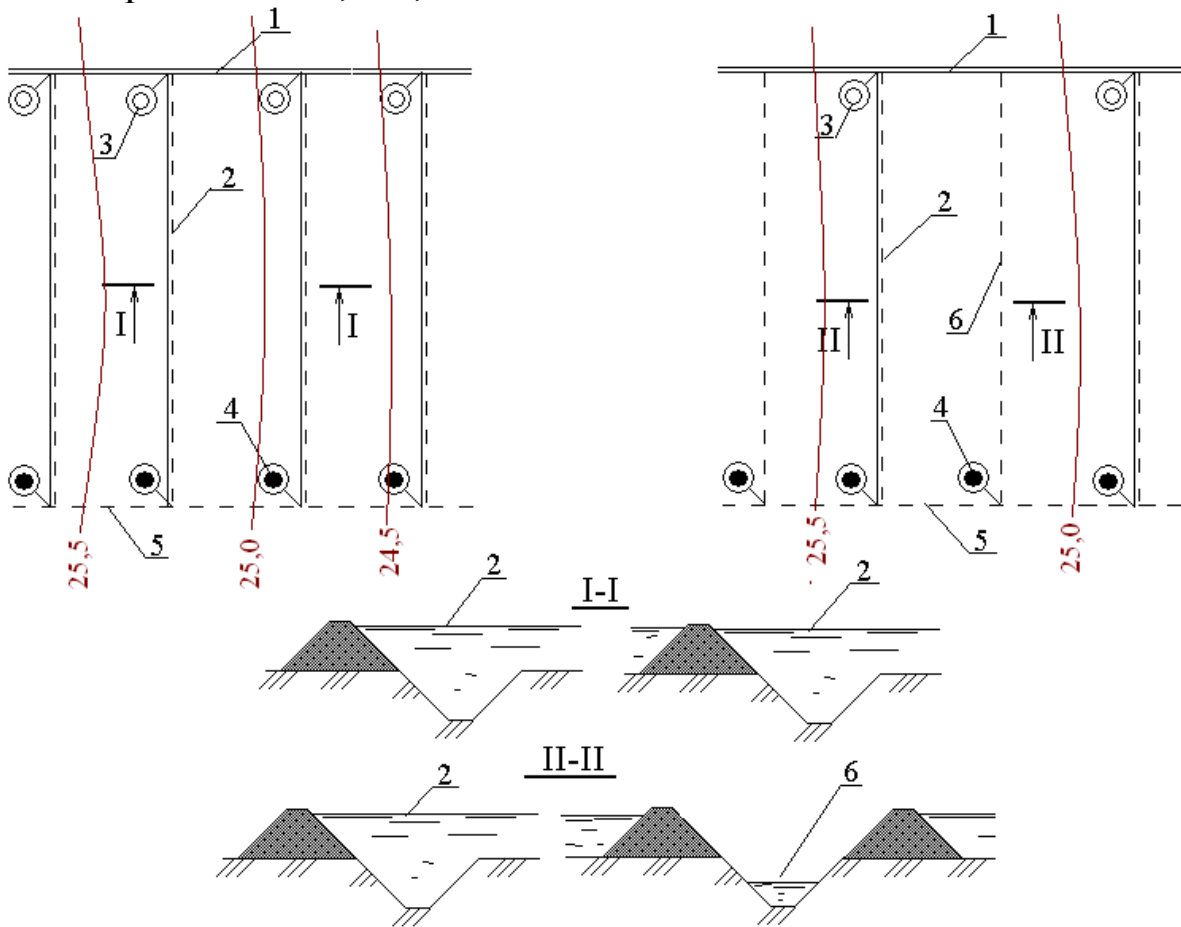


Рис. 4.5. Схема карти-чека широкого фронту подачі і скиду води:
а – карта без дренажу; *б* – карта з дренажем; 1 – ділянковий розподільник;
 2 – зрошувач-скид; 3 – водовипуск з розподільника в зрошувач-скид;
 4 – водовипуск із зрошувача-скиду в колектор; 5 – колектор;
 6 – відкрита дрена.

Переваги карт-чеків широкого фронту подачі і скиду:

- коєфіцієнт земельного використання підвищується на 2–4 % порівняно з ККТ;
- продуктивність праці поливальників зростає в 1,5–2,0 раза, сільськогосподарської техніки на 10–20 %;
- створюються умови для автоматизації водорозподілу;
- прискорюється процес затоплення і спорожнення чеків;
- зменшуються втрати зрошувальної води.

Кarti-чеки з дренажем успішно працюють на рисових зрошувальних системах у дельті Дунаю (Одеська обл.).

Карта Кубанського типу. Особливість цієї карти в тому, що розроблені конструктивні модулі, з яких комплектуються рисові сівозміни і система у цілому (рис.4.6). Кожен із таких модулів є сівозмінним полем, де відбувається весь технологічний цикл рисової сівозміни, формується меліоративний стан земель.

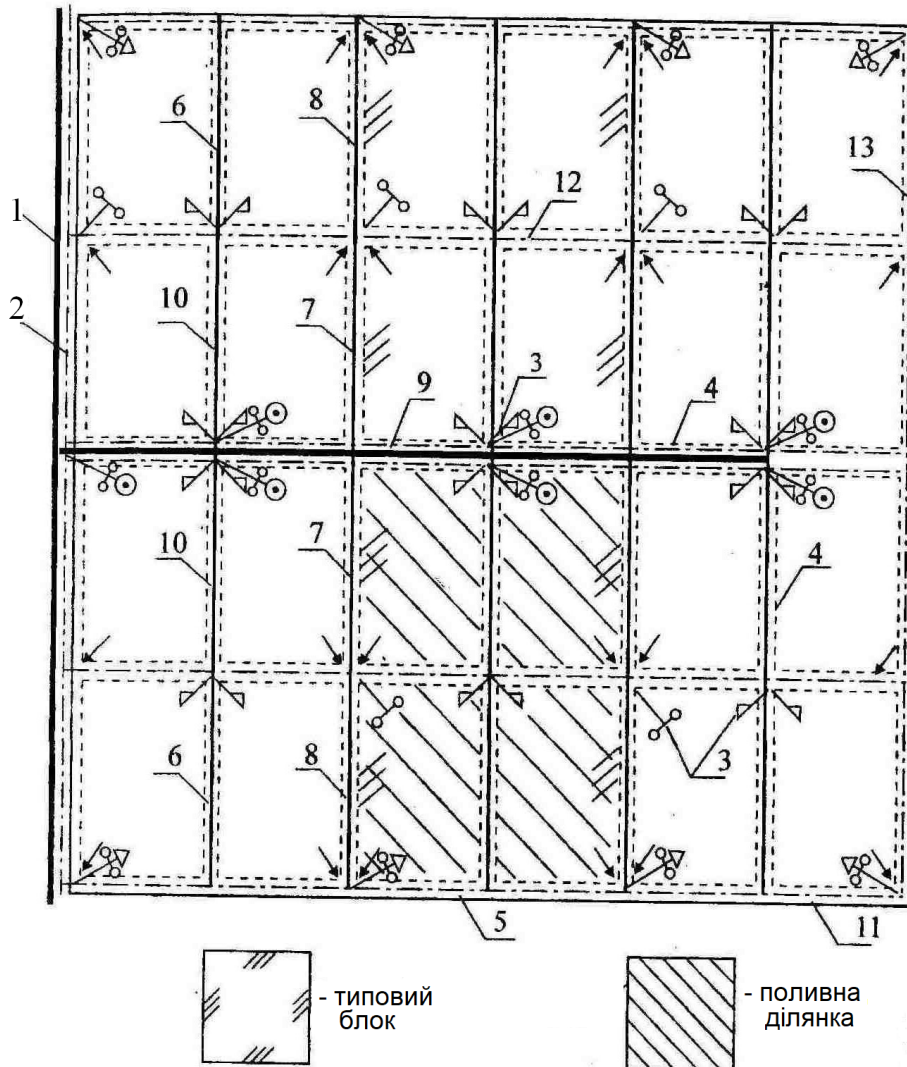


Рис. 4.6. Конструктивний модуль рисової системи Кубанського типу:
 1 – старший розподільник (2-го порядку); 2 – дороги вздовж старшого розподільника (суміщені з дамбами); 3 – гідротехнічні споруди; 4 – чекові канавки; 5 – експлуатаційні проїзди (суміщені з дамбами); 6 – міжчекові валики; 7 – дренаж; 8 – скид; 9 – ділянковий розподільник; 10 – зрошувач; 11 – ділянковий колектор; 12 – польові дороги; 13 – старший колектор (2-го порядку)

Кожне поле (модуль) у сівозміні має:

- ділянковий розподільник, розташований посередині поля;
- колектори і дрени, розташовані на межах поля;
- три клітини дренажу, оконтурені дренами, скидами і колекторами (клітина складається із двох поливних ділянок);

- шість поливних ділянок площею по 6 га;
- зрошувачі посередині поливної ділянки до половини її довжини;
- польові дороги;
- гідротехнічні споруди.

Переваги карти Кубанського типу:

- більш високий ККД і КЗВ;
- підвищена продуктивність праці при проектуванні, будівництві, експлуатації і освоєнні;
- можливість створення умов високої організації водокористування і автоматизації водорегулювання;
- забезпечення умов застосування високопродуктивної поливної техніки при зрошенні супутніх культур у рисових сівозмінах;
- краще вписування в рельєф місцевості за рахунок скорочення довжини поливної ділянки, що зменшує об'єм земельних робіт;
- уніфікація всіх елементів системи створює можливість стандартизації;
- чітка черговість забору води і висока організація водовикористання;
- можливий полив супутніх культур у сівозміні з використанням широкозахватної дощувальної машини «Волжанка» і поливних машин ППА-165 і ППА-300.

Карта Далекосхідного типу, в якій немає периферійних і поздовжніх валиків. Зрошувач-скид влаштовують з низового боку, що забезпечує відвід води з карт і орного горизонту. Карта заливається водою, що вільно переливається по всьому фронту примикання зрошувача-скиду при його переповненні. Картовий зрошувач-скид забезпечує безперешкодний скид води з будь-якого місця.

* * *

Існуючі рисові зрошувальні системи з відкритою зрошувальною мережею навіть з досконалим типом поливної карти мають невисокі коефіцієнти земельного використання (0,82–0,86) і ККД (0,75–0,85). Фільтраційні втрати води з магістральних і розподільних каналів призводять до заболочення і засолення земель вздовж каналів на 50–60 м в обидва боки.

Недоліки зрошувальних систем з відкритою зрошувальною мережею призвели до необхідності розробки рисових систем закритого типу.

Закрита зрошувальна і дренажно-скидна мережа на рисовій системі (рис. 4.7).

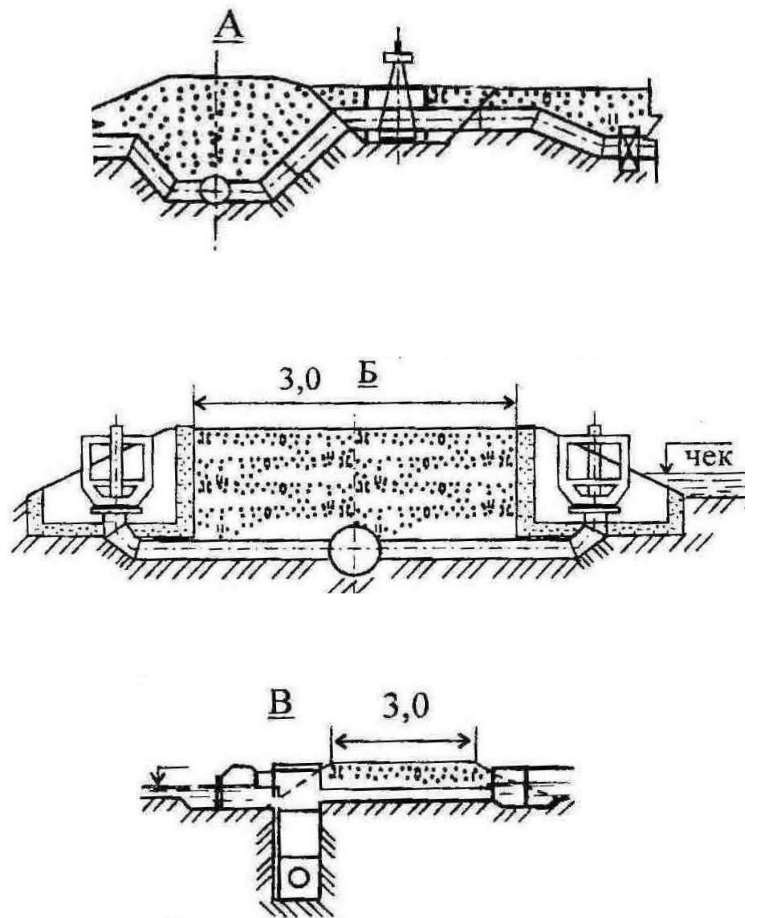
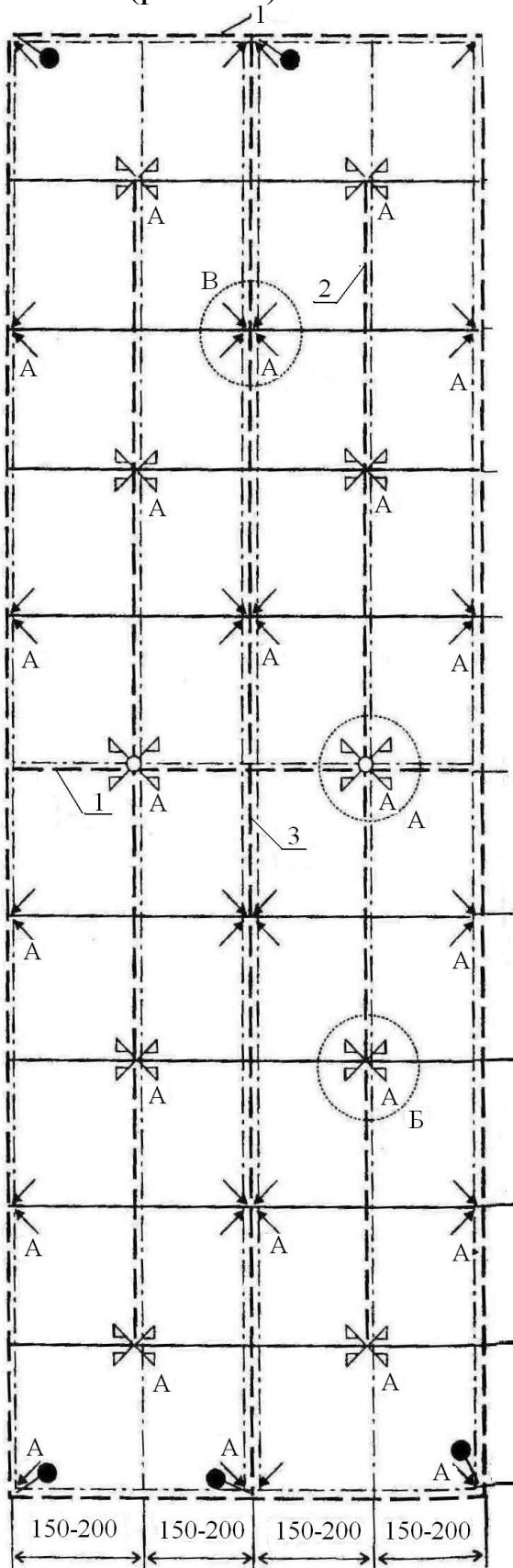


Рис. 4.7. Схема рисової карти з закритою зрошувальною і картовою, закритою дренажною, скидною відкритою мережею:

A – водовипуск із напірного розподільного трубопроводу в закритий картовий зрошувач; Б – водовипуск із картового зрошувача в чек; В – водовипуск із чека у закриту дрена; 1 – напірний розподільний трубопровід; 2 – закритий картовий зрошувач-трубопровід; 3 – картовий скид відкритий і дрена закрити; 4 – господарський скид (колектор).

Перша в Україні рисова ділянка зі закритою зрошувальною і дренажно-скидною мережею побудована в Одеській області. Вона має два картових зрошувача з азбестоцементних труб діаметром 500 мм, довжиною по 800 м і три закритих дрени-скиди з азбестоцементних труб діаметром 200–500 мм, довжиною по 990 м. За довжиною дрени встановлені залізобетонні колодязі для скиду води через звичайні споруди шандорного типу.

Будівництво закритих рисових систем на 10–12 % дорожче будівництва відкритих, але, оскільки забезпечуються більш стабільні врожаї рису і зменшуються втрати води, то термін окупності в них менше.

Закрита чекова зрошувальна система В.Й. Маковського площею 432 га із замкнутим циклом водокористування побудована на території дослідної станції рису УААН у 1990 році. Система складається із карт Кубанського типу з мінімальною кількістю автоматизованих вузлів водорозподільників.

За винятком господарського каналу Х-13-Р уся зрошувальна мережа закрыта.

Колекторно-дренажна мережа закрыта. Матеріал колекторів – залізобетонні труби діаметром 300 і 400 мм, а дрени – ПВХ труби діаметром 100 та 150 мм. Для профілактичних ремонтів і заміру скиду в гирлі дрен розміщені оглядові колодязі. Міждренна відстань становить 400–450 м, середня глибина закладки дрен – 2,5 м.

Для зниження капітальних затрат і поліпшення екологічного стану мережа водовідведення закрыта.

Дренажна і скидна мережі обладнані ставком детоксикації об'ємом 212 тис. м³. Для акумуляції скидного стоку і змішування дренажної та зрошувальної води побудовано буферний ставок об'ємом 38 тис. м³.

* * *

Конструкцію рисових карт необхідно вибирати на підставі зіставлення техніко-економічних показників різних варіантів.

Будівельне планування на рисових чеках виконують під горизонтальну площину з точністю до ± 3 см скреперами з лазерною системою курування. Рисову карту розподіляють на чеки поперечними валиками. При цьому різниця між відмітками поверхні двох суміжних чеків не повинна перевищувати 0,4 м.

По периметру чеків необхідно влаштовувати канавки трапецієподібного або трикутного перерізу глибиною 0,5–0,8 м.

На незасолених і слабкозасолених ґрунтах легкого механічного складу з коефіцієнтом фільтрації більше 1 м/добу влаштовують поливні карти шириною 200–300 м, середньою глибиною картових водовідвідних каналів 1,0–1,5 м.

На слабкозасолених, середніх за механічним складом ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації 0,2–1,0 м/добу, ширина поливних карт становить 150–200 м, глибина картових водовідвідних каналів – 2 м.

На важких середньозасолених ґрунтах з водопроникністю менше 0,2 м/добу – ширина поливних карт 150–200 м, глибина водовідвідних каналів 1,5–2,0 м.

На дуже важких засолених ґрунтах з низькою водопроникністю (менше 0,2 м/добу) землі можна використовувати під рисосіяння тільки за спеціального обґрунтування.

Режим зрошення рису

Існують декілька способів вирощування рису: із затопленням, з періодичним поливом і без зрошення.

Без зрошення рис можна вирощувати в тих місцях, де сума річних опадів перевищує 1000 мм.

Рис з **періодичними поливами** можна вирощувати як звичайну культуру, в польових сівозмінах, але зі значною кількістю поливів (7–12) і підвищеною зрошувальною нормою (5000–7000 м³/га).

Найбільш поширене зрошення рису **затопленням**, яке буває постійним, скороченим і переривчастим (рис. 4.8). Режим зрошення рису залежить від його сорту, ступеня засолення ґрунтів, наявності бур'янів і водозабезпеченості району.

Переривчасте затоплення поширено значно менше, ніж постійне та скорочене, проте є багато експериментальних і виробничих даних, які свідчать про доцільність його застосування в певних умовах. Переривчасте затоплення рису доцільне на незасолених ґрунтах з значною фільтрацією ($K_f > 0,5$ м/добу), а також за недостатньої зрошувальної спроможності джерела зрошення. Застосування переривчастого затоплення дозволяє значно скоротити зрошувальну норму рису.

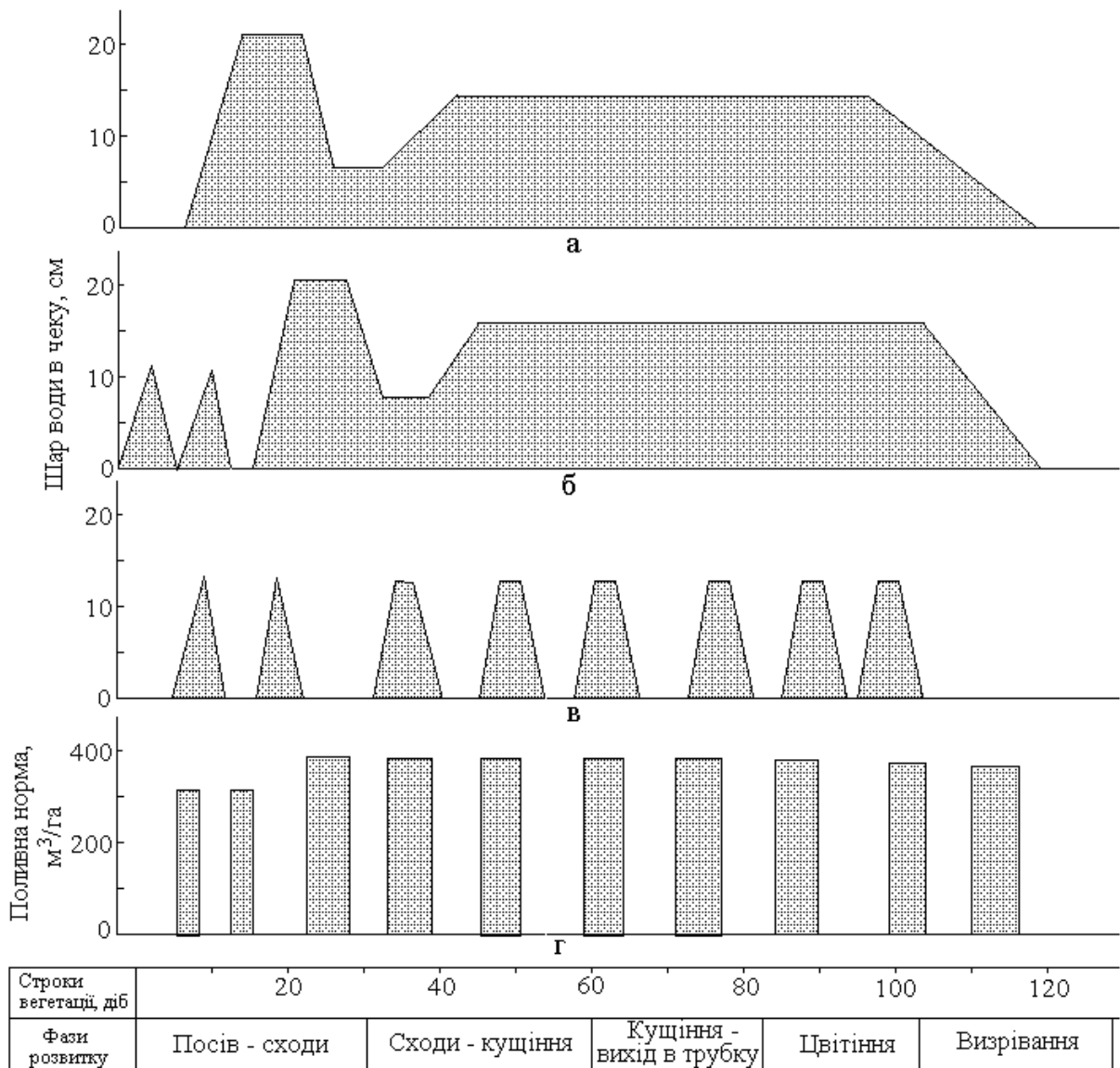


Рис. 4.8. Графіки режимів зрошення рису:

а – постійне затоплення; б – скорочене затоплення; в – періодичне затоплення;

г – зрошення з періодичними поливами.

Постійне затоплення застосовують на засолених і сильно засолених (понад 2 %) ґрунтах з малою фільтраційною здатністю (менше 0,5 м/добу).

На полях, забур'яненних прослянками, засолених менше 2 %, після появи сходів створюють шар води, що перевищує висоту рослин на 5–7 см. Залежно від висоти бур'янів шар води доводять до 20–25 см. Через 5–6 днів, коли бур'яни загинуть, шар води зменшують до 4–5 см, для укріплення сходів і кращого кущіння рису. У міру росту рослин глибину води збільшують до 12–15 см і цей шар підтримують до кінця фази молочної стиглості.

На більш засолених ґрунтах поле затоплюють відразу після сівби, а через 5–6 днів шар води скидають для видалення розчинених солей. Потім знову створюють шар 12–15 см, який зменшують до 3–5 см на період кушіння. Після цього режим затоплення залишається таким самим, як і в попередньому випадку. Крім того, в таких умовах для кращого водообміну на рисових полях передбачають проточність води.

Скорочене затоплення є основним режимом зрошення рису. Цей режим застосовують на чистих від бур'янів полях з вмістом солей менше 1–2 % від маси ґрунту. Відразу після сівби проводять зволожувальні поливи до появи сходів. Після утворення 2–3 листків вносять гербіциди для знищення бур'янів і затоплюють поле шаром 15–20 см на 4–5 діб до повного їх знищення. На період кушіння шар води зменшують до 2–3 см, а по мірі росту рису його підвищують на дві третини висоти рослин і доводять до 15–18 см. Цей шар води підтримують до фази молочної стиглості.

Зрошувальна норма рису залежить від тривалості вегетаційного періоду, кліматичних, ґрунтово-меліоративних і гідрогеологічних умов, а також від сорту рису. Зрошувальна норма рису визначається із загального рівняння водного балансу

$$M = E + W + F_v + F_b + S_{np} + S_{ск} + S_{emp} - \mu P, \quad (4.11)$$

де M – зрошувальна норма рису, м³/га;

E – водоспоживання рису залежно від району вирощування і сорту становить 5–12 тис. м³/га;

W – об'єм води, що витрачається на насичення шару ґрунту під чеком, м³/га;

F_v та F_b – об'єм води, що витрачається на вертикальну та бокову фільтрацію, м³/га;

S_{np} – об'єм води, що витрачається на проточність або зміну води в чеку, м³/га;

$S_{ск}$ – об'єм вимушених скидів води (1–4 тис. м³/га);

S_{emp} – величину технологічних втрат через водовипуски, приймають 5–10 % від $(E + F_v + F_b + S_{np})$, м³/га;

μP – атмосферні опади, що використовуються, м³/га.

Об'єм води, що витрачається на насичення шару ґрунту від поверхні чека до рівня ґрунтових вод, чи водоупору (H , м), визначають за формулою

$$W = AH(\beta_{пв} - \beta_n), \quad (4.12)$$

де A – шпаруватість ґрунту в шарі H , %;

$\beta_{пв}$ та β_n – вологість ґрунту, що відповідає повній вологоємкості, і наявна вологість перед затопленням чеків, % від шпаруватості ґрунту.

Цей об'єм води, як правило, становить 1,5–4,0 тис.м³/га.

Втрати води на вертикальну і бокову фільтрацію рисового поля ($F_e + F_o$) на однорідних ґрунтах можна визначити за формулою Дюпюї.

Періодичні скиди або зміна шару води потрібні в тому випадку, коли мінералізація її перевищує 1,5–2,0 г/л. Для скорочення зрошувальної норми скиди в період кушіння і визрівання необхідно замінити своєчасним припиненням подачі води, а для ліквідації технічних втрат необхідно встановлювати більш досконалі водовипуски.

Середня зрошувальна норма для півдня України становить 15700 м³/га (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Розподіл зрошувальної норми за місяцями, %

Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Рік
20	30	25	20	5	100

Гідромодуль рису

Для визначення гідромодуля водоподачі і скиду на рисових масивах визначають складові зрошувальної норми на кожну фенологічну фазу розвитку рису. Сумарний об'єм водоподачі (м³/га) і гідромодуль (л/с·га) за кожен період (t , діб) визначають за формулою

$$q = \frac{E + W + F_e + F_o + S_{np} + S_{ск} + S_{всп}}{86,4 \cdot t}, \quad (4.13)$$

де позначення такі самі як і при визначенні зрошувальної норми рису.

Гідромодуль дренажно-скидного стоку для кожного періоду (t , діб) визначають за формулою

$$q_{ск} = \frac{S_{np} + S_{ск} + S_{всп}}{86,4 \cdot t}. \quad (4.14)$$

Під час зрошення супутніх рису сільськогосподарських культур, що входять до рисової сівозміни, графік гідромодуля для них складають так само, як і для культур з періодичними поливами.

Загальний графік гідромодуля рисової сівозміни являє собою суму графіків гідромодуля рису і супутніх для нього культур (рис.

4.9). При укомплектуванні такого графіка намагаються призначити поливи супутніх культур у період зменшеного гідромодуля, щоб не збільшити максимальні значення подачі води.

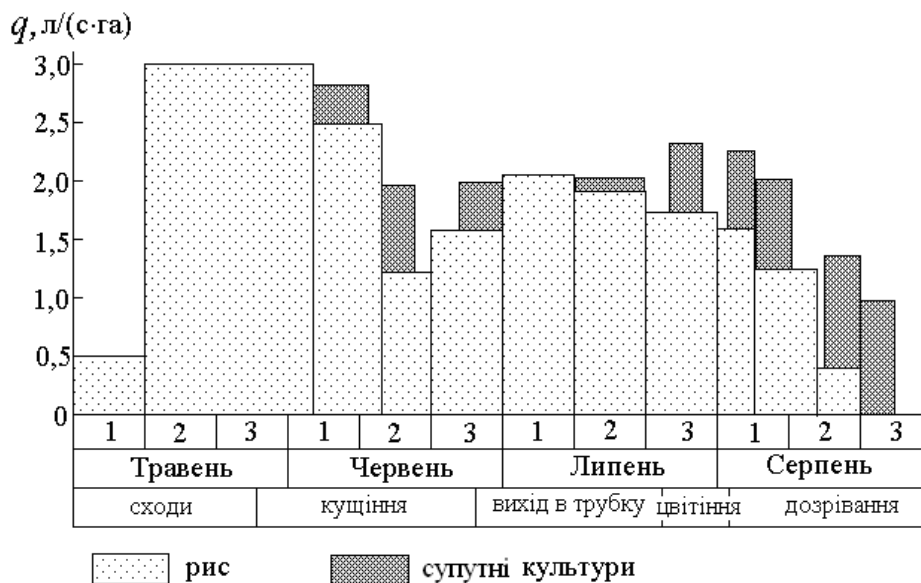


Рис. 4.9. Графік гідромодуля рисової сівозміни.

Вправа 6. Розрахунок режиму зрошення рису

- Дано: 1. Глибина залягання водоупору чи ґрунтових вод під рисовою ділянкою – 1,1 м.
 2. Шпаруватість розрахункового шару ґрунту – 54 % від об’єму.
 3. Найменша вологоємність розрахункового шару ґрунту – 72 % від шпаруватості.
 4. Вихідна вологість ґрунту – 42 % шпаруватості.
 5. Випаровування з водної поверхні – 400 мм.
 6. Транспірація рису – 310 мм.
 8. Кількість атмосферних опадів за період вегетації – 162 мм.

Розподіл випаровування і опадів протягом вегетації

Показник	Місяць									
	травень		червень			липень			серпень	
	декада									
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Випаровування з водної поверхні	9	11	11	12	12	11	8	9	9	8
Транспірація рису	-	-	1	3	5	10	15	17	23	26
Атмосферні опади	8	10	5	10	12	10	15	12	7	11

- Необхідно: 1. Визначити зрошувальну норму рису.
 2. Скласти сумарний водний баланс і водні баланси за періоди.
 3. Побудувати графік гідромодуля.

Розв’язок

В умовах півдня України вирощують, як правило, середньостиглі сорти рису, які висівають до 10 травня, в середньому 1–5 травня, в період, коли середньодобова температура досягає 12 °С. Вегетаційний період рису триває 100–120 діб. Розрахункова середня урожайність становить 40 ц/га.

Водний режим – найважливіша ланка заходів по забезпеченню високого врожаю рису. Рис можна вирощувати з постійним затопленням, при якому затоплення підтримується весь вегетаційний період, і зі скороченим затопленням, при якому шар води відсутній на початку і наприкінці вегетаційного періоду, причому після посіву проводять 1-2 поливи невеликими нормами.

В даному прикладі прийнятий скорочений спосіб затоплення, оскільки він зменшує зрошувальну норму, створює сприятливі умови для механізації збирання врожаю і в той же час відповідає потребам рису у водному живленні.

Від посіву до повного проростання насіння рису проводять два зволожувальних поливи з поливною нормою 400 м³/га. З появою сходів чеки затоплюють шаром води, який збільшують по мірі росту рису до 15–20 см (у середньому 17 см). Для боротьби з бур'янами шар води доводять до 20–25 см (прийнятий шар 22 см).

На початку кушіння рису 20–25 червня, відповідно до агротехнічних вимог, шар води зменшують до 5 см, після чого знову збільшують до 15 см. У період досягнення воскової стиглості рису поля повинні бути осушені (природні витрати води на випаровування і фільтрацію після закінчення подачі води).

1. Зрошувальну норму рису при поливі затопленням визначають на підставі рівняння водного балансу ділянки за формулою О.М.Костякова

$$M = m + H \cdot A(\beta_{\max} - \beta_0) + 100 \cdot h + 10 \cdot E_B + 10 \cdot E_{Tp} + S_{\phi} + S_{Bmp} + S_{Прот} - 10 \cdot P, \quad (4.15)$$

де m – поливна норма (зволожувальних поливів), яку необхідно подати до затоплення, м³/га;

$H \cdot A(\beta_{\max} - \beta_0)$ – витрати води на насичення ґрунтового шару H , м³/га;

H – глибина залягання водоупору чи рівня ґрунтових вод під рисовою ділянкою;

A – шпаруватість ґрунту, % від його об'єму;

β_{\max} – найменша вологоємність ґрунту, % від шпаруватості;

β_0 – вихідна вологість ґрунту, % від шпаруватості;

h – шар затоплення чека, см;

E_B – випаровування з водної поверхні мм;

E_{Tp} – транспірація рису, мм;

S_{ϕ} – фільтрація і відтік води із чека, м³/га;

$S_{Прот}$ – проточність води, м³/га;

S_{Bmp} – втрати води через валики, м³/га;

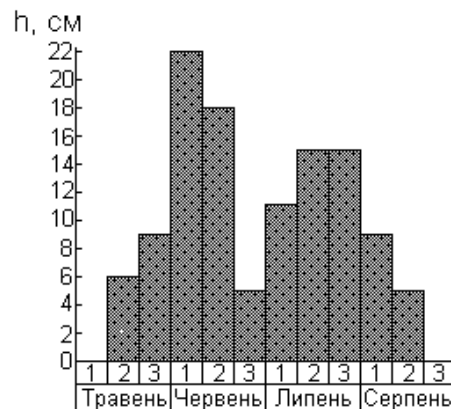


Рис. 4.10. Зміна шару води в рисовому чеку

P – атмосферні опади за вегетаційний період, мм.

Кожну із величин, що входять у рівняння водного балансу необхідно визначати окремо, незалежно від інших.

Методи визначення цих величин – експериментальні або розрахункові – наведені в спеціальній літературі, причому перевагу необхідно віддавати значенням, отриманим для конкретних об'єктів проектування.

Об'єм води, який необхідний для насичення ґрунту від поверхні до водоупору, складає

$$W = HA(\beta_{max} - \beta_0) = 1,1 \cdot 54(72 - 42) = 1782 \text{ м}^3/\text{га}.$$

У перший період величина шару води на чеці дорівнює 22 см; потім після скиду її в період кушіння рису до 5 см знову збільшується до 15 см (рис. 4.10). Отже величина шару води в чеці за вегетаційний період дорівнює $h = 22 + 15 - 5 = 32$ см або кількість води, необхідна для створення цього шару, така: $3200 \text{ м}^3/\text{га}$.

Величина випаровування з водної поверхні E_B для розглянутого прикладу буде такою: $4000 \text{ м}^3/\text{га}$, транспірації рису E_{Tp} – $3100 \text{ м}^3/\text{га}$.

Загальна фільтрація S_ϕ складається із вертикальної і горизонтальної. Величина вертикальної фільтрації визначається на монолітах і дорівнює $0,0014$ м/добу, що становить $14 \text{ м}^3/\text{га}$ за добу або $1560 \text{ м}^3/\text{га}$ за вегетаційний період (112 діб).

Горизонтальну фільтрацію або фільтрацію через валики в скидні канали S_{Bmp} приймають за даними рисових дослідних станцій в розмірі $0,24$ л/(с·га). Витрати води за 112 діб вегетаційного періоду дорівнюють $86,4 \cdot 112 \cdot 0,24 = 2322 \text{ м}^3/\text{га}$.

Загальна фільтрація – $1560 + 2322 = 3882 \text{ м}^3/\text{га}$.

Проточність $S_{Прот}$ приймають рівною нулю, оскільки ґрунти масиву зрошення не засолені, а температура повітря вегетаційного періоду не створює небезпеки перегріву води чека. Крім того, за наявності проточності зрошувальної води на рисові поля атмосферні опади ($162 \text{ м}^3/\text{га}$) не можуть бути використані, через те що вони видаляться з рисового чека разом зі стоками, лише збільшуючи останні.

Після встановлення значень окремих складових, величина зрошувальної норми рису дорівнюватиме

$$M = 800 + 1782 + 3200 + 4000 + 3100 + 3882 - 1620 = 15144 \text{ м}^3/\text{га}.$$

2. Водний баланс рисового чека. Для уточнення зрошувальної норми і встановлення розподілу її протягом вегетації складають водні баланси по окремих періодах (табл. 4.2) з визначенням ординат графіка гідромодуля і об'єму води для прийнятих періодів. За розрахунковий період, як правило, приймають декаду.

Для розглянутого прикладу період вегетації прийнято з 1 травня по 31 серпня.

На початку вегетації (перша декада травня) затоплення немає, але необхідно провести два поливи по $400 \text{ м}^3/\text{га}$ (графа 4).

Насичення шару ґрунту під чеками буде здійснюватися тільки на початку затоплення (приблизно три декади), тому витрати води на насичення необхідно поділити між цими декадами (1782 м³/га).

Випаровування з водної поверхні і транспірацію рису (графи 5 і 6) розподіляють по відсотковому розподілу завдання.

Загальна фільтрація із рисового чека за вегетацію становить 3882 м³/га і її, як правило, рівномірно розподіляють по всіх декадах вегетації (графа 7).

Шар затоплення чека (см) залежить від технології вирощування і визначається за рис. 4.10. Об'єм води необхідний на наповнення чека визначають за формулою

$$W_{\text{нан}} = 100(h_i - h_{i-1}), \quad (4.16)$$

де h_i, h_{i-1} – шар води в чеку відповідно на кінець і початок розрахункової декади, см.

При цьому можуть бути варіанти: (+) наповнення чека; (–) скидання води з чека; (0) – шар води в чеку залишається незмінним протягом декади.

Атмосферні опади подекадно (графа 10) розраховують за типовим розподілом (завдання).

Загальні витрати води за декаду розраховують за формулою

$$W = W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_9 - W_{10}, \quad (4.17)$$

де $W_4, W_5, W_6, W_7, W_9, W_{10}$ – об'єм води, що відповідає графам табл. 4.2, м³/га.

У більшості випадків загальна сума витрат більше 0, тобто необхідно подавати воду в чек (графа 11), і тільки в деякі декади значення W менше 0, тобто необхідно скидати воду із чека (графа 12).

3. Графік гідромодуля. Ординату графіка гідромодуля визначають за формулою

$$q = \frac{W}{86,4 \cdot t}, \quad (4.18)$$

де W – об'єм води, що подається на зрошувану рисову ділянку за розрахунковий період, м³/га;

t – тривалість розрахункового періоду, діб.

У даній роботі прийнятий розрахунковий період – декада, тобто $t = 10$ діб.

За даними табл. 4.2 будують графік гідромодуля (рис. 4.11).

Інші культури в рисовій сівозміні поливають таким чином і в такі строки, щоб не збільшити максимальної ординати графіка гідромодуля рису.

Таблиця 4.2. Водний баланс рисового чека

Місяць	Декада	Фаза розвитку рису	Полівні і насичення шару ґрунту, м ³ /га	Витаровування з водної поверхні, м ³ /га	Транспірація рису, м ³ /га	Затяжна фільтрація, м ³ /га	Шар води		Атмосферні опадн м ³ /га	Усього витраченої води, м ³ /га	Сквід		Затяжна опаднاتا підприємства, л/(с·га)
							см	м ³ /га			об'єм, м ³ /га	літрів, л/(с·га)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Травень	1	Від сівби	800	-	-	-	-	-	-	800			0,93
	2	до куцїння	600	360	-	388	6	600	130	1818			2,10
	3		600	440	-	389	9	300	162	1567			1,81
Червень	1		582	440	31	388	22	1300	82	2659			3,08
	2	Куцїння		480	93	388	18	-400	162	399			0,46
	3			480	155	388	5	-1300	194	-	471	0,55	-
Липень	1	Вихїд у трубку і колосїння		440	310	388	11	600	162	1576			1,82
	2			320	465	388	15	400	243	1330			1,54
	3			360	527	389	15	-	194	1082			1,25
Серпень	1	Налив та молочна стїглїсть		360	713	388	9	-600	113	748			0,87
	2			320	806	388	5	-400	178	1114			1,29
	3			-	-	-	-	-500	-	-	500	0,58	-
Всього			2582	4000	3100	3882		3200	1620	13097	971		

Розрахункові ординати гідромодуля:

- максимальна ордината, що відповідає періоду створення шару води в чеках, $q_{max} = 3,08$ л/(с·га);
- мінімальна ордината, що відповідає періоду підтримання шару води в чеках, $q_{min} = 0,46$ л/(с·га);
- максимальна скидна ордината гідромодуля, $q_{max} = 0,58$ л/(с·га).

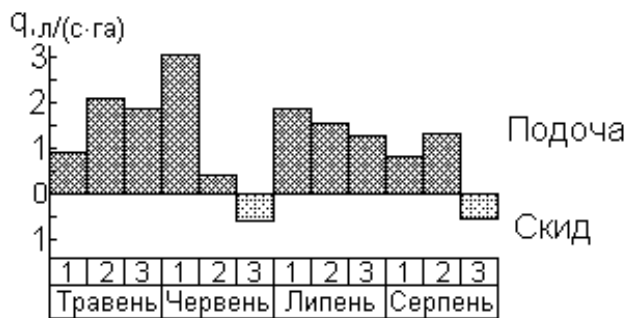


Рис. 4.11. Графік гідромодуля рису.

Запитання для самоконтролю

1. У який спосіб виконують полив сільськогосподарських культур затопленням?
2. Що називають чеком? Яка його конструкція?
3. Які переваги і недоліки поливу затопленням?
4. Чому при зрошенні затопленням зрошуваний чек має бути ретельно спланований?
5. Від чого залежать лінійні розміри чека?
6. У чому полягає особливість зрошення рису?
7. В яких умовах можна створювати рисові системи?
8. Які заходи необхідно організувати для збереження навколишнього середовища?
9. Які райони для рисосіяння виділяють в Україні?
10. Які передумови призвели до скорочення площ рисосіяння в Україні?
11. З яких елементів складається рисова зрошувальна система?
12. Що таке рисова карта?
13. Що таке рисовий чек?
14. Які типи поливних карт застосовують на рисових зрошувальних системах?
15. У чому полягає особливість проектування карт Краснодарського типу?
16. Які недоліки карт Краснодарського типу?
17. Яка особливість застосування карти-чеку широкого фронту?
18. Що таке зрошувач-скид на рисових картах і яка його конструкція?
19. Які переваги карти-чеку широкого фронту подачі і скиду води в порівнянні з картою Краснодарського типу?
20. Яка особливість карти Кубанського типу?

21. Чому стоїть питання про подальше проектування тільки закритих рисових систем?
22. Як здійснюється подача і скид води на закритих рисових системах?
23. Які способи вирощування (поливу) рису існують?
24. Коли можна вирощувати рис без зрошення?
25. Яка особливість поливного режиму рису з періодичними поливами?
26. Які способи затоплення рису застосовують?
27. В яких умовах доцільне застосування періодичного затоплення рису?
28. Яким чином здійснюють постійне затоплення рису?
29. Коли і як здійснюють скорочене затоплення рису?
30. З яких елементів складається зрошувальна норма рису?
31. Яка зрошувальна норма рису?
32. Як розраховують зрошувальну норму рису?
33. Як розраховують гідромодуль рису?
34. Як укомплектовують графік гідромодуля рису?
35. Як розраховують максимальну витрату зрошувальної мережі на рисових системах?

5. НОРМА ВИРОБІТКУ ПРИ ПОЛИВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПО БОРОЗНАХ І СМУГАХ

5.1. Норма виробітку за зміну при поливі по борознах і смугах

Змінну продуктивність на поливі по борознах і смугах ручним способом визначають за формулою

$$F_{зм} = \frac{t_{зм} - (t_{нз} + t_{обс} + t_{о.н})}{60} F_0, \quad (5.1)$$

де $t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, хв;

$t_{нз}$ – тривалість підготовчої і заключної роботи, хв;

$t_{обс}$ – тривалість обслуговування робочого місця за зміну, хв;

$t_{о.н}$ – час, що відводиться на відпочинок і особисті потреби поливальника, хв.;

F_0 – продуктивність поливальника, га/год.

До часу, що відводиться на проведення підготовчої і заключної роботи на поливі сільськогосподарських культур по борознах і смугах $t_{нз}$ ручним способом, відносять час на отримання завдання, знарядь, інструментів і пристроїв, підготовку їх до роботи, створення земляних або установки переносних перемичок у тимчасовому зрошувачі або вивідній борозні, пуск води із ділянкового розподільника на початку зміни і закриття її наприкінці. Нормативна тривалість підготовчо-заклучної роботи при різних технологіях пуску і закриття води на зрошуваній ділянці наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Тривалість підготовчо-заклучної роботи ($T_{нз}$), люд.-хв. [26, 27]

Пуск чи закриття води на зрошуваній ділянці через:		
гідрант закритого зрошувача	переносний сифон-водовипуск відкритого зрошувача (лоток)	трубу-водовипуск
2,5	4,6	2,5

До обслуговування робочого місця $t_{обс}$ відносять затрати часу на перепуск води протягом зміни, а також на відкриття і закриття поливних борозен (смуг) у процесі поливу.

Час, що відводиться на особисті потреби $t_{o.n}$ прийнято 10 хв за зміну. Час на відпочинок при поливах ручним способом не передбачається, оскільки він «перекривається» часом пасивного спостереження за поливом.

Продуктивність поливальника за одну годину

$$F_0 = \frac{0,006n \cdot d \cdot l}{t_{пол}}, \quad (5.2)$$

де n – кількість одночасно діючих поливних борозен або смуг, що обслуговує поливальник, шт.;

d – ширина міжрядь або смуги, м;

l – довжина поливних борозен або смуг, м;

$t_{пол}$ – тривалість поливу при заданій поливній нормі, хв.

Тривалість поливу $t_{пол}$ при заданій поливній нормі визначають за формулою

$$t_{пол} = t_{доб} + t_{дозв}, \quad (5.3)$$

де $t_{доб}$ – тривалість добігання поливного струменя до кінця борозни або смуги, хв;

$t_{дозв}$ – тривалість додаткової подачі води до заданої поливної норми. хв.

5.2. Розрахунок норми часу на полив по борознах

Розрахунок змінної норми виробітку на полив сільськогосподарських культур по борознах можна виконувати і через норму часу на 1 га зрошуваної площі

$$F_{зм} = \frac{t_{зм} - (t_{пз} + t_{он})}{H_{час}}, \quad (5.4)$$

де $H_{час}$ – норма часу на 1 га зрошуваної площі, год/га.

Норма часу на 1 га зрошуваної площі містить суму часу, необхідного для виконання основної і допоміжної роботи, організаційного і технічного обслуговування робочого місця (ділянки зрошуваної площі) при поливі.

Норму часу на 1 га зрошуваної площі ($H_{час}$) знаходять за формулою

$$H_{час} = T_{op} \cdot \left[1 + \frac{K_{відн}}{100} \right] + T_{обс}, \quad (5.5)$$

де T_{op} – тривалість оперативної роботи, тобто всієї роботи, що виконується при подачі і розподілу води на зрошуваній ділянці (операції, як правило, циклічні), год/га;

$T_{обс}$ – тривалість організаційно-технічного обслуговування зрошуваної ділянки, тобто всіх робіт по забезпеченню якості виконуваної роботи – поправка і очистка вивідних і поливних борозен, тимчасових підпорів, пристроїв по розподілу води на зрошуваній ділянці, регулюванню витрат та ін. (операції є нециклічні і затрати праці на них залежать від тривалості поливу), год./га;

$K_{відп}$ – час на відпочинок виконавця, % від оперативного часу, $K_{відп} = 11\%$.

Оскільки на поливі вручну немає розподілу часу на основний і допоміжний, то час оперативної роботи ($T_{оп}$) визначають за формулами:

а) при поливі з розподілом води по борознах за допомогою трубок і трубок-сифонів

$$T_{оп} = \frac{n_n(t_{yn} + t_{zn}) + n_o(t_{ye} + t_{ze})}{60}, \quad (5.6)$$

де t_{yn} і t_{zn} – відповідно час установки і зняття тимчасової перемички на зрошувачі, хв;

t_{ye} і t_{ze} – відповідно час установки і закриття (зняття) пристроїв при розподілу води по борознах, хв;

n_n і n_o – відповідно кількість перемичок і поливних борозен на одному гектарі;

б) при поливі гнучким трубопроводом

$$T_{оп} = \frac{n_o(t_{ym} + t_{zm} + t_{oe} + t_{ze})}{60}, \quad (5.7)$$

де t_{ym} , t_{zm} , t_{oe} , t_{ze} – відповідно час установки (розкладки і з'єднання трубопроводів) та збирання ланок після поливу, відкриття і закриття водовипускних отворів, хв на ланку.

Кількість поливних борозен на 1 га (n_o) визначають за формулою

$$n_o = \frac{10000}{l_{\sigma_{сеп}} \cdot d}, \quad (5.8)$$

де $l_{\sigma_{сеп}}$ – середня довжина поливної борозни, м;

d – ширина міжрядь, м.

Середню довжину поливної борозни ($l_{\sigma_{сеп}}$) визначають за формулою

$$l_{\sigma_{сеп}} = \frac{\sum (l_{\sigma_{сеп\phi}} \cdot n_{\sigma_{\phi}})}{\sum n_{\sigma_{\phi}}}, \quad (5.9)$$

де $l_{\sigma_{сеп\phi}}$ – середня довжина поливної борозни кожної фігури ділянки, м;

$n_{\sigma_{\phi}}$ – кількість поливних борозен кожної фігури ділянки.

Під довжиною поливної борозни необхідно розуміти відстань між вивідними борознами зрошуваної ділянки.

Залежно від середньої довжини поливної борозни ($l_{\sigma_{\text{сеп}}}$) і відстані між перемичками (довжини робочого б'єфу) кількість перемичок на 1 га (n_n) буде дорівнювати

$$n_n = \frac{10000}{l_p \cdot l_{\sigma_{\text{сеп}}}}, \quad (5.10)$$

де l_p – довжина робочого б'єфу, або відстань між перемичками, м.

Для розрахунку відстані між перемичками на вивідній борозні (l_p) застосовують формулу

$$l_p = \frac{h}{i}, \quad (5.11)$$

де h – перевищення горизонту води на тимчасовому зрошувачі над поверхнею зрошуваної ділянки, м, $h = 0,1$ м;

i – похил дна тимчасового зрошувача.

Затрати часу на окремі технологічні прийоми оперативної роботи при поливі по борознах із застосуванням основних пристроїв можна прийняти за табл. 5.2. Час на установку, зняття і перенос тимчасових перемичок наведений в табл. 5.3.

Таблиця 5.2 – Затрати часу оперативної роботи (T_{op}) [26, 27]

Полив гнучкими трубопроводами	Полив трубками-сифонами	Полив трубками
Розкладка ланок гнучкого трубопроводу і з'єднання їх муфтами з наступним підключенням трубопроводу до водовипуску (сифона чи гідранта), 0,78 люд.-хв на 1 м	Розкладка трубок-сифонів на дамбі зрошувача і заправка їх водою, 0,71 люд.-хв на одну трубку-сифон	Установка поливних трубок у прокопи, зроблені в дамбі зрошувача, і загортання їх землею, 1,4 люд.-хв на одну трубку
Розбирання гнучкого трубопроводу – роз'єднання на ланки, очистка і збирання ланок, 0,4 люд.-хв на 1 м	Зняття і збирання трубок-сифонів на дамбі зрошувача і очистка їх, 0,26 люд.-хв на одну трубку-сифон	Зняття і збирання поливних трубок на дамбі зрошувача та очистка їх, 0,7 люд.-хв на одну трубку
Відкриття і закриття клапану, водовипускного отвору поливного		

трубопроводу, 0,4 люд.- хв на 1 м		
--------------------------------------	--	--

Тривалість організаційно-технічного обслуговування зрошуваної ділянки ($T_{обс}$) визначають за нормативами, встановленими за матеріалами проведеними хронометраж робочого дня (табл. 5.4). Нормативи являють собою відсоткове відношення часу обслуговування до тривалості поливу ($T_{пн}$)

$$T_{обс} = T_{пн} \cdot \frac{K_{обс}}{100}, \quad (5.12)$$

де $K_{обс}$ – час обслуговування зрошуваної ділянки, % до тривалості поливу.

Тривалість поливу ($T_{пн}$) в основному залежить від величини витрат води (q_6), що подається в борозну, довжини борозни (l_6), поливної норми (m), ширини міжрядь (d). і визначається за формулою

$$T_{пн} = \frac{l_{6,ср} \cdot m \cdot d}{36000 \cdot q_6}. \quad (5.13)$$

Таблиця 5.3 – Час на установку, зняття і перенос тимчасових перемичок ($T_{оп}$), люд.-хв на одну перемичку [26, 27]

Тип тимчасових перемичок на тимчасовому зрошувачі і вивідній борозні	Переріз зрошувача, м ²	Установка (влаштування) тимчасової перемички	Зняття (ліквідація) тимчасової перемички	Перенос перемички
Металева	0,4	1,84	0,96	2
	0,9	6,2	1,3	2,5
Парусинова	0,9	11,3	2,6	4,25
Дерев'яна	0,4	2,16	1,54	3,15
Земляна	0,2	3,4	1,75	-
	0,4	7,7	3	-
	0,9	14,7	4	-

Таблиця 5.4 – Тривалість організаційно-технічного обслуговування ділянки під час поливу ($T_{обс}$), % від тривалості поливу [26, 27]

Полив гнучкими трубопроводами	Полив трубками-сифонами	Полив трубками
<i>При перших поливах і після глибокого розпушування</i>		
23,3	42,6	36,2
<i>При наступних поливах і після припинення міжрядного обробітку</i>		
13,3	21,0	21,7

Значення довжини поливної борозни і витрати води в борозну необхідно ув'язати з водопроникністю ґрунту і похилом ділянки, керуючись рекомендаціями зональних науково-дослідних інститутів.

При заданій тривалості поливу зрошуваної ділянки, потрібну кількість поливальників розраховують за формулою

$$N = \frac{F_{\text{зрош}}}{F_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot T}, \quad (5.14)$$

де $F_{\text{зрош}}$ – площа зрошуваної ділянки, га;

$F_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність одного поливальника, га/зм;

$n_{\text{зм}}$ – кількість змін;

T – задана тривалість поливу, діб.

Вправа 7. Розрахунок необхідної кількості поливальників для поливу по борознах

- Дано:
1. Сільськогосподарська культура – буряки цукрові.
 2. Ширина міжрядь – 0,6 м.
 3. Площа поля – 72 га.
 4. Загальна тривалість поливу – 5 діб.
 5. Поливають у 2 зміни по 8 год.
 6. Поливна норма – 600 м³/га.
 7. Водопроникність ґрунту – середня (середній суглинок).
 8. Похил вздовж борозен – 0,006.
 9. Довжина борозен 150 м.
 10. Тривалість поливу однієї борозни – 2,2 год (132 хв).

Розв'язок

Розраховують у такій послідовності:

- витрату води в борозну можна визначити розрахунковим шляхом або прийняти за рекомендаціями. При зазначених умовах оптимальна витрата в борозну $q_{\text{б}} = 0,4$ л/с, а один поливальник може управляти витратою $Q = 20$ л/с;
- кількість одночасно діючих поливних борозен, що обслуговує поливальник, $n = \frac{Q}{q_{\text{б}}} = \frac{20}{0,4} = 50$ шт.;
- продуктивність поливальника за годину основного часу розраховують за формулою (5.2)

$$F_{\text{год}} = \frac{0,006 \cdot 50 \cdot 0,6 \cdot 150}{132} = 0,20 \text{ га};$$

- час, що належить до проведення підготовчих і заключних робіт при правильній організації праці становить 30 хв;
- час на відкриття і закриття борозни – 0,6 хв.;

- тривалість обслуговування робочого місця за зміну: перепуск води (відкриття борозен $0,6 \cdot 50 = 30$ хв, закриття борозен – також 30 хв). Разом 60 хв;
- через те що ми не знаємо скільки разів необхідно переходити на нові поливні борозни, то час на обслуговування поливних борозен ліпше виразити у вигляді коефіцієнта

$$\tau_{обс} = \frac{60}{132} = 0,455;$$

- час, що відводиться на особисті потреби поливальника, 10 хв;

Норму виробітку за зміну на одного поливальника розраховують за перетвореною формулою (5.1):

$$F_{зм} = \frac{t_{зм} - (t_{нз} + t_{он})}{60 \cdot (1 + \tau_{обс})} \cdot F_0 = \frac{480 - (30 + 10)}{60 \cdot (1 + 0,455)} \cdot 0,20 = 1,01 \text{ га.}$$

Потрібну кількість поливальників розраховують за формулою (5.14):

$$N = \frac{72}{1,01 \cdot 2 \cdot 5} = 8 \text{ чоловік (отримане значення округлюють у більший бік, щоб забезпечити надійну роботу).}$$

Вправа 8. Розрахунок норми виробітку на полив по борознах із застосуванням трубок-сифонів

- Дано:
1. Сільськогосподарська культура – буряки цукрові.
 2. Ширина міжрядь – 0,6 м.
 3. Поздовжня схема розташування тимчасової зрошувальної мережі (рис. 2.3).
 4. Пуск води в тимчасовий зрошувач здійснюється через гідрант закритого зрошувача, а у вивідні борозни – через переносний сифон-водовипуск.
 5. На вивідних борознах встановлені металеві перемички, поперечний переріз яких – $0,4 \text{ м}^2$.
 6. Похил уздовж поливних борозен – 0,008, вивідних – 0,001.
 7. Довжина поливної борозни – 200 м.
 8. Витрата води в борозну – 1,2 л/с.
 9. Поливна норма – $600 \text{ м}^3/\text{га}$.
 10. Полив ведеться у 2 зміни по 8 год.

Розраховують у такій послідовності:

- тривалість поливу для видачі поливної норми розраховують за формулою (5.13): $T_m = \frac{200 \cdot 600 \cdot 0,6}{36000 \cdot 1,2} = 1,67 \text{ год.}$
- тривалість організаційно-технічного обслуговування ділянки під час поливу ($K_{обсл}$) при поливі трубками-сифонами при перших поливах дорівнює 42,6 % від тривалості поливу. Звідси $T_{обс} = 1,67 \cdot \frac{42,6}{100} = 0,71 \text{ год.}$
- тривалість оперативної роботи при поливі трубками-сифонами становить:

- розкладка трубок-сифонів на дамбі зрошувача, заправка їх водою – 0,71 чол.-хв на 1 трубку-сифон;
 - зняття і збирання трубок-сифонів на дамбі зрошувача і очистка їх – 0,26 люд.-хв на 1 трубку сифон;
 - установка тимчасових перемичок – 1,84 люд.-хв на 1 перемичку;
 - зняття тимчасової перемички – 0,96 люд.-хв на 1 перемичку;
- кількість трубок-сифонів і поливних борозен на 1 га буде (5.8):

$$n_s = \frac{10000}{200 \cdot 0,6} = 83 \text{ шт.};$$

- довжину робочого б'єфу, або відстань між перемичками розраховують за формулою (5.11): $l_p = \frac{0,1}{0,001} = 100 \text{ м};$

- кількість тимчасових перемичок на 1 га буде (5.10):

$$n_n = \frac{10000}{100 \cdot 200} = 0,5 \text{ шт. тобто 1 перемичка на 2 га};$$

- виходячи із прийнятих нормативів, можна розрахувати тривалість оперативної роботи за формулою (5.6):

$$T_{op} = \frac{0,5 \cdot (1,84 + 0,96) + 83 \cdot (0,71 + 0,26)}{60} = 1,36 \text{ год/га.}$$

Норма часу на 1 га зрошуваної площі ($H_{час}$) визначають за формулою (5.5),

тоді $H_{час} = 1,36 \cdot \left[1 + \frac{11}{100} \right] + 0,71 = 2,22 \text{ год./га.}$

Тривалість підготовчо-заклучних робіт (T_{nz}) для поверхнево-самопливного поливу складає 0,17 год за зміну незалежно від її тривалості. Час на особисті потреби за зміну приймають 0,17 год.

Змінна норма виробітку на полив сільськогосподарських культур вручну зі застосуванням трубок-сифонів по борознах буде дорівнювати (5.4):

$$F_{зм} = \frac{8 - (0,17 + 0,17)}{2,22} = 3,45 \text{ га/зміну.}$$

Вправа 9. Розрахунок норми виробітку на полив по борознах зі застосуванням гнучких трубопроводів

Дано: 1. Сільськогосподарська культура – буряки цукрові.

2. Ґрунт – слабкої водопроникності.

3. Похил ділянки вздовж поливних борозен – 0,001.

4. Середня довжина поливних борозен – 200 м.

5. Поливний струмінь (витрата в поливну борозну) – 0,5 л/с.

6. Поливна норма – 600 м³/га.

7. Тривалість робочої зміни – 8 год.

Для розрахунку тривалості оперативної роботи виконавця приймають такі нормативи:

- час на розкладання і з'єднання 1 м трубопроводу вручну ($t_{ум}$) витрачається 0,93 хв, з урахуванням ширини міжрядь 0,6 м, час на одну поливну борозну становить $t_{ум} = 0,93 \cdot 0,6 = 0,558 \text{ хв};$

- час на збирання і демонтаж ланок 1 м трубопроводу після поливу вручну ($t_{зм}$) витрачається 0,23 хв; з врахуванням ширини міжрядь 0,6 м час на одну поливну борозну становитиме $t_{зм} = 0,23 \cdot 0,6 = 0,138$ хв;
- час на відкриття ($t_{вв}$) і закриття ($t_{зв}$) клапанів водовипускних отворів трубопроводу вручну на 1 клапан витрачається 0,4 хв.

Кількість борозен, що поливаються на 1 га (n_b) визначають в залежності від їх довжини і ширини міжрядь $n_b = \frac{10000}{200 \cdot 0,6} = 83$ шт/га.

Тривалість оперативної роботи визначають виходячи із перелічених вище нормативів часу і кількості зрошуваних борозен на 1 га

$$T_{op} = \frac{83 \cdot (0,558 + 0,138 + 0,4)}{60} = 1,52 \text{ год.}$$

Тривалість поливу (T_m) визначають виходячи із прийнятої довжини поливної борозни 200 м, ширини міжрядь 0,6 м, поливної норми 600 м³/га і витрати в борозну 0,5 л/с:

$$T_m = \frac{200 \cdot 600 \cdot 0,6}{36000 \cdot 0,5} = 4 \text{ год.}$$

На підставі аналізу спостережень часу організаційно-технічного обслуговування, його приймають у відсотках від тривалості поливу $K_{обс} = 23,3$ %. Звідси тривалість організаційно-технічного обслуговування за формулою (5.12) буде дорівнювати

$$T_{обс} = 4 \cdot \frac{23,3}{100} = 0,932 \text{ год.}$$

Час на відпочинок характеризує коефіцієнт $K_{відп}$, який становить 11 % від оперативного часу. Норма часу на 1 га зрошуваної площі за формулою (5.5) буде дорівнювати

$$H_{час} = 1,52 \cdot \left[1 + \frac{11}{100} \right] + 0,932 = 2,62 \text{ год.}$$

Час на підготовчо-заклучні роботи виконавця ($T_{пз}$) містить 0,17 год. в зміну, а особисті потреби ($T_{он}$) – 0,17 год за зміну. Норму виробітку визначають за формулою (5.4):

$$F_{зм} = \frac{8 - (0,17 + 0,17)}{2,62} = 2,92 \text{ га/зміну.}$$

5.3. Контроль якості роботи при поливі по борознах і смугах

Контроль якості в основному полягає у визначенні фактично виданої поливної норми і доведення її до розрахункової. Якість поливу контролюється по тривалості поливу на позиції і наявністю вологи в ґрунті до і після поливу. Перевагу віддають останньому способу як більш достовірному.

При визначенні вологості ґрунту необхідно мати на увазі, що поливна норма нерівномірно розподіляється по довжині борозни і смуги, тому вологість визначають у декількох точках (повторностях) по довжині борозен (смуг). Крім того, необхідно визначати вологість ґрунту як у рядках так і між ними, тому що зволоженість верхніх шарів нерівномірна.

Запитання для самоконтролю

- 1. Що являє собою норма виробітку по борознах? В яких одиницях вона вимірюється?*
- 2. Яким чином розраховують норму виробітку на полив при самопливно-поверхневому зрошенні?*
- 3. Що входить до тривалості підготовчо-заклучних робіт при поливі по борознах?*
- 4. Що відноситься до тривалості обслуговування робочого місця?*
- 5. Яким чином розраховують продуктивність поливальника за годину?*
- 6. Яким чином ураховують тривалість поливу на добігання і дозволоження?*
- 7. Що називають нормою часу на 1 га зрошуваної площі?*
- 8. Яким чином ураховують тривалість організаційно-технічного обслуговування зрошуваної ділянки?*
- 9. Яким чином ураховують час на відпочинок виконавця в процесі поливу по борознах?*
- 10. Як розраховують тривалість оперативної роботи при поливі з розподілом води по борознах за допомогою трубок і трубок-сифонів?*
- 11. Як ураховують тривалість оперативної роботи під час поливу по борознах гнучким трубопроводом?*
- 12. Як контролюють якість роботи під час поливу по борознах і смугах?*

6. ОРГАНІЗАЦІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ПОЛИВУ НА ДІЮЧИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ З ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Розпочинаючи з 90-х років ХХ ст. в Україні виникла загрозна тенденція постійного скорочення площ поливу. Серед основних причин її появи є складний економічний стан, різке скорочення бюджетних коштів на експлуатацію меліоративних систем, фізичний знос та моральне старіння елементів зрошувальних систем, насамперед дощувальної техніки.

В умовах, коли відсутній централізований ремонт та відновлення дощувальної техніки, а поповнення парку новими дощувальними машинами потребує значних капітальних вкладень, тоді як тимчасовий вихід для забезпечення зрошення земель на системах з відсутніми дощувальними машинами є переведення їх на поверхнево-самопливний спосіб поливу.

6.1. Технологічні особливості та умови застосування поверхнево-самопливного способу поливу

Ефективність застосування поверхнево-самопливного поливу залежить в першу чергу від водно-фізичних властивостей ґрунтів, рельєфу, гідрогеологічних та організаційно-господарських умов.

При впровадженні поверхнево-самопливного способу поливу на діючих зрошувальних системах головна особливість полягає в тому, що планове розташування внутрішньогосподарської мережі цих систем, їх конструкція, організація території та система агротехніки обумовлені технічними характеристиками дощувальних машин. Принципи розташування тимчасової зрошувальної мережі, організація землеустрою при поверхнево-самопливному способі поливу відрізняються від тих, що прийняті на системах з дощуванням. У зв'язку з цим при впровадженні поверхнево-самопливного поливу

на діючих зрошувальних системах в деяких випадках не вся площа полів може бути охоплена поливом.

Поверхнево-самопливний спосіб поливу можна застосовувати на ґрунтах різного гранулометричного складу від пісків до глини і різним ступенем водопроникності (від 0,01 до 0,4 л/с на 100 м борозни). Але найбільш доцільним є застосування цього способу на ґрунтах з середньою (0,1–0,2 л/с на 100 м) або слабкою водопроникністю (менше 0,1 л/с на 100 м) при похилах поверхні від 0,001 до 0,02 на землях з доброю природною дренажістю. При цьому рівні ґрунтових вод повинні залягати на глибинах не менше 3–4 м від поверхні землі.

Допускається організація поверхневого поливу при менших глибинах рівня ґрунтових вод за наявності дренажу. За наявності горизонтального дренажу тимчасова зрошувальна мережа для організації поверхневого поливу має бути ув'язана з розташуванням дренажної мережі.

При великих площах впровадження поливу необхідно передбачати заходи до попередження підтоплення території в зоні розвантажування потоку ґрунтових вод.

Не рекомендується проведення поверхнево-самопливного поливу на засолених та посадочних ґрунтах.

На відкритих зрошувальних системах можливим є застосування поверхнево-самопливного способу поливу тільки на ділянках, де внутрішньогосподарські та ділянкові канали забезпечують командування над зрошуваною територією.

В більшості випадків площа поливної ділянки приймається цілому полю сівозміни.

За великих розмірів полів сівозміни і складності рельєфу, коли неможливо витримати однаковий напрямок поливу на всій площі поля сівозміни, тоді є можливим таке, що одне поле сівозміни складається із декількох поливних ділянок.

Тимчасові зрошувачі по відношенню прийнятого напрямку поливу можуть розміщуватися по двох основних схемах: поздовжній і поперечній.

6.2. Типові схеми організації водоподачі та водорозподілу по поверхні на різних типах діючих зрошувальних систем

Внутрішньогосподарська зрошувальна мережа для дощувальних машин ДМУ «Фрегат», ДКШ-64-800 «Волжанка» і ДФ-120 «Дніпро» включає внутрішньогосподарські розподільчі трубопроводи першого і другого порядку і зрошувальні трубопроводи. Розміщення внутрішньогосподарської зрошувальної мережі в плані визначається типом дощувальних машин, конфігурацією полів, організацію території, рельєфом місцевості, розміщенням ліній електропередач і зв'язку, лісосмуг, доріг.

Відстань між трубопроводами обумовлена відповідно до ширини захвата дощувальних машин із врахуванням ширини доріг і лісосмуг. У меншій мірі на розташування трубопроводів впливає рельєф і мікрорельєф поля, оскільки вода в трубопроводах рухається за рахунок напору, який створює насосна станція.

Виходячи із схеми подачі води, тиску в зрошувальній мережі, фактичного розташування дощувальних машин на сівозмінній ділянці при переведенні цих систем на поверхнево-самопливний полив рекомендуються такі схеми поверхневого поливу з використанням:

- відкритої тимчасової зрошувальної мережі;
- поливних трубопроводів;
- переобладнаних базових дощувальних машин поливними шлейфами;
- шлангового обладнання.

Технічні схеми поливу при збереженні зрошувальної мережі дощувальних машин «Волжанка» і «Дніпро»

Полив по борознах з однобортного зрошувача зі щитом-перемичкою (рис. 6.1). При цьому способі напроти гідранта нарізають зрошувач за допомогою фрезерного канавокопача МК-17. Вийнятий ґрунт відкидають в один бік, канал стає однобортним. При підйомі води в каналі-зрошувачі вона переливається в борозни в бік похилу; так відбувається полив.

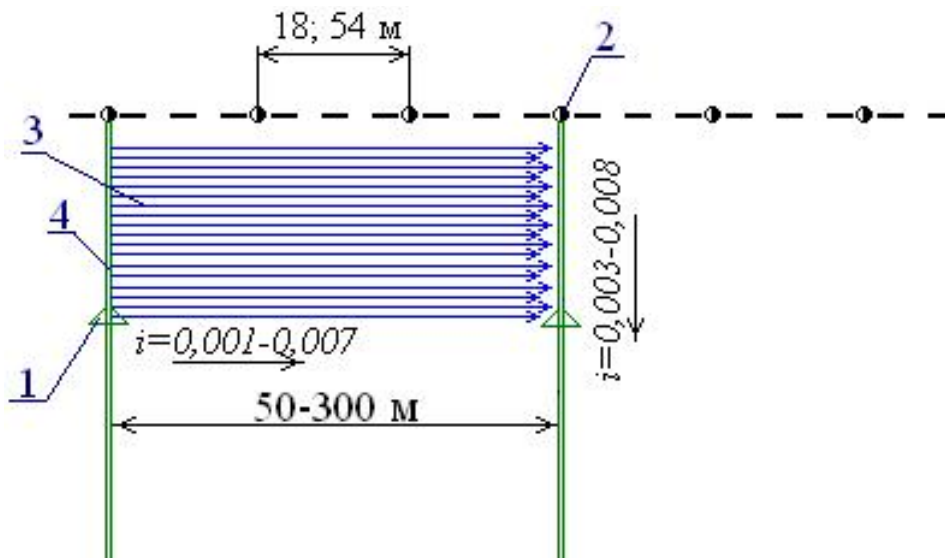


Рис. 6.1. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з дощувальними машинами ДКШ-64 «Волжанка» або ДФ-120 «Дніпро» з використанням щита-перемички:

1 – щит-перемичка; 2 – гідрант; 3 – поливні борозни; 4 – однобортний зрошувач

Залежно від поздовжнього похилу і водопроникності ґрунту довжина борозен становить від 50 до 300 м. Кількість одночасно працюючих борозен залежить від поперечного похилу. З його збільшенням кількість працюючих борозен на одній позиції щита-перемички зменшується, а витрати в борозну збільшуються.

Полив по борознах за допомогою бульдозера (рис. 6.2). Призначення бульдозера – це курування великими витратами води (до 300 л/с) на значних похилах (поздовжньому і поперечному). Зрошувачі нарізають канавокопачами МК-12 або МК-10 за два проходи. Для підвищення продуктивності в один зрошувач подається вода від 2–3 гідрантів. Залежно від водопроникності ґрунту і поздовжнього похилу довжина борозен змінюється від 100 до 300 м.

Полив починається з кінця зрошувача. Бульдозер зрізає ґрунт із однієї з бERM (бровки) зрошувача і навскіс перекриває ґрунтом зрошувач. У проран із зрошувача виходить вода і розподіляється по борознах. При добіганні води до кінця борозни (чи деякої її довжини) проводять наступне перекриття зрошувача, і полив продовжується.

Після закінчення поливу і по мірі підсихання зрошувачів їх відновлюють шляхом проходу бульдозера по зрошувачу з опущеною лопатою і канавокопачем МК-16. Відновлення починають з кінця

зрошувача в напрямку гідранта. На одному тракторі рекомендується мати начеплений бульдозер (спереду) і канавокопач (ззаду).

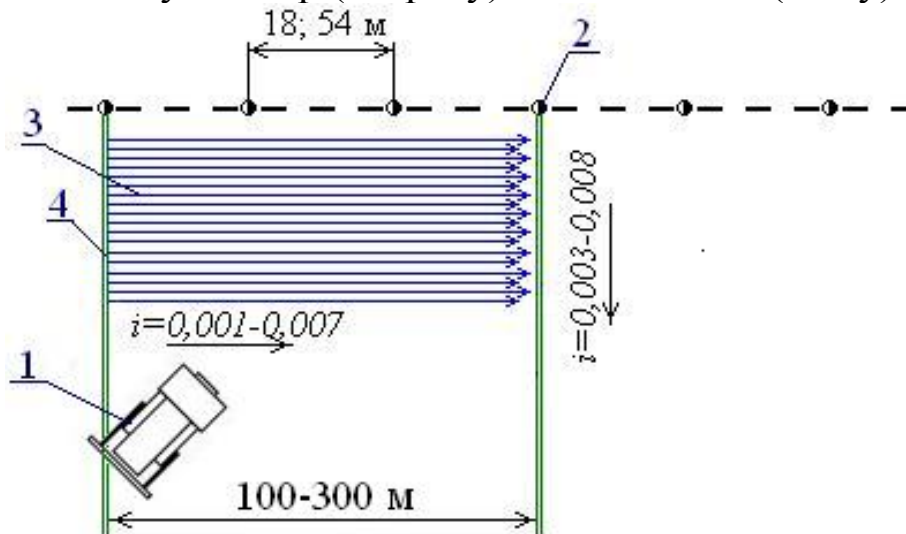


Рис. 6.2. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з ДКШ-64 «Волжанка» або ДФ-120 «Дніпро» з використанням бульдозера: 1 – бульдозер; 2 – гідрант; 3 – поливні борозни; 4 – тимчасовий зрошувач.

Полив по борознах із трубопроводу за поперечної схеми (рис. 6.3) виконують при малих поздовжніх і великих поперечних похилах на слабкопроникних і середньопроникних ґрунтах. Довжина трубопроводу до 100 м.

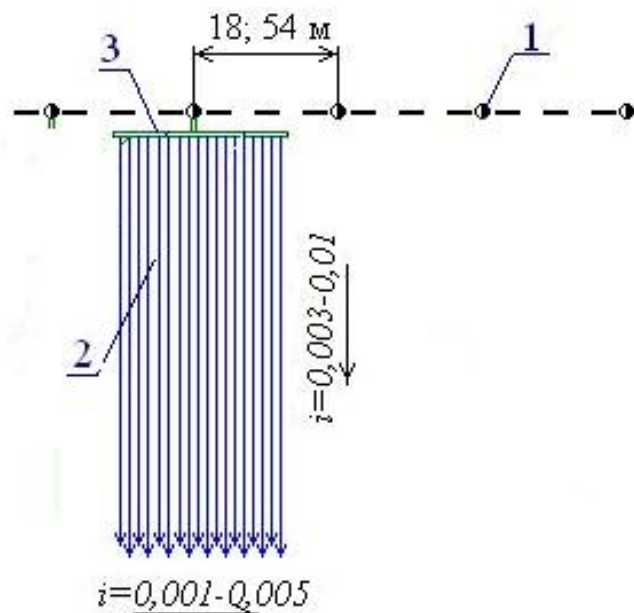


Рис. 6.3. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з ДКШ-64 «Волжанка» та ДФ-120 «Дніпро» за допомогою пересувного поливного трубопроводу (поперечна схема): 1 – гідрант; 2 – поливні борозни; 3 – пересувний поливний трубопровід (шлейф), приєднаний до гідранта

Він може бути змінного перерізу – зі зменшенням діаметра від центра до кінців. Витрата в борозну залежить від довжини трубопроводу і коливається від 1 до 5 л/с. Довжина борозни залежить від ширини захвата запроєктованої дощувальної машини (до 460 м довжина ДФ-120 «Дніпро»).

Трубопроводи для цього можуть бути гнучкими з водовипусками від поливних установок ППА-165У і ППА-300, пересувними колісними, у тому числі виготовленими із труб списаних дощувальних машин ДФ-120 «Дніпро». Затрати на влаштування такого шлейфа-трубопроводу мінімальні, доступні будь-якому господарству. Пересувати (перетягувати) поливний трубопровід можна не розбираючи на окремі ділянки, по дорозі вздовж гідрантів.

Полив по борознах із трубопроводу при поздовжній схемі (рис. 6.4) виконують аналогічно попередній схемі. При цьому поливні борозни розташовують вздовж закритого зрошувача з гідрантами, а поливний трубопровід розміщують перпендикулярно поливним борознам.

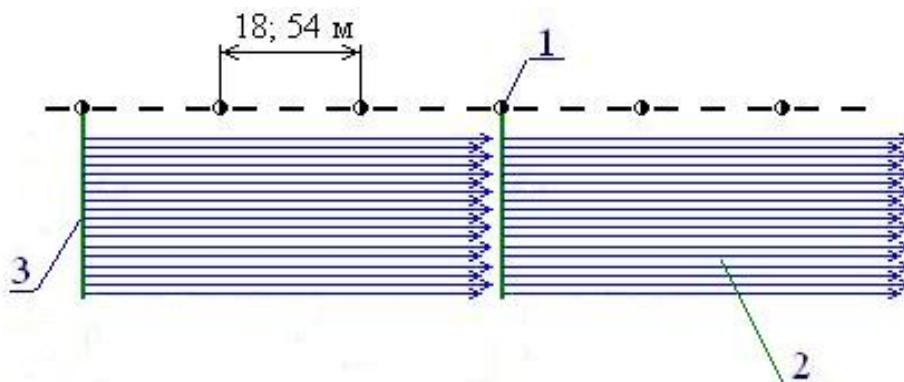


Рис. 6.4. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з ДКШ-64 «Волжанка» та ДФ-120 «Дніпро» за допомогою пересувного поливного трубопроводу (поздовжня схема): 1 – гідрант; 2 – поливні борозни; 3 – пересувний поливний трубопровід, приєднаний до гідранта

застосування цієї схеми викликає труднощі під час пересування жорстких поливних трубопроводів, а гнучкі трубопроводи кожен раз необхідно розмотувати перед поливом і змотувати після поливу на позиції. Перевагою цієї схеми є можливість поливу підвищених ділянок відносно гідрантів, оскільки вода в поливних трубопроводах рухається під напором.

Полив по борознах із переобладнаних машин з поливними шлейфами виконують тоді, коли на зрошуваній ділянці залишилися ще дощувальні машини, але вони не можуть у повній мірі і якісно працювати. На рис. 6.5 представлений такий переобладнаний поливний шлейф із ДКШ-64 «Волжанка».

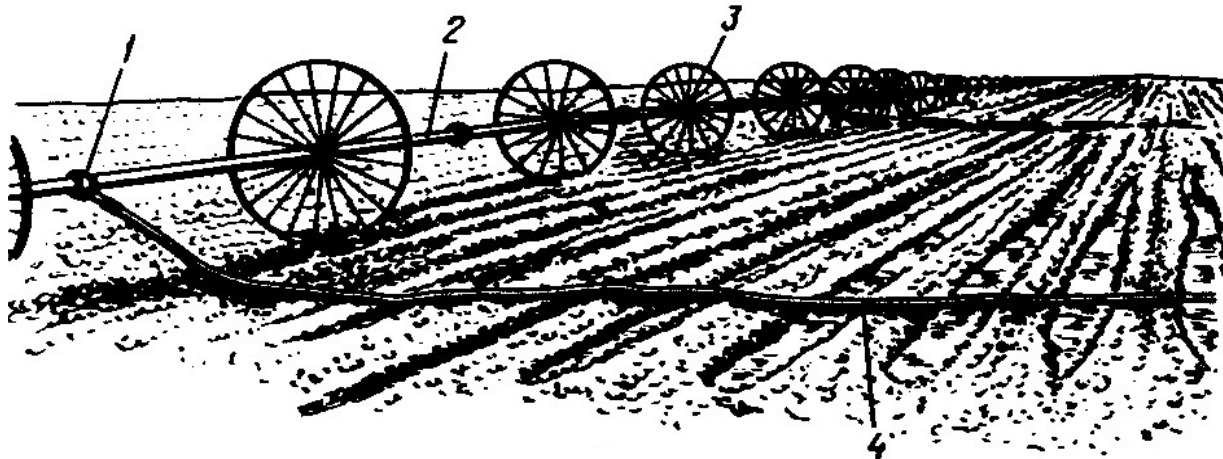


Рис. 6.5. Загальний вигляд поливної машини переобладнаної із ДКШ-64 «Волжанка»: 1 – муфта; 2 – водопровідний пояс; 3 – опорне колесо; 4 – гнучкий поливний шлейф

На поливній машині залишені без змін такі вузли ДКШ-64: водопровідний пояс із зливними клапанами, колеса, ведучий візок, приєднувальний телескопічний пристрій. Замість дощувальних апаратів встановлені вісім муфт-вставок, розташованих по довжині через 50 м (монтуються в місцях стиків труб водопровідного поясу), з поливними шлейфами.

Поливний шлейф – поліетиленовий шланг із зовнішнім діаметром 55 мм, довжиною 21,2 м; відстань між водовипусками на шлангах 70 см. Поливають позиційно при установці водопровідного пояса машини паралельно напрямку поливних борозен; шлейфи при цьому розташовують упоперек борозен (рис. 6.6).

З позиції на позицію машина пересувається також упоперек борозен. Муфти з поливними шлейфами відносно землі не обертаються. За зворотного руху машини або її холостої перегонки поливні шлейфи обертають відносно поздовжньої осі машини. Технологічні характеристики переобладнаної машини ДКШ-64 «Волжанка» наведені в табл. 6.1.

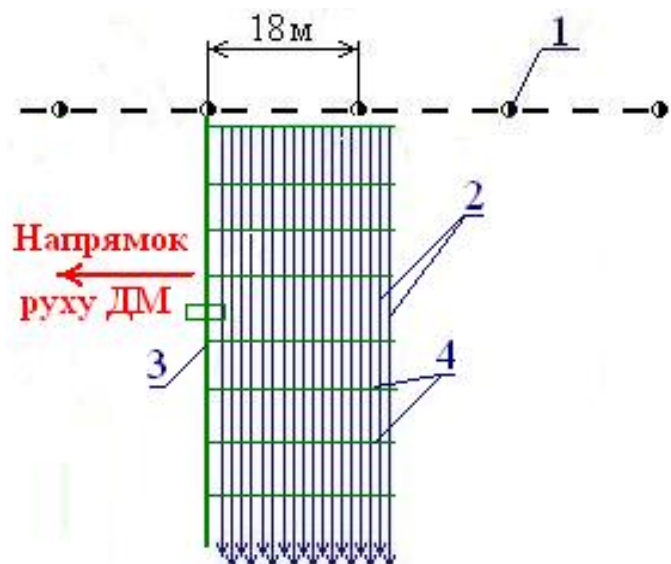


Рис. 6.6. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з ДКШ-64 при переобладнанні їх під поливні шлейфи: 1 - гідрант; 2 – поливні борозни; 3 – поливне крило дощувальної машини «Волжанка»; 4 – поливні шлейфи

Таблиця 6.1 – Технологічна характеристика переобладнаної машина ДКШ-64 поливними шлейфами

Показник	Характеристика
Кількість водовипусків на шлейфі	25 шт.
Кількість шлейфів	8 шт.
Відстань між водовипусками	70 см
Діаметр водовипусків	9,9–13,9 мм
Матеріал поливного шлейфа	поліетиленовий
Діаметр поливного шлейфа	55 мм
Довжина поливного шлейфа	21 м
Полив машини	позиційний
Витрата води на шлейфі	6–7 л/с

Полив по борознах з використанням шлангового обладнання виконують за допомогою автоматизованого обладнання АШУ (п. 2.9). Поздовжня схема застосування цього обладнання наведена на рис. 6.7.

Технологічні схеми поливу на зрошувальній мережі під ДМУ «Фрегат»

Полити поверхнево-самопливним способом ділянки зрошувані дощувальною машиною ДМУ «Фрегат» дуже важко, через те що на полі розташований тільки один гідрант (нерухома опора). Тому, застосовуючи тільки тимчасову відкриту зрошувальну мережу за

наявності похилів у двох напрямках, можна полити тільки $\frac{1}{4}$ поля (рис. 6.8).

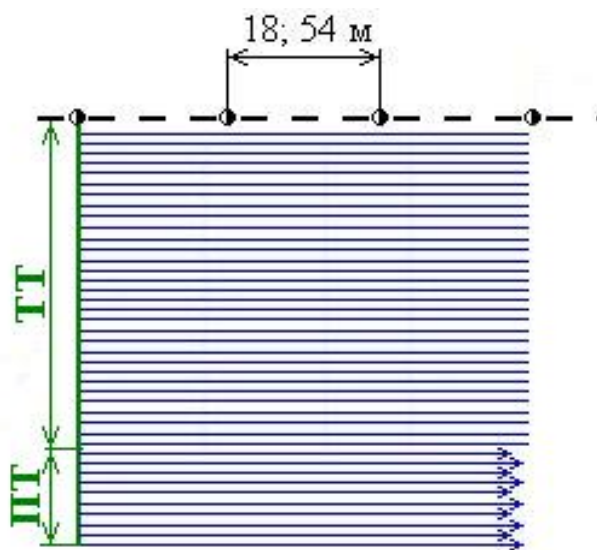


Рис. 6.7. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з ДКШ-64 «Волжанка» і ДФ-120 «Дніпро» з використанням шлангового обладнання типу АШУ-32: ТТ – транспортуючий шланговий трубопровід; ПТ – поливний трубопровід.

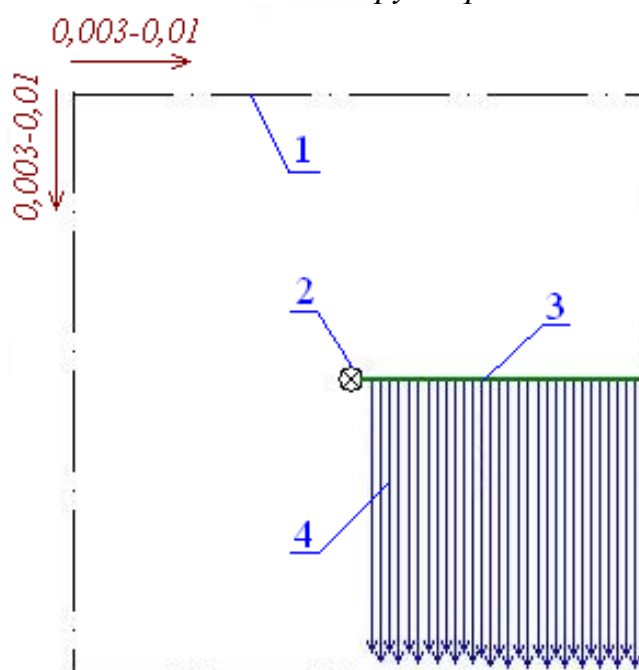


Рис. 6.8. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з дощувальними машинами ДМУ «Фрегат» з використанням тимчасових зрошувачів:

1 – границя поля; 2 – гідрант (вузол підключення ДМУ); 3 – тимчасовий зрошувач (вивідна борозна); 4 – поливні борозни

Застосовуючи поливні трубопроводи (гнучкі чи жорсткі) можна полити до $\frac{3}{4}$ поля (рис. 6.9), оскільки вода із гідранта подається під напором і може в трубопроводі подолати місцевий похил. За такої схеми поливу, при її простоті, необхідно висівати сільськогосподарські культури і нарізати борозни в різних напрямках.

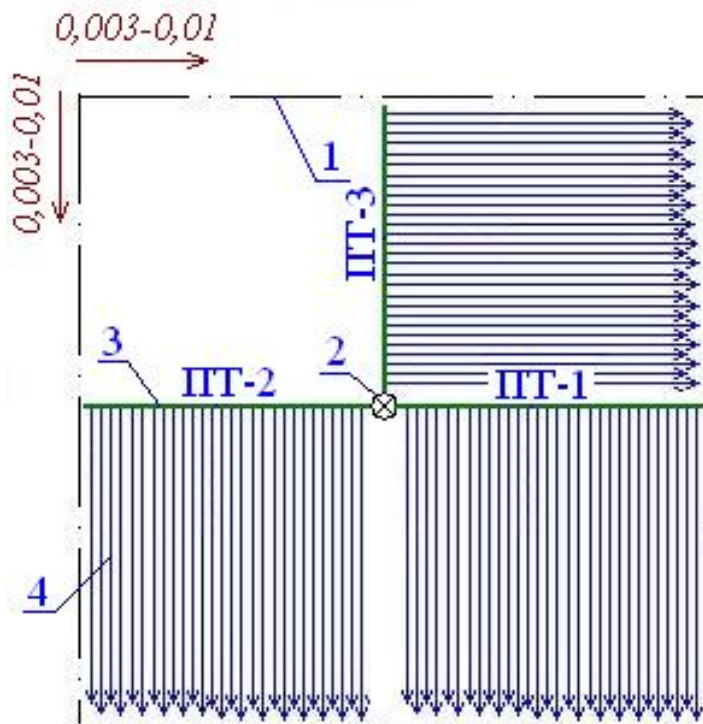


Рис. 6.9. *Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з дощувальними машинами ДМУ «Фрегат» з використанням поливних трубопроводів: 1 – границя поля; 2 – гідрант (вузол підключення ДМУ); 3 – поливний трубопровід (ПТ-1, ПТ-2, ПТ-3); 4 – поливні борозни*

Для спрощення сівби і нарізування борозен необхідно застосовувати додаткові транспортуючі трубопроводи (рис. 6.10). На наведеній схемі замість поливних трубопроводів можна застосовувати тимчасовий зрошувач.

Технологічні схеми поливу на зрошувальній мережі під дощувальні агрегати ДДА-100МА

На зрошувальній мережі під дощувальні машини ДДА-100МА можна застосовувати класичний полив по поздовжній або поперечній схемі (п. 2.3.), або поливні агрегати ППА-165У (п. 2.8.). При цьому відстань між тимчасовими зрошувачами можна збільшити у 2–3 рази залежно від параметрів поливних борозен і довжини поливних трубопроводів.

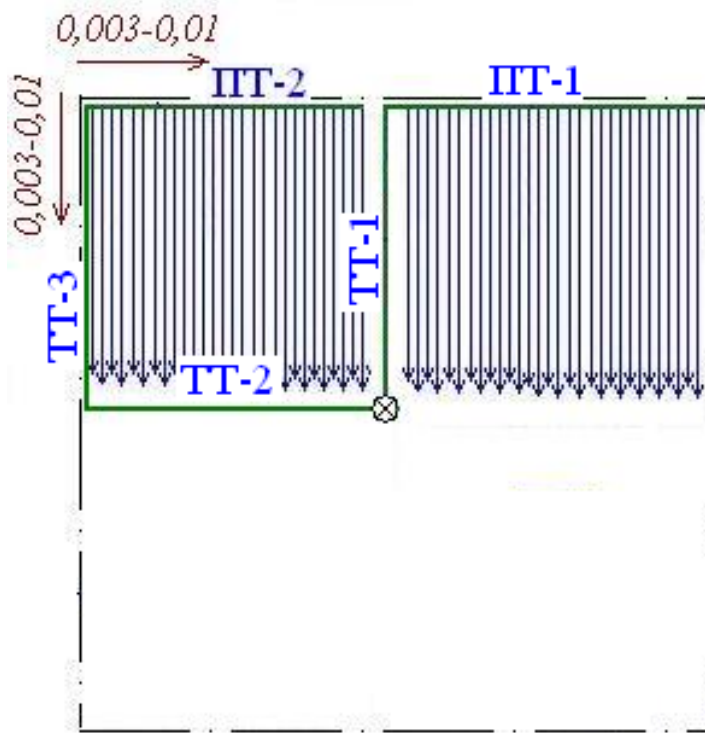


Рис. 6.10. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах з дощувальними машинами ДМУ «Фрегат» з використанням поливних трубопроводів: ПТ-1 і ПТ-2 – поливні трубопроводи (тимчасові зрошувачі); ТТ-1, ТТ-2 і ТТ-3 – транспортуючі трубопроводи

Для поверхнево-самопливного поливу можуть також використовуватися переобладнані дощувальні агрегати ДДА-100МА, які мають додатковий поливний трубопровід для подачі води в борозни (дощувально-поливний агрегат типу ДПА-140). Агрегат призначений для зрошення дощуванням у русі і розподілу води в борозни позиційно. Технологія зрошення самопливом така сама, як і в ДДА-100МА. Для поливу по борознах використовують два додаткових трубопроводи, підвішені до консолей ферми за допомогою тросів і блоків, які опускаються на землю, і вода від насоса подається до них. У транспортному положенні трубопроводи підіймаються до консолей ферми. Шлейфи обладнані регульованими водовипусками. Машиною керує тракторист із кабіни трактора.

На рис. 6.11 наведена схема поливу дощувально-поливного агрегату ДПА-140, а в табл. 6.2 наведені його технічні характеристики.

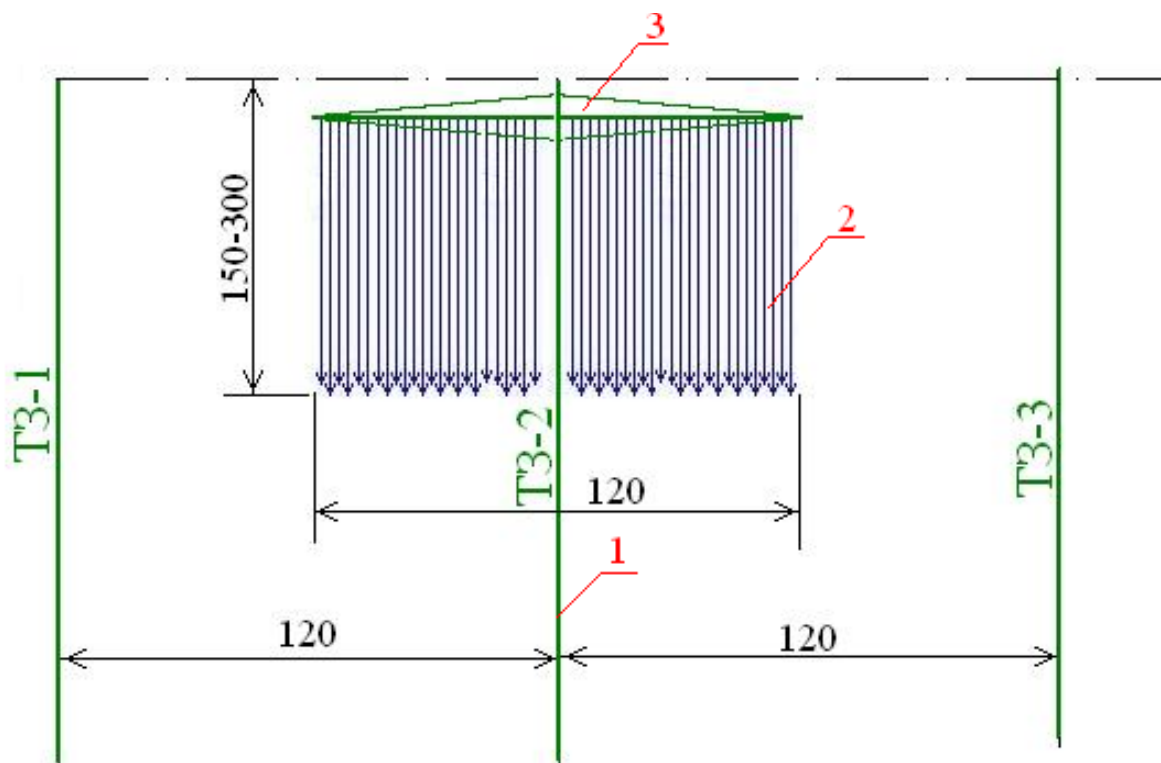


Рис. 6.11. Схема поверхнево-самопливного поливу на системах під ДДА-100МА з використанням дощувально-поливного агрегату типу ДПА-140: 1 – тимчасовий зрошувач (ТЗ-1, ТЗ-2 і ТЗ-3); 2 – поливні борозни; 3 – дощувально-поливний агрегат ДПА-140

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики ДПА-140

Показник	Характеристика
Витрата: - при дощуванні - при поливі по борознах	130 л/с 140 л/с
Тиск: - при дощуванні - при поливі по борознах	0,37 МПа до 0,15 МПа
Агрегується з трактором	ДТ-75
Відстань між зрошувачами	120 м
Обслуговуючий персонал	1 чел.
Маса обладнання для поверхневого поливу	500 кг
Сезонне навантаження	140 га
Робоча швидкість із забором води із відкритого зрошувача при дощуванні	0,45–1,3 км/год
Транспортна швидкість	2,5–4,55 км/год

6.3. Технічні засоби водоподачі для переведення частини зрошуваних земель на поверхнево-самопливний полив

Для забезпечення автоматизації водорозподілу і нормування води в поливній борозні і смуги застосовують сифони, поливні трубопроводи машини.

Для забезпечення роботи сифонів необхідно, щоб рівень води в тимчасовому зрошувачі був на 5–10 см вищим від рівня води в поливній борозні або смугі. Сифони рекомендується застосовувати при довжині борозен не менше 100 м і при похилі вивідних борозен не більше 0,001.

Поливні трубопроводи можуть бути виготовлені із гнучких або жорстких труб. Параметри поливних трубопроводів, водовипусків у борозни, крок їх розташування визначають на підставі гідравлічних розрахунків.

Як поливний трубопровід можна використовувати трубопровід дощувальних машин ДКШ-64 «Волжанка», ДФ-120 «Дніпро» або ДМУ «Фрегат».

Для забезпечення поверхнево-самопливного поливу, як один із варіантів технічних засобів, можна рекомендувати шлангове обладнання, яке можна виготовити власноруч із поліетиленового шланга, що складається із транспортуючого трубопроводу, поливного трубопроводу, касети для намотування шлангів. Поливний трубопровід має водовипуски напроти кожної борозни. Технічні характеристики наведені в табл. 6.3, а приклад застосування таких трубопроводів – рис. 6.10.

Таблиця 6.3 – Технічні характеристики шлангового обладнання

Показник	Характеристика
Трубопровід поліетиленовий, D _y	40–60 мм
Довжина транспортуючого трубопроводу	200 м
Довжина поливного трубопроводу	200 м
Розрахунковий напір	0,40 МПа
Витрата води	32 л/с

З'єднувальні елементи, запірно-регулюючу арматуру і водовипуски можна частково використовувати з комплектуючих елементів систем мікрозрошення.

Жорсткий трубопровід із поліетиленових труб діаметром 110, 125 мм комплектують із окремих відрізків, які з'єднують ущільнювальними клиновими муфтами. Для поливу на поливних трубопроводах влаштовують регулюючі водовипуски. Для приєднання трубопроводу до гідранта використовують гнучкий капроновий шланг. У табл. 6.4 наведені основні технічні характеристики такого трубопроводу.

У разі необхідності в комплект може входити транспортуючий трубопровід Ду 110, 125 мм довжиною до 200 м.

При невеликих поливних напорах можна використовувати гнучкі трубопроводи із поліетиленової плівки, технічні характеристики яких наведені в табл. 6.5.

Поряд з наведеними технічними засобами водоподачі в поливні борозни можна застосовувати поливну техніку розглянуту в розділах 2 і 3.

Таблиця 6.4 – Технічні характеристики поливного трубопроводу

Показник	Характеристика
Тип	Поливний швидкокороз'ємний
Ширина захвату	100 м
Витрата води	110–120 л/с
Кількість труб у комплекті	20 шт.
Кількість муфт	20 шт.
Маса	
- трубопроводу $D_y=110$ мм	95 кг
$D_y=125$ мм	124 кг
- шланга	5 кг
Водовипуски	Регулюючі

Таблиця 6.5 – Технічні характеристики гнучкого плівкового трубопроводу Ду 210 мм

Показник	Характеристика
Тип	Переносний
Довжина транспортуючого трубопроводу	400 м
Довжина поливного трубопроводу	400–800 м
Витрата води	35–60 л/с
Напір	1–3 м
Відстань між водовипусками	0,6–0,9 м
Маса	380 кг

6.4. Вибір елементів техніки поливу

Перезволоження ґрунту при поливі по борознах, так само як і створення нестійкого і недостатнього запасу вологи в ньому, зменшує ефективність поливу, і не сприяє отриманню високих урожаїв сільськогосподарських культур. Це досягається своєчасним проведенням поливів із зволоженням ґрунту на глибину проникнення основної маси кореневої системи рослин відповідно до потреб рослин, і по можливості на тривалий термін. При цьому поливи по борознах необхідно проводити таким чином, щоб не було руйнування структури ґрунту, ерозії, втрат води на глибинну фільтрацію і скидів з борозен. Це особливо є важливим за відсутності скидної мережі, що характерно для різних типів зрошувальних систем з дощуванням.

Тривалість подачі води в борозни залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту та поливної норми і рекомендується для легких ґрунтів (пісків і супісків) – 2–4 год; середніх (легких і середніх суглинків) – 6–8; важких (важких суглинків і глин) – 8–10 год.

Ефективність поливу по борознах у значній мірі залежить від правильності вибору відстані між борознами, що залежить від водно-фізичних властивостей ґрунтів, виду сільськогосподарської культури та типу борозен (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Типи та поперечні розміри поливних борозен

Тип поливної борозни	Поперечні розміри, см	
	глибина	ширина
Глибока вузька	18–24	35–40
Глибока широка	18–24	50–60
Середня вузька	14–20	25–30
Середня широка	14–20	50–60
Мілка вузька	10–14	25–30
Мілка широка	10–14	45–50

У загальному випадку відстань між борознами визначається за формулою

$$b = 2\xi(t) + b_0 + c, \quad (6.1)$$

де $\xi(t)$ – бокове переміщення контуру зволоження за період t ;

b_0 – ширина борозни;

c – післяполивне переміщення контуру зволоження, що дорівнює 0,05–0,10 м (залежно від типів ґрунтів).

Для різних типів ґрунтів рекомендуються такі відстані між борознами:

- піщані і супіщані – 0,5–0,6 м;
- легко- і середньосуглинкові – 0,7–0,9 м;
- важкосуглинкові та глинисті – 0,9–1,2 м.

Вибирають тип борозни і відповідно її розміри (табл. 5.6), у першу чергу глибину залежно від виду сільськогосподарської культури та рельєфу поливної ділянки.

Мілкі борозни рекомендується застосовувати для поливу переважно овочевих культур (цибуля, морква, буряки) у всі фази їх розвитку, а також інших видів сільськогосподарських культур у ранні фази розвитку.

Глибокі поливні борозни більш ефективні при поливі винограду, плодкових та інших культур з глибоко проникаючою кореневою системою на ґрунтах переважно важкого механічного складу.

Залежно від умов рельєфу (похилу поверхні) полів, сільськогосподарських культур поливати можна із застосуванням проточних, тупих борозен та борозен-щілин.

При застосуванні проточних борозен для попередження скидів води, в кінці борозен, у які вода подається одночасно, з'єднують поперечною борозною, що виконує роль збирача надлишкової води із вищерозташованих борозен. Цю воду можуть використовувати для поливу нижчерозташованих борозен або в крайньому разі відводити за межі поля.

Полив по проточних борознах виконують подачею такої кількості води, яка б під час руху повністю витрачалася на зволоження ґрунту і створювала в ньому необхідний запас вологи. Основні вимоги до техніки поливу по проточних борознах полягають у дотриманні заданого похилу борозни по всій її довжині, відстані між борознами, вибору правильної довжини поливних борозен, їх глибини, величини витрати поливного струменя, що подається в кожную борозну.

Тупі борозни застосовують на полях з малими похилами. Наповнення їх водою допускається на 2/3 глибини, а кінцева частина борозни, для запобігання скиду води за її межі, перекривається наглухо.

Застосування борозен-щілин є ефективним на важких ґрунтах. Цей спосіб поливу полягає в нарізуванні борозен, що мають у дні щілину завширшки 2–3 см і завглибшки до 20–25 см. Найбільш доцільним є використання борозен-щілин під час вологозарядкових і передпосівних поливів.

При виборі довжини борозни, необхідно виходити з того, що чим вона більша, тим більшою буде продуктивність поливу.

Полив по довгих борознах (завдовжки 200–400 м) застосовують при похилах поверхні 0,002–0,008 на ґрунтах зі середньою і слабкою водопроникністю. Найбільш ефективним є полив по довгих борознах з періодичною подачею води в них.

Запитання для самоконтролю

1. Чому виникає питання про організацію поверхнево-самопливного поливу на системах з дощувальними машинами?
2. Чому при впровадженні поверхнево-самопливного способу поливу в деяких випадках не вся площа може бути охоплена поливом?
3. Які найбільш оптимальні умови щодо водопроникності ґрунту та похилу поверхні, для застосування поверхнево-самопливного поливу?
4. Чим обумовлене розташування закритої зрошувальної мережі на системах під дощувальні машини?
5. Які схеми переобладнання під поверхнево-самопливний полив можна запропонувати на мережі під дощувальні машини?
6. Яким чином пропонують виконувати полив по борознах з одnobортного зрошувача зі щитом-перемичкою на системах під дощувальні машини «Волжанка» і «Дніпро»?
7. Як пропонують поливати по борознах за допомогою бульдозера на системах під дощувальні машини «Волжанка» і «Дніпро»?
8. Як можна здійснити полив із поливного трубопроводу при поперечній схемі поливу на системах під дощувальні машини «Волжанка» і «Дніпро»?
9. Як пропонують поливати із поливного трубопроводу при поздовжній схемі на системах під дощувальні машини «Волжанка» і «Дніпро»?
10. Що являють собою переобладнані дощувальні машини з поливними шлейфами?
11. Яку систему поливу пропонують для шлангового обладнання типу АШУ на системах під дощувальні машини «Волжанка» і «Дніпро»?
12. Які технологічні схеми поливу поверхнево-самопливного способу можна запропонувати на закритій зрошувальній мережі під дощувальну машину ДМУ «Фрегат»?
13. Які технологічні схеми поливу поверхнево-самопливного способу можна застосувати на мережі під дощувальні агрегати ДДА-100МА?
14. За якою схемою працює дощувально-поливний агрегат ДПА-140?

15. Які технічні засоби водоподачі для переведення частини зрошуваних земель на поверхнево-самопливний полив можна застосувати?
16. Від чого залежить вибір елементів техніки поливу при поливі по борознах і смугах?
17. Від чого залежить відстань між борознами при поливі поверхнево-самопливним способом?
18. Від чого залежить вибір типу борозен і їх розміри?
19. Які особливості застосування проточних борозен при поверхнево-самопливному зрошенні?
20. У чому полягають особливості застосування тупих борозен при поверхнево-самопливному зрошенні?
21. Як виконують полив по борознах-щілинах?

7. ПІДГОТОВКА ПОЛЯ ДО ПОВЕРХНЕВО-САМОПЛИВНОГО ПОЛИВУ

Підготовка зрошуваних земель до поливу передбачає експлуатаційне (поточне) планування, передпосівне вирівнювання поверхні поля, нарізування і зарівнювання тимчасової зрошувальної мережі, розташування необхідної поливної арматури і переносних споруд, очищення і обкошування каналів внутрішньогосподарської зрошувальної мережі.

7.1. Експлуатаційне планування, маловання і вирівнювання поля

Експлуатаційне планування, маловання і вирівнювання поля виконують для створення відповідного однорідного похилу поверхні землі вздовж елементів зрошувальної мережі та усунення нерівностей, що створюються під час обробітку ґрунту.

Експлуатаційне планування проводять один раз у 2–3 роки в наприкінці літа або восени довгобазовими планувальниками після збирання попередніх культур, маловання або вирівнювання – щорічно.

При експлуатаційному плануванні поверхні поля зникають дрібні впадини і підвищення, роз'ємні борозни, звальні гребені та інші нерівності. Поверхню поля, розпушену на глибину 5-7 см, вирівнюють за 1–3 проходи планувальника.

Маловання – це вирівнювання і ущільнення верхнього шару ґрунту на зрошуваних ділянках. Застосовують для підготовки поля до сівби і наступних поливів. Здійснюють знаряддям малою (звідси і назва) – чотиригранним дерев'яним брусом, який зсовує гребені і великі груддя землі, розминає їх, зміщує в заглиблення або вдавлює у ґрунт.

Агротехнічні вимоги до експлуатаційного планування і вирівнювання поля

1. Вологість важких і середніх за гранулометричним складом ґрунтів при експлуатаційному плануванні має бути рівною 70–75 % НВ, легких – 60–65 % НВ. Довжина гонів повинна бути не менше 100 м.
2. Відхилення нерівностей спланованої поверхні від середнього її значення не повинні перевищувати ± 5 см, кількість проходів планувальника залежить від їх величини (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Кількість проходів планувальника залежно від нерівностей

Ширина нерівностей, м	Висота нерівностей, м		
	0,3	0,2	0,1
30	5	4	3
20	4	3	3
10	3	2	1

3. Поливні ділянки між постійними зрошувачами необхідно планувати цілими масивами, без розділення уступами на планувальні ділянки або майданчики. Стики між суміжними проходами вирівнювача повинні бути без уступів і валиків висотою більше 2–3 см.
4. Похил у напрямку поливу може нарізатися від 0,00025 до 0,02–0,03. Величина загальних і місцевих поперечних похилів поливної ділянки допускається не більше 0,005–0,01, а в разі необхідності регулярних промивок ґрунту – не більше 0,003. При плануванні рисових чеків похил має бути відсутнім у всіх напрямках.
5. Глибина зрізання ґрунту з підвищених місць ділянки не повинна перевищувати допустимих величин (табл. 7.2), що залежать від виду ґрунту і потужності гумусового горизонту.
6. При поверхнево-самопливному поливі допустимі похили вздовж борозен залежать від їх довжини (табл. 7.3).

Характеристика машин для планування і вирівнювання

Експлуатаційне планування і передпосівне вирівнювання зрошуваних земель виконують довгобазовими планувальниками Д-719, ДЗ-602А, П-5, П-4, ПА-3 і П-2,8А, причіпними і навісними вирівнювачами ВП-8, ВПН-5,6 та МВ-6, а також навісними грейдерами-планувальниками ГН-4 та ГН-2,8.

Таблиця 7.2 – Допустимі величини зрізання ґрунту при експлуатаційному плануванні земель

Вид ґрунту	Потужність горизонтів, см		Допустима величина зрізання ґрунту, см
	Н+Р	у тому числі горизонт Н	
Чорноземні та луково-чорноземні: - потужні та надпотужні - середньопотужні - малопотужні	80 та більше 40–80 30–40	- - -	30–35 20–30 15–20
Каштанові та луково-каштанові: - потужні - середньопотужні - малопотужні - скорочені	50 та більше 30–50 20–30 Менше 20	20–30 20–25 15–18 -	15–20 10–15 5–15 0–5
Бурі, луково-бурі, сіро-бурі	20–35	15	5-10
Сіроземи та лучно-сіроземи	80–140	25–45	80–35
Заплавні - лучні - лучні темноколірні - лучні шаруваті	- - - -	40–120 20–80 20	15–40 5–30 5
Солонці та солонцюваті	-	5–15	15–20 (після плантажу*)

* Плантаж (плантажна оранка) – це глибока оранка ґрунту плантажними плугами (40–100 см), що сприяє покращенню його властивостей і створює сприятливі умови для розвитку коріння.

Таблиця 7.3 – Допустимі похили поверхні землі вздовж поливних борозен

Довжина борозен, м	250–300	300–350	350–450
Мінімальний похил	0,001	0,004	0,005
Максимальний похил	0,004	0,007	0,010

Планувальник довгобазовий причіпний П-4 (рис. 7.1) призначений для експлуатаційного планування і вирівнювання зрошуваних полів. Агрегують з тракторами класу тяги 4–5 тс (ХТЗ-180Р, ХТЗ-181, ХТЗ-201, ХТЗ-220 К-700А, К-701 та ін.). Ширина захвата 4 м, ємкість ковша 3 м³, межі регулювання ковша по висоті зрізання ґрунту 10 см, є розпушувач. База в робочому стані – 15 м.

Планувальник складається із рами 4–6, ковша 7, переднього і заднього ходових візків і гідросистеми. Рама зварної конструкції

виготовлена із прокатного сталюого листа. Для більшої маневреності планувальника рама може бути зменшена шляхом зсування її частин.

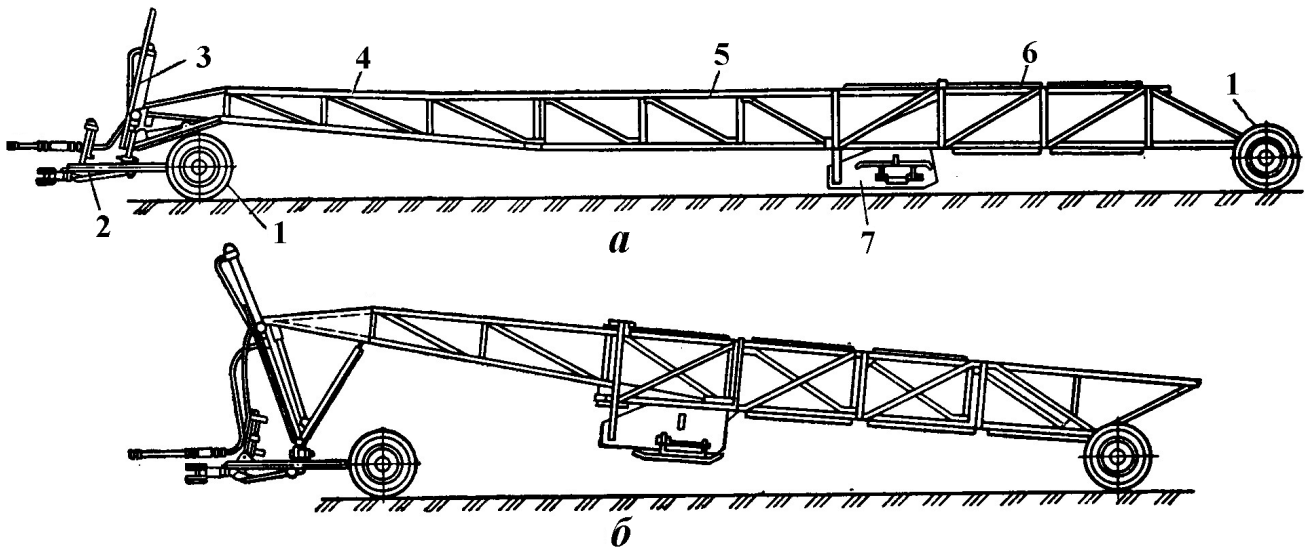


Рис. 7.1. Конструктивна схема довгобазового планувальника П-4:
а – у робочому положенні: 1 – опорне колесо; 2 – передок; 3 – гідроциліндр; 4 – передня частина рами; 5 – середня частина рами; 6 – задня частина рами; 7 – ківш; б – в транспортному положенні (при складеній рамі)

Перед початком роботи ківш планувальника встановлюють так, щоб лезо ножа притулялося до поверхні землі. Під час руху агрегату на підвищених місцях ніж зрізує бугри, і ківш заповнюється ґрунтом, на рівних місцях протягує ґрунт, а на впадинах відсипає його і заповнює ці виїмки. На бокових стінках ковша змонтовані лижі, які попереджають його від поломок під час транспортування планувальника по пересіченій місцевості.

Гідроциліндр 3 слугує для підйому і опускання переднього краю рами планувальника разом з жорстко змонтованим на ній ковшем.

Планувальник довгобазовий причіпний Д-719 (рис. 7.2) призначений для планування рисових полів, а також розрівнювання ґрунту після проведення планувальних робіт скреперами та бульдозерами. Агрегатують з тракторами класу тяги 4–5 тс (ХТЗ-180Р, ХТЗ-181, ХТЗ-201, ХТЗ-220 К-700А, К-701 та ін.). Ширина захвата 4 м, ємкість ковша 3,5 м³, межі регулювання ковша по висоті зрізання ґрунту 8 см. База в робочому положенні – 10 м.

Основні вузли його: шарнірна рама, ківш, розпушувач, рейки покажчика, фіксатор. Рама являє собою балку коробчатого перерізу. У передній частині рами підвішений фіксатор, що є її опорою при

транспортуванні і тривалих стоянках. Передня частина рами опирається через тягу і гідроциліндр на передок. У задній частині рами по кінцях і в середині встановлені фланці для кріплення коліс.

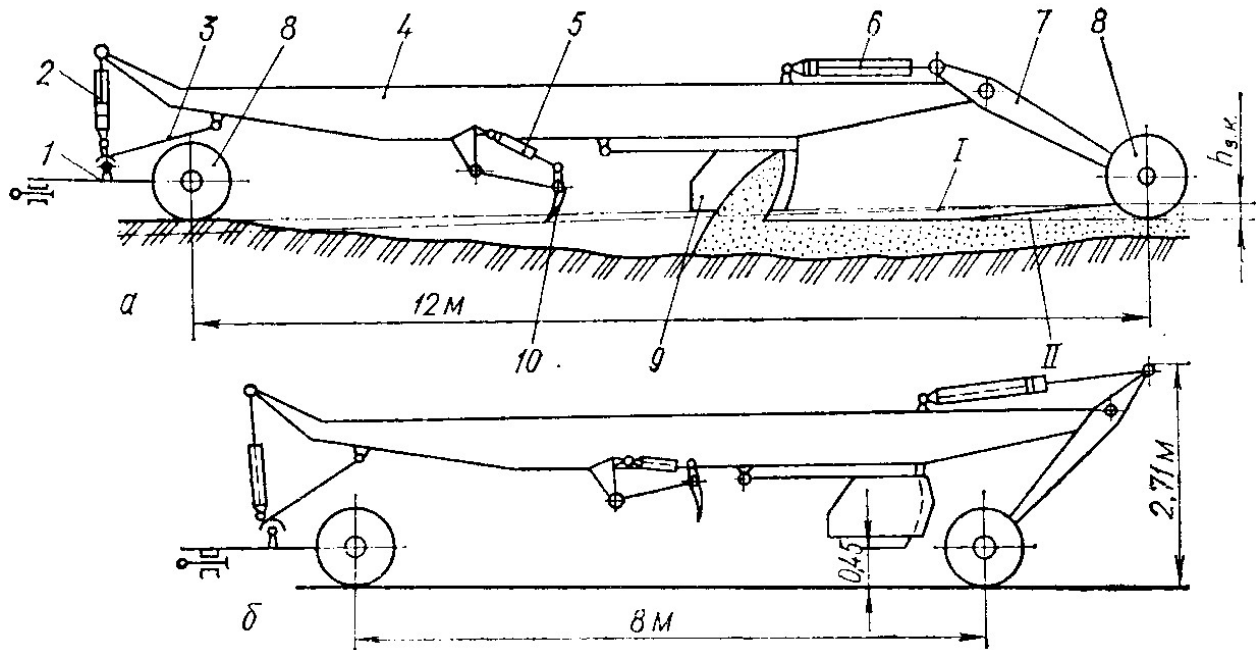


Рис. 7.2. Конструктивна схема довгобазового планувальника Д-719:
а – робоче положення; 1 – дишло; 2 – передній гідроциліндр; 3 – тяга;
4 – передня рама; 5 – гідроциліндр заглиблення зуба розпушувача;
6 – задній гідроциліндр; 7 – задня рама; 8 – колесо; 9 – бездонний ківш;
10 – розпушувач; I, II – опорні поверхні коліс до і після осідання в ґрунту;
б – транспортне положення

Бездонний ківш складається із задньої стінки з ножами і двох бокових стінок. Ківш прикріплений до рами планувальника шарнірно. Задня стінка ковша розташована перпендикулярно поздовжній осі планувальника.

Для полегшення роботи ковша планувальник обладнано розпушувачем. Він розташований спереду ковша і призначений для розпушення ґрунту на підвищених місцях на глибину до 100 мм.

Планувальник довгобазовий напівнавісний ДЗ-602А. Має підсилену конструкцію, аналогічну планувальнику Д-719. Його застосовують для експлуатаційного планування зрошуваних полів. Агрегатують з трактором класу тяги 5 тс (К-700А та К-701). Ширина захвата 4,5 м, ємкість ковша 5 м³. Регулювання ковша по висоті зрізання 8 см. База в робочому положенні – 12 м.

Планувальник довгобазовий причіпний П-5 призначений для експлуатаційного планування і вирівнювання зрошуваних полів. Агрегують з тракторами класу тяги 5–6 тс (К-700А, К-701, К-734, К-744, Т-130, Т-170М та ін.). Ширина захвата 5 м, ємкість ковша 4,2 м³, регулювання ковша по висоті зрізання ґрунту 10 см, є розпушувач. База в робочому стані – 12 м.

Планувальник довгобазовий автоматичний ПА-3 (рис. 7.3) розрахований на експлуатаційне планування і передпосівне вирівнювання зрошуваних полів. Агрегують з тракторами класу тяги 3 тс (ХТЗ-150-03, ХТЗ-150-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.). Ширина захвата 3,05 м, ємкість ковша 0,6 м³, регулювання ковша по висоті зрізання ґрунту 10 см. База в робочому стані – 11 м.

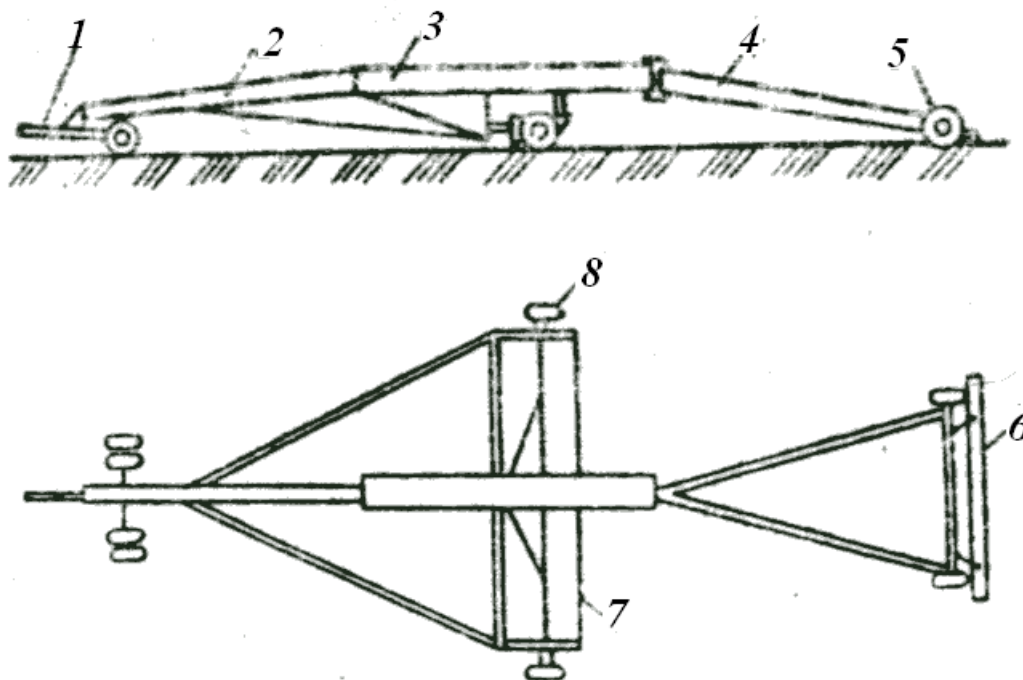


Рис. 7.3. Конструктивна схема автоматичного планувальника ПА-3:
 1 – передній ходовий візок; 2, 3 і 4 – передня, середня і задня секції рами;
 5 – задній ходовий візок; 6 – зглажувальний пристрій; 7 – ківш;
 8 – колеса системи автоматики

Підняття і опускання ковша відбувається автоматично залежно від рельєфу поля, за допомогою допоміжної пари коліс. Принцип дії механізму такий: потрапляючи в пониження на полі, бокові колеса опускаються, ківш перекидається і засипає пониження ґрунтом. На підвищених місцях бокові колеса підіймаються, ківш опускається, збільшуючи товщину зрізання ґрунту.

Планувальник довгобазовий причіпний П-2,8А призначений для експлуатаційного планування і передпосівного вирівнювання зрошуваних полів. Агрегатують з тракторами класу тяги 3 тс (ХТЗ-150-03, ХТЗ-150-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.). Ширина захвата 2,8 м, ємкість ковша 2,2 м³, регулювання ковша по висоті зрізання ґрунту 10 см, є розпушувач. База в робочому стані – 15 м.

Планувальник-вирівнювач ПВМ-5,0 (рис. 7.4) призначений для проведення пошарового вирівнювання земель у процесі їх сільськогосподарського освоєння і експлуатації. Вирівнювач ПВМ-5,0 агрегатують з тракторами класу тяги 5–6 тс (К-700А, К-701, К-734, К-744, Т-130, Т-170М та ін.). Залежно від ґрунтових умов вирівнювач застосовують відразу після оранки з наступним дискуванням, після дискування або фрезерування.

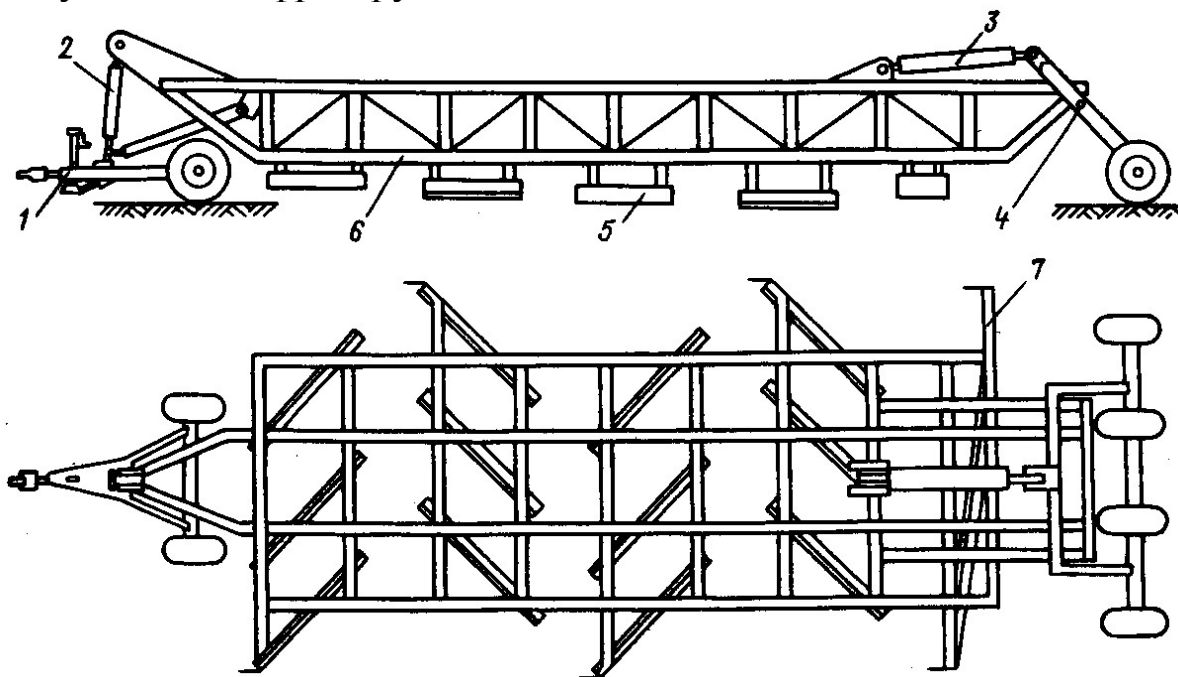


Рис. 7.4. Планувальник-вирівнювач ПВМ-5,0:

*1 – передок; 2, 3 – гідроциліндри; 4 – задня рама; 5 – грейдерні відвали;
6 – рама; 7 – зачісний відвал*

Об'єм ґрунту, що пересувається за один прохід, становить 5–6 м³, ширина захвата агрегату – 5 м. База в робочому стані 12,7 м, у транспортному – 11 м.

Планувальник-вирівнювач ПВМ-5,0 складається із рами 6, передка 1 з ходовими колесами і задньої опорної рами 4 з ходовими колесами. До рами вирівнювача прикріплений робочий орган, обладнаний чотирма горизонтальними секціями, кожна із яких має

три відвала 5 грейдерного типу з кутом захвата 45°. Відвали кожної наступної секції повернуті до відвалу попередньої секції на 90°. На нижній кромці відвалу встановлені горизонтальні гострі леза. За секціями з відвалами встановлений один зачісний відвал 7 з кутом захвата 80°.

Керують планувальником із кабіни трактора шляхом підйому передньої і задньої частин рами за допомогою гідроциліндрів 2 і 3. Робочий орган планувальника пошарово зрізає ґрунт на підвищеннях, пересуває його до місця відсіпки за одночасного руху ґрунту вздовж відвалів. Вирівнювання площ здійснюють за допомогою суцільного обробітку ділянки у 2–4 сліди.

Вирівнювач передпосівний причіпний АП-8 призначений для передпосівного вирівнювання зрошуваних полів. При ширині захвата 8 м його агрегатують з тракторами класу тяги 4 тс (ХТЗ-180Р, ХТЗ-181, Т-4А), а без розширювачів при ширині захвата 6 м з тракторами тяги 3 тс (ХТЗ-150-03, ХТЗ-150-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.).

Вирівнювач навісний ВПН-5,6 застосовують для передпосівного вирівнювання зрошуваних полів. Агрегатують з тракторами класу тяги 3–4 тс (ХТЗ-150-03, Т-150-05-09, ДТ-75М ХТЗ-180Р, ХТЗ-181, Т-4А). Ширина захвата 5,6 м.

Мала-вирівнювач причіпний МВ-6 призначений для маловання – передпосівного ущільнення ґрунту та вирівнювання полів. Його агрегатують з тракторами класу тяги 3 тс (ХТЗ-150-03, ХТЗ-150-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.). Ширина захвата 6 м.

Грейдер-планувальник навісний ГР-4 призначений для передпосівного планування і вирівнювання зрошуваних полів. Ширина захвата 3 і 4 м, його агрегатують з тракторами класу тяги 3–4 тс (ХТЗ-150-03, Т-150-05-09, ДТ-75М ХТЗ-180Р, ХТЗ-181, Т-4А). Грейдер забезпечує розпушування на глибину до 8 см.

Грейдер-вирівнювач ГН-2,8 розрахований на планування та вирівнювання зрошуваних полів. Агрегатують з тракторами класу тяги 1,4 тс (ЮМЗ-6АКЛ, ЮМЗ-650, МТЗ-8082, МТЗ-8280, МТЗ-570 та ін. Ширина захвата 2,8 м. Грейдер-вирівнювач (грейдерний ніж) – напівпричіпний планувальник.

Робота агрегатів при плануванні і вирівнюванні полів

Експлуатаційне планування буває двох видів: поточне і ремонтне.

Поточне планування – це передпосівне вирівнювання, яке входить до комплексу передпосівного обробітку ґрунту. При цьому виді планування вирівнюють дрібні нерівності висотою 10–15 см довжиною до 10–12 м, а також гребневисті оранки, роз'ємні і звальні борозни. Для цього застосовують вирівнювачі і малу.

Ремонтне планування проводять один раз протягом ротації сівозміни, коли на поверхні поля утворюються нерівності висотою 25–30 см і довжиною 35–40 м. Для їх вирівнювання застосовують довгобазові планувальники або грейдери.

Перед плануванням поле готують відповідно до використовуваних агрегатів, способів їх руху і схеми організації. Поле очищають від сторонніх предметів і рослинних решток. Ґрунт не повинен містити каміння діаметром більше 10 см та пеньків. Щільні або задерновані ґрунти розпушують плугами чи дисковими боронами.

При підготовці поля до планування необхідно виконати: відбивку поворотних смуг, провішування лінії першого проходу агрегату, розбивку поля на загінки. Виконання цих операцій не завжди є обов'язковим і доцільним. Наприклад, коли можна виїжджати за межі поля, поворотні смуги не відбивають; якщо бокова межа поля прямолінійна, то лінію першого проходу не провішують.

Усі роботи по розмітці поля мають бути виконані до початку роботи агрегатів.

Планування поверхні поля виконують по загінній або діагональній схемі.

При **загінній схемі** робіт (рис. 7.5) планувальник працює загінками шириною 25–30 м. Ділянку обробляють спочатку в одному напрямку, а потім знову в напрямку поперек ходів і т. д. При цьому на поворотах ківш із робочого положення не виймають, що дозволяє планувати нарівні зі всією площею ділянки поворотні смуги.

При **діагональній схемі** роботи (рис. 7.6) планувальник за один прийом обробляє площу всієї ділянки у два сліди проходами агрегату по діагоналі у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

В обох випадках останній обробок ділянки проводять загінним способом з проходом планувальника в напрямку поливу. Круті повороти планувальника радіусом менше 16 м не допускаються.

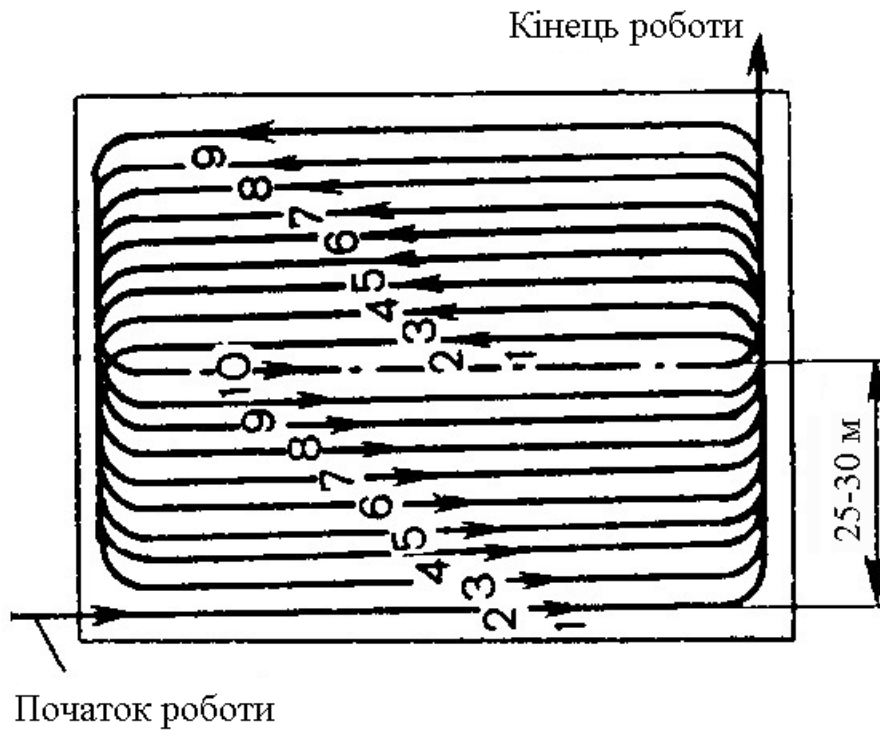


Рис. 7.5. Загінна схема роботи планувальника

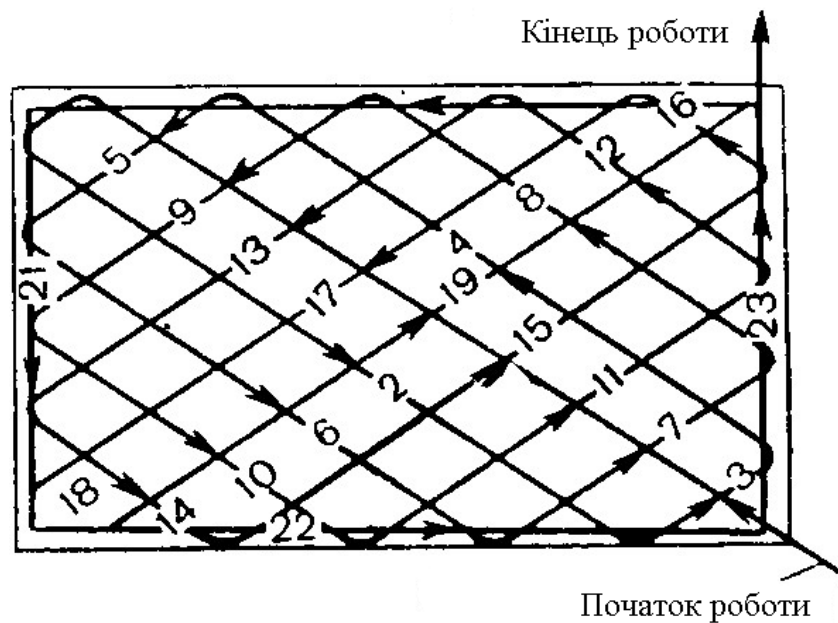


Рис. 7.6. Діагональна схема роботи планувальника

Якщо ділянка, яка підлягає плануванню, має видовжену форму (коли довжина однієї сторони її в декілька разів перевищує довжину іншої), то поверхню ділянки вирівнюють планувальником двома першими діагональними слідами в такому порядку (рис. 7.7):

- ділянку розбивають на квадрати зі стороною 300–500 м;

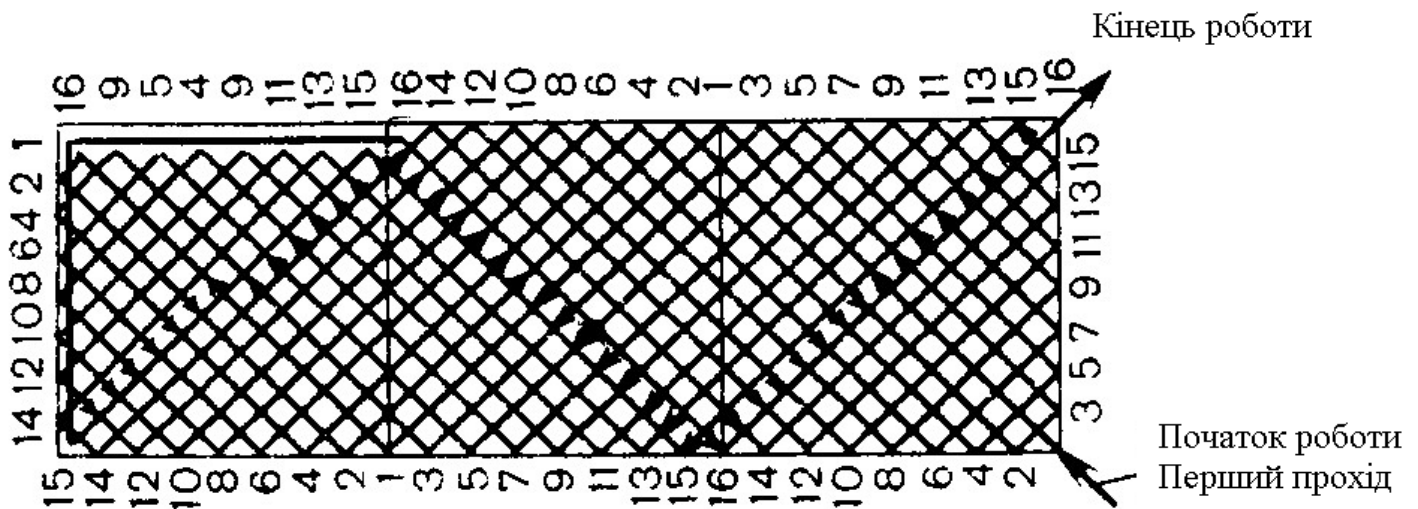


Рис. 7.7. Діагональна схема роботи планувальника на видовжених ділянках

- трактор з планувальником рухається від однієї вершини по діагоналі першого квадрата до другої вершини, після чого робить поворот і продовжує рух по діагоналі квадрата другого, потім третього і т. д.;
- коли агрегат дійде до вершини останнього квадрата, тоді його розвертають і ведуть у зворотному напрямку вздовж першого проходу;
- агрегат розвертають і перехрещують під прямим кутом до сліду першого проходу, і знову починають рух вздовж першого проходу з іншого боку;
- останній прохід роблять поздовжніми ходами, паралельними поливу, загінним способом.

Контроль і оцінка якості планувальних робіт

Ефективність зрошеного гектара багато в чому залежить від якості планувальних робіт. Правильно сплановане і вирівняне зрошуване поле дозволяє:

- рівномірно загортати насіння у ґрунт і отримувати дружні сходи посівів;
- при зрошенні, особливо по борознах та смугах, – рівномірно розподілити воду по полю, скоротити непродуктивні втрати, зменшити або виключити підйом ґрунтових вод.

Контроль спланованої поверхні ґрунту виконують за допомогою нівелювання. Відхилення фактичних відміток від проектних не повинне перевищувати ± 5 см.

Якість роботи на вирівнюванні ґрунту оцінюють згідно з показниками наведеними в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Контроль і оцінка якості при вирівнюванні

Показник	Спосіб визначення	Градація нормативів	Бал
Наявність не загорнутих борозен, глибиною, см	Замір глибини не загорнутих борозен по діагоналі поля через 50 м (10 раз)	1–2	4
		3	3
		4	1
		Більше 4	0
Наявність валиків ґрунту висотою, см	Визначення висоти валиків у місцях перекриття між секціями і проходами агрегату (10 раз)	1–2	4
		3	3
		4	3
		Більше 4	0
Огріхи площею, м ²	Огляд поля по діагоналі і замір площі пропусків	До 6	1
		Більше 6	0

Якість роботи оцінюють по фактичних значеннях показників, отриманих в результаті контролю або по сумі наведених балів: 8–9 балів – відмінно, 6–7 – добре, 4–5 – задовільно і менше 4 – незадовільно.

При значному погіршенні якості робіт за показниками, які не враховані в табл. 7.4, агроном чи гідротехнік може знизити кількість балів (на 1–2) або повністю забракувати роботу.

7.2. Нарізування тимчасової зрошувальної мережі

Тимчасова зрошувальна мережа в більшості випадків складається із тимчасових зрошувачів, а іноді й із вивідних борозен. Тимчасові зрошувачі застосовуються як при поверхнево-самопливному способу поливу, так і при дощуванні деякими видами агрегатів (ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100).

Агротехнічні вимоги до тимчасових зрошувачів

1. Тимчасові зрошувачі нарізають за двома схемами – вздовж або поперек вибраного напрямку поливу. Вибір тієї чи іншої схеми влаштування тимчасової мережі залежить від величини похилу місцевості і водопроникності ґрунту.
2. На поливних ділянках з малими похилами місцевості (менше 0,002), великій водопроникності ґрунту тимчасові зрошувачі

нарізають за поздовжньою схемою. Борозни (смуги) розташовують уздовж похилу. Для подачі води на поливну ділянку додатково нарізають тимчасовий зрошувач уздовж похилу, а вивідні борозни – під гострим кутом до горизонталей місцевості. Ця схема трудомістка (з пониженим ККД зрошувальної мережі і КЗВ ділянки), але вона перешкоджає розмиванню зрошувачів і перезволоженню головної (початкової) частини поля.

3. На поливних ділянках з великими похилами місцевості (більше 0,008), при яких можна поливати по уклону в разі слабкої водопроникності ґрунту, тимчасові зрошувачі нарізають за поперечної схеми, тобто поперек напрямку поливу. За даної схеми вивідні борозни не нарізають, оскільки вода подається безпосередньо із тимчасових зрошувачів. Якщо напрямок поливу вибрано під гострим кутом до горизонталей (менше 45°), то раціональніше застосовувати поздовжню схему.
4. При середніх похилах (0,002–0,008) можна застосовувати як поздовжню, так і поперечну схеми, але ефективнішою є остання, через те що довжина тимчасової вивідної мережі коротша в 1,5–2,0 рази.
5. Довжину тимчасових зрошувачів установлюють залежно від похилу самого зрошувача, витрат води, водопроникності ґрунту і складності рельєфу. При малих похилах і витратах води, слабкій водопроникності і рівномірному рельєфі довжина тимчасових зрошувачів може становити 1000–1500 м. При складному рельєфі і великій водопроникності ґрунту довжину тимчасових зрошувачів зменшують до 400 м.
6. Під час поливу ділянки агрегатом ДДА-100МА відстань між тимчасовими зрошувачами встановлюють строго через 120 м, при поливі агрегатом ДДН-70 з урахуванням перекриття – 90 м, агрегатом ДДН-100 – до 110–120 м, при поливі жорсткими та гнучкими поливними трубопроводами, а також агрегатами ППА-165 та ППА-300 – рівній довжині поливних борозен чи смуг при поперечній схемі їх розташування.
7. Тимчасові зрошувачі нарізають прямолінійно паралельно один одному.
8. Відстань між першим тимчасовим зрошувачем і межею поливної ділянки приймають рівною розрахунковій довжині

крила або радіуса розпилювання дощувальних машин. Під час поливу жорсткими та гнучкими трубопроводами перший зрошувач нарізають по межі поливної ділянки.

9. Оптимальні похили прокладання тимчасових зрошувачів такі, при яких швидкість руху води буде менше розмиваючої. При такій швидкості починається іригаційна ерозія ґрунту. Ці похили коливаються в межах 0,0002–0,0015.
10. Тимчасові зрошувачі, які призначені для поверхнево-самопливних поливів із трубопроводів, дозволяють створювати перепад рівнів, підсилювати потік води по трубопроводах і підвищувати продуктивність праці поливальників. Тому рівень води в зрошувачах має бути вище зрошуваної поверхні при великих похилах на 5 см, при середніх – на 10 і при малих – на 15–20 см.
11. Поперечний переріз (профіль) тимчасового зрошувача повинен пропускати розрахункові витрати води. Під час поливу дощуванням тимчасовий зрошувач розраховують на пропускання витрат тільки однієї дощувальної машини з урахуванням витрат води на фільтрацію у зрошувачі. Для нарізування тимчасового зрошувача підбирають марку канавокопача, який створює переріз, що забезпечує необхідне пропускання води за одиницю часу. Наприклад, канавокопачем Д-716 нарізають зрошувачі на пропускання 150 л/с, а КЗУ-0,3 – тільки на пропускання до 100 л/с.
12. Тимчасові зрошувачі нарізають після нарізування поливних борозен.

Характеристика машин для нарізування і зарівнювання тимчасової зрошувальної мережі

При нарізуванні та зарівнюванні тимчасової зрошувальної мережі використовують канавокопачі Д-716, МК-16 і МК-19, зарівнювачі каналів МК-15, універсальні канавокопачі-зарівнювачі КЗУ-0,5 і КЗУ-0,3, а також канавокопач-борозник із зарівнювачем КБН-0,35А.

Канавокопач-зарівнювач КЗУ-0,3 (начіпний) призначений для нарізування та зарівнювання тимчасових зрошувачів і вивідних борозен, нарізання і розрівнювання валиків (пал), глибокого розпушування (чизелювання) ґрунту, планування поля. Продуктивність канавокопача – 4 км/год, нарізувача пал – 6 км/год,

зарівнювача – 5,5 км/год, розрівнювача – 7,0 км/год, чизель-культиватора – 1,4 га/год, планувальника – 1,8 га/год. Агрегатується з тракторами класу тяги 3 тс (ХТЗ-150К-03, ХТЗ-150К-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.).

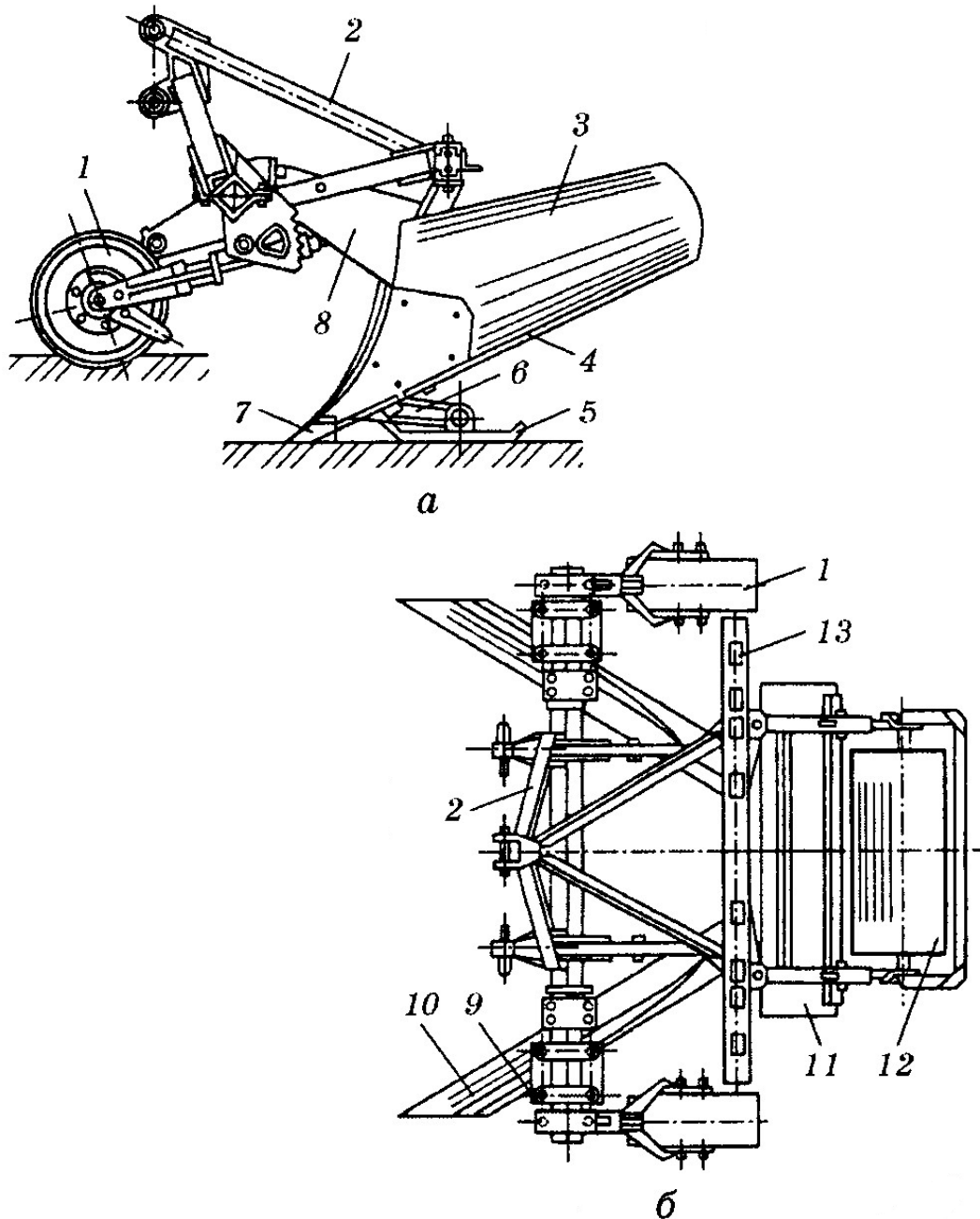


Рис. 7.8. Канавокопач-зарівнювач КЗУ-0,3:

а – для нарізування каналів; *б* – для зарівнювання каналів (вид зверху);
 1 – опорне колесо; 2 – основна рама; 3 і 9 – відвали; 4 і 10 – ножі; 5 – п'ятка; 6 – тримач;
 7 – леміш; 8 – стояк; 11 – розрівнювальна дошка; 12 – коток; 13 – поперечна балка

Канавокопач-зарівнювач КЗУ-0,3 (рис. 7.8 та рис. 3.3) має універсальну раму, на якій монтуються змінні робочі органи для виконання технологічних процесів. Рама 2 складається із переднього і

заднього брусів. Передній брус обладнано подовжувачами, він спирається на колеса 1, переустановленням яких змінюють глибину ходу.

Нарізаючи тимчасові канали, до основної рами 2 (рис. 7.8,*а*) прикріплюють двовідвальний корпус, який складається із прикріплених до стояка 8 правого і лівого відвалів 3 лемеша 7. На приварений до стояка кронштейн встановлюють п'ятку 5, яка ущільнює дно каналу. Висоту встановлення п'ятки регулюють поворотом тримача 6. До нижніх кромek відвалів болтами закріплюють ножі 4.

Для нарізування зрошувачів до стояка корпусу кріплять леміш завширшки 500 мм, а до відвалів – змінні ножі завширшки 110 мм. При нарізанні вивідних борозен застосовують леміш 300 мм і ножі – 50 мм. Канавокопач «500» нарізає канал трапецієподібної форми, який має глибину виїмки 0,3 м, ширину по дну 0,5 м і закладання відкосів 1:1; канавокопач «300» відповідно 0,25; 0,3 м і 1:1.

При зарівнюванні каналів до подовжувачів рами і поперечної балки 13 (рис. 7.8,*б*) закріплюють розхилом уперед відвали 9 під кутом 30° до поздовжньої осьової лінії. За відвалами закріплюють розрізнявальну дошку 11 і коток 12. Відстань між носками ножів спереду може бути 2100, 2500 і 2800 мм. Опорні колеса встановлюють на подовжувачах з нахилом стояків назад на глибину зрізу дамби.

Ножі відвалів зрізують дамби, відвали переміщують зрізаний ґрунт у канал, дошка розрівнює насипаний ґрунт, а коток ущільнює його.

При нарізуванні валиків (пал) положення відвалів по межах ділянок, на які розбивають поле в разі поливу затопленням, залишається таким самим, як і при зарівнюванні каналів. Відстань між носками ножів встановлюють 2800 мм. На кінцях відвалів закріплюють подовжувачі 6 і 7 (див. рис. 3.3,*а*). Опорні колеса встановлюють так, щоб вони перекочувалися по необробленій поверхні поля. Дошку і задній коток знімають. Зрізаний під час руху агрегату ґрунт переміщується відвалами до середини, утворюючи валик, висота якого від рівня поверхні поля 40 см, ширина на рівні поля 90 см, ширина по верху 10 см із закладанням відкосів 1:1.

При розрівнюванні пал ліві і праві відвали з подовжувачами міняють місцями (рис. 3.3,*б*) і розміщують їх так, щоб передні обрізи відвалів збігались, а різальні кромки ножів утворювали кут 60°.

Опорні колеса встановлюють нижче від різальних кромок відвалів на глибину резервів.

Під час глибокого розпушування ґрунту застосовують чизель-культиватор, виконаний у вигляді рами, до брусів якої приварені тримачі робочих органів. У тримачах гвинтами закріплюють стояки лап. На стояках можна закріплювати розпушувальні лапи, ширина захвата яких 50 мм, або стрілчасті – 250 мм. Рамку культиватора з'єднують з основною рамою канавокопача хомутами і болтами.

У процесі планувальних робіт рамку планувальника, яка складається з трьох секцій, прикріплюють до рами КЗУ-0,3. У робочому положенні секції жорстко з'єднують, у транспортному – бокові секції піднімають угору.

Секції обладнані ножами, які встановлюють під кутом до напрямку руху. Ножі можна регулювати по висоті, переміщуючи відносно опорних полозків рами. Ножі зрізають виступи, нерівності поля і переміщують ґрунт у западини. Ширина захвата планувальника в роботі з усіма секціями 5 м, з однією – 3 м.

Каналокопач-зарівнювач універсальний начіпний КЗУ-0,5 призначений для нарізування і зарівнювання тимчасових зрошувальних каналів перерізом: глибина у виїмці 0,3 м, будівельна глибина 0,62 м, ширина по дну 0,5 м, ширина по верху виїмки 1,1 м. Агрегатують з тракторами класу тяги 3 тс (ХТЗ-150К-03, ХТЗ-150К-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.).

Каналокопач начіпний Д-716 (рис. 7.9) призначений для нарізування тимчасових зрошувальних каналів для роботи дощувальних машин, поливу по борознах і проведення промивочних поливів. Розміри нарізуваного каналу: глибина у виїмці 0,5 м, будівельна глибина 1,04 м, ширина по верху виїмки 1,6 м. Агрегатують з тракторами класу тяги 6 тс (Т-130, Т-170М).

Каналокопач начіпний МК-16 (рис. 7.10) застосовують для нарізування тимчасових зрошувальних каналів для роботи дощувальних машин, поливу по борознах і проведення промивочних поливів. Розміри нарізуваних каналів: глибина у виїмці 0,5–0,6 м, будівельна глибина 0,9–1,2 м, ширина по дну 0,6 м, ширина по верху виїмки 1,6 м. Агрегатують з тракторами класу тяги 6 тс (Т-130, Т-170М).

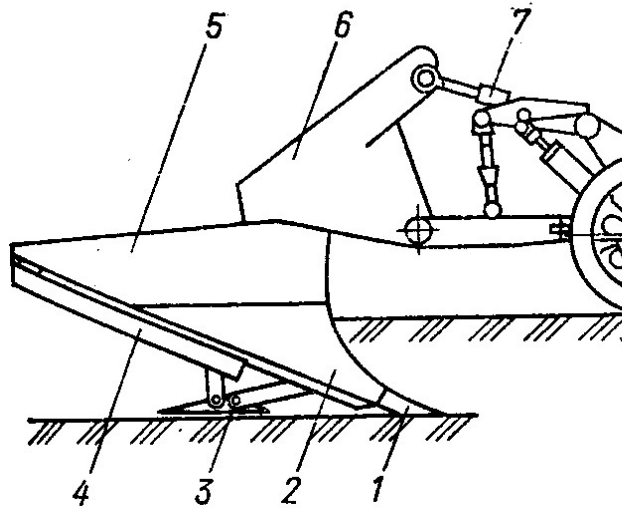


Рис. 7.9. Каналокопач Д-716:

1 – леміш; 2 – підйомні робочі поверхні; 3 – опорна лижя; 4 – ущільнювач відкосів; 5 – відвалоутворювач; 6 – рама; 7 – навіска

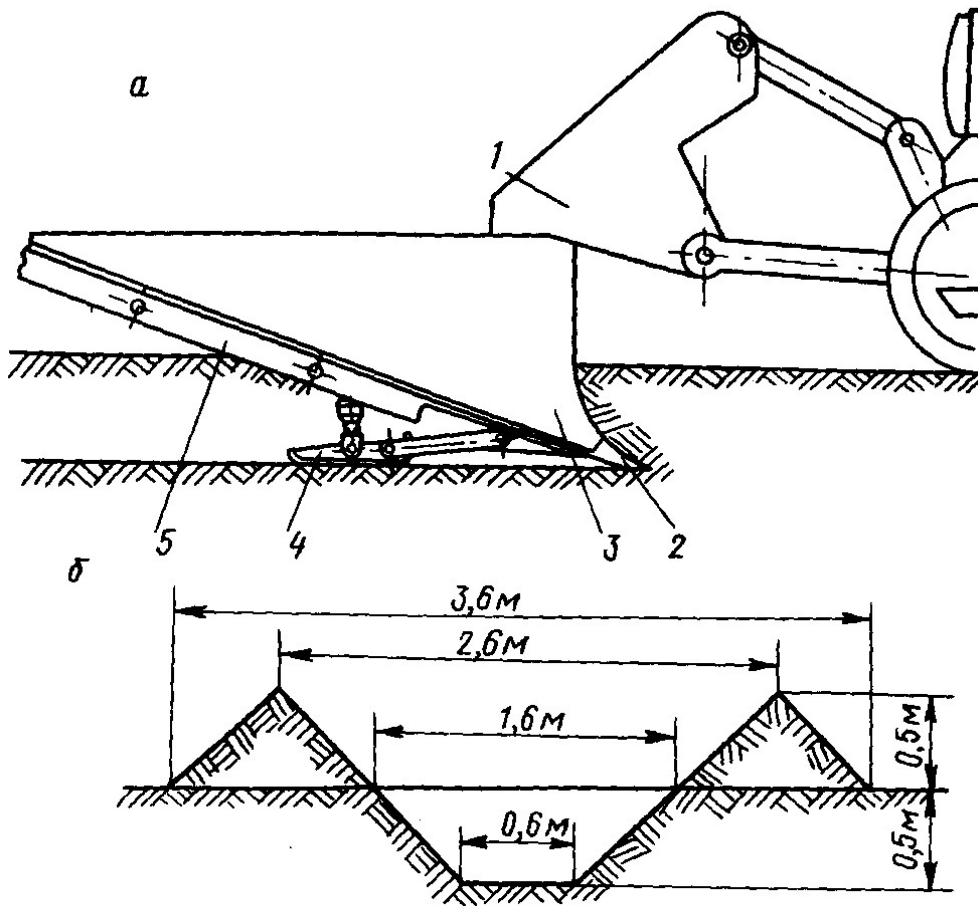


Рис. 7.10. Плужний каналокопач МК-16

а – каналокопач у роботі: 1 – стояк; 2 – леміш; 3 – відвал; 4 – лижя; 5 – ущільнювач відкосів; *б* – профіль перерізу каналу

Каналокопач МК-16 складається із стояка 1 зі змінним лемішем 2, відвала 3, опорної лижі 4 і ущільнювача відкосів 5. Стояк має

коробчатий переріз. В нижній частині стояка болтами кріпиться цементований загартований леміш. Правий і лівий відвали приварені до стояка за допомогою косинок, ребер і розкосів. До нижньої частини шарнірно кріпиться лижа, за допомогою якої каналокочач спирається на дно каналу. На нижніх кромках відвала шарнірно розташовані ущільнювачі відкосів, положення яких фіксуються розпірками з гвинтами.

Під час першого проходу каналокочач відриває канал з глибиною виїмки 0,4 м. Під час другого проходу трактор гусеницями ущільнює ґрунт дамб, що утворилися при першому проході, а каналокочач збільшує глибину виїмки каналу до 0,5–0,6 м.

Плужно-роторний каналокочач МК-17 (рис. 7.11) призначений для будівництва зрошувальних каналів з одностороннім формуванням відкосів. Він розрахований на риття каналів глибиною до 0,5 м, шириною по дну 0,35 м із закладанням відкосів 1:1. Начіпний каналокочач монтується на гусеничний трактор класу тяги 3 тс (ХТЗ-150К-03, ХТЗ-150К-09, Т-150-05-09, ДТ-75М та ін.).

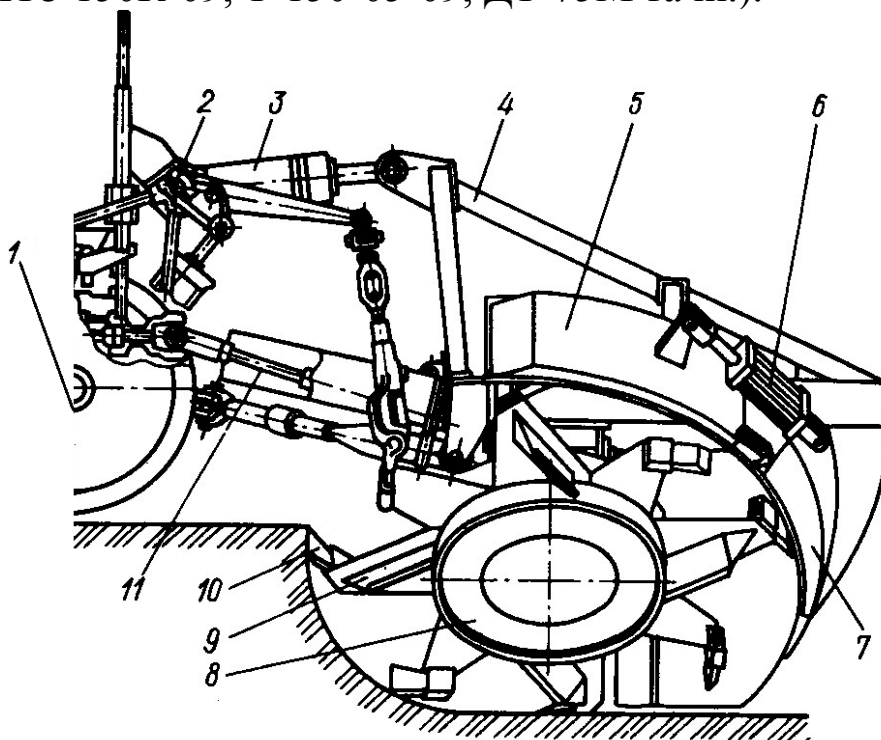


Рис. 7.11. Плужно-роторний каналокочач МК-17:

1 – трактор; 2 – начіпна система; 3, 6 – гідроциліндри; 4 – рама; 5 – відкрилок; 7 – відвал; 8 – ротор; 9 – лопатка; 10 – ріжучий елемент; 11 – кардан

Робочий орган каналокопача начеплений на трактор 1 за допомогою стандартної начіпної системи 2. Ротор 8 приводиться в обертання від вала відбору потужності трактора телескопічним карданом 11. На роторі розташовані ріжучі елементи 10 і лопатки 9 для викидання ґрунту. Дальність відкидання ґрунту регулюється поворотним відкрилком 5.

Каналокопач плужний начіпний МК-19 призначений для нарізування тимчасових каналів для роботи дощувальних машин, поливу по борознах і проведення промивочних поливів. Розміри нарізаного каналу: глибина у виїмці 0,4–0,5 м, будівельна глибина 1,0–1,1 м, ширина по дну 0,35–0,40 м, ширина по верху виїмки 1,2–1,4 м. Агрегатують з тракторами класу тяги 6 тс (Т-130, Т-170М).

Зарівнювач тимчасових зрошувальних каналів МК-15 розрахований на зарівнювання тимчасових зрошувальних каналів глибиною до 0,6 м, які нарізані канавокопачами Д-716, МК-16 та МК-19. При установці відвалів в одну лінію можна використовувати як бульдозер. Агрегатують з тракторами класу тяги 6 тс (Т-130, Т-170М).

Каналокопач-борознороб із зарівнювачем начіпний КБН-0,35А призначений для нарізування і зарівнювання тимчасових каналів і додаткових борозен. Розміри вивідної борозни: глибина у виїмці 0,18–0,20 м, будівельна глибина 0,35 м, ширина по дну 0,15 м, ширина по верху виїмки 0,6 м. Розміри додаткової борозни: будівельна глибина 0,18–0,25 м, ширина по дну 0,05 м, ширина по верху виїмки до 0,4 м, Агрегатують з тракторами класу тяги 1,4 тс (МТЗ-8082, МТЗ-8280, ЮМЗ-6АКЛ, ЮМЗ-650 та ін.).

Тимчасова зрошувальна мережа складається із тимчасових зрошувачів і вивідних борозен. Правильно нарізана зрошувальна мережа суттєво впливає на продуктивність праці поливальників, якість поливу і раціональне використання земельних і водних ресурсів.

Робота з підготовки і нарізування тимчасових зрошувачів

Нарізування тимчасових зрошувачів і вивідних борозен виконують за декілька днів до початку поливу.

На полі здійснюють попередню розмітку трас майбутніх зрошувачів та вивідних борозен. Точками закріплення траси є

водовипуски із каналу або трубопроводу закритої зрошувальної мережі і в протилежному боці – репер, встановлений за межами поливної ділянки.

Трасу тимчасового зрошувача нівелюють і визначають об'єм допоміжних робіт по зрізанню і підсипці ґрунту. До нарізування тимчасових зрошувачів вирівнюють трасу по ширині і похилом їх закладання грейдером або автогрейдером. При поверхневому поливі ширина траси – 4 м, а при дощуванні – до 5–6 м. На ділянках з мікрорельєфом, що забезпечує нормальний проектний похил тимчасових зрошувачів, спеціального планування смуги їх траси не потрібно. На ділянках зі складним мікрорельєфом планувальні роботи по трасі полягають у переміщенні ґрунту з підвищень у понижені місця тимчасових зрошувачів. У всі пониження на трасі, що призводять до утворення зворотних похилів, насипають скреперами або іншими транспортними засобами земляні подушки з відкосами 1:4, розрівнюють і пошарово ущільнюють.

Тимчасовий зрошувач нарізають із хвостової частини, що забезпечує при другому проході вихід трактора з каналокочачем у кінець поля і безперешкодне його пересування на трасу наступного тимчасового зрошувача. Другим проходом каналокочач збільшує переріз зрошувача, очищає відкоси і дно каналу від грудок землі, підсипає і ущільнює його дамби.

Потрібний переріз тимчасових зрошувачів залежить від похилу і витрати води (табл. 7.5).

Таблиця 7.5 – Переріз тимчасових зрошувачів залежно від похилу і витрати води*

Похил	Витрата води, л/с											
	60		80		100		120		160		200	
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>
0,0005		0,42		0,43		0,45		0,48		0,47		0,52
0,001		0,35		0,37		0,38		0,42		0,39		0,42
0,002	0,3	0,31	0,4	0,32	0,5	0,32	0,5	0,35	0,6	-	0,6	-
0,003		0,28		0,30		-		-		-		-
0,004		0,26		-		-		-		-		-

* *b* – ширина каналу по дну, м; *h* – глибина у виїмці, м.

Контроль і оцінка якості нарізування тимчасових зрошувачів

Глибину нарізування зрошувача перевіряють за допомогою лінійки в п'яти – семи точках з інтервалом 5 м. Відхилення фактичної глибини зрошувача від проектної не повинне перевищувати ± 5 см.

Утворення хвилеподібного дна каналу на протяжності 5 м перевіряють профілографом у трьох – п'яти місцях по довжині каналу, відхилення на повинне перевищувати ± 5 см.

Якість укладання ґрунту вздовж дамб і його ущільнення перевіряють візуально.

Відкоси каналу і дамби перевіряють лінійкою 3–5 разів (вони повинні знаходитися в одній площині).

Зарівнювання тимчасових зрошувачів

Тимчасові зрошувачі зарівнюють двома (рідше одним) проходами агрегатів. Після проходу агрегата траса тимчасового зрошувача повинна мати рівний поздовжній і поперечний профілі, а бур'яни повинні бути зрізані і засипані ґрунтом.

У місцях ерозійних вимоїн на трасі зрошувача підсипають землю і розрівнюють її. При утворенні грудкуватої поверхні після зарівнювання виконують коткування траси.

Рівень засипаного каналу після ущільнення не повинен підвищуватися над поверхнею поля більше ніж на 10 см.

Зарівнюють тимчасові зрошувачі зарівнювачем МК-15 та універсальними каналокочачами-зарівнювачами КЗУ-0,3 і КЗУ-0,5.

Роботу по зарівнюванню зрошувачів починають при вологості ґрунту не більше 27 %. Заїжджають на зрошувач з кінця каналу, опускають робочий орган і рухаються так, щоб канал залишився між гусеницями.

Під час роботи перевіряють якість ущільнення ґрунту, якщо ущільнення погане, то виконують додаткове коткування.

7.3. Організація території зрошуваної рисової карти

На відміну від зрошувальних систем для періодично зрошуваних культур система для культури затоплюваного рису має деякі специфічні особливості. У подальшому організація території рисової

карти розглянута на прикладі (рис. 7.12). Конструкція зрошувальних каналів (більшістю в насипу) обумовлена необхідністю створення шару води на чеках, яка може досягати 0,25 м.

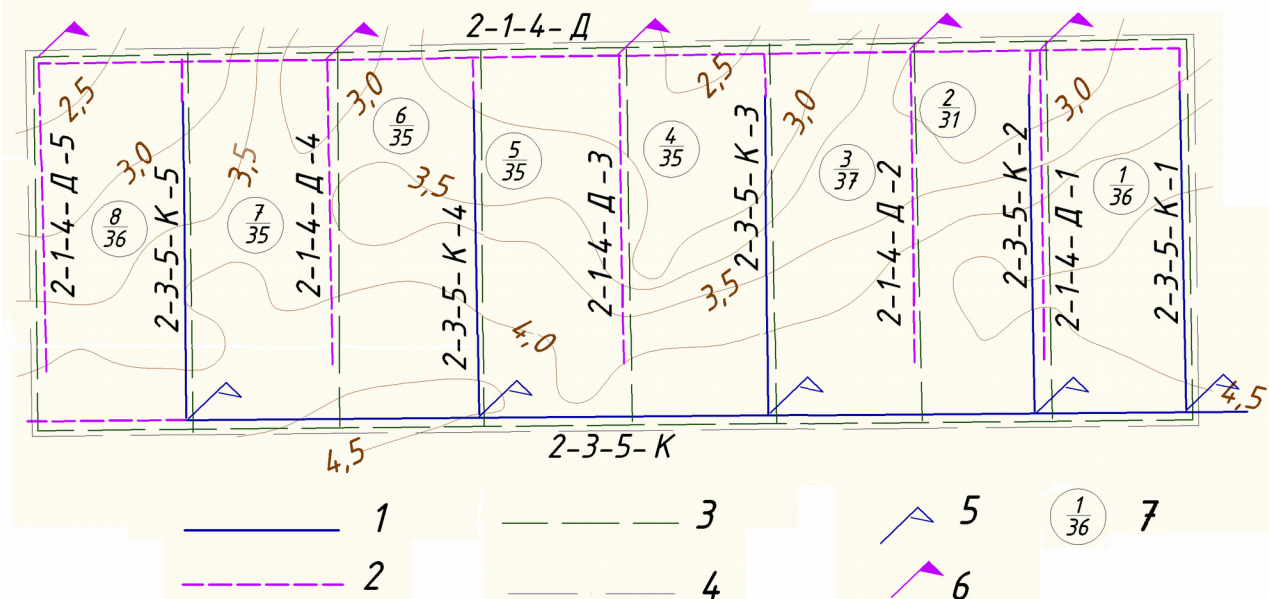


Рис. 7.12. План зрошуваної ділянки рисової сівозміни:

- 1 – зрошувальний канал; 2 – скидний канал; 3 – границя ділянки; 4 – дорога;
 5 – водовипуски із розподільника в картові зрошувачі; 6 – водовипуски
 із картових скидів у внутрішньогосподарський скид; 7 – номер полів
 (у чисельнику) і їх площа (у знаменнику), га

Для відводу поверхневих і ґрунтових вод до складу рисової системи включені скидна і дренажно-колекторна мережі. По периметру масиву зрошення обов'язкові дренажно-огороджувальні канали, призначені для огороження сусідніх масивів від підтоплення. У даному посібнику розглянуті питання, пов'язані з особливостями систем для культури затоплення рису.

Поливна ділянка (карта) рисової зрошувальної системи (рис. 7.13) являє собою площу, замкнену між зрошувальними і скидними каналами, розділену на чеки.

Один картовий зрошувач одностороннього командування обслуговує одну поливну ділянку, а при двосторонньому командуванні – дві поливні ділянки. Кожен чек займає частину площі поливної ділянки (карти), огороженої чековими валиками і спланованої під горизонтальну площину із середньою відміткою поверхні, що зазвичай відрізняється від відміток сусідніх чеків.

Поливні ділянки рекомендується розташовувати довшою стороною нормально до горизонталі, з тим щоб мати можливість проектувати наскрізні чеки, тобто на всю ширину поливної ділянки. Розміри чеків і їх розташування визначають головним чином найменшим об'ємом планувальних робіт (довжина чека 100–400 м; ширина 50–200 м). Форма чека – прямокутна. Уступи (різниця відміток) між чеками 10–50 см.

Чекові валики залежно від умов можуть бути постійного і тимчасового типу, прохідні і непрохідні для сільськогосподарських машин. Висота неперехідного профілю 35–45 см і закладання відкосів 1:1,5; висота валиків прохідного для машин профілю така сама, але закладання відкосів 1:4; 1:5. Величина запасу висоти валика над найвищим рівнем води в чеку становить 10–12 см.

У наскрізні чеки (рис. 7.13, чеки 1–7) вода надходить безпосередньо із картового каналу, а скидається безпосередньо в картовий скидний канал. При складному рельєфі та значних похилах поверхні допустиме влаштування ланцюга чеків, які складаються не більше чим із трьох чеків (рис. 7.13, чеки 8 і 9).

У наведеному прикладі розрахункова поливна ділянка являє собою карту правильної форми, довжиною 1000 м і шириною 350 м. Границями ділянки слугують постійні канали, дороги, лісосмуги.

Чеки запроектовані наскрізними (крім 8 і 9) довжиною на всю ширину поливної ділянки. Поперечні валики постійного перерізу з урахуванням можливості переходу через них сільськогосподарських машин. Висота валиків 0,35 м, закладання відкосів 1:4. Поздовжні валики – неперехідні, висота їх 0,35 м, ширина поверху 0,35 м, закладання відкосів 1:1,5. Дамби зрошувальних каналів і дороги, що йдуть вздовж зрошувальних і скидних каналів, замінюють периферійні валики.

Підготовка поверхні ґрунту до початку поливного періоду

Поверхню зрошуваних полів необхідно попередньо підготувати. Для цього видаляють всі бур'яни і чагарники, а потім проводять планування чеків під рівну горизонтальну площину.

Планування забезпечує рівномірний шар води в чеку і одночасне досягання рослин, сприятливі умови для боротьби з бур'янами шляхом затоплення чека, прискорений відвід води перед збиранням урожаю рису; створює умови для рівномірного просушування поля. У

кінцевому підсумку планування сприяє підвищенню врожайності рису, зменшує зрошувальну норму і підвищує продуктивність праці поливальника; створює умови для збільшення чеків, що приводить до більш продуктивного використання сільськогосподарських машин.

Для сприятливого росту рису необхідно створити рівномірний шар затоплення по всьому чеку. Відносна похибка від середньої величини шару води допускається ± 5 см. На добре спланованих чеках площа з таким або меншим відхиленням відміток повинна становить 95 % або більше від загальної площі.

На рис. 7.14 як приклад наведений підрахунок об'єму планувальних робіт по чеку № 3, загальною площею 5,6 га (рис. 7.13).

Підрахунок об'єму планувальних робіт проведений одним із застосовуваних при проектуванні способів – «по квадратах». Для цього вся площа ділянки (чека) розбита на квадрати зі стороною в 20 м, у вершинах яких визначені відмітки поверхні землі. Потім обчислена середня відмітка, що є проектною відміткою ділянки ($A_{\text{сеп}} = H$). Різниця між проектною відміткою і відміткою будь-якої точки поверхні ($A_{\text{сеп}} - A_1 = h$) дає величину зрізання або підсипки ґрунту в кожній точці.

Згідно з формулою

$$A_{\text{сеп}} = \frac{\sum A_1 + 2\sum A_2 + 3\sum A_3 + 4\sum A_4}{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4}, \quad (7.1)$$

де $\sum A_1$ – сума всіх відміток вершин квадратів, до яких примикає лише одна четверть площі квадрата;

$\sum A_2$ – сума всіх відміток вершин квадратів, до яких примикає дві четверті площі квадрата, і т.д.;

n_1, n_2, n_3, n_4 – сума точок з кількістю четвертей квадратів, відповідно 1, 2, 3 і 4.

Підставляючи значення відміток для чека № 3, отримаємо

$$A_{\text{сеп}} = \frac{15,24 + 2 \cdot 167,86 + 4 \cdot 395,69}{4 + 2 \cdot 44 + 4 \cdot 105} = \frac{1933,72}{512} = 3,76 \text{ м.}$$

Необхідно пояснити прийняту схему позначення відміток. На рис. 7.14 жирним хрестиком виділені вертикальна і горизонтальна межі чотирьох суміжних квадратів. У нижньому правому куту хреста проставлена чорна відмітка (3,61 м). У верхньому куту – робоча відмітка насипу (0,15 м). Якщо замість насипу буде виїмка, то її робоча відмітка проставляється в нижньому лівому куту хреста. Останні дві відмітки взаємно виключають одна одну. У верхньому

правому куту проставляється проектна відмітка; на рис. 7.14 ця відмітка не проставлена, оскільки вона є однаковою для всіх квадратів ($H = A_{\text{сер}} = 3,76$ м).

	0,02	0,04	0,04	0,03						
	3,74	3,72	3,72	3,73	3,78	3,72	3,82	3,79	3,80	
0,03	0,04	0,03	0,01							
	3,73	3,72	3,73	3,75	3,78	3,81	3,94	4,00	4,05	
0,05	0,01	0,01	0,03							
	3,71	3,75	3,75	3,73	3,79	3,83	3,90	4,02	4,08	
0,02	0,04	0,04	0,03							
	3,74	3,72	3,72	3,73	3,78	3,82	3,92	4,05	4,13	
0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,02					
	3,73	3,72	3,70	3,72	3,73	3,74	3,80	3,90	4,00	
0,02	0,04	0,11	0,11	0,13	0,02	0,01				
	3,74	3,72	3,65	3,65	3,63	3,74	3,75	3,82	3,90	
0,02	0,06	0,15	0,16	0,15	0,13	0,06	0,01			
	3,74	3,70	3,61	3,60	3,61	3,63	3,70	3,75	3,83	
0,02	0,06	0,15	0,13	0,16	0,09	0,03	0,02			
	3,74	3,70	3,61	3,63	3,60	3,67	3,73	3,74	3,80	
0,02	0,06	0,16	0,16	0,15	0,11	0,03	0,02			
	3,74	3,70	3,60	3,60	3,61	3,65	3,73	3,74	3,81	
0	0,02	0,13	0,14	0,15	0,16	0,09	0,02			
	3,76	3,74	3,63	3,62	3,61	3,60	3,67	3,74	3,76	
0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03	0,02		
	3,79	3,75	3,74	3,73	3,72	3,70	3,70	3,73	3,74	
0,04	0,01	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03			
	3,80	3,77	3,75	3,73	3,72	3,71	3,73	3,72	3,73	
0,06	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,06		
	3,82	3,79	3,77	3,75	3,74	3,73	3,72	3,71	3,70	
0,20	0,01	0,03	0,03	0,06	0,01	0,03	0,03	0,06		
	3,96	3,84	3,82	3,80	3,77	3,75	3,73	3,73	3,70	
0,12	0,04									
	3,88	3,81	3,86	3,80	3,82	3,80	3,78	3,72	3,76	
0,14										
	3,90	3,88	3,87	3,86	3,85	3,83	3,82	3,81	3,80	
0,14										
	3,90	3,83	3,86	3,86	3,85	3,83	3,82	3,81	3,80	

Рис. 7.14. Підрахунок об'ємів планувальних робіт по чеку № 3

Об'єм планувальних робіт на всій площі чека визначають за формулою

$$W = S \cdot \frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4}, \quad (7.2)$$

де S – площа квадрата, м^2 ;

h_1, h_2, h_3, h_4 – величини робочих відміток (величина зрізки або підсипки) на вершинах квадратів з четвертю площі, її половинної та ін. (за аналогією з попереднім).

$$W = \frac{400}{4} [+0,02 - 0,22 + 2(+0,49 - 2,92) + 4(+4,49 - 2,97)] = \\ = 100(+18,96 - 17,94).$$

Отже, об'єм зрізань становить $17,94 \text{ м}^3$, а об'єм підсипки – $18,96 \text{ м}^3$. Об'єм переміщеного при плануванні чека ґрунту підраховано за об'ємом зрізання, тобто

$$W = 100 \cdot 17,94 = 1794 \text{ м}^3.$$

Об'єм робіт, що приходиться на 1 га, становитиме

$$W_0 = \frac{1794}{5,6} = 320 \text{ м}^3/\text{га}.$$

де $5,6 \text{ га}$ – площа чека.

Така величина об'єму робіт при плануванні під горизонтальну поверхню порівняно невелика; вона характерна для умов півдня України, що відрізняється спокійним рівним рельєфом і не вираженим мікрорельєфом.

Для збереження родючості малопотужних ґрунтів, порушених під час планувальних робіт, передбачають:

- 1) попереднє зрізання родючого шару і наступне рівномірне розподілення його по поверхні спланованого чека;
- 2) внесення добрив з урахуванням глибини зрізаного ґрунту в розмірі площі зрізань.

Відмітки горизонтів води в чеках визначають за відмітками поверхні спланованих чеків. За відмітками води в чеках установлюють командні горизонти води в картових зрошувачах.

Розрахунок і проектування зрошувальної мережі в плані

Рисова зрошувальна система включає в себе такі елементи:

- 1) зрошувальну мережу, що подає воду із джерела зрошення на рисові поля;
- 2) скидну мережу, що відводить воду з рисових полів і захищає прилеглу незрошувану площу і поля сівозміни, не зайнятих рисом, від заболочування і засолення;

- 3) огорожувальну мережу – для перехоплення і відведення поверхневих і ґрунтових вод, що надходять із зовні;
- 4) дренажну мережу – для зниження рівня ґрунтових вод та їх відведення;
- 5) поливні карти або поливні ділянки – площі, що поміщені між зрошувачем і картовим скидом, поділені на чеки;
- 6) чеки;
- 7) чекові валики, що утворюють чеки і роз'єднують їх між собою;
- 8) споруди на чеках і каналах.

Примітка. Дренажну і огорожувальну мережі не проектують у випадку обґрунтування їх непотрібності.

Всі канали рисової системи є постійними. Зрошувальна мережа складається із магістрального каналу, його гілок, розподільників різних порядків, постійних зрошувачів. На поливну ділянку вода надходить по зрошувачу 2-3-5-К-4, який отримує воду із господарського розподільника (рис. 7.12 та 7.13) і розподіляє її по чеках вздовж поливної ділянки.

Господарську мережу розподільних і скидних каналів проектують з урахуванням рельєфу так, щоб сівозмінні ділянки були правильної геометричної форми, поділяли сівозмінну ділянку на поливні, рівні за площею ділянки прямокутної форми, які розташовані в межах одного поля сівозміни.

Скидна мережа складається із ділянкових, господарських, міжгосподарських скидів різних порядків і магістральних скидів. Уздовж поливних ділянок проложені ділянкові або картові скиди, які приймають скидну воду із чеків і передають її в господарські скиди і далі – в міжгосподарські і магістральні скиди. Останні відводять скидну воду за межі системи у водоприймач.

Зрошувальні і скидні канали рисової системи розраховують на максимальну, мінімальну і форсовану витрати.

Максимальна витрата потрібна для визначення гідравлічних елементів каналу

$$Q_{\max}^p = \frac{q_{\max} F_{\text{нт}}}{\eta}, \quad (7.3)$$

$$Q_{\max}^{\text{кз}} = k_v \frac{q_{\max} F_{\text{нт}}}{\eta}, \quad (7.4)$$

де q_{\max} – максимальна ордината графіка гідромодуля, що відповідає періоду створення шару води в чеку, л/с/га;

k_e – коефіцієнт водообміну;

$F_{\text{ит}}$ – поливна площа, що обслуговується даним каналом (нетто), га;

η – ККД каналу.

Кількість зрошувачів, одночасно працюючих на розподільнику, приймають відповідно до запроєктованого водообміну.

Водообмін встановлюють тільки для періоду початкового затоплення на системі розподільника останнього порядку. Розрахункові витрати розподільника і кількість одночасно працюючих на ньому зрошувачів встановлюють, виходячи із прийнятого водообміну так, щоб початкове затоплення кожної карти окремо відбувалось не більше чим за 2–3 доби. Коефіцієнт водообміну визначають за формулою

$$k_e = \frac{F}{\Delta F}, \quad (7.5)$$

де F – площа, зрошувана розподільником останнього порядку;

ΔF – площа, зрошувана за даний такт водообміну (за 2–3 доби).

Мінімальна витрата слугує для перевірки умов командування над точками водовиділів і розстановки підпірних споруд

$$Q_{\min} = \frac{q_{\min} F_{\text{ит}}}{\eta}, \quad (7.6)$$

де q_{\min} – мінімальна розрахункова ордината графіка гідромодуля, що відповідає підтриманню шару води в чеку.

Форсована витрата потрібна для визначення відмітки верху дамби (берми) і пропускної здатності споруд

$$Q_{\phi} = k_{\phi} \frac{q_{\max} F_{\text{ит}}}{\eta}, \quad (7.7)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт форсування, для зрошуваних каналів приймають 1,2–1,4.

Визначення витрати ділянкового розподільника 2-3-5-К:

1) за формулою (7.3) $Q_{\max}^p = \frac{2,93 \cdot 250}{0,86} = 852$ л/с,

$F_{\text{ит}} = 280 \cdot 0,9 = 250$ га при $K3B = 0,9$;

за формулою (7.6) $Q_{\min}^p = \frac{0,39 \cdot 250}{0,83} = 117$ л/с,

$\eta_{\min}^{\text{сист}} = 0,83$ – ККД при пропуску мінімальних витрат по каналах;

2) за формулою (7.7) $Q_{\phi}^p = 1,3 \frac{2,93 \cdot 250}{0,86} = 1107$ л/с,

де прийнято $k_{\phi} = 1,3$.

Визначення витрати картового зрошувача 2-3-5-К-4.

Приймаємо чотиритактний водообмін, тобто за формулою (7.5)

$$k_g = \frac{250}{63} = 4.$$

Добова площа затоплення становитиме 12,5 га, і, відповідно, карта буде затоплена протягом 2,5–3,0 діб.

За формулою (7.4) підрахуємо $Q_{\max}^{кз} = 4 \frac{2,93 \cdot 63}{0,9} = 820$ л/с;

$$F_{\text{ит}} = F_{\text{бр}} \cdot КЗВ = 35 \cdot 0,9 = 31,5 \text{ га};$$

$$F_{\text{бр}} = \frac{350 \cdot 1000}{10000} = 35 \text{ га}.$$

При двосторонньому командуванні картового зрошувача (2-3-5-К-4) зрошувана ним площа дорівнює $2 \cdot 31,5 = 63$ га.

Втрати води на фільтрацію із картових зрошувачів приймаємо 10 %, тобто $\eta_{кз} = 0,9$.

За формулою (7.6) отримуємо $Q_{\min}^{кз} = \frac{0,42 \cdot 63}{0,9} = 29$ л/с.

Картові зрошувачі не розраховують на форсовану витрату, оскільки вони працюють періодично.

Поздовжній профіль і поперечні перетини типових картових зрошувачів

Визначаємо гідравлічні елементи картового зрошувача, виходячи із таких даних: $Q_{\min}^{\text{бр}} = 29$ л/с і $Q_{\max}^{\text{бр}} = 820$ л/с.

Коефіцієнт шорсткості русла $n = 0,025$.

Коефіцієнт закладання відкосів (m) для зрошувального каналу, що проходить у глинах, важких і середніх суглинках, при глибині наповнення каналу менше 1 м, дорівнює 1,25.

Зважаючи на незначний похил, канали не перевіряють на розмиваючу швидкість. Мінімальна допустима швидкість руху води, при якій не відбувається замулення, становить 0,2 м/с.

Ширину дамб поверху приймають рівною 0,5 м, виходячи із величини витрати, висоти дамб і характеру ґрунтів.

Похил картового зрошувача визначається за поздовжнім профілем (рис. 7.15). Розрахунковий похил поверхні води в каналі $i = 0,001$ (виходячи із рельєфу місцевості з урахуванням забезпечення командування зрошувача при $Q_{\min}^{\text{бр}}$ над поверхнею самого високого чека на 0,2 м).



Відмітка	поверхні землі	4,30	4,35	4,19	4,26	4,10	4,10	4,00	3,85	3,85	3,70	3,60	3,63	3,53	3,50	3,25	3,52	3,73	3,15	
	дна	4,45	4,34	4,25	4,10	4,13	4,05	3,99	3,85	3,78	3,65	3,52	3,52	3,10	3,19					
	горизонту води при Qмін	5,05	4,94	4,85	4,84	4,73	4,65	4,59	4,45	4,38	4,25	4,12	4,12							
	горизонту води при Qмакс	5,25	5,05	4,94	4,84	4,73	4,65	4,59	4,45	4,38	4,25	4,12	4,12							
	верха дамби	4,12	3,95	3,79	3,85	3,68	3,52	3,10	3,19											
	поверхні чека																			
Довжина	Уклон	925 0,001																		
Номера пікетів		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								

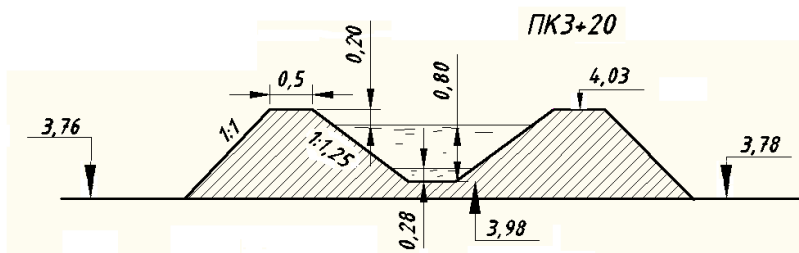


Рис. 7.15. Поздовжній профіль і переріз картового зрошувача 2-3-5-К-4 на ПК 3+20

Гідравлічні елементи перерізу картового зрошувача наведені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6 – Результати гідравлічного розрахунку картового зрошувача

i	n	m	$Q_{max}^{op}, \text{ м}^3/\text{с}$	$b, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$Q_{min}^{op}, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$
0,001	0,025	1,25	0,820	0,6	0,80	0,029	0,15	0,28

Розрахунок скидної мережі

Скидна мережа складається із картових, внутрішньогосподарських, господарських і міжгосподарських скидів декількох порядків і головних скидних каналів. Вони відводять:

- 1) фільтраційні води, що надходять із чеків та із каналів зрошувальної мережі;

- 2) води, що скидаються з поверхні рисових чеків у період пониження горизонтів і наприкінці вегетаційного періоду;
- 3) атмосферні опади із суходільних полів.

Розрахункові витрати скидної мережі

Величина фільтраційних і скидних вод, запозичені із табл. 4.2, наведені в табл. 7.7, звідки видно, що максимальна ордината гідромодуля скиду дорівнює 1,65 л/с/га, а мінімальна – 0,26 л/с/га.

Таблиця 7.7 – Результати розрахунку скидних гідромодулів

Місяць	Декада	Фільтрація		Скид		Разом	
		W, м ³	q, л/с/га	W, м ³	q, л/с/га	W, м ³	q, л/с/га
Травень	1	-	-	-	-	-	-
	2	354	0,42	-	-	354	0,42
	3	355	0,42	-	-	355	0,42
Червень	1	354	0,42	-	-	354	0,42
	2	354	0,42	-	-	354	0,42
	3	354	0,42	417	0,55	831	0,98
Липень	1	354	0,42	-	-	354	0,42
	2	354	0,42	-	-	354	0,42
	3	356	0,42	-	-	346	0,42
Серпень	1	354	0,42	-	-	354	0,42
	2	354	0,42	-	-	346	0,42
	3	-	-	645	0,75	645	0,76
Сума		3880		1700		5580	

За розрахункову величину атмосферних опадів прийемо добовий максимум опадів, зареєстрований у червні 2017 року на метеостанції Очаків, який дорівнює 74 мм.

Величина коефіцієнта стоку для місцевих умов дорівнює 0,22.

Оскільки на чеках, зайнятих рисом, у зрошувальний період опади повинні утримуватися, то води скидатимуться тільки з полів, зайнятих іншими культурами, ці поля мають бути осушені протягом двох діб.

Тоді ордината стоку з поливної ділянки, зайнятої іншими культурами, дорівнюватиме

$$q = \frac{h \cdot 10 \cdot 1000 \cdot \sigma}{86400 \cdot t} = \frac{74 \cdot 10 \cdot 1000 \cdot 0,22}{86400 \cdot 2} = 0,94 \text{ л/с/га,}$$

де h – максимальна за добу сума атмосферних опадів;

σ – коефіцієнт стоку;

t – тривалість стоку, діб.

На чеках, зайнятих рисом, воду скидають перед початком кушіння і наприкінці вегетаційного періоду. Шар води товщею в 13 см повинен бути скинутий з поливної ділянки протягом 4–5 діб. Тому, крім розрахункового

гідромодуля скиду 0,42 л/с/га, необхідно визначити експлуатаційний модуль скиду

$$q = \frac{13 \cdot 100 \cdot 1000}{86400 \cdot 5} = 3,01 \text{ л/с/га.}$$

Картові скиди проектують із дотриманням таких правил:

- 1) горизонти води в них нижче поверхні найнижчого із спланованих чеків на 0,5 м;
- 2) мінімальні уклони для картових скидів – 0,0001;
- 3) глибина картових скидів прийнята мінімальною, яка дорівнює 0,7 м.

Розрахунок картових скидів ведуть на максимальну і мінімальну витрати.

Максимальна витрата необхідна для визначення гідравлічних елементів каналу, підбору типових споруд і перевірки можливості скиду води з найнижчого чека карти. У даному випадку

$$Q_{\text{макс}}^{\text{ск}} = 0,98 \cdot 63 = 61,7 \text{ л/с,}$$

де площа карти подвоєна, через те що скид обслуговує дві карти.

Мінімальна витрата потрібна для перевірки умов самопливного скиду із картового зрошувача і забезпечення заданого перевищення найнижчого чека карти над горизонтом води в скиді;

$$Q_{\text{мін}}^{\text{ск}} = 0,42 \cdot 63 = 26,5 \text{ л/с.}$$

Крім того, скидні канали перевіряють на *пропуск кінцевих витрат зрошувальних каналів* ($Q_{\text{кінц}}^{\text{ск}}$), які згідно з ДБН становлять 0,25–0,50 від максимальної витрати картового зрошувача $Q_{\text{кінц}}^{\text{ск}} = 0,5 \cdot 820 = 410 \text{ л/с.}$

Для **ділянкового скиду** найбільша ордината скиду визначена скидом шару води 13 см за 5 діб ($q = 3,01 \text{ л/с/га}$); ця ордината і є розрахунковою для ділянкового скиду.

Сівозмінні ділянки обслуговуються *скидними каналами третього порядку*.

Воду з чеків скидають у два такти, тобто по чергово з кожної половини сівозмінної ділянки. Тоді ордината скиду для скидного каналу третього порядку буде $q = \frac{3,01}{2} = 1,51 \text{ л/с/га.}$

Для ділянки, зайнятої іншими культурами, ордината скиду

$$q = \alpha \cdot q_{\text{макс}} = 0,75 \cdot 0,98 = 0,74 \text{ л/с/га.}$$

За розрахункове значення прийнято більше 1,51 л/с/га.

При площі обслуговування ділянковим розподільником 2-1-4-Д 280 га, максимальна витрата складе $Q_{\text{макс}}^{\text{ск}} = 1,51 \cdot 280 = 423 \text{ л/с.}$

Головний колектор розраховують на пропуск нормальної витрати і перевіряють на пропуск форсованої. При цьому розрахункову ординату гідромодуля скиду визначають як середню із двох максимальних ординат графіка гідромодуля скиду з урахуванням насиченості сівозміни рисом. Для даного прикладу

$$q = \frac{0,98 + 0,76}{2} \cdot 0,75 = 0,65 \text{ л/с/га.}$$

Площа, що обслуговується головним колектором, дорівнює 9000 га,

тоді $Q_{\text{макс}}^{\text{СК}} = 0,65 \cdot 9000 = 5850$ л/с або $5,85$ м³/с.

Форсована витрата скиду з урахуванням зливогого стоку

$$Q_{\text{ф}}^{\text{СК}} = 1,51 \cdot 9000 = 13,6 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Поздовжній профіль і поперечний переріз типових картових скидів

Гідравлічні елементи картового скиду, виходячи із попередніх розрахунків, становлять $Q_{\text{макс}}^{\text{СК}} = 410$ л/с; $Q_{\text{мін}}^{\text{СК}} = 0,42 \cdot 63 = 26,5$ л/с; коефіцієнт шорсткості русла каналу $n = 0,0275$; коефіцієнт закладання відкосів $m = 1$.

Похил картового скиду визначають за поздовжнім профілем рис. 7.16

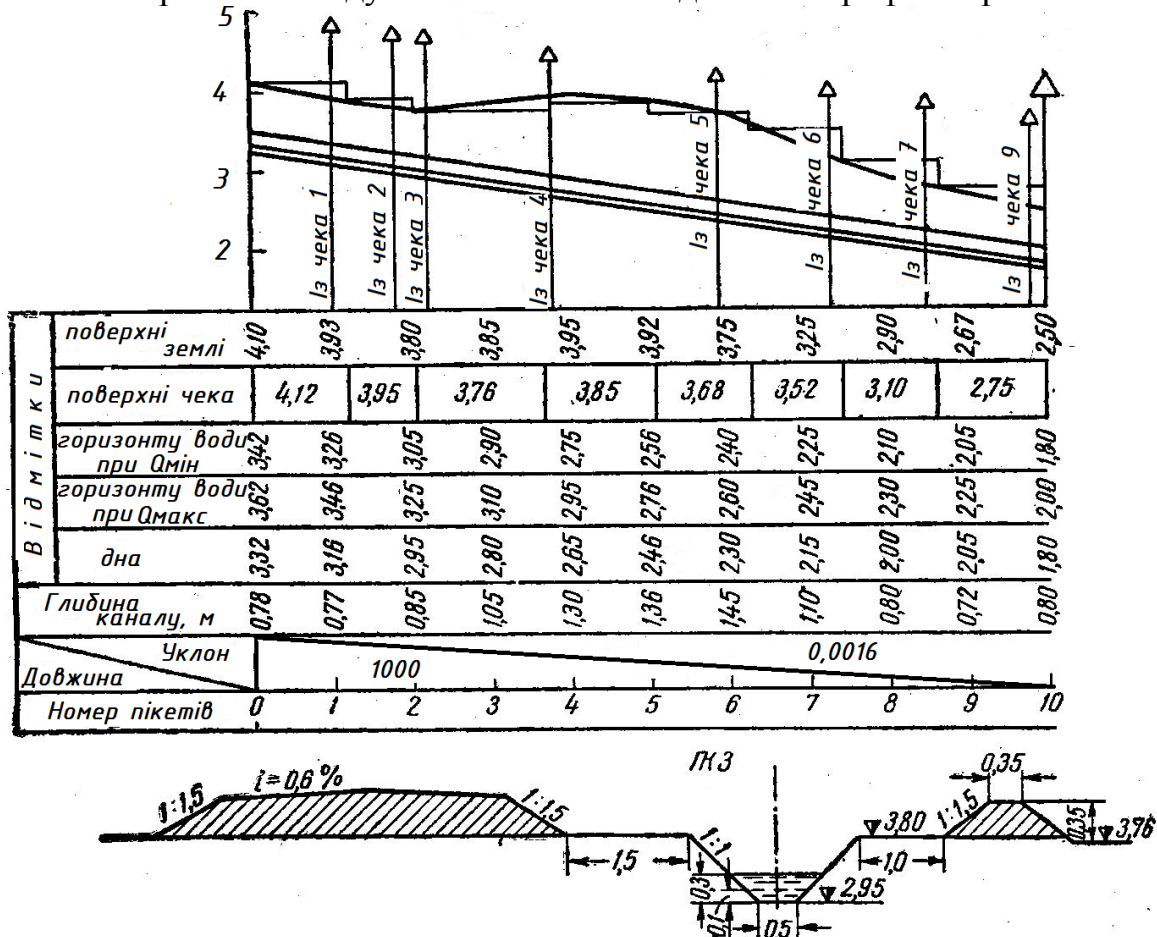


Рис. 7.16. Поздовжній профіль і поперечний переріз картового скиду 2-1-4-Д-4 на пікеті 3

Розрахунковий похил поверхні води в каналі $i = 0,0016$ визначений виходячи із рельєфу місцевості і дотримання умов, що горизонт води в картовому скиді при $Q_{\text{мін}}^{\text{СК}}$ нижче поверхні найнижчого із чеків на $0,5$ м.

Гідравлічні елементи картового скиду 2-1-4-Д-4 наведені в табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Результати гідравлічного розрахунку

i	n	m	$Q_{\text{мін}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$b, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$	$Q_{\text{макс}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ м}$
0,0016	0,0275	1,0	0,0265	0,5	0,13	0,33	0,410	0,56

Споруди на зрошувальній і скидній мережах

Гідротехнічні споруди на старших каналах рисової зрошувальної і водовідвідної мережах подібні аналогічним спорудам на системах для періодично зрошуваних культур, тому що на рисовій карті є ряд специфічних особливостей.

Споруди на рисовій карті поділяють на три групи:

- 1) водовипуски із зрошувача у чеки;
- 2) водовипуски із чеків у чек, для перепуску води при ланцюгу чеків;
- 3) водовипуски із чеків у картовий скид.

Водовипуски всіх трьох груп прийняті типовими, трубчастими, постійними.

При підборі споруд по розподілу і врахуванню води на рисовій системі необхідно мати на увазі основні особливості врахування і розподілу води:

- протягом усього зрошувального періоду в чеках підтримують певний горизонт води, що відповідає кожній стадії розвитку рису;
- протягом усього зрошувального періоду безперервно працюють канали різного порядку (крім періоду попереднього затоплення, коли працюють по черзі картові зрошувачі);
- витрата води в каналі, що відповідає періоду початкового затоплення, у декілька разів (4–5) більша витрати, що відповідає підтриманню шару води в чеках;
- горизонти води в скидах мають бути регульовані в широких межах для зміни їх дренажної дії.

Типові споруди підбирають залежно від витрати, різниці б'єфів, глибини зрошувача або скиду, різниці відміток дна каналу і поверхні чека і виходячи із міркувань, викладених вище. Мінімальна різниця б'єфів 5 см. Пропускна здатність водовипусків поливної ділянки визначають для водовипусків із зрошувача в чеки, виходячи із площі обслуговування і q_{\max} , і для водовипусків із чека в скид, виходячи із площі обслуговування і подвоєного гідромодуля скиду поливної ділянки.

Водовипуски встановлюють у кожному чеку на відстані 5–7 м від примикаючого поперечного валика, причому водовипуск із зрошувача в чек – в куту з найвищими відмітками поверхні землі, а водовипуск

із чека в скид – в куту з найнижчими відмітками поверхні землі. Розташування споруд показані на рис. 7.12 і 7.13.

7.4. Норми виробітку та норми витрат палива на механізовані роботи по підготовці поля до поливу

Змінні норми виробітку на експлуатаційне планування, маловання і передпосівне вирівнювання зрошуваних полів розраховують за формулою

$$F_{зм} = \frac{B_p \cdot v_p \cdot T_0}{10 \cdot n}, \quad (7.8)$$

де $F_{зм}$ – змінна норма виробітку, га;

B_p – робоча ширина захвату, м;

v_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

n – кількість проходів агрегату по одному місцю;

T_0 – тривалість основної роботи для даної довжини гону, год.

Змінні норми виробітку агрегату на нарізування і зарівнювання тимчасової зрошувальної мережі визначають за формулою

$$L_{зм} = v_p \cdot T_0, \quad (7.9)$$

де $L_{зм}$ – змінна норма виробітку на нарізування тимчасової зрошувальної мережі, км.

Змінну продуктивність агрегатів на нарізуванні поливних борозен розраховують за формулою

$$F_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot v_p \cdot T_0. \quad (7.10)$$

Отже, для визначення змінної норми виробітку необхідно встановити значення T_0 , B_p та v_p . Тривалість основної роботи агрегатів на експлуатаційному плануванні та передпосівному вирівнюванні зрошуваних полів, нарізуванні та зарівнюванні тимчасових зрошувачів і нарізуванні поливних борозен включає затрати часу на виконання робочих ходів

$$T_0 = T_{зм} - (T_{пз} + T_{дон} + T_{обс} + T_{від.он}), \quad (7.11)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$T_{пз}$ – тривалість підготовчих та заключних робіт, год;

$T_{дон}$ – тривалість виконання допоміжних робіт, год;

$T_{обс}$ – тривалість обслуговування агрегату протягом зміни, год;

$T_{від.он}$ – час, відведений на відпочинок та особисті потреби виконавців, год.

Термін на підготовчі та заключні роботи T_{nz} включає затрати часу на проведення щозмінного технічного обслуговування агрегату, на отримання завдання, прийняття і здачу машини. Щозмінне технічне обслуговування передбачає такі операції:

- огляд агрегату, його заправку (або дозаправку) паливом, мастилом та водою;
- пуск та прогрівання двигуна;
- перевірку дії важелів та педаль керування, контрольних приборів, гідроприводу;
- змащення спряжень і деталей, що труться;
- перевірку дії механізмів відповідно до затверджених технічних правил.

Допоміжний час зміни $T_{дон}$ – це затрати часу на холості повороти агрегату $T_{нов}$, внутрішньозмінні переїзди з ділянки на ділянку $T_{пер}$ і на завантаження культиваторів мінеральними добривами $T_{зав}$ при нарізуванні борозен.

Час на холості повороти агрегату $T_{нов}$ залежить від виду роботи, складу агрегату, способу його руху при використанні основної операції і на поворотах, довжини гону та інших факторів, як правило, прямо пропорціональний тривалості основної роботи.

Тривалість холостих поворотів і заїздів агрегату в загінці визначають за формулою

$$T_{нов} = \tau_{нов} \cdot T_0, \quad (7.12)$$

де $\tau_{нов}$ – коефіцієнт поворотів, що являє собою відношення часу поворотів до часу основної роботи агрегату.

При відомих значеннях середньої тривалості повороту $t_{нов}$ (с) і швидкості руху агрегату на основній роботі v_p (км/год) коефіцієнт поворотів для конкретної довжини гону L (м) визначають розрахунковим способом

$$\tau_{нов} = \frac{t_{нов} \cdot v_p}{3,6 \cdot L}. \quad (7.13)$$

Час на внутрішньозмінні переїзди агрегату з ділянки на ділянку $T_{пер}$ залежить від середньої тривалості переїздів, робочої швидкості руху агрегату на загінці і при переїздах, ширини захвату агрегату і середньої площі ділянки, що обробляється

$$T_{пер} = \tau_{пер} \cdot T_0, \quad (7.14)$$

де τ_{nep} – коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів, що являє співвідношення часу внутрішньозмінних переїздів до часу основної роботи.

Коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів τ_{nep} розраховують за формулою

$$\tau_{nep} = \frac{l_{nep} \cdot v_p \cdot B}{10 \cdot v_{nep} \cdot F}, \quad (7.15)$$

де l_{nep} – відстань переїзду, км;

v_{nep} – швидкість руху агрегату при переїзді, км/год;

F – середня площа ділянки, га.

Час, що витрачається на завантаження культиваторів-рослинноживлячів мінеральними добривами $T_{зав}$, при нарізуванні поливних борозен з одночасним внесенням добрив, включає: тривалість заправки ємностей культиваторів добривами, під'їзд під завантаження і заїзд назад у загінку. Тривалість завантаження залежить від норми внесення мінеральних добрив, місткості тукових банок культиваторів, робочої швидкості агрегату і відстані до місця завантаження

$$T_{зав} = \tau_{зав} \cdot T_0, \quad (7.16)$$

де $\tau_{зав}$ – коефіцієнт завантаження, що являє собою відношення тривалості завантаження до тривалості основної роботи.

Коефіцієнт завантаження визначають за формулою

$$\tau_{зав} = \frac{t_{зав} \cdot H \cdot v \cdot B}{60 \cdot V \cdot \varphi}, \quad (7.17)$$

де $t_{зав}$ – тривалість одного завантаження агрегату добривами, хв.;

H – норма внесення мінеральних добрив, кг/га;

V – місткість тукових банок культиватора, кг;

φ – коефіцієнт використання об'єму (для добрив – 0,9).

Тривалість організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці $T_{обс}$ включає час на очистку робочих органів машини $T_{оч}$, на перевірку якості роботи $T_{як}$, на технологічні регулювання машини $T_{рег}$ і на технічне обслуговування (змащення окремих точок механізмів, підтяжку кріплення, усунення дрібних неполадок – $T_{мо}$)

$$T_{обс} = T_{оч} + T_{як} + T_{рег} + T_{мо}. \quad (7.18)$$

Перелічені затрати часу залежать від умов роботи технічного стану агрегату, тривалості робочого часу і визначаються на підставі фотохронометражних спостережень.

Час, що відводиться на відпочинок та особисті потреби $T_{від.он}$, включає час на відпочинок $T_{від}$ виконавців та особисті потреби $T_{он}$. $T_{он}$, за рекомендаціями Науково-дослідного інституту праці, у всіх випадках приймають рівним 10 хв. на зміну. Час, що відводиться на відпочинок виконавців $T_{від}$ на механізованих польових роботах, залежить від факторів утомленості, і за рекомендацією лабораторії нормативів по праці прийняті: для гусеничних тракторів – 18 хв, для колісних – 15 хв за зміну.

Залежно від затрат часу на відпочинок та особисті потреби виконавців визначають розрахункове значення $T_{від.он}$. При цьому враховують наявність у трудовому процесі технологічних зупинок, чергувань елементів основних і допоміжних операцій, організації праці виконавців та ін.

Отже, формулу (7.11) для визначення тривалості основної роботи можна представити у такому вигляді

$$T_0 = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{обс} + T_{від.он})}{1 + \tau_{нов} + \tau_{пер} + \tau_{зав}}. \quad (7.19)$$

Коефіцієнт завантаження ($\tau_{зав}$) визначають тільки для нарізування поливних борозен з одночасним внесенням мінеральних добрив.

Правильність проведених розрахунків елементів затрат часу визначають за балансом тривалості зміни

$$T_{зм} = T_0 + T_{пз} + T_{дон} + T_{обс} + T_{від.он}. \quad (7.20)$$

Робоча ширина захвату агрегату B_p залежить від виду роботи, що виконується. На експлуатаційному плануванні та передпосівному вирівнюванні зрошуваних полів B_p приймають меншу за конструктивну, тому що як для забезпечення якості виконання планування робочий хід роблять з деяким перекриттям. При нарізуванні поливних борозен робочу ширину захвату приймають рівною конструктивній. На нарізанні та зарівнюванні тимчасової зрошувальної мережі B_p залежить від відстані між тимчасовими зрошувачами. Для кожного конкретного випадку її визначають за формулою

$$B_p = \frac{Ш}{n}, \quad (7.21)$$

де $Ш$ – ширина смуги, що обслуговує агрегат за зміну, м;
 n – кількість проходів агрегату.

Важливим нормоутворюючим фактором при нормуванні механізованих польових робіт є робоча швидкість руху агрегату v_p , яку розраховують за формулою

$$v_p = \frac{n \cdot L_{сер}}{1000 \cdot T_0}, \quad (7.22)$$

де $L_{сер}$ – середня довжина гону ділянки, яку обслуговує агрегат, м.

Витрати палива, л/га або л/км, розраховують за формулами:

$$q = \frac{Q_0 \cdot T_0 + Q_{пов} \cdot T_{пов} + Q_{пер} \cdot T_{пер} + Q_{зуп} \cdot T_{зуп}}{F_{зм}}, \quad (7.23)$$

або

$$q = \frac{Q_0 \cdot T_0 + Q_{пов} \cdot T_{пов} + Q_{пер} \cdot T_{пер} + Q_{зуп} \cdot T_{зуп}}{L_{зм}}, \quad (7.24)$$

де Q_0 , $Q_{пов}$, $Q_{пер}$, $Q_{зуп}$, T_0 , $T_{пов}$, $T_{пер}$, $T_{зуп}$ – витрати палива (л/год) та затрати часу (год) протягом зміни відповідно на основну роботу, холості повороти і заїзди агрегату в загінку, його внутрішньозагінні переїзди з ділянки на ділянку та на зупинки під час роботи двигуна вхолосту;

$F_{зм}$ та $L_{зм}$ – змінна норма виробітку, га або км.

Виходячи із раціональних режимів роботи агрегатів, встановлені типові норми виробітку і витрат палива для поливів і ділянок правильної конфігурації (квадратної чи прямокутної форми) з рівним рельєфом, що знаходяться на висоті до 500 м над рівнем моря, без кам'янистості і перешкод. У процесі роботи агрегатів на полях з більш складними умовами (нерівний рельєф, складна конфігурація, наявність каміння і перешкод, на висоті більше 500 м над рівнем моря та ін.) необхідно користуватись поправочними коефіцієнтами, які рекомендовані науково-дослідними і нормативними організаціями.

Для користування типовими нормами і поправочними коефіцієнтами при встановленні норм виробітку і витрат палива стосовно конкретних умов роботи необхідно визначити основні формоутворюючі фактори. Їх визначають за матеріалами паспортизації полів.

Вправа 10. Розрахунок норми виробітку на експлуатаційне планування поверхні поля планувальником

Дано: 1. Довгобазовий причіпний планувальник – Д-719.

2. Агрегатований з трактором – Т-150.

3. Площа поля – 60 га.

4. Довжина загінки – 600 м.

5. Відстань переїзду – 10 км.

6. Тривалість зміни – 8 год або 480 хв.

Розв'язок

Для розрахунку норми виробітку довгобазовим планувальником Д-719, агрегатованим трактором Т-150 приймають такі нормативи:

- робоча ширина захвату агрегату – 3,85 м;
- тривалість підготовчо-заклучних робіт ($T_{пз}$) – 34 хв;
- тривалість обслуговування агрегату в загоні ($T_{обс}$) – 9 хв;
- час на відпочинок і особисті потреби виконавців ($T_{відп.он}$) – 28 хв;
- тривалість одного повороту агрегату ($t_{нов}$) – 37 с;
- робоча швидкість агрегату під час одного проходу (v_p) – 7,6 км/год;
- швидкість руху агрегату на переїздах ($v_{пер}$) – 8,5 км/год.

Загальну тривалість холостих поворотів і заїздів за зміну виражають через коефіцієнт поворотів, що являє собою відношення часу поворотів до часу основної роботи агрегату ($\tau_{нов}$), його знаходять за формулою (7.6)

$$\tau_{нов} = \frac{37 \cdot 7,6}{3,6 \cdot 600} = 0,13.$$

Загальну тривалість внутрішньозмінних переїздів за зміну виражають через коефіцієнт внутрішньозмінних переїздів, що являє собою відношення часу внутрішньозмінних переїздів до часу основної роботи ($\tau_{пер}$), його визначають за формулою (7.8) $\tau_{пер} = \frac{10 \cdot 7,6 \cdot 3,85}{10 \cdot 8,5 \cdot 60} = 0,057$.

Тривалість основної роботи знаходять за формулою (7.12)

$$T_0 = \frac{480 - (34 + 9 + 28)}{1 + 0,13 + 0,057} = 345 \text{ хв} = 5,74 \text{ год.}$$

Загальну тривалість поворотів визначають за формулою (7.5) $t_{нов} = 345 \cdot 0,13 = 45$ хв, а загальну тривалість переїздів визначають за формулою (7.7) $t_{пер} = 345 \cdot 0,057 = 20$ хв.

Перевірку правильності розрахунків виконують на підставі балансу часу зміни

$$T_{зм} = T_0 + T_{пз} + t_{нов} + t_{пер} + T_{обс} + T_{відп.он} = \\ = 345 + 34 + 45 + 20 + 9 + 28 = 481 \text{ хв.}$$

Нев'язка розрахунків становить 1 хв, що можливе на округленнях.

Змінну норму виробітку на експлуатаційне планування розраховують за формулою (7.1) $F_{зм} = \frac{3,85 \cdot 7,6 \cdot 5,74}{10 \cdot 1} = 16,8$ га/зміну.

Коефіцієнт використання часу зміни дорівнюватиме

$$K_{зм} = \frac{T_0}{T_{зм}} = \frac{5,74}{8} = 0,718.$$

Запитання для самоконтролю

1. Які види робіт входять до підготовки поля до поверхнево-самопливного поливу?
2. Для чого виконують планування, маловання і вирівнювання поля перед поливом?

3. Як часто здійснюють експлуатаційне планування і вирівнювання поля?
4. Що являє собою маловання?
5. Чому задають декілька проходів планувальника при плануванні зрошуваних полів?
6. Від чого залежить кількість проходів планувальника при плануванні зрошуваних полів?
7. Від чого залежить допустима величина зрізання ґрунту при експлуатаційному плануванні земель?
8. Які машини застосовують для експлуатаційного планування зрошуваних полів?
9. Яка послідовність роботи довгобазового планувальника? Як відбувається вирівнювання поверхні поля?
10. Як працює довгобазовий автоматичний планувальник ПА-3? За рахунок чого відбувається автоматизація процесу планування?
11. Як працює вирівнювач? За рахунок чого відбувається вирівнювання поля?
12. Які схеми робіт планувальників у процесі вирівнювання поля розрізняють?
13. Як рухається планувальник при загінній схемі роботи?
14. Як рухається планувальник при діагональній схемі робіт?
15. Яким чином виконують контроль і оцінку якості планувальних робіт?
16. Які схеми розташування тимчасової зрошувальної мережі застосовують при поливі по борознах і смугах?
17. Від чого залежить відстань між тимчасовими зрошувачами?
18. Чому і на скільки рівень води в тимчасовому зрошувачі має бути вищим за відмітку прилеглого поля?
19. Які технологічні операції можна виконати за допомогою каналокочача-зарівнювача КЗУ-0,3?
20. Які допоміжні роботи виконують перед нарізкуванням тимчасових зрошувачів і вивідних борозен?
21. Яка послідовність нарізування тимчасових зрошувачів і вивідних борозен?
22. Від чого залежать розміри поперечного перерізу тимчасових зрошувачів?
23. Що і як контролюють при нарізуванні тимчасових зрошувачів?
24. Яким чином зарівнюють тимчасові зрошувачі?
25. Від чого залежить змінна норма виробітку на експлуатаційному плануванні, малованні і передпосівному вирівнюванні зрошуваних полів?
26. Від чого залежить змінна норма виробітку агрегату на нарізанні і зарівнюванні тимчасової зрошувальної мережі?

27. *Як установлюють тривалість основної роботи при підготовці поля до поверхнево-самопливного способу поливу?*
28. *Що входить до терміну на підготовчі і заключні роботи при експлуатаційному плануванні і вирівнюванні зрошуваних полів?*
29. *Що включає допоміжний час при нарізуванні поливних борозен?*
30. *Чому при експлуатаційному плануванні і вирівнюванні зрошуваних полів, нарізуванні тимчасової зрошувальної мережі час на виконання допоміжних робіт виражають у вигляді відповідних коефіцієнтів τ ?*
31. *Що входить до часу організаційно-технічного обслуговування агрегатів у загінці при нарізуванні тимчасової зрошувальної мережі і експлуатаційному плануванні зрошуваних полів?*
32. *Що включає і скільки триває час на відпочинок і особисті потреби при експлуатаційному плануванні зрошуваних полів і нарізуванні тимчасової зрошувальної мережі?*
33. *Як встановлюють норми витрат палива при експлуатаційному плануванні і вирівнюванні зрошуваних полів, нарізуванні тимчасової зрошувальної мережі?*

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Поверхнево-самопливний полив є найстарішим і найбільш розповсюдженим способом зрошення. Найбільші площі зрошення поверхнево-самопливним способом знаходяться в південній Азії та в північній Африці. Тобто в тих країнах, де жаркий і сухий клімат. Застосування дощування в цих країнах призводить до значних втрат на випаровування із дощувального струменя, рослин і поверхні ґрунту. Поверхнево-самопливний спосіб у меншій мірі піддається впливу кліматичних характеристик. Крім того, дощування потребує значних затрат на придбання дощувальних машин і створення напору. Зрошення поверхнево-самопливного способу потребує недорогого і простого у виготовленні і користуванні обладнання. У той же час потрібні більші витрати праці поливальників. Так у світі поливають увесь рис поверхнево-самопливним способом (полив затопленням), увесь бавовник (полив по борознах), більшість овочевих, технічних культур та фруктових дерев. При впровадженні поверхнево-самопливного поливу можливо застосовувати поливні машини, які можна виготовити самостійно, що складаються із тракторної насосної станції і довгого поліетиленового шланга. Ці складові пропонуються багатьма виробниками.

Через надмірну трудомісткість і неможливість автоматизації поверхнево-самопливний спосіб поступово втрачає свою значимість і поступається дощуванню та краплинному поливу. Поверхнево-самопливний спосіб через свою простоту може бути тимчасовою альтернативою за відсутності дощувальних машин на зрошувальних системах під дощування. У даному посібнику розглянуті приклади схем поливу на зрошувальних системах під різні дощувальні машини, що є актуальним у сучасних умовах на півдні України. Найбільш перспективними є схеми, що застосовують транспортуючі і поливні трубопроводи із гнучких пластмасових матеріалів, замість тимчасової зрошувальної мережі в земляному руслі. Це дозволяє скоротити втрати води на фільтрацію і більш рівномірно розподілити зрошувальну воду по полю.

Отже, поверхнево-самопливний спосіб поливу, незважаючи на недоліки, ще тривалий час буде актуальним у світі, у тому числі в Україні.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Безроднов Н.А. Операционная технология механизированных процессов при орошении. Н.А. Безроднов, П.И. Кузнецов. М.: Росагропромиздат. 1989. 239 с.
2. Блацату И.Н. Оросительные мелиорации / И.Н. Блацату, И.Г. Штефырца. Кишинев: Штиинца. 1988. 70 с.
3. Бродский Л.И. Из истории мелиорации на Украине. Л.И. Бродский. Гидротехника и мелиорация. 1983. № 5. С. 91–93.
4. Величко И.И. Полив с помощью гибких трубопроводов. И.И. Величко. М.: Колос. 1981. 112 с.
5. Гноевих М.О. Як організувати зрошувану ділянку. М.О. Гноевих. К.: Урожай. 1964. 80 с.
6. Дементьев В.Г. Орошение. В.Г. Дементьев. М.: Колос. 1979. 303 с.
7. Доценко В.І. Історія меліорації як аспект виховання студентів. В.І. Доценко // Формування національних і загальнолюдських цінностей у студентів: Матеріали Придніпровської науково-практичної конференції. Дніпропетровськ. ДДАУ. 2009. С. 130–133.
8. Історія розвитку та сучасний стан меліорації і водного господарства Дніпропетровщини. О.І. Шевелєв, В.І. Гринюк, В.А. Капука, В.М. Андрієвський. Дніпропетровськ. 2005. 166 с.
9. Ерхов Н.С. Мелиорация земель. Н.С. Ерхов, Н.И. Ильин, В.С. Мисенев. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат. 1991. 319 с.
10. Зрошення і осушення земель. Під ред. С.М. Алпатьєва. К.: Урожай. 1971. С. 63–78.
11. Киенчук А.Ф. Водораспределение на оросительных системах. А.Ф. Киенчук. К.: Урожай. 1989. 176 с.
12. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6-е изд., доп. и переработ. А.М. Костяков. М.: Сельхозгиз. 1960. 662 с.
13. Маслов Б.С. Мелиорация и охрана природы. Б.С. Маслов, И.В. Минаев. М.: Россельхозиздат. 1985. 271 с.
14. Меліоративні системи та споруди. ДБН В.2.4-1-99. К.: Держбуд України. 2000. 175 с.
15. Мелиорация земель (Курс лекций). 1 Ч. Под ред. проф. Г.А. Сенчукова. Новочеркасск. 2002. 196 с.
16. Механизация полива: справочник. Б.Г. Штепа, В.Ф. Носенко, Н.В. Винникова и др. М.: Агропромиздат. 1990. 336 с.

17. Новое в водном хозяйстве. Вып. 4. Июль 2006 г. Ташкент: Научно-информационный центр МКВК. 2006. 36 с. (Электронный ресурс) <http://docplayer.ru/50360699-Novoe-v-vodnom-hozyaystve.html>
18. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям. Под ред. акад. ВАСХНИЛ, д.т.н., проф. С.Ф. Аверьянова. М.: Колос. 1970. 334 с.
19. Руководство по проектированию внутрихозяйственной оросительной сети для дождевальных машин «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр». М.: 1979. 103 с.
20. Сельскохозяйственная мелиорация и основы геодезии / Г.Н. Мартыненко, В.Л. Гуткин, Л.Г. Дудникова, В.П. Петрунин. Под ред. Г.Н. Мартыненко. М.: Агропромиздат. 1988. 304 с.
21. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. А.А. Богушевский, А.И. Голованов, В.А. Кутергин и др. По ред. Е.С. Маркова. М.: Колос. 1981. 375 с.
22. Справочник гидротехника орошаемого хозяйства. Под ред. Б.А. Шумакова. М.: Колос. 1972. 414 с.
23. Справочник по механизации орошения. Б.Г. Штепа, Н.В. Винникова, С.Х. Гусейн-заде и др. Под ред. Б.Г. Штепы. М.: Колос, 1979. 303 с.
24. Справочник по орошаемому садоводству. В.И. Сенин, В.И. Водяницкий, Н.А. Барабаш и др. Под ред. В.И. Сенина. К.: Урожай. 1992. 192 с.
25. Сурин В.А. Механизация и автоматизация поверхностного полива. В.А. Сурин. М.: Колос. 1982. 127 с.
26. Тимчасові рекомендації по організації поверхневого поливу по борознах на діючих зрошувальних системах з дощувальними машинами. К.: Держводгосп України, 1997. 33 с.
27. Типовые нормы на работы, связанные с орошением сельскохозяйственных культур. А.С. Велиев, П.С. Криволапов, Г.А. Химченко и др. М.: ВО Агропромиздат. 1990. 64 с.
28. Штепа Б.Г. Технический прогресс в мелиорации. Б.Г. Штепа. М.: Колос, 1983. 238 с.