

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня “Магістр”
на тему:

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
КУЛЬТУР ДОЩУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ «ФРЕГАТ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-20
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

_____ Кондратюк Іван Сергійович

Керівник _____ Волик Борис Анатолійович

Рецензент _____

(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСТМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Кондратюка Івана Сергійовича _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи _____ Волик Борис Анатолійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 2021 року № _____

2. Строк подання студентом роботи 12.11.2021 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин для проведення поливу. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз існуючих технологій та засобів зрошення. 2. Дослідження експлуатаційних характеристик мобільних дощувальних машин та їх робочих органів. 3. Дослідження розроблених мобільних дощувальних машин. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна

ефективність впровадження дощувальних машин. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз мобільних енергоджерел для дощувальних машин. 3. Дослідження силових характеристик гідроприводу. 4. Дослідження силових характеристик гідроприводу. 5. Конструкції розроблених дощувальних машин. 6, 7. Дослідження рівномірності розподілу дощу розроблених дощувальних машин. 8. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
1	Волик Б.А.		
2	Волик Б.А.		
3	Волик Б.А.		
4	Волик Б.А.		
5			
6			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 20.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

п/п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	<i>При мітка</i>
	Аналітичний (оглядовий)	до 30.08.2021 р.	
	Теоретичний	до 10.11.2021 р.	
	Експериментальний	до 29.11.2021 р.	
	Охорона праці	до 15.12.2021 р.	
	Економічний	до 22.11.2021 р.	
	Демонстраційна частина	до 29.11.2021 р.	

Студент

_____ (підпис)

Кондратюк І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Волик Б.А.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів робочих органів дощувальної машини.

Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 56 найменувань. Основна частина роботи викладена на 89 сторінках машинописного тексту, містить 27 рисунків і 15 таблиць.

Метою роботи є розробка технологій, принципів схем і конструкцій мобільних засобів поливу при їх використанні в існуючих зрошувальних системах з широкозахватними дощувальними машинами.

Для досягнення мети в роботі вирішено такі завдання:

- проведено аналіз існуючого стану зрошення;
- розроблено принципові схеми технологій і сумісного використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин;
- розроблено принципову схему та конструкцію мобільної дощувальної машини і досліджено її агротехнічні показники;
- визначено економічна ефективність впровадження мобільної дощувальної машини у виробництво.

Ключові слова: зрошення, технологія, дощувальна машина, конструкція, параметри, робочі органи.

Зміст

Вступ.....	7
1. Особливості сучасного стану зрошення.....	8
1.1. Тенденції розвитку засобів зрошення у світі.....	8
1.2. Дослідження основних параметрів шлангобарабанних дощувальних машин	15
1.3. Висновки до розділу.....	27
2. Дослідження умов сумісного використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин.....	29
2.1. Принципові схеми і технологія використання різних типів широкозахватних і мобільних дощувальних машин.....	29
2.2. Втрати напору й енергії при подачі води від насосної станції до мобільних дощувальних машин.....	43
2.3. Дослідження агротехнічних показників різних типів дощувальних машин..	53
2.4. Висновки до розділу.....	65
3. Дослідження конструктивних та технологічних параметрів мобільної дощувальної машини.....	67
3.1. Конструкція мобільної дощувальної машини.....	67
3.2. Дослідження рівномірності розподілу дощу при використанні мобільної дощувальної машини.....	71
3.3. Висновки до розділу.....	78
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79
4.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ПП «Росток».....	79
4.2 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві.....	82
4.3. Заходи по поліпшенню умов праці.....	84
4.4 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі...	85
4.5 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві.....	85
5. Економічна ефективність мобільної дощувальної машини.....	88
Загальні висновки.....	91
Список використаної літератури.....	93
Додатки.....	95

Вступ

Ефективність використання поширених в Україні широкозахватних дощувальних машин “Фрегат”, “Дніпро”, ДДА-100 МА з кожним роком знижується, що пояснюється закінченням строку служби і зменшенням їх кількості, відсутністю належного управління й обслуговування насосних станцій і зрошувальних мереж, які знаходяться на землях різних власників. Насосні станції через відсутність проектної завантаженості мають неоптимальні режими роботи, внаслідок чого енергоємність поливу і втрати води збільшуються, а надійність трубопроводної мережі зменшується. Це призводить до того, що попит на широкозахватну стаціонарну дощувальну техніку в більшості сільгоспвиробників зменшується, а на недорогу мобільну дощувальну техніку з площею зрошення 5-20 га – збільшується. Тому в існуючих зрошувальних системах доцільно сумісне використання високопродуктивних дощувальних машин з сезонною площею зрошення до 120 га кожна і мобільних дощувальних машин з сезонною площею зрошення до 20 га, які після закінчення поливу можуть транспортуватися з поля і зберігатися під наглядом. Це дозволить зменшити капітальні витрати на реконструкцію зрошувальних систем, продовжити термін їх служби, підвищити економічність роботи існуючих насосних станцій, забезпечити зрошувальні системи сучасною мобільною дощувальною технікою, яка має попит у власників землі.

Досвід одночасної роботи широкозахватних стаціонарних дощувальних машин і мобільних дощувальних машин відсутній, тому що за кордоном мобільні дощувальні машини шлангобарбанного типу комплектуються спеціальними дизельними насосними станціями й алюмінієвими трубопроводами. В Україні шлангобарабанні установки чеської фірми “Сігма” використовувалися окремо при подачі води як від спеціальних електричних, так і дизельних насосних станцій. Мобільна шлангобарабанна дощувальна техніка, яка виготовляється за кордоном, має велику вартість, а її напірно-витратні характеристики не узгоджуються з аналогічними характеристиками існуючих насосних станцій.

1. Особливості сучасного стану зрошення

1.1. Тенденції розвитку засобів зрошення у світі

Найбільш прогресивні засоби і технології зрошення у світі розроблено в США, а також у розвинутих державах Європи (Германія, Франція, Італія).

Дослідження, проведені в США, показують, що тенденції розвитку зрошення визначаються такими основними факторами: капітальні вкладення, енергоємність, експлуатаційна надійність, екологічна стабільність. З урахуванням цих вимог залежно від конкретних природно-господарських умов визначаються найбільш ефективні способи і засоби поливу [26, 42].

У 1975-1985 рр., коли був найбільший розвиток зрошення в США і в розвинутих державах, капіталовкладення, які направлялися на зрошення, охорону водних ресурсів і осушення земель у США, досягли 27,5 млрд. доларів, що складало 25% капіталовкладень у сільське господарство. Із цієї суми 12,3 млрд. доларів (45%) приходилося на зрошення, 9,7 млрд. доларів (35%) – на охорону земель і водних ресурсів і 5,5 млрд. дол. (20%) – на осушення.

У 1975-1980 рр. капіталовкладення в розвиток зрошення дощуванням склали 75% в обладнання зрошувальних систем.

Порівняння різних способів поливу, яке було проведено в США, показало, що найменші витрати мають широкозахватні дощувальні машини з забором води з центральної зрошувальної мережі (2201 дол./га), а найбільші – сезонно-стаціонарні дощувальні системи – 4100,7 дол./га (табл. 1.1). При цьому оплата енергії на водопостачання найменша при використанні багатоопірних дощувальних машин, а найбільша – розбірних дощувальних установок і стаціонарних дощувальних систем [49].

Найбільшу площу зрошення має в США поверхневий полив, що пояснюється використанням його в зрошуваному землеробстві на рівнинній місцевості до появи механізованого поливу. В останні роки площі зрошення поверхневим способом зменшилися порівняно з використанням дощувальних машин.

Витрати на зрошення різними способами поливу (дол./га)

Види витрат	Багатоопірні дощувальні машини забір води		Швидко-розбірні переносні дощувальні установки	Сезонно-стаціонарні дощувальні системи	Полив по борознах	Крапельне зрошення
	із свердловини	із центральної водопровідної мережі				
Водоподача, мм	762	762	914	914	1219	914
Капіталовкладення	1670	1114	1259	2680	1235	1976
Експлуатаційні витрати, в т.ч числі:						
підготовка площі	–	–	–	–	49,40	–
оплата робочої сили	11,1	11,1	133,4	22,2	111,1	44,5
оплата енергії на водоподачу	–	40,6	131,2	131,2	75,6	94,1
дизельне пальне	62,7	–	–	–	–	–
ремонт	20,2	17,8	36,3	62,2	4,9	84,5
Усього експлуатаційні витрати	134,6	184,2	3000,9	215,6	241,0	223,1
Усього витрат	2764,8	2201,0	2636,5	4100,7	2821,2	3394,7

Починаючи з 1970 року, швидко розповсюджувались багатоопірні широкозахватні машини з поливом по колу більше 47% всієї площі, що зрошується способом дощування.

Основними перевагами цих машин є низькі витрати праці на полив, економія поливної води до 60% порівняно з поверхневим поливом, зменшення на 70% витрат праці порівняно з застосуванням розбірних дощувальних установок [50].

У США проведено порівняння дощувальної техніки різних типів по різних критеріях, яке дозволило визначити переваги та недоліки і здійснити їх ранжування (табл. 1.2).

Порівняльна оцінка дощувальної техніки по мінімуму витрат

Місце по мінімуму витрат	Витрати на полив	Витрати праці на полив	Енергоємність
1.	Колісний трубопровід	Багатоопірні машини (рух по колу)	Багатоопірні машини (рух по колу)
2.	Багатоопірні машини (рух по колу)	Стаціонарні системи	Колісні трубопроводи
3.	Розбірні установки	Шлангові машини з підтягуванням	Стаціонарні системи
4.	Шлангові машини з підтягуванням	Колісні трубопроводи	Розбірні установки
5.	Стаціонарні системи	Розбірні установки	Шлангові машини з підтягуванням

У таблиці ми бачимо, що найменшу енергоємність і витрати праці на полив мають багатоопірні машини з поливом по колу, найбільшу енергоємність – шлангобарабанні установки, найбільші витрати на полив – стаціонарні системи. Порівняння відносних витрат на полив різних засобів зрошення показує, що багатоопірні машини в русі по колу вимагають у 1,8 разів більше капітальних вкладень, ніж розбірні дощувальні установки, але відносні витрати праці на полив у 6 разів менші (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

**Відносні витрати на полив різних засобів зрошення
у США і в країнах Західної Європи**

Засоби зрошення	Відносні витрати	
	капітальних вкладень	праці на полив
Розбірні дощувальні установки	1,0	1,0
Колісні трубопроводи	1,9	0,4
Позиційні багатоопірні машини із шлейфами	2,0	0,35
Шлангобарабанні машини	1,7	0,3
Багатоопірні машини у русі по колу	1,8	0,15
Фронтальні багатоопірні машини з поливом в русі	2,0	0,25
Стаціонарні і сезонно-стаціонарні системи	5,0	0,2

Капітальні вкладення при застосуванні фронтальних дощувальних машин у 2 рази більше, а витрати праці – у 4 рази менші порівняно з застосуванням розбірних дощувальних установок.

У табл. 1.4 наведені техніко-економічні показники перспективних зарубіжних дощувальних машин фронтальної та кругової дії.

Таблиця 1.4.

Техніко-економічні показники перспективних дощувальних машин зарубіжного виробництва

Тип машини	Витрата Q , м ³ /с	На-пір H , м	Продуктивність I , га/год $m = 30$ мм	Довжина L , м	Площа S , га	Питомі витрати енергії, $m = 30$ мм	
						електро-енергії кВт·год/га	палива кг/га
“Valley”, рух по колу	0,064	21	0,77	401	100	17,2	2,4
“Towable pivot”, рух по колу	0,064	21	0,77	401	100	30,0	–
“Valley Rainger” фронтальна, забір з каналу	0,108	25	1,3	689,2	120	–	15,2
“Zimmatic Move” фронтальна, забір з каналу	0,171	29	2,0	804	132	–	11,7
“Linear II” фронтальна, забір із закритої мережі	0,164	20	1,8	792	130	17,8	2,1
PSVH-110 фронтальна, шлангобарабанна	0,03	100	0,36	100	30	81,6	–
“Reinstar” фронтальна, шлангобарабанна	0,057	100	0,68	100	50	82,1	–
“Upton”(Австралія) фронтальна, гнучкий шланг	0,031	21	0,37	80	30	17,2	13,5
“Upton Irrigation”(Австралія) фронтальна, забір з каналу	0,056	60	0,67	110	50	–	11,3

* Вартість дизельного палива: 1 кг – 1,5 грн.;

* Вартість електроенергії: 1 кВт - год – 0,18 грн., $m = 30$ мм.

Як бачимо з цієї таблиці, найбільш економічна за енерговитратами машина “Valleu”, яка розроблена в США, і рухається по колу. Вона також має найменшу питому вартість – 2700 грн/га. Найбільшу питому вартість мають дощувальні машини із забором води з каналу і по гнучкому трубопроводу [53].

Основні напрямки розвитку найбільш поширених способів зрошення в США поверхневого поливу і дощування за допомогою дощувальної техніки наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Напрямки удосконалення систем поверхневого поливу і дощувальної техніки.

Як бачимо, значна увага при удосконаленні систем поверхневого поливу приділяється автоматизації затворів на поливних трубопроводах.

Основні напрямки удосконалення техніки поверхневого поливу: ретельне планування поливу з використанням лазерних приладів; створення програм для персональних комп'ютерів з метою вирішення задач визначення швидкості

стікання води по поверхні зрошуваної площі, відповідній фільтраційній здатності ґрунту; автоматизація затворів на поливних трубопроводах [54].

Однією із причин, які стримують автоматизацію поливу по борознах, є потреба у великій кількості водовипускних пристроїв. При довжині борозен 400 м необхідно 22-32 водовипуска на 1 га, у дощувальних машин з поливом по колу на 1 га приходиться 0,8-1,9 дощувального апарата [36].

Для подачі води з трубопроводами діаметром 100-200 мм з регульованими водовипусками використовують автоматичні засувки, управління якими здійснюється за допомогою часових механізмів або по сигналу датчиків, що встановлюються в кінці поливних борозен.

В цілому, на зрошувані землі при поливі по борознах подається в 3 рази більше води, ніж необхідно для рослин, але впровадження дискретної подачі води в борозни дозволить зменшити поверхневий стік з 21% до 17,7%, а глибинний “скид” – з 24% до 7%. Такі дані одержані порівнянням втрат води при поверхневому поливі в США і Узбекистані (табл. 1.5) [48].

Таблиця 1.5.

Втрати води при поверхневому поливі

Показники	Фактичні дані в США, %		Дані в Узбекистані, в середньому	Оптимальні втрати, розраховані на ЕОМ
	штат Айдахо	штат Колорадо		
Водозабір	100	100	100	100
Втрати на фільтрацію води з каналів	11	23	–	11
Поверхневий стік	17	21	28,7	17,7
Глибинний скид	24	24	23,8	7
Всього	52	68	52,5	35,7

Аналіз розвитку зрошення в Європі показує, що в більшості країн, де характерні невеликі площі зрошуваних ділянок (до 20 га), найбільш поширені пересувні далекоструминні шлангобарабанні установки. Визначальним фактором при виборі цих установок для фермера є не енергоємність і якість поливу, а зменшення витрат праці, мобільність при роботі на віддалених

ділянках і при зберіганні техніки. На рис. 1.2 наведена схема, яка визначає недоліки і переваги шлангобарабанних установок. Досвід зарубіжних країн показує, що шлангобарабанні установки мають менші капіталовкладення порівняно з системами мікрозрошення, і тому успішно конкурують з ними при зрошенні овочевих і плодоягідних культур [55].

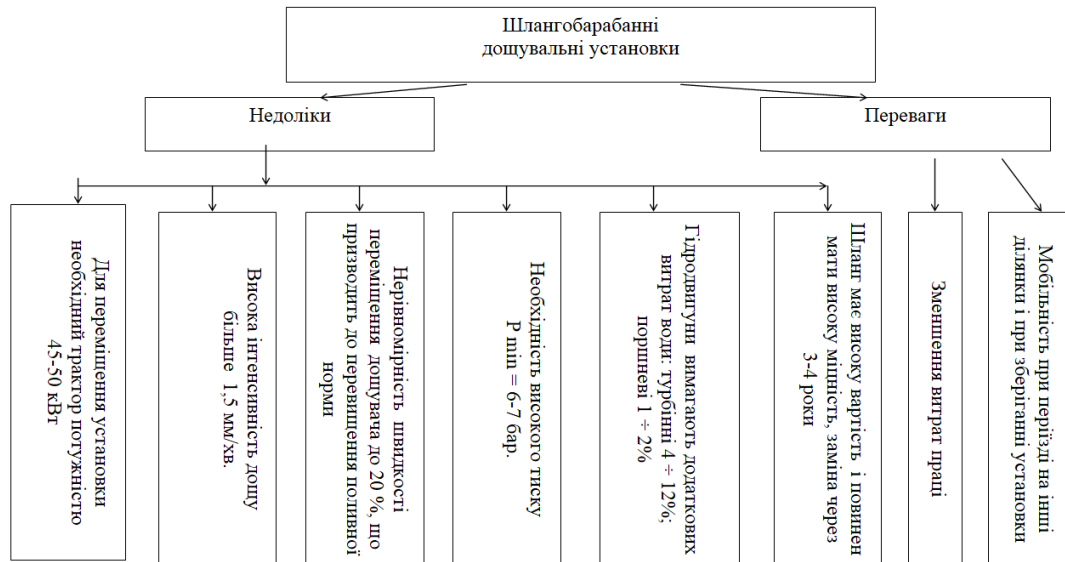


Рис. 1.2. Схема основних недоліків та шлангобарабанних установок.

До недоліків шлангобарабанних установок слід віднести такі:

- водопровідний поліетиленовий трубопровід повинен мати високу міцність і зносостійкість; висока вартість трубопроводу;
- необхідність високого тиску і відповідно висока енергоємність поливу;
- залежність рівномірності розподілення води від швидкості вітру;
- висока інтенсивність дощу;
- незадовільне зрошення країв смуги зрошення;
- коливання швидкості пересування, яке досягає 20% і відповідно коливання поливної норми на різних ділянках полоси (особливо цей недолік суттєвий для установок з турбінним приводом).

У шлангобарабанних установках привід барабана здійснюється економічним поршневым приводом, для якого необхідно 1-3% поливної води. Порівняно з турбінним приводом, необхідний робочий тиск у поршневому двигуні на 0,1-0,2 МПа менший, що дозволяє зменшити витрати пального.

При використанні турбінних двигунів втрати напору від 4 до 12%, при застосуванні поршневих – витрати води 1-2% [37].

Отже, основні напрямки і тенденції розвитку зрошення в розвинених країнах базуються на таких вимогах, які визначають основні експлуатаційні й економічні показники різних способів і засобів поливу:

1) підвищення рівня використання земельних ресурсів шляхом впровадження самохідних фронтальних дощувальних машин із забором води із закритих зрошувачів;

2) величина капіталовкладень зменшується за рахунок багатофункціонального використання зрошувальних систем і дощувальної техніки;

3) багатофакторна оптимізація режимів зрошення проводиться по заданій нормі прибутку, а не по максимальній біологічно можливій урожайності;

4) при проектуванні й експлуатації зрошувальних систем і розробці нових засобів поливу застосовується системний підхід, уніфіковані модулі, збірні одиниці техніки, комплексна оптимізація поливних модулів.

1.2. Дослідження основних параметрів шлангобарабанних дощувальних машин

Аналіз зарубіжних дощувальних машин, проведений в розділі 1 (табл. 1.4), показує, що в країнах Європи найбільш поширені мобільні дощувальні машини шлангобарабанного типу, які мають як переваги, так і недоліки (рис. 1.2).

Найбільш перспективні за кордоном нові модифікації шлангобарабанних установок типу “Rainstar” та “Irromotor” австрійської фірми “Bauer”, машини італійської фірми “Valdussi” мають удосконалені конструкції турбінного приводу і забезпечують задовільну рівномірність та якість поливу за рахунок використання ферми з короткоструминними насадками, а також удосконалені далекоструминні дощувальні апарати. Але не ліквідовано такі недоліки цих

установок, як значні втрати напору по довжині гнучкого трубопроводу, недостатня довговічність і надійність його роботи.

Дослідження втрат напору в прямому поліетиленовому та плавнозігнутому трубопроводах з відносною кривизною $d/D = 0,024-0,042$ показали, що коефіцієнт λ_e можна визначити за такими формулами: прямий трубопровід при числах Рейнольдса $Re \geq 50000$ за формулою Філоненко-Альтшуля

$$\lambda_e = \lambda_r = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,64)^2}, \quad (1.1)$$

плавнозігнутий трубопровід при $Re \geq 50000$ за формулою

$$\lambda_e = 0,1 \left(1,07 \left(\frac{d}{D} \right)^{2,2} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25}. \quad (1.2)$$

Розрахунки показали, що втрати напору в прямому H_2 і плавнозігнутому трубопроводах H залежать значною мірою від транзитної витрати води та від діаметра і довжини трубопроводу.

Для трубопроводу діаметром 100 мм ця різниця становить від 2,68 до 11,98 м при транзитній витраті води від 12,7 до 23,1 л/с.

В Україні більшість існуючих насосних станцій мають загальну витрату 800-1000 л/с, у окремого насоса – від 50 до 200 л/с. Робочий напір на виході насосної станції знаходиться в межах 65-85 м, що недостатньо для роботи шлангобарабанних установок, які добре працюють, якщо на гідранті робочий напір 85-100 м. Тому більшість зарубіжних шлангобарабанних установок поставляються разом з пересувною дизельною насосною станцією.

Отже, необхідно удосконалювати шлангобарабанні установки, щоб робочий тиск на гідранті підтримувати меншим, що дозволить зменшити енергоємність поливу та підвищити надійність і довговічність роботи гнучкого трубопроводу.

В Інституті гідротехніки і меліорації розроблено спосіб поливу та шлангобарабанну дощувальну установку (патент № 47932А), які дозволяють зменшити втрати напору при транспортуванні води від гідранта до дощувального апарата.

Конструкція установки має намотаний на барабан гнучкий трубопровід, виконаний із двох відрізків однакової довжини. Технологія роботи установки передбачає на середині поля зупинки для відключення від гідранта відрізка трубопроводу, намотаного на барабан, і приєднання іншого відрізка трубопроводу, який буде намотуватися на барабан.

Використання запропонованого способу поливу і шлангобарабанної установки дозволить половину робочого часу працювати при низькому напорі. Графіки зміни втрат напору H по довжині гнучкого трубопроводу і відповідно робочого напору на гідранті наведені на рис. 1.3.

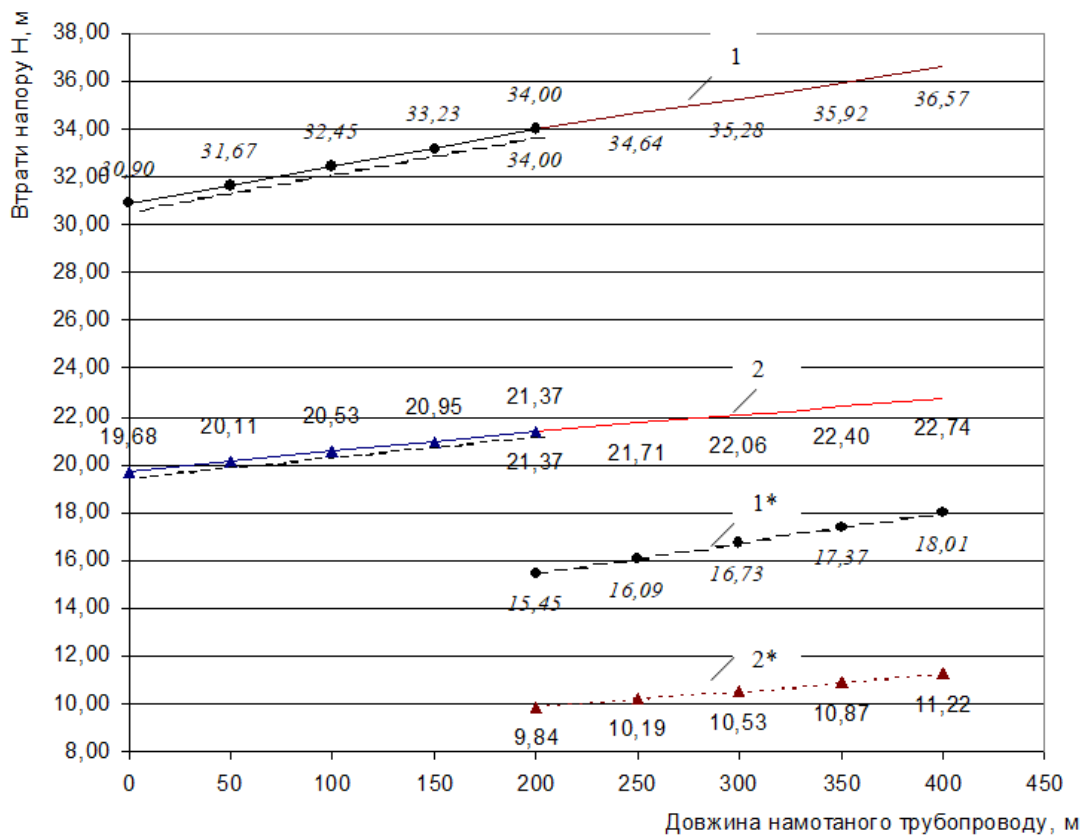


Рис. 1.3. Графіки зміни робочого напору при роботі шлангобарабанної установки:

— за існуючою технологією поливу;

----- за новою технологією поливу;

1, 1* – витрата 19 л/с; 2, 2* – витрата 14,8 л/с.

Як бачимо з графіка, за існуючої технології для дощувальної машини “Irromotor 110 E” з витратою 19 л/с втрати напору по довжині зростають від 30,90 до 36,57 м (пряма 1), а за нової технології поливу – від 30,90 м до 34,00 м на першій половині поля, а потім після відключення відрізка трубопроводу змінюються на другій половині поля від 15,45 м до 18,01 (пряма 1 *).

За існуючої технологічної схеми поливу напір на гідранті становить 87 м, а напір на дощувальному апараті зменшується від 67,3 до 64,3 м, тобто на 4,5%, водночас шар дощу змінюється від 17,5 до 17,1 мм, що складає 2,3%.

За нової технологічної схеми полив першої половини поля здійснюється при напорі на гідранті 87 м. Водночас напір на дощувальному апараті зменшується від 67,3 до 65,6 м, що становить 2,5%, а шар дощу змінюється від 17,5 до 17,27 мм, тобто на 1,3%.

Крім того, на другій половині поля можлива робота шлангобарабанної установки, коли тиск на гідранті не перевищуватиме 70 м. При цьому напір на дощувальному апараті зменшується від 60,2 м до 58,8 м, або на 2,4%. Шар дощу в цьому разі змінюватиметься від 16,54 до 16,35 мм, тобто на 1,2%.

Таким чином, використання нової технології поливу дозволить забезпечити кращі показники рівномірності шару дощу і зниження робочого напору.

Наші розрахунки показують, що для машини з витратою 14,8 л/с економія енергії при поливі на одній позиції з нормою 300 м³/га становить 74,8 кВт-год, а для машини з витратою 19 л/с – 157,4 кВт-год.

У середньому, проводиться за поливний сезон три поливи нормою 300-350 м³/га, сезонна площа машини з витратою 14,8 л/с – 15 га, машини з витратою 19 л/с – 19 га, площа поливу з однієї позиції 3,74 га, відповідно одержуємо 4 та 5 позицій.

Враховуючи ці дані, одержимо, що економія електроенергії за поливний сезон для дощувальної машини “Irromotor-110E”, яка працюватиме за новою технологією при трьох поливах становитиме: для машини з витратою 14,8 л/с – 900 кВт-год, для машини з витратою води 19 л/с – 2361 кВт-год.

Запропонований спосіб поливу і дощувальна установка є перехідними конструкціями до використання більш досконалих мобільних дощувальних машин фронтальної дії, які можуть мати широке застосування в Україні.

Перспективним, насамперед, є використання замість далекоструминного дощувального апарата двоконсольної ферми з короткострумними дощувальними насадками.

Це дасть змогу знизити робочий напір на вході ферми до 15-25 м і відповідно на гідранті до – 50-60 м.

Крім цього, необхідно вдосконалити значний за металомісткістю і вартістю шлангобарабанний механізм, який створює великі навантаження на шланг, внаслідок чого його довговічність низька. Тому перспективною є конструкція шлангобарабанного механізму, де на шланзі відсутні тягові зусилля, тобто машина повинна пересуватися під дією власного приводу і підбирати та намотувати шланг без значного зусилля.

В цьому разі можна використати поліетиленовий шланг середньої серії, який дешевший і має більший прохідний отвір, що дасть змогу додатково зменшити питомі витрати енергії на полив, продовжити термін експлуатації гнучкого шланга, підвищити надійність експлуатації зрошувальної мережі і дощувальної машини.

Для усунення недоліків дощувальних машин шлангобарабанного типу нами розроблена технологія поливу і конструкція дощувальної машини із забором води із допоміжного трубопроводу [15] діаметром 100-125 мм, який виконано з розбірних ланцюгів гнучких або жорстких поліетиленових труб, що дає змогу оперативно від'єднувати або приєднувати його по мірі зрошення окремих ділянок і наближення до гідранта або віддалення від нього.

На допоміжному трубопроводі встановлюються через кожні 50-60 м водозабірні вузли. Переміщення дощувальної машини здійснюється автоматично під дією гідроприводу самохідного візка від одного водозабірного вузла до наступного. Забір води із водозабірних вузлів здійснюється по гнучкому трубопроводу довжиною 60 м і діаметром 60-70 мм, що намотується

на барабан, який встановлено на самохідному візку. Порівняння енергетичних витрат на полив 1 га ділянки нормою $300 \text{ м}^3/\text{га}$ показує, що енергоємність поливу такої машини з допоміжним трубопроводом діаметром 100 мм і гнучким трубопроводом діаметром 60 мм становить $55 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$ а шлангобарабанної установки з поліетиленовим трубопроводом діаметром 100 мм – $63 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$.

Недоліком такої технології поливу є обов'язкова присутність оператора для приєднання і від'єднання гнучкого трубопроводу до водозабірних вузлів через кожні 2-3 год., а також додаткові витрати праці для збирання і розбирання ланцюгів допоміжного трубопроводу, тому останнім часом перспективні мобільні дощувальні машини із забором води з каналу. Наприклад, у Росії розроблено нову дощувальну машину “Ростовчанка” ДКДФ-1 [45].

Особливість цієї машини становить те, що водопровідні трубопроводи ферми виконані із полімерного матеріалу і підтримуються вантовою підвіскою. Водозабір здійснюється із відкритої зрошувальної мережі, витрата машини $80 \text{ л}/\text{с}$, сезонна площа зрошення – $80 - 100 \text{ га}$.

Конструктивні особливості дозволяють повністю розібрати машину і зберігати в закритому приміщенні в міжполивний період і при довготермінових перервах у поливах. Ця машина виконана на базі трактора класу 3т і обслуговується одним оператором. Технологічна схема роботи така, як у дощувальної машини ДДА-100МА.

Використання мобільних дощувальних машин шлангобарабанного типу на існуючих зрошувальних системах з машинами “Фрегат” і “Дніпро” вимагає підвищення напірності насосних станцій, що призводить до зниження надійності роботи внутрішньогосподарської зрошувальної мережі, яка виконана із сталевих і азбестоцементних трубопроводів.

У таблиці 1.1 наведено дані Держводгоспу України про наявність трубопроводів, які вводилися в експлуатацію в 1971-1993 рр. для використання широкозахватних дощувальних машин “Фрегат”, “Дніпро”, “Волжанка”.

Дані про наявність трубопроводів зрошувальних систем

Матеріал труб	Загальна довжина трубопроводів, км	Введено в експлуатацію					
		до 1970 р.	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1993
Сталеві	20763,0	3034	4332,1	4834,4	4838,7	3111	612,6
Азбестоцементні	18186,0	3745,2	3392,8	3716,4	3386,2	2951,2	994,3
Чавунні	3028,0	142,4	744,3	906,6	781,9	331,3	121,5
Залізобетонні	2967,0	81,9	159,53	636	1132,3	687,4	269,6
Інші	5376,0	129,3	136	516,2	4051	453,7	89,5
Усього	50320,0	7132,9	8764,7	10610	14190,1	7534,6	2087,6

Значна частина сталених трубопроводів потребує заміни, тому що нормативний строк їх служби 20 років [21].

Азбестоцементні трубопроводи мають нормативний строк служби 40 років, але ці трубопроводи будувалися, в основному, для використання машин “Дніпро” і мають через кожні 54 м сталені вставки з гідрантами, строк служби яких також 20 років.

Тому використання шлангобарабанних установок на існуючій внутрішньогосподарській мережі вимагає попереднього обстеження і визначення можливості модернізації чи реконструкції як трубопроводів, так і розподільної та запірної арматури. Тільки після цього можна зробити висновок про доцільність і ефективність застосування шлангобарабанних установок.

Дослідження вартості і енергоємності поливу шлангобарабанних установок “Valdussi” італійського виробництва, ціна яких нижча, ніж установок австрійського виробництва, а техніко-технологічні параметри близькі, показують, що збільшення витрат води і напору і збільшення продуктивності роботи установок мають межу. На рис. 1.4 наведено одержані нами залежності питомої вартості установок і енергоємності поливу при різній витраті води і нормі $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$.

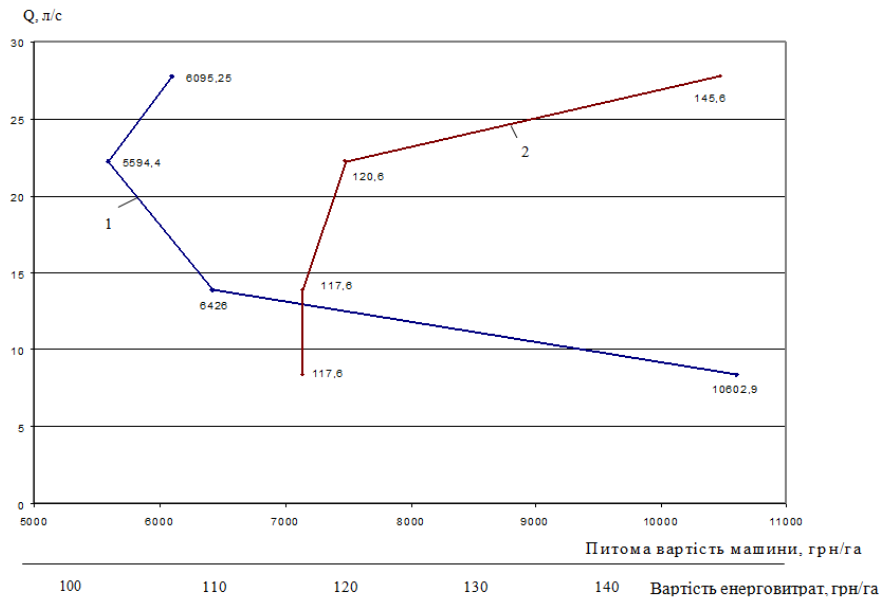


Рис. 1.4. Питома вартість машин шлангобарабанного типу (1) і енерговитрат на полив (2) залежно від витрат води ($m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$).

Як бачимо з рис. 1.4, при витраті води 22 л/с питома вартість найменша – 5600 грн/га, а енергоємність поливу 120 грн/га. При збільшенні витрат води питома вартість установок і енергоємність збільшуються, тому оптимальною є витрата води для шлангобарабанних установок в діапазоні 14-22 л/с. При такій витраті води і довжині поля 400 м діаметр поліетиленового трубопроводу повинен бути 110-125 мм, а втрата напору по довжині трубопроводу не більше 40 м.

Якщо врахувати, що при використанні ферми потрібно на вході підтримувати 25 м для задовільної рівномірності зрошення, а при використанні далекоструминного апарата – мінімум 40-45 м, то напір на гідранті в першому випадку досягає 70 м, а у другому – 110 м. Це занадто багато для існуючих трубопроводів зрошувальної мережі.

Використання поліетиленового гнучкого трубопроводу для подачі води до дощувального апарата або до короткоструминних насадок ферми, які підтягуються за допомогою цього трубопроводу, вимагає високої міцності й довговічності останнього. При цьому зусилля на підтягування дощувального апарата або ферми змінюються залежно від діаметра рукава, вологості ґрунту і його типу.

Сила опору поліетиленового рукава буде змінюватися також залежно від його довжини ℓ . Найбільше зусилля необхідно на початку поливу, коли трубопровод розтягнуто на повну його довжину ℓ . При цьому, для переміщення трубопроводу з дощувальним апаратом або фермою необхідно подолати опір тертя R маси трубопроводу з водою по ґрунту, який повинен бути меншим, ніж опір поздовжньої деформації трубопроводу.

Враховуючи це, загальний опір R_c переміщення поліетиленового трубопроводу з водою і дощувальним апаратом можна розрахувати за формулою

$$R_c = R_m < N_q, \quad (1.3)$$

де R_m – опір тертя при переміщення поліетиленового трубопроводу;

N_q – опір поздовжньої деформації рукава.

Опір тертя визначається за формулою

$$R_m = m \cdot \ell \cdot \varphi, \quad (1.4)$$

де m – погонна маса трубопроводу з водою;

φ – коефіцієнт тертя трубопроводу по ґрунту;

ℓ – довжина розмотаної частини трубопроводу.

Розрахунки погонної маси води і поліетиленових трубопроводів різних діаметрів наведені в таблиці 1.2, а залежність маси поліетиленових трубопроводів різних діаметрів з водою від їх довжини – на рис. 1.5.

Таблиця 1.2.

Маса труб із поліетилену низького тиску (ГОСТ 18599-83)

Назва показника	Діаметр і товщина стінки труби, мм						
	75x4,3	75x6,9	90x5,1	90x8,2	110x6,3	110x10	125x7,1
Маса погонного метра труби, кг	0,97	1,47	1,38	2,11	2,04	3,14	2,65
Маса води в погонному метрі труби, кг	3,46	2,94	5,0	4,25	7,45	6,36	9,64
Загальна маса погонного метра труби і води в ній, кг	4,43	4,41	6,38	6,36	9,49	9,5	12,29

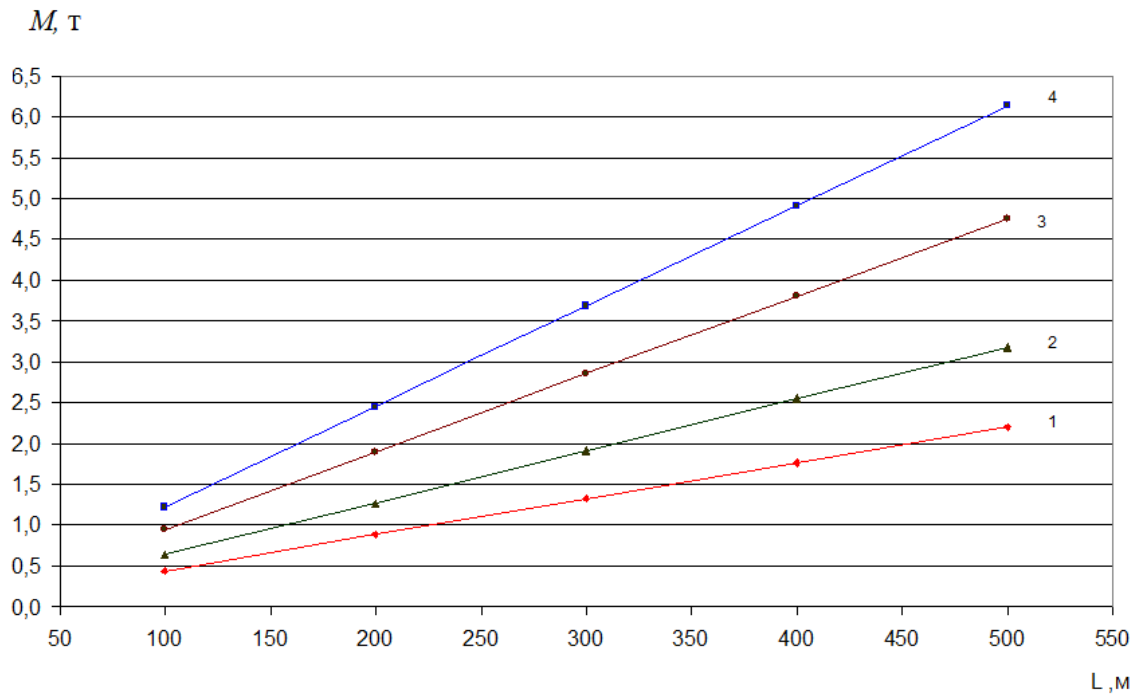


Рис. 1.5. Залежність маси поліетиленових трубопроводів різних діаметрів з водою від їх довжини:

1) 75 мм, 2) 90 мм, 3) 110 мм, 4) 125 мм.

Для визначення зусилля N , яке необхідно прикласти до поліетиленового трубопроводу, щоб при його розтягуванні не було залишкової деформації, використано умову жорсткості, яку можна визначити за формулою [30].

$$\Delta\lambda = \Sigma \int \varphi \frac{N(x)dx}{EF} \leq |\Delta\lambda|, \quad (1.5)$$

де $\Delta\ell$ – зміна довжини трубопроводу;

$|\Delta\ell|$ – припустима величина цієї зміни;

E – модуль поздовжньої пружності поліетиленової труби;

F – площа поперечного перерізу трубопроводу.

Згідно з існуючими стандартами [43], зміна розмірів поліетиленового трубопроводу, який виконано із поліетилену низького тиску, не повинна перевищувати 3%, а модуль пружності E – дорівнювати $2 \cdot 10^3$ кг/см².

За формулою (1.15) визначимо, що

$$\Delta\lambda = \int \varphi \frac{Ndx}{EF} = \frac{N\lambda}{EF}. \quad (1.6)$$

Величина допустимого зусилля N , при якому трубопровід розтягується на довжину не більше 3%, буде дорівнювати

$$N = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} EF = \frac{0.03\lambda}{\lambda} EF = 0.03EF. \quad (1.7)$$

Отже, тягове зусилля, яке необхідне для переміщення поліетиленового трубопроводу з урахуванням (1.13) і (1.16), буде мати залежність

$$P_m = m\ell\varphi \leq 0,03EF. \quad (1.8)$$

Прийmemo $\varphi_c = 0,6$ по результатах досліджень поліетиленових трубопроводів по ґрунту [3] і, провівши розрахунки, одержимо залежність тягових зусиль для трубопроводів з різними діаметрами і довжиною (рис. 1.6).

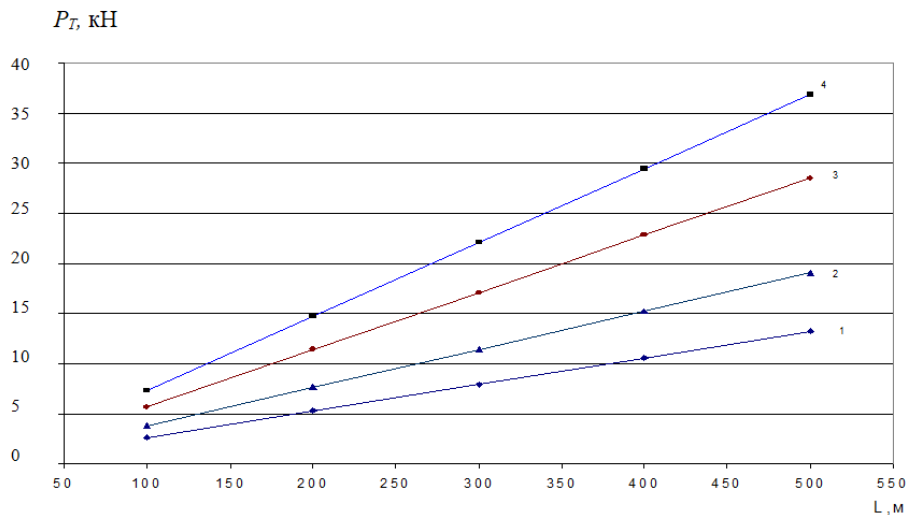


Рис. 1.6. Залежність необхідного тягового зусилля для переміщення поліетиленового трубопроводу різних діаметрів з водою від його довжини:

1) 75 мм, 2) 90 мм, 3) 110 мм, 4) 125 мм.

Як бачимо з рис. 1.6, тягове зусилля для переміщення трубопроводу діаметром 125 мм довжиною 500 м досягає величини 37 кН. Для створення такого зусилля розроблено спеціальний турбінний привід, який вимагає підвищених витрат води і високого напору. Такий привід має значну вартість і вимагає спеціальної технологічної оснастки для його виготовлення.

Порівняння необхідного тягового зусилля для переміщення трубопроводу різної довжини (рис. 1.5) і допустимого зусилля розтягу трубопроводу на величину 3% дозволили визначити максимальну допустиму довжину

трубопроводів з поліетилену низького тиску:

- для трубопроводів різних діаметрів типу С – 220-225 м;
- для трубопроводів різних діаметрів типу Т – 330-340 м.

При розмірах полів з гоном більше 350 м необхідно використовувати трубопроводи з поліетилену високого тиску, які мають кращі показники міцності (табл. 1.3) і допустимі зусилля при розтягу трубопроводу в допустимих межах деформації 0,03% (табл. 1.3), наприклад, для трубопроводу діаметром 75 мм (тип С) довжиною 500 м необхідне тягове зусилля дорівнює 13,5 кН, а допустиме зусилля розтягу 19,9 кН, для трубопроводу діаметром 125 мм (тип С) довжиною 500 м відповідно 37 кН і 55,2 кН.

Таблиця 1.3.

Допустимі зусилля при розтягуванні поліетиленових трубопроводів

Тип труби	Діаметр і товщина стінки труби, мм							
	75x4,3 Тип С	75x6,9 Тип Т	90x5,1 Тип С	90x8,2 Тип Т	110x6,3 Тип С	110x10 Тип Т	125x7,1 Тип С	125x11,4 Тип Т
Площа поперечного перерізу, F , см ²	9,5	14,6	13,6	21,1	20,5	31,4	26,3	44,7
Допустиме зусилля при розтягуванні, N_H , кН:								
поліетилен низького тиску;	5,7	8,7	81,6	12,6	12,3	18,8	15,8	24,4
поліетилен високого тиску	19,9	30,4	28,6	44,3	43,1	65,9	55,2	85,5
Допустиме зусилля на розрив, N_p , кН:								
поліетилен низького тиску;	9,0	13,9	12,9	20,1	19,5	29,8	24,9	42,5
поліетилен високого тиску	20,8	32,0	29,8	46,4	45,1	69,0	57,8	98,2

Поліетиленові трубопроводи доцільно використовувати не тільки в шлангобарабанних машинах, а також і при подачі і розподіленні води від насосних станцій до дощувальних машин і установок.

Практика використання зрошувальних систем в останні роки показує [46], що в багатьох випадках більш раціональним, ніж реконструкція існуючої трубопроводної мережі, є використання швидкозбірних зрошувальних обладнань на період поливу, яке повинно мати пересувні насосні станції, швидкозбірні полімерні, алюмінієві або тонкостінні оцинковані трубопроводи, мобільні дощувальні машини.

Все зрошувальне обладнання в міжполивний період зберігається в закритому приміщенні або на спеціальних площадках, що дозволяє проводити в зимовий період його ремонт і модернізацію.

Цим вимогам відповідає запропонована нами технологія поливу і конструкція дощувальної машини із забором води із допоміжного трубопроводу, який приєднується до гідранта існуючої зрошувальної мережі і розміщується на поверхні ґрунту, але надійність роботи такої машини недостатня.

Розробка вискоелективної дощувальної техніки повинна базуватися на використанні комплексних конструкцій, уніфікованих модульних технічних вузлів і засобів багатоцільового використання за умови питомої вартості не більше 4 тис.грн/га.

Сьогодні на реконструкцію і будівництво стаціонарних зрошувальних систем необхідні значні кошти і тривалий час, тому недорогі малопотужні пересувні насосні станції, мобільні дощувальні машини та іригаційне обладнання будуть мати широке розповсюдження.

1.3. Висновки до розділу

1. Аналіз існуючого стану зрошення в світі засвідчує, що перспективним є впровадження самохідних фронтальних зрошувальних машин багатофункціонального використання, які мають уніфіковані модулі і збірні конструктивні одиниці.

2. Визначено напрями досліджень використання існуючих зрошувальних мереж з широкозахватними дощувальними машинами “Фрегат”, “Дніпро” і мобільними дощувальними машинами шлангобарабанного типу.

3. Розроблена методика проведення досліджень рівномірності й якості зрошення, втрат енергії та води залежно від метеорологічних умов мобільних і широкозахватних дощувальних машин на основі використання галузевих і міжнародних стандартів ISO 8224-1:1985, ISO 7749-2:1990.

4. Проведено дослідження основних параметрів існуючих шлангобарабанних дощувальних машин. Визначено, що їх оптимальна витрата води з урахуванням вартості машини і енергоємності поливу знаходиться в діапазоні 14-22 л/с, тягове зусилля для переміщення поліетиленового трубопроводу діаметром 75-125 мм і довжиною 400 м в межах 10-30 кН.

2. Дослідження умов сумісного використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин

2.1. Принципові схеми і технологія використання різних типів широкозахватних і мобільних дощувальних машин

У розділі 1 зазначалося, що в умовах ринкових відносин, реформування сільськогосподарського виробництва і розукрупнення господарств використання широкозахватної дощувальної техніки в багатьох випадках стало неефективним. Через це внутрішньогосподарські зрошувальні мережі, які виконані переважно із сталевих труб, потребують ремонту і модернізації.

Враховуючи те, що державних коштів та інвестицій на реконструкцію зрошувальних систем не передбачається в найближчі роки, необхідно знайти нетрадиційні принципові схеми і способи використання і модернізації існуючих внутрішньогосподарських зрошувальних мереж з використанням широкозахватних дощувальних машин. Це, по-перше, забезпечить продовження строку експлуатації зрошувальних мереж, по-друге, підвищить ефективність їх використання.

Нами пропонується використання існуючих зрошувальних машин “Фрегат” і “Дніпро” для їх сумісної роботи з іншими типами мобільних дощувальних машин, сезонна площа зрошення яких у 2-3 рази менша.

Розглянемо принципові схеми внутрішньогосподарської зрошувальної мережі, побудованої для машин “Фрегат”, які найбільше поширені і використовуються в південних областях України.

На рис. 2.1 наведена принципова схема використання машин “Фрегат” і двох мобільних машин фронтальної дії. Для роботи цих машин використовується допоміжний трубопровід 4, який приєднується до гідранта 6 існуючої зрошувальної мережі. Вода з допоміжного трубопроводу 4 подається в тимчасові канали-зрошувачі 8. Для подачі води і підтримання заданого рівня води в каналах 8 встановлено регулятори рівня – водовипуску 7.

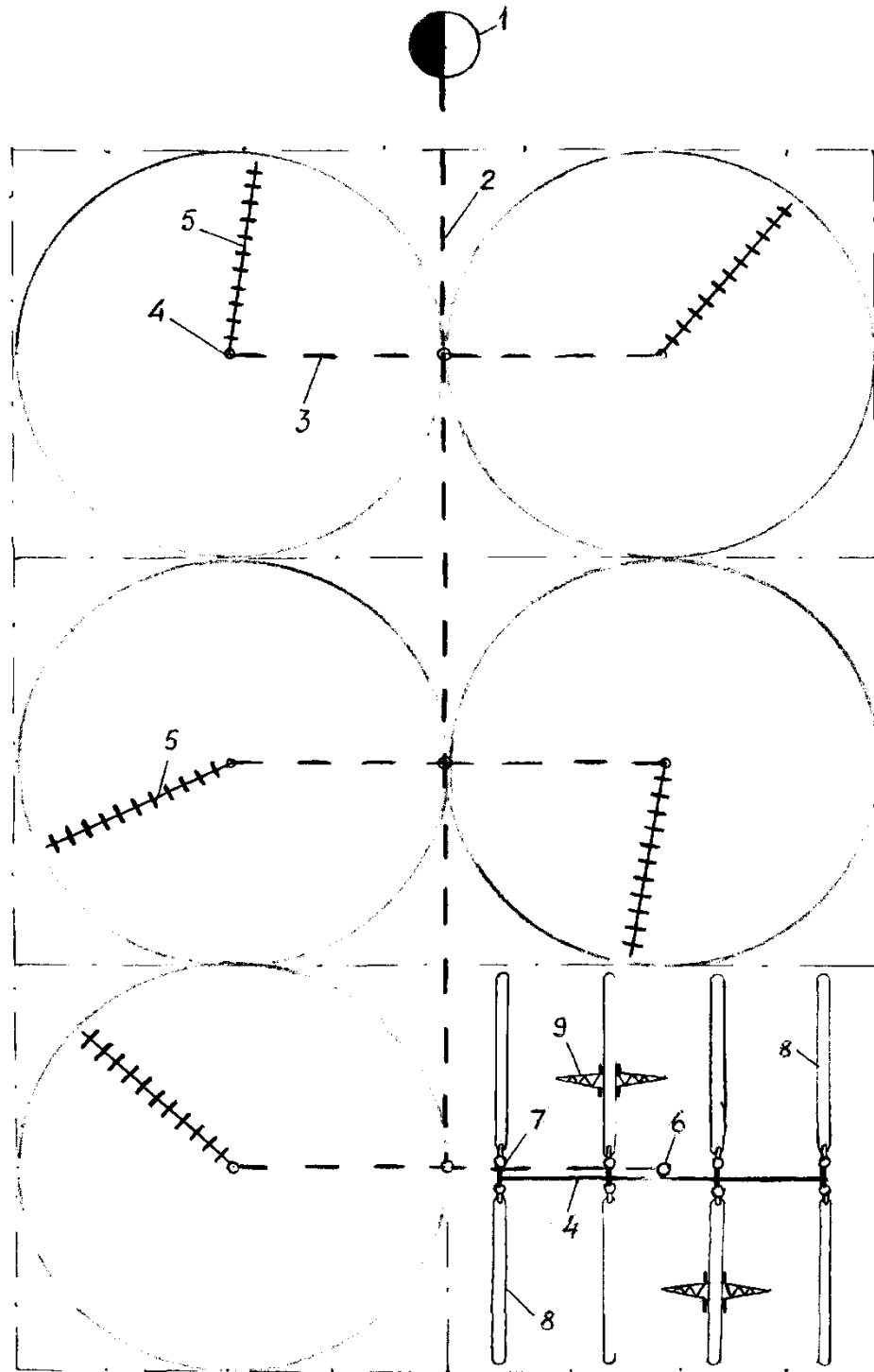


Рис. 2.1. Схема зрошувальної системи при сумісній роботі машин „Фрегат” і мобільних машин:

1 – насосна станція; 2 – розподільний трубопровід; 3 – зрошувальний трубопровід; 4 – допоміжний трубопровід; 5 – дощувальна машина кругової дії; 6 – гідрант; 7 – регулятор рівня – водовипуск; 8 – тимчасовий канал-зрошувач; 9 – дощувальна машина фронтальної дії.

Параметри каналів і мобільних дощувальних машин визначаються довжиною існуючої дощувальної машини “Фрегат”. Якщо враховувати модифікації низьконапірних дощувальних машин “Фрегат”, які перспективні для використання на найближчі 5-10 років, то можна їх поділити на три основні групи за довжиною, витратою води і величиною робочого напору (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Основні параметри дощувальних машин “Фрегат”

Марка машини	Витрата води на вході при нульовому ухилі, л/с	Тиск води на вході при нульовому ухилі, МПа	Мінімальна поливна норма, м ³ /га	Конструктивна довжина машини, м
ДМУ-Б _{HM} 463-57-01	57	0,38	260	463
ДМУ-Б _{HM} 434-63-01	63	0,33	310	434
ДМУ-Б _{HM} 434-50-01	50	0,350	252	434
ДМУ-Б _{HM} 409-57-01	57	0,36	295	409
ДМУ-Б _{HM} 409-45-01	45	0,34	239	409
ДМУ-Б _{HM} 379-40-01	40	0,32	226	379
ДМУ-А _{HM} 337-30-01	30	0,41	277	337
ДМУ-А _{HM} 308-30-01	30	0,32	218	308
ДМУ-А _{HM} 283-30-01	30	0,32	242	283
ДМУ-А _{HM} 253-30-01	25	0,30	205	253
ДМУ-А _{HM} 229-25-01	30	0,30	220	229
ДМУ-А _{HM} 199-20-01	20	0,29	189	199

Існуючі модифікації фронтальних машин “Дніпро” і мобільних дощувальних машин шлангобарабанного типу наведені в таблиці 2.2 [44].

Таблиця 2.2.

Технологічні параметри дощувальних машин

Тип машини	Витрата води, л/с	Напір на вході, м	Ширина полоси дощу, м	Діаметр (мм), тип трубопроводу
1	2	3	4	5
“Дніпро”	113	43	433	—
	105	40	406	—
	98	38	379	—
	90	36	352	—

1	2	3	4	5
Мобільна реверсивна	10-15	45	80	Ø75-90 поліетилен (тип С)
Шланго-барабанна з дощувальним апаратом	8-18	80-110	75-100	Ø75-120 поліетилен (тип Т)
Шланго-барабанна з фермою	8-18	45-65	60-80	Ø75-125 поліетилен (тип Т)

Використання машини "Фрегат" довжиною 280-380 м дозволяє забезпечити при заборі води з іншого гідранта роботу чотирьох мобільних машин із загальною витратою 30-40 л/с (рис. 2.2).

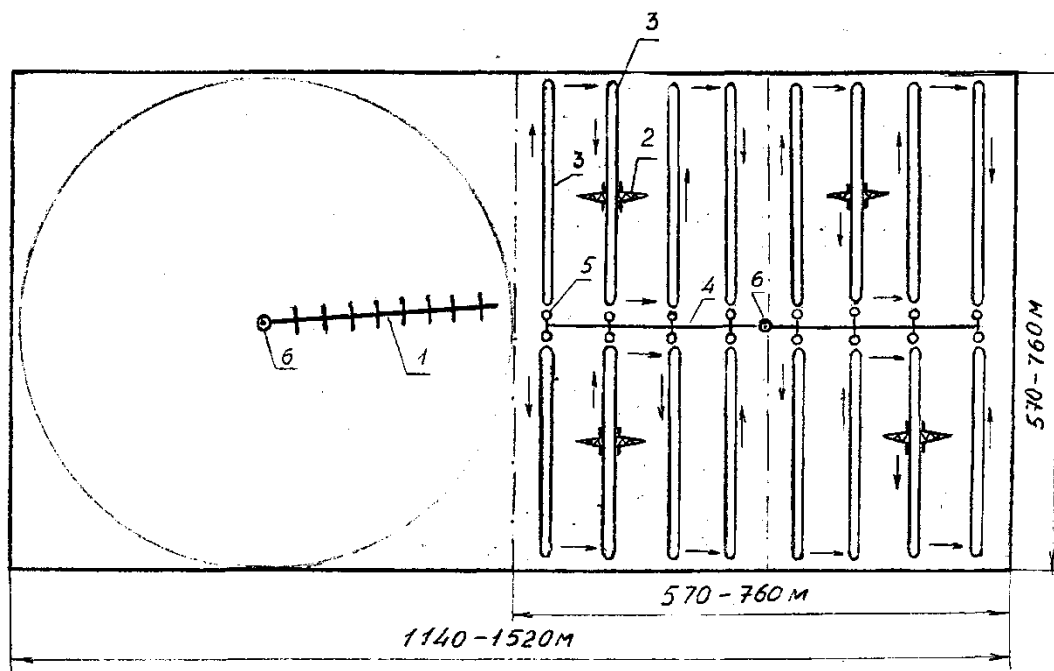


Рис. 2.2. Принципова схема використання чотирьох мобільних дощувальних машин на зрошувальній мережі з ДМ "Фрегат":

1 – ДМ "Фрегат"; 2 – мобільна дощувальна машина; 3 – тимчасовий канал – зрошувач; 4 – допоміжний трубопровід; 5 – регулятор рівня – водовипуск; 6 – гідрант зрошувальної мережі.

При цьому довжина каналу визначається довжиною машини “Фрегат”, а відстань між каналами дорівнює ширині смуги дощу, який утворює мобільна дощувальна машина. Максимальну довжину каналу необхідно корегувати з урахуванням рельєфу місцевості і допустимого мінімального рівня води в каналі. Одержані нами залежності довжини і глибини каналу наведені на рис. 2.3. Як бачимо, максимальна довжина каналу 320 м.

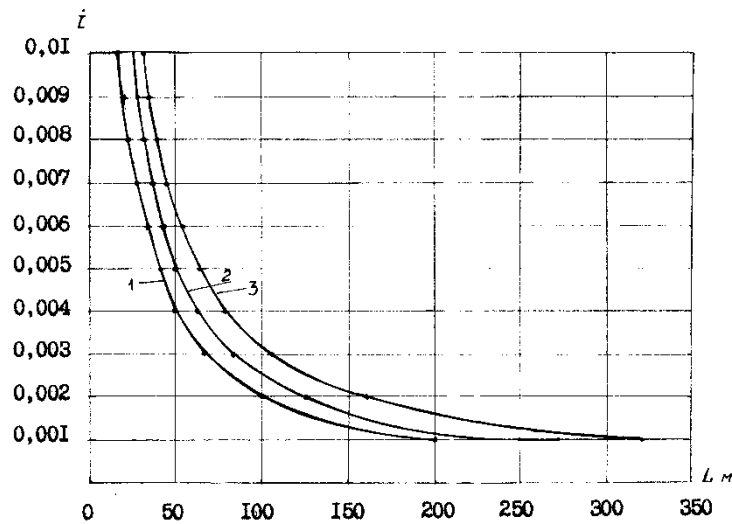


Рис. 2.3. Залежність довжини каналу L від нахилу i місцевості при мінімальній глибині каналу:

1) 0,32 м; 2) 0,25 м; 3) 0,2 м.

При одночасній роботі чотирьох мобільних машин максимальна витрата води буде визначатися проектною витратою води на гідранті, тобто витратою дощувальної машини “Фрегат”. Величина тиску може бути мінімальною на гідранті 6, тому що водовипуски 5 здійснюють подачу води в канал 3, а потім мобільна машина сама здійснює водозабір з каналу (рис. 2.2).

Перевагою такої схеми є можливість подавати воду з мінімальним напором, що дозволяє використовувати допоміжний трубопровід із тонкостінних поліетиленових труб серії СЛ, які дешевші поліетиленових трубопроводів серії С і Т відповідно в 1,4 і 2,2 рази. Можна також використовувати алюмінієві трубопроводи, але вони дорогі і не практичні в умовах колективного господарювання.

Подача води з низьким напором дозволяє збільшити довговічність існуючої мережі із сталевих труб, нормативний термін служби яких 20 років.

При використанні дощувальних машин "Фрегат" менших розмірів можуть працювати одночасно дві або одна мобільні дощувальні машини (рис. 2.4, 2.5). Довжина каналів визначається з урахуванням розмірів машини "Фрегат" і рельєфу місцевості (табл. 2.1), а відстань між каналами – шириною смуги дощу мобільної машини.

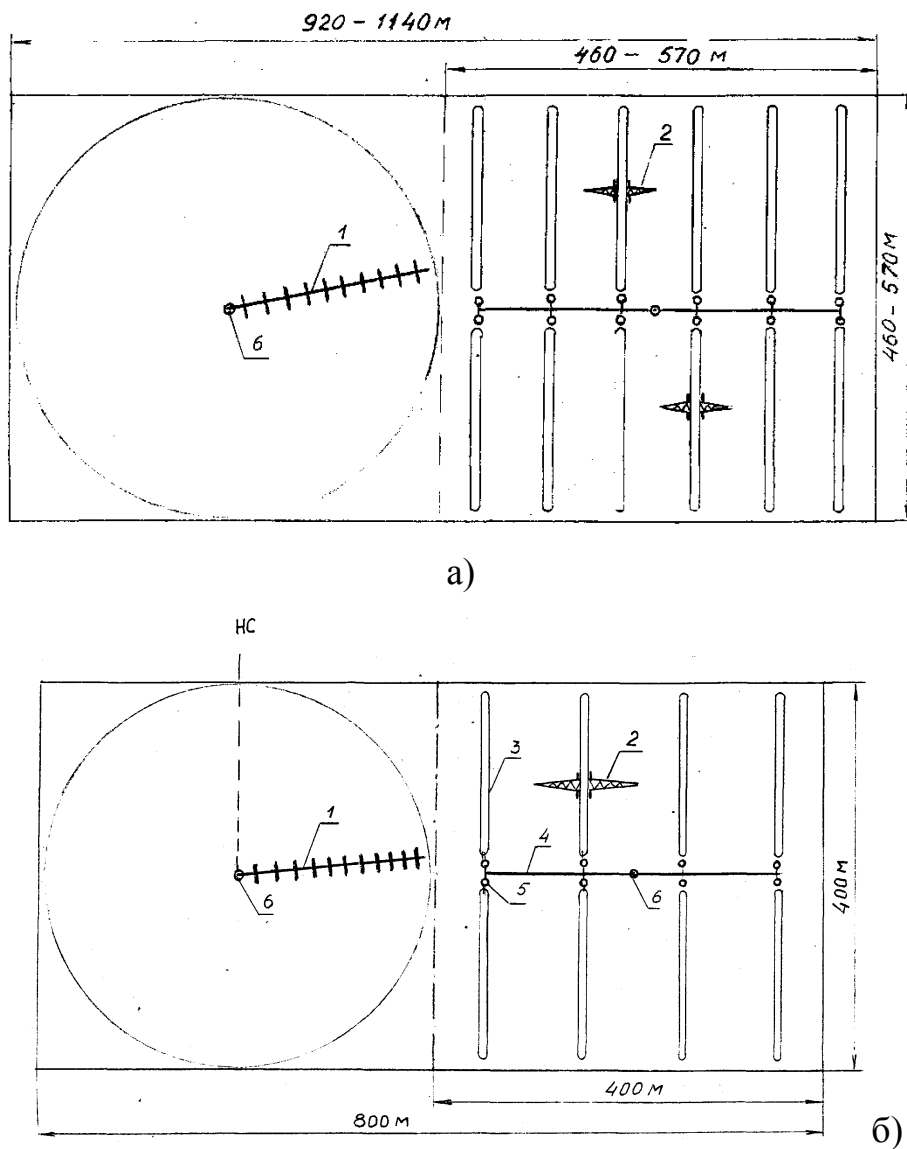


Рис. 2.4. Принципова схема використання двох (а), та однієї (б) мобільних машин на мережі з ДМ "Фрегат":

1 – ДМ "Фрегат"; 2 – мобільна дощувальна машина; 3 – тимчасовий канал-зрошувач; 4 – допоміжний трубопровід; 5 – регулятор рівня – водовипуск; 6 – гідрант зрошувальної мережі.

Якщо трубопроводи внутрішньогосподарської мережі в хорошому стані і витримують робочий тиск 0,7-0,8 МПа, доцільно використовувати принципову схему на рис. 2.5 при роботі високонапірної машини “Фрегат” з шлангобарабанними мобільними дощувальними машинами, які забирають воду з допоміжного трубопроводу 4 за допомогою засувок 5. Відстань між засувками дорівнює ширині смуги дощу мобільної дощувальної машини 2.

На рис. 2.5 показано використання двох типів шлангобарабанних машин.

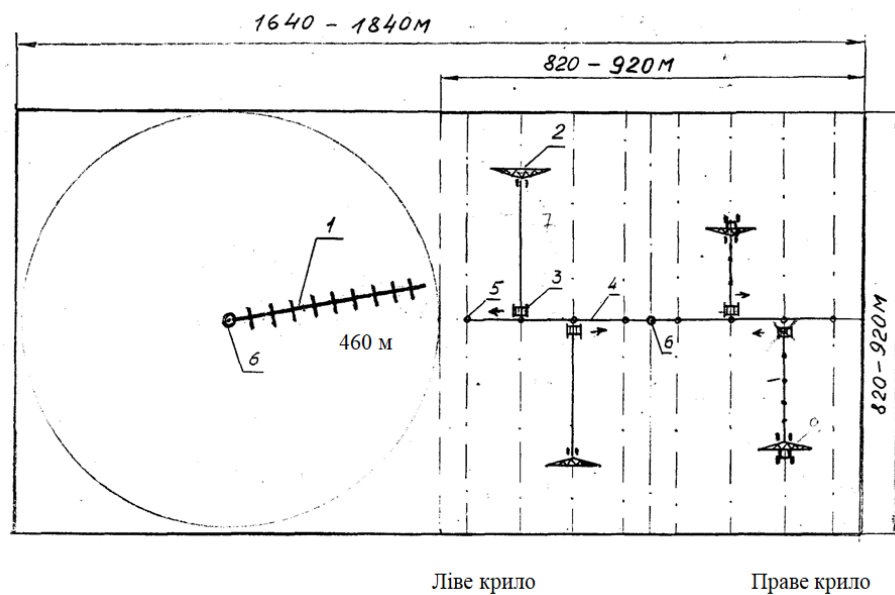


Рис. 2.5. Принципова схема використання чотирьох мобільних дощувальних машин на зрошувальній мережі з ДМ “Фрегат”:

1 – ДМ “Фрегат”; 2 – пересувна дощувальна ферма;
 3 – шлангобарабанний механізм; 4 – допоміжний трубопровід; 5 – засувка;
 6 – гідрант зрошувальної мережі; 7 – поліетиленовий трубопровід;
 8 – розбірний поліетиленовий трубопровід; 9 – мобільна дощувальна машина.

Перший тип машини має пересувну ферму 2 і шлангобарабанний механізм 3, який розміщується біля засувки 5 допоміжного трубопроводу 4. Другий тип машини 9 рухається уздовж тимчасового розбірного трубопроводу 8, а шлангобарабанний механізм менших розмірів розміщується на самохідному візку машини.

Перевагою такої схеми (рис. 2.5) є можливість роботи на ділянках поля з довжиною гону 400-450 м, недоліком – високий робочий тиск, необхідність високої надійності роботи трубопроводів зрошувальної мережі.

Технологія сумісної роботи дощувальних машин “Фрегат” і мобільних дощувальних машин при заборі води з каналів здійснюється таким чином (рис. 2.1; 2.2). Вода від насосної станції по трубопроводах мережі подається до дощувальної машини “Фрегат”, яка після відкриття гідрозасувки починає працювати. Вода також подається до наступного гідранта 6 і далі по допоміжному трубопроводу 4 через регулятори-водовипуски 7, 5 у канали 8, 3. При досягненні заданого рівня води в каналі починають роботу мобільні дощувальні машини, які забирають воду з каналу за допомогою мотопомпи і подають під тиском 0,4-0,5 МПа у водопровідний трубопровід ферми машини. На трубопроводі розміщені дощувальні апарати і насадки, які рівномірно розподіляють воду по полю. Вода також подається в гідропривід руху дощувальної машини. Перехід дощувальної машини з одного каналу на інший здійснюється в кінці гону по стрілці. В цьому випадку колеса повертаються на 90° , а дощувальна машина на буксирі переміщується на наступну позицію (канал). Після зупинки візка машини напроти каналу колеса знову повертаються на 90° у попереднє положення. Забірний патрубок мотопомпи опускається в канал, і краном-здатчиком відкривається регулятор рівня-водовипуску 7, 5, який заповнює водою канал, після чого машина готова до роботи. Для гасіння енергії води, яка витікає з водовипуска, в голові каналу встановлено гасник напору 7 (рис. 2.6, б).

Технологія роботи шлангобарабанних мобільних дощувальних машин і машин “Фрегат” (рис. 2.5) здійснюється таким чином. Вода від насосної станції подається по трубопроводах існуючої мережі до машини “Фрегат”, яка починає працювати при відкритті гідравлічної засувки. Вода також поступає по трубопроводах до наступного гідранта 6, який з'єднано з допоміжним трубопроводом 4. Забір води з допоміжного трубопроводу 4 здійснюється за допомогою засувок 5 (рис. 2.6, а).

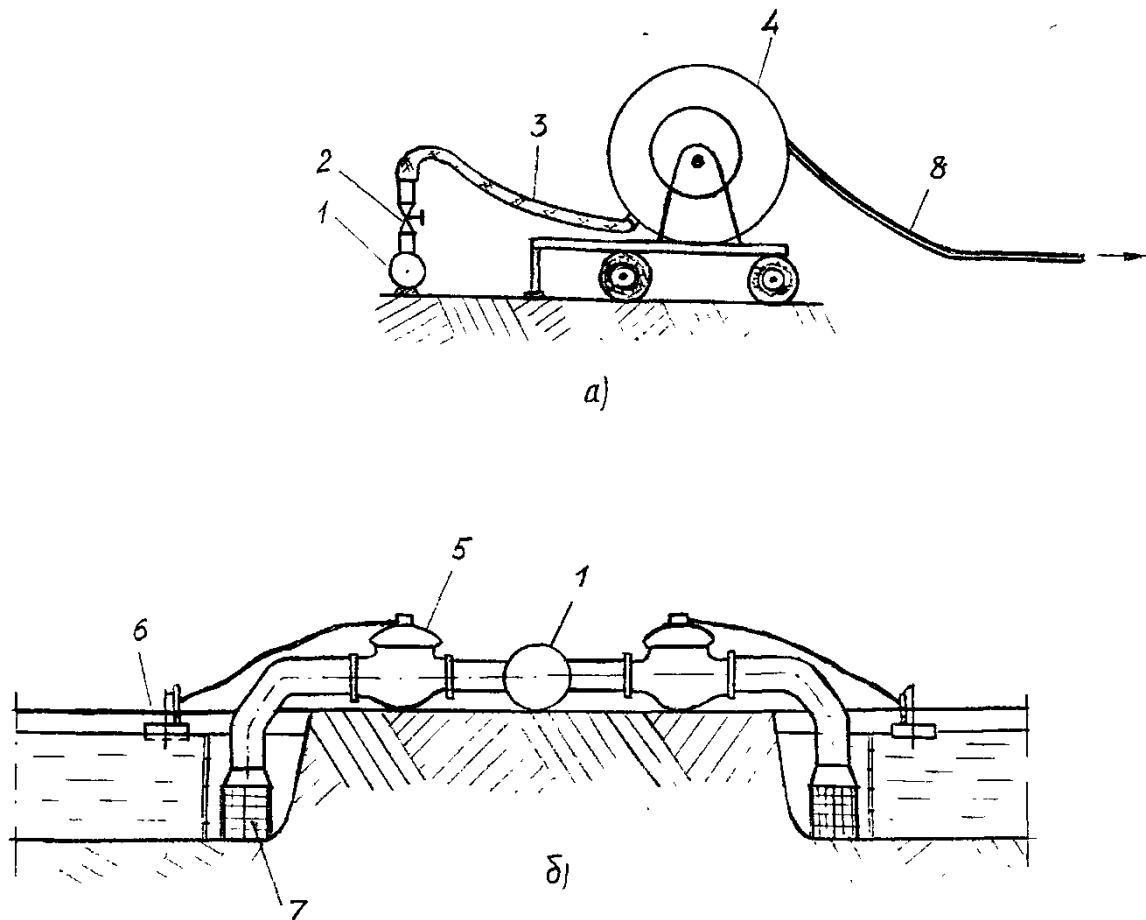


Рис. 2.6. Схеми подачі води з допоміжного трубопроводу:

а – до шлангобарабанної установки; б – в тимчасові канали-зрошувачі;
 1 – допоміжний трубопровід; 2 – гідрозасувка; 3 – гнучкий рукав;
 4 – шлангобарабанна установка; 5 – регулятор рівня – водовипуск; 6 – датчик рівня води; 7 – гасник напору води; 8 – поліетиленовий трубопровід.

У мобільної машини першого типу шлангобарабанний механізм 3 з намотаним поліетиленовим трубопроводом розміщується біля засувки 5 і приєднується до неї гнучким рукавом, а ферма 2 за допомогою трактора на буксирі переміщується на кінець поля (рис. 2.5). Потім оператор повертається на початок поля, відкриває засувку, і вода подається по транзитному поліетиленовому трубопроводу 7 до ферми 2 з дощувальними насадками для рівномірного поливу. Вода під тиском також діє на турбінний привід, який намотує на барабан трубопровід 7 і підтягує дощувальну ферму 2.

Мобільна дощувальна машина 9 іншого типу забирає воду з тимчасового розбірного поліетиленового трубопроводу 8, який розміщується на поверхні ґрунту (рис. 2.5).

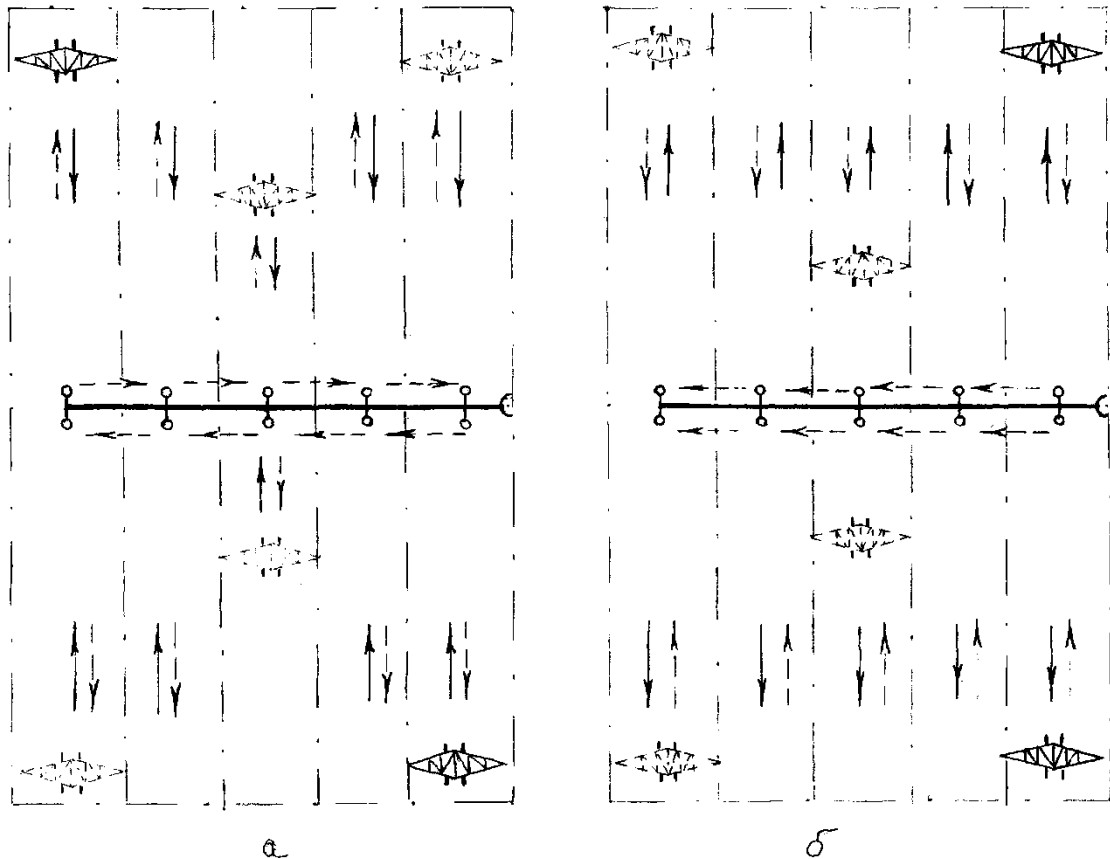
Шлангобарабанний механізм цієї машини розміщений на візку і має менші розміри, тому трубопровід, який намотується, має довжину 150 м, що дорівнює довжині ланцюгів розбірного трубопроводу 8. Перевагою цієї технології поливу і конструкції дощувальної машини є те, що немає необхідності використовувати трактор, а мобільна машина може рухатися в прямому і зворотному напрямках під дією свого гідроприводу. Крім того, втрати напору по довжині трубопроводу будуть менші, тому що можна використовувати ланцюги розбірного трубопроводу діаметром 150 мм і більше, враховуючи те, що вони не намотуються на барабан.

Недоліком використання мобільних дощувальних машин шлангобарабанного типу є необхідність великого напору на гідранті зрошувальної мережі, тому що сума втрат напору в допоміжному трубопроводі 4 і в поліетиленових трубопроводах, які намотуються на барабан, має велике значення.

Можливі три варіанти технології роботи мобільних машин при їх переміщенні уздовж допоміжного трубопроводу 1 при одночасній роботі на лівому або правому крилах двох мобільних дощувальних машин (рис. 2.7). Перший – одна мобільна машина починає роботу з кінця поля, приєднуючись до останнього водовипуску 3 на допоміжному трубопроводі 1, а друга – до першої.

Тобто, мобільні машини при переході із одного водовипуску трубопроводу 4 до іншого, або з одного каналу на інший рухаються назустріч (рис. 2.7, а).

Другий варіант – обидві мобільні машини починають роботу із середини поля і рухаються в різних напрямках уздовж допоміжного трубопроводу 1, від'єднуючись і приєднуючись до водовипусків 3, або беруть воду з каналів до яких відносяться ці водовипуски 3 (рис. 2.7, а).



—————→ — напрям руху при поливі;

- - - - -→ — напрям руху при перетягуванні дощувальної машини.

Рис. 2.7. Технологія роботи мобільних шлангобарабанних дощувальних машин при заборі води з допоміжного трубопроводу:

1 – допоміжний трубопровід; 2 – дощувальна машина; 3 – гідранти-водовипуски; 4 – гідрант існуючої мережі; а – дощувальні машини починають працювати з лівого і правого кінця поля або з середини поля; б – дощувальні машини починають працювати одночасно з одного кінця поля.

Третій варіант технології роботи машин – мобільні машини починають роботу в кінці або на початку поля і рухаються в одному напрямку (рис. 2.7, б).

Принципова схема сумісної роботи дощувальних машин “Дніпро” і мобільних дощувальних машин наведена на рис. 2.8. По цій схемі можливі три варіанти використання мобільних дощувальних машин 4 при заборі води з гідранта 6 зрошувального трубопроводу 2.

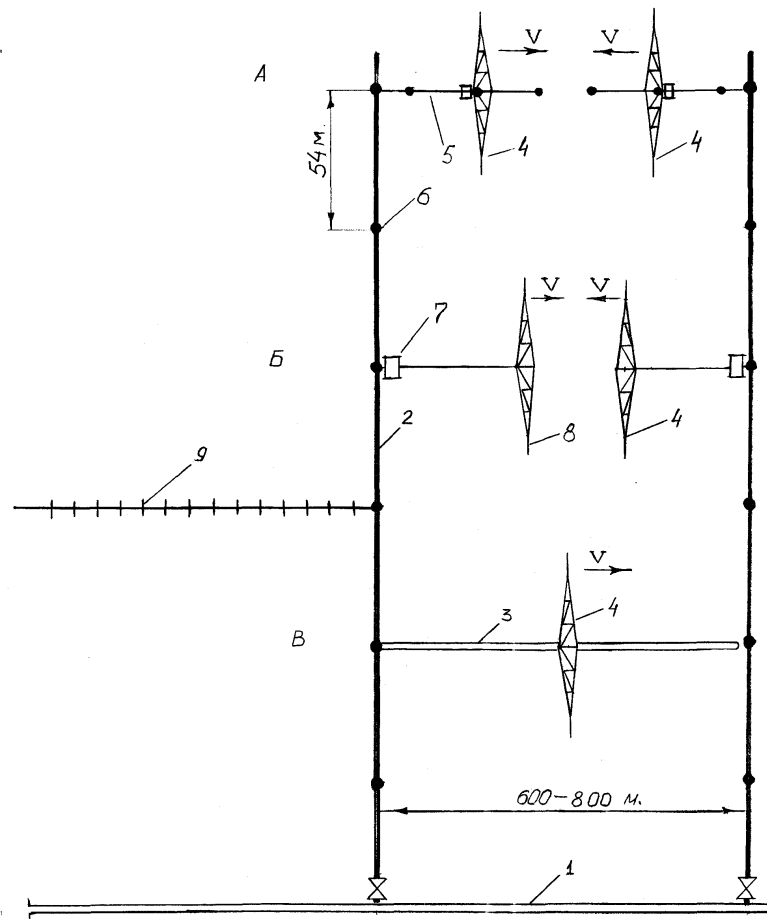


Рис. 2.8. Схеми сумісного використання машин "Дніпро" і мобільних дощувальних машин на польовому трубопроводі ПТ зрошувальної системи:

А – забір води з розбірного трубопроводу, приєднаного до гідранта системи; Б – забір води з гідранта зрошувального трубопроводу; В – забір води з каналу, приєднаного до одного гідранта; 1 – магістральний трубопровід; 2 – зрошувальний трубопровід; 3 – канал; 4 – мобільна дощувальна машина; 5 – допоміжний трубопровід; 6 – гідрант; 7 – барабан із шлангом; 8 – дощувальна консоль; 9 – машина "Дніпро".

Перший варіант (А) здійснюється з використанням тимчасового розбірного трубопроводу 5, який має клапани-засувки на з'єднаннях труб і розміщується на поверхні ґрунту. Вода з трубопроводу 5 забирається мобільною дощувальною машиною 4 через кожні 150 м за допомогою клапанів-засувок і подається в шлангобарабанний механізм, який розміщений на візку машини і має намотаний на барабан шланг довжиною 150 м.

Другий варіант (Б) здійснюється забором води з гідранта 6 зрошувального трубопроводу 2 до мобільної дощувальної машини шлангобаранного типу 4.

При цьому барабан 7 машини 8 з поліетиленовим рукавом розміщується біля гідранта, а транзитний поліетиленовий трубопровід розтягується на повну довжину, яка дорівнює 400-450 м.

Третій варіант (В) здійснюється забором води з каналу, вода в який подається з гідранта 6 зрошувального трубопроводу 2 по схемі, яка наведена на рис. 2.6. Довжина каналу 3 в даному випадку максимальна і може досягати 400 м, залежно від його мінімальної глибини і ухилу місцевості (рис. 2.2).

Якщо ухил місцевості і мінімальна глибина каналу не можуть забезпечити надійну роботу машини на каналі довжиною більше 400 м, використовуються два канали. Вода в цьому випадку подається з двох гідрантів 6, але з різних зрошувальних трубопроводів 2.

Технологія сумісної роботи дощувальних машин “Дніпро” і мобільних дощувальних машин здійснюється таким чином. Вода від насосної станції подається в магістральний трубопровід 1 і в зрошувальний трубопровід 2. Дощувальна машина “Дніпро” працює за своєю звичайною технологією, забираючи воду з гідранта 6 за допомогою водорозподільної колонки. Мобільні дощувальні машини працюють за технологією, яка характерна для кожного типу мобільної машини.

Мобільна дощувальна машина з шлангобаранним механізмом, який розміщений на машині і пересувається разом з нею, рухається автоматично уздовж тимчасового розбірного трубопроводу 5 із зупинками через кожні 150 м для приєднання і від'єднання поліетиленового рукава. В цьому випадку операція розтягування рукава трактором виключається.

Мобільна машина із стаціонарним шлангобаранним механізмом, який розміщується поряд з гідрантом 6, працює за технологією, при якій поліетиленовий рукав спочатку розтягується трактором, а потім автоматично намотується і підтягується разом з дощувальною консоллю.

Технологія роботи мобільної дощувальної машини при заборі води з каналу аналогічна роботі на зрошувальній системі з машинами “Фрегат”, яка описана вище в цьому розділі.

Відмінність тільки в тому, що при сумісній роботі з машиною “Дніпро” при заборі води з гідрантів одного зрошувального трубопроводу 2 необхідно узгоджувати час її роботи на одній позиції і перехід на іншу позицію з часом заповнення каналу водою і швидкістю руху мобільної машини уздовж каналу.

Технологія роботи мобільної машини з тимчасовим розбірним трубопроводом 5 має такі переваги:

- виключаються операції з використанням трактора для розтягування поліетиленового рукава;
- менші втрати напору по довжині за рахунок можливості використання розбірного трубопроводу більшого діаметра 150-200 мм;
- можливість здійснення поливу при прямому і зворотному русі, що забезпечує раціональне використання води.

Недоліки технології роботи мобільної машини з використанням розбірного трубопроводу:

- додаткові витрати праці й часу на збирання і розбирання трубопроводу;
- необхідність зупинки машини через кожні 150 м для приєднання і від'єднання поліетиленового рукава машини.

Перевагами технології роботи мобільної машини із забором води з каналу є виключення операцій з використанням трактора для розтягування поліетиленового рукава, операцій збирання і розбирання тимчасового трубопроводу і операції зупинки мобільної машини через кожні 150 м.

Недоліком технології роботи мобільної машини із забором води з каналу є необхідність високої надійності систем подачі і підтримання рівня води в каналі-зрошувачі, можливість забруднення води в каналі залишками рослин і сміттям, що може вимагати додаткових витрат часу і праці на усунення несправностей і очищення фільтрів.

2.2. Втрати напору й енергії при подачі води від насосної станції до мобільних дощувальних машин

При сумісному використанні широкозахватних дощувальних машин “Фрегат”, “Дніпро” і мобільних дощувальних машин важливе значення для вибору принципів схем і технології роботи машин мають втрати напору по довжині трубопроводів.

Від втрати напору по довжині залежить величина напору, який повинна утворювати насосна станція, а уже від цього напору буде залежати енергоємність поливу і надійність функціонування трубопровідної зрошувальної мережі і дощувальних машин.

Розглянемо втрати напору для принципів схем сумісного використання машини “Фрегат” з мобільними дощувальними машинами, забір води якими здійснюється з каналу (рис. 2.1, 2.2, 2.4) і гідрантів зрошувальної мережі (рис. 2.5).

Найбільші втрати напору будуть при роботі чотирьох мобільних машин (рис. 2.2, 2.5), найменші – при роботі однієї (рис. 2.4, б).

Розглянемо для цих схем втрати напору від насосної станції до засувки допоміжного трубопроводу 4 при роботі в кінці поля однієї машини “Фрегат” і 4-х мобільних дощувальних машин. Спочатку визначимо втрати напору від насосної станції до гідранта 6, а потім – втрати напору в допоміжному трубопроводі 4 (рис. 2.1).

Необхідний напір H на виході насосної станції визначається за формулою

$$H = H_1 + H_2 + H_{\Gamma} + H_m, \quad (2.1)$$

де H_1 – втрати напору в трубопроводі від насосної станції до працюючої машини “Фрегат” або до гідранта 6 (рис. 2.1);

H_2 – втрати напору в допоміжному трубопроводі, який під’єднується до гідранта 6;

H_{Γ} – втрати напору на подолання геодезичного напору;

H_m – необхідний напір на вході мобільної дощувальної машини.

Втрати напору в розподільному трубопроводі визначимо при найбільшій сумарній витраті 144 л/с, з яких витрата машини “Фрегат” – 72 л/с і витрата кожної з чотирьох мобільних машин – по 18 л/с.

Втрати напору для різних типів розподільних трубопроводів і витрати води розраховані нами і наведені в таблиці 2.3. Згідно таблиці 2.3, для розподільного трубопроводу діаметром 400 мм і довжиною 1000 м при витраті 144 л/с втрати напору складають 3,0 м.

Таблиця 2.3.

**Втрати напору в трубопроводах зрошувальної мережі на системах
з дощувальними машинами “Фрегат”, “Дніпро”**

Витрати води, л/с	Втрати напору (м) у трубопроводі довжиною 1 км							
	Зрошувальний трубопровід				Розподільчий трубопровід			
	250 мм сталевий	300 мм сталевий	400 а/ц	500 а/ц	600 а/ц	700 а/ц	800 металевий	900 сталевий
50	5,18	1,97						
55	6,15	2,39						
63	8,0	3,1						
72	10,4	4,1						
75	11,3	4,3						
80	12,8	4,9						
90	16,1	6,2	1,8					
100	20,0	7,8	2,2					
120	28,7	11,0	2,8					
140	39,9	14,9	3,0	1,4				
160		19,4	4,8	1,8				
180		24,6	6,1	2,2				
200		31,6	8,2	2,8				
250			10,5	3,3	1,3	0,6	0,3	
300			16,5	4,7	1,87	0,8	0,4	
350			20,7	6,5	2,5	1,1	0,56	0,3
400			27,1	8,5	3,3	1,5	0,8	0,4
450			34,3	10,7	4,4	1,8	0,9	0,5
500			42,3	13,1	5,1	2,3	1,1	0,6
550			52,9	15,9	6,1	2,8	1,4	0,75
600			60,0	19,1	7,3	3,2	1,6	0,9
700			81,6	27,1	9,9	4,4	2,2	1,2
800			107,0	32,9	12,9	5,8	2,9	1,6
900			135,1	41,5	16,4	6,8	4,6	2,4

Аналіз існуючих зрошувальних систем показує, що зрошувальний трубопровід може бути використаний діаметром 250 мм і довжиною 500 м до гідрантів машини “Фрегат” [40, 41]. В цьому випадку втрати напору в зрошувальному трубопроводі визначаємо по таблиці 2.3, вони складають до гідранта 6 при витраті 72 л/с – 5,2 м. Загальні втрати напору від насосної станції до гідранта 6 в розподільному і зрошувальному трубопроводах складають 8,2 м.

Втрати напору в допоміжному трубопроводі 4 визначимо з урахуванням технології роботи чотирьох мобільних машин, дві з яких працюють на лівому крилі, а дві інші – на правому. Довжина лівого і правого крил однакова, тому однакові і втрати напору, будемо їх визначати для лівого крила (рис. 2.2, рис. 2.5).

Втрати напору H_2 визначимо за формулою

$$H_2 = \lambda \cdot (Q_1 + Q_2)^2 \cdot l_1 + \lambda \cdot Q_2^2 \cdot (l_2 - l_1), \quad (2.2)$$

де λ – питомий гідравлічний опір;

Q_1, Q_2 – витрата води кожною мобільною машиною;

l_1 – довжина трубопроводу від гідранта 6 до першої машини, розміщеної на лівому крилі трубопроводу 4;

l_2 – довжина трубопроводу від гідранта 6 до другої машини, розміщеної на лівому крилі трубопроводу 4.

Для забезпечення менших втрат напору по довжині допоміжного трубопроводу 4 технологія роботи повинна бути за першим і другим варіантами (див. розділ 2.1, рис. 2.7, а), коли мобільні машини починають з кінців поля і рухаються назустріч або починають з середини поля і розходяться в різних напрямках, приєднуючись до засувки 5 допоміжного трубопроводу 4. Це також стосується схем, коли мобільні машини беруть воду з каналів, подача води до яких здійснюється від відповідних засувки 5, розміщених уздовж трубопроводу 4, (рис. 2.2).

Приведемо розрахунки втрат напору для схеми на рис. 2.2, коли чотири мобільні дощувальні машини працюють при заборі води з каналів і для схеми на рис. 2.5, коли чотири мобільні дощувальні машини шлангобарабанного типу працюють від засувки 5 допоміжного трубопроводу 4.

При розрахунках витрата води кожною машиною 18 л/с, а загальна довжина двох крил допоміжного трубопроводу максимальна і дорівнює 760 і 920 м, що відповідає максимальним розмірам зрошуваного поля на рис. 2.2 і рис. 2.5.

Одержані залежності втрат напору при переміщенні мобільних дощувальних машин уздовж допоміжного трубопроводу 4 для принципів схем на рис. 2.2 і рис. 2.5 наведені на рис. 2.9 а, б.

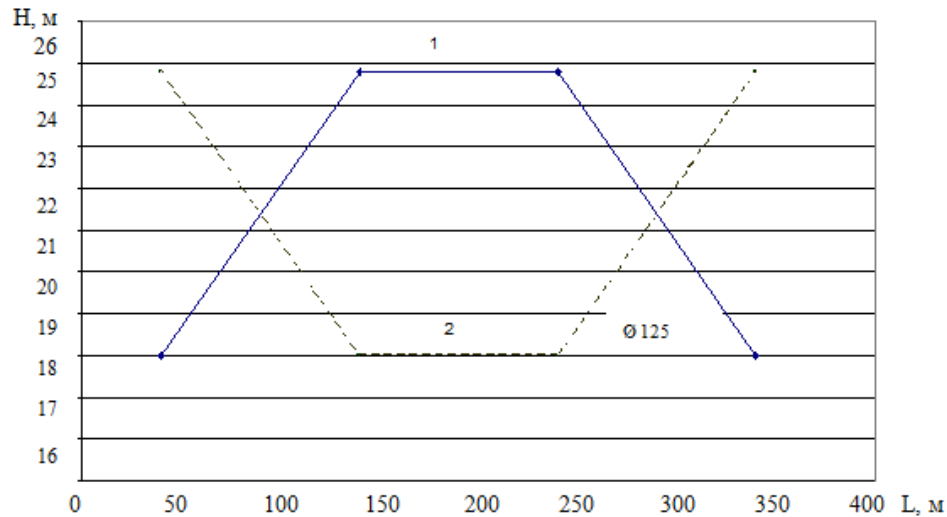
Аналіз втрат напору при подачі води в допоміжному трубопроводі 4 діаметром 125 мм (рис. 2.9 а, б) показує, що максимальні втрати напору при роботі чотирьох мобільних дощувальних машин складають для схеми (рис. 2.2) при витраті кожної машини 18 л/с – 24,8 м, для схеми на рис. 2.5 – 30 м.

Отже, якщо врахувати втрати напору 8,2 м від насосної станції до гідранта 6, то загальні максимальні втрати напору від насосної станції до засувок допоміжного трубопроводу 4 будуть дорівнювати 33 м для схеми на рис. 2.2 і 38,2 м для схеми на рис. 2.5. Використання допоміжного трубопроводу діаметром 125 мм (тип Т) дозволяє на ділянках без нахилів забезпечити одночасну роботу чотирьох мобільних дощувальних машин з витратою кожної 18 л/с, якщо вода під мінімальним напором 5 м з гідрозасувок 5 допоміжного трубопроводу 4 буде подаватися в канали по схемі на рис. 2.2, а мінімальний напір на виході насосної станції – 38 м.

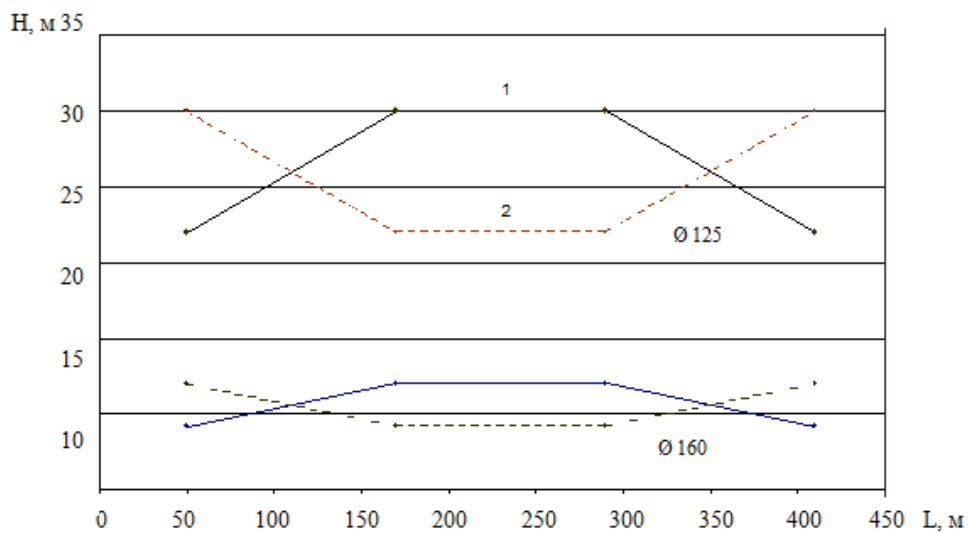
Загальні втрати напору (38,2 м) при роботі по схемі на рисунку 2.5 не дозволяють надійно працювати шлангобарабанним дощувальним установкам з дощувальним апаратом і з фермою. Мінімальний напір на вході установки з далекострумним дощувальним апаратом повинен бути 65-80 м, а з фермою і дощувальними насадками – 45 м. Аналіз існуючих станцій на системах з машинами “Фрегат” показує, що максимальний робочий напір їх на виході складає 85-90 м.

Таким чином, для позиційної роботи мобільних шлангобарабанних машин по схемі на рис. 2.5 необхідно використовувати допоміжний трубопровід 4 із зовнішнім діаметром 160 мм (тип Т), який має менші

максимальні втрати напору (рис. 2.9, б). В цьому випадку загальні максимальні втрати напору в допоміжному трубопроводі діаметром 160 мм для схеми на рис. 2.5 складають 12,0 м, а загальні втрати від насосної станції до дощувальної машини – 20,2 м.



а



б

Рис. 2.9. Втрати напору в допоміжному трубопроводі діаметром 125 мм і 160 мм (тип Т) при технологічній схемі роботи мобільних дощувальних машин на рис. 3.7 з витратою 18 л/с кожна:

а – принципова схема зрошувальної мережі на рис. 3.2; б – принципова схема зрошувальної мережі на рис. 3.5; 1 – перший варіант – дві машини починають працювати на краях поля лівого крила; 2 – другий варіант – дві машини починають працювати з середини поля на лівому крилі; L – відстань від гідранта 6 до водовипуску 5.

Необхідний мінімальний напір на насосній станції без урахування втрат напору H_2 за формулою (2.1) буде дорівнювати при використанні машини з далекоструминним апаратом

$$H = H_1 + H_2 + H_m = 8,2 \text{ м} + 12,0 \text{ м} + 65 \text{ м} = 85,2. \quad (2.3)$$

Тобто, запас напору 4,8 м мінімальний, якщо враховувати, що існуючі насосні станції мають максимальний напір на виході – 90 м.

Мінімальний напір на насосній станції при використанні машин з фермою і дощувальними насадками згідно з формулою 2.1 буде:

$$H = 8,2 \text{ м} + 12,0 \text{ м} + 45 \text{ м} = 65,2 \text{ м}.$$

При сумісній роботі дощувальних машин “Фрегат” і мобільних машин по схемах на рис. 2.1, 2.2, 2.4 втрати напору будуть менші, тому що на кожному крилі допоміжного трубопроводу 4 працює по одній машині, а довжина трубопроводу 4 і витрат води менші відповідно до розмірів зрошувального поля.

Для аналогічних розрахунків втрат напору води від насосної станції до засувки 5 допоміжного трубопроводу 4, з яких воду забирають мобільні машини і які подають воду в канали для мобільних машин, визначенні залежності втрат напору від витрат води на рис. 2.10-2.13 для трубопроводу 4, виготовленого з поліетилену (тип Т) діаметрами 75, 90, 110, 125 мм.

Отже, аналіз втрат напору в розподільному та зрошувальному трубопроводах і напору (85-90 м), який можуть утворювати існуючі насосні станції зрошувальних систем з машинами “Фрегат”, показує, що максимально допустимі втрати напору в допоміжному трубопроводі не повинні перевищувати 50 м при подачі води в канали, 40 м – при подачі води безпосередньо до мобільних машин шлангобарабанного типу з фермою та насадками і 20 м – з далекоструминним дощувальним апаратом. Враховуючи це, допустимі межі витрат води для різних діаметрів допоміжних трубопроводів (тип Т) наведені на рис 2.10-2.13.

Для допоміжного трубопроводу діаметром 75 мм (тип Т) і довжиною одного крила не більше 300 м максимальна витрата не повинна перевищувати

9,2 л/с при подачі води безпосередньо до мобільної машини з фермою, при подачі води до машини з дощувальним апаратом – 6,05 л/с.

Для трубопроводу діаметром 90 мм і максимальній довжині крила трубопроводу 300 м максимальна витрата води при безпосередній подачі до мобільних машин з фермою і насадками – 15 л/с, з далекоструминним апаратом – 10,2 л/с.

Допустимі витрати води для трубопроводу діаметром 110 мм і довжиною крила 300 м відповідно 25,7 л/с і 17,6 л/с. Якщо врахувати, що при роботі однієї мобільної машини оптимальна витрата води з урахуванням вартості машини і енергоємності поливу 14-22 л/с (рис. 2.2), то доцільно використати допоміжний трубопровід довжиною крила до 400 м. У цьому випадку допустима витрата води при безпосередній подачі до однієї машини складає з фермою і насадками 22 л/с, з далекоструминним апаратом – 15 л/с.

Аналогічно для трубопроводу діаметром 125 мм і довжиною крила 400 м при безпосередній подачі води до однієї мобільної машини з фермою і насадками максимальна витрата води не повинна перевищувати 30,6 л/с, а з далекоструминним апаратом – 21 л/с. При збільшенні довжини крила допоміжного трубопроводу до 500 м допустима витрата води для однієї машини з фермою – 27 л/с і з апаратом – 18,7 л/с.

Якщо на одному крилі довжиною 400 м будуть працювати дві машини із загальною витратою 36 л/с, то в цьому випадку можлива робота з трубопроводом діаметром 125 мм тільки при подачі води в канали, а для безпосередньої подачі води до мобільних машин необхідно використовувати допоміжний трубопровід діаметром 160 мм, що було наведено вище в цьому розділі.

При сумісній роботі дощувальної машини “Дніпро” з насосною витратою 120 л/с і мобільних дощувальних машин, загальна витрата яких також 120 л/с, втрати напору в зрошувальному трубопроводі діаметром 500 мм будуть складати не більше 4 м на 1000 м довжини (табл. 2.3). Для забезпечення витрати необхідно, щоб одночасно працювало не менше шести мобільних

машин з витратою 19-20 л/с кожна. Практично це виконати важко, тому кількість одночасно працюючих буде 3-4 машини і втрати напору в зрошувальному трубопроводі будуть незначні – 1,4 м.

Таким чином, для схеми на рис. 2.8, де забір води до мобільної машини здійснюється безпосередньо із зрошувального трубопроводу 2, важливим є забезпечення мінімальних втрат напору в поліетиленовому трубопроводі мобільної машини шлангобарабанного типу.

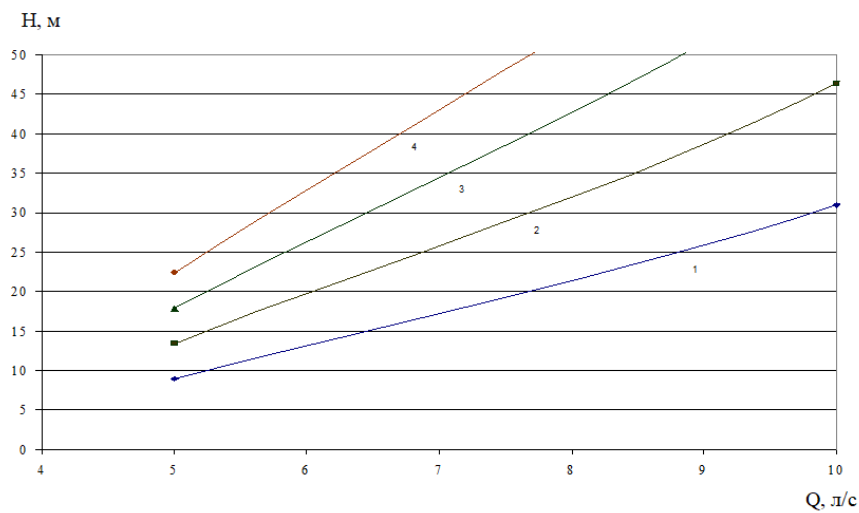


Рис. 2.13. Залежність втрат напору від витрат води у допоміжному трубопроводі, Ø125 мм (тип Т) довжиною:

1) 200 м; 2) 300 м; 3) 400 м; 4) 500 м.

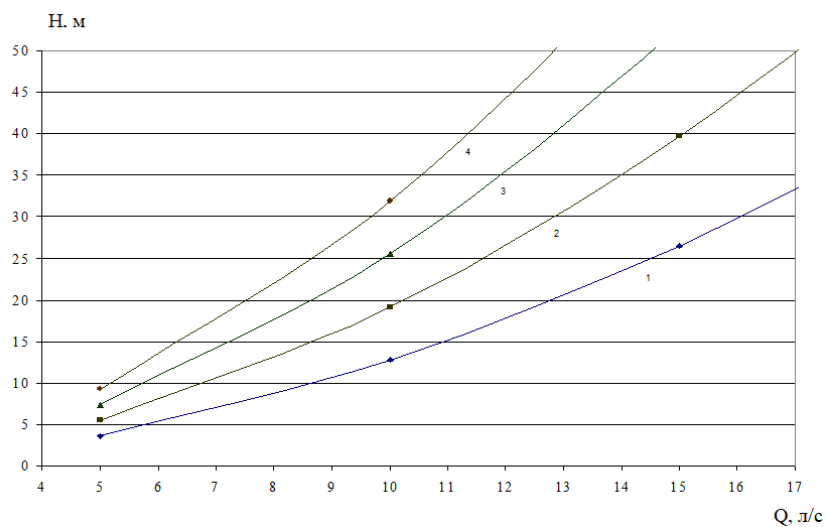


Рис. 2.11. Залежність втрат напору від витрат води у допоміжному трубопроводі, Ø 90 мм (тип Т) довжиною:

1) 200 м; 2) 300 м; 3) 400 м; 4) 500 м

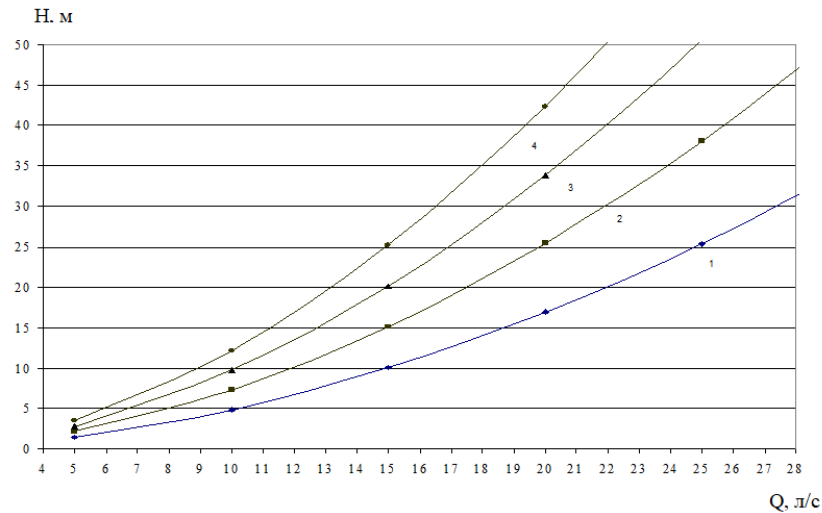


Рис. 2.12. Залежність втрат напору від витрат води у допоміжному трубопроводі, \varnothing 110 мм (тип Т) довжиною:

1) 200 м; 2) 300 м; 3) 400 м; 4) 500 м.

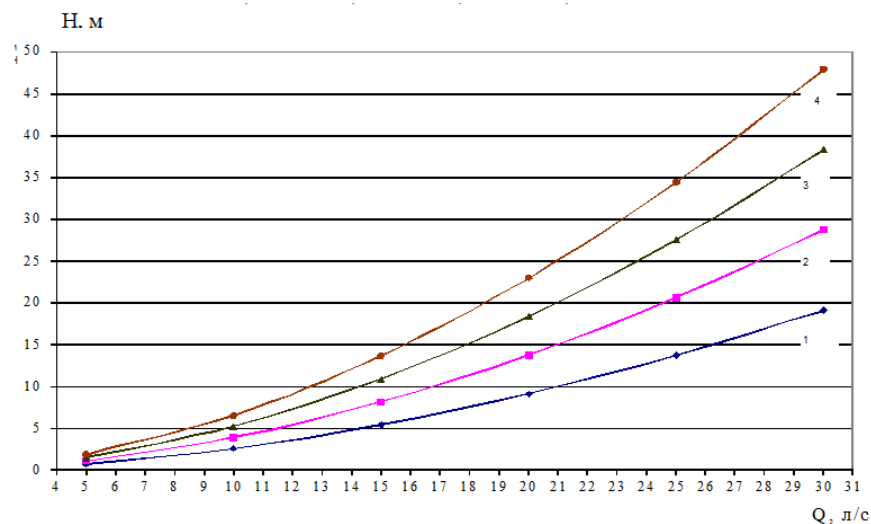


Рис. 2.13. Залежність втрат напору від витрат води у допоміжному трубопроводі, \varnothing 125 мм (тип Т) довжиною:

1) 200 м; 2) 300 м; 3) 400 м; 4) 500 м.

Існуючі насосні станції, які подають воду до дощувальних машин “Дніпро”, забезпечують максимальний напір на гідранті 6 зрошувального трубопроводу 2-65 м. При використанні машин шлангобарабанного типу необхідний напір повинен бути на гідранті в межах 45-110 м. При цьому напір 45 м на гідранті забезпечує роботу машини з фермою, на якій розміщені

короткоструминні насадки. Напір 65-110 м на гідранті забезпечує роботу мобільної машини з далекоструминним дощувальним апаратом. Короткоструминні насадки на фермі працюють при робочому напорі в діапазоні 15-25 м, а найкраще – при 25 м. Далекоструминний апарат працює в діапазоні 30-45 м і найкраще – при 45 м.

Таким чином втрати напору по довжині трубопроводу мобільної машини в першому випадку не повинні перевищувати 40 м, у другому випадку з далекоструминним апаратом – 20 м, якщо на гідранті 6 зрошувального трубопроводу напір буде складати 65 м. Для збільшення напору на гідранті 6 необхідно змінювати насосні агрегати, що недоцільно.

Для мобільних дощувальних машин шлангобарабанного типу використовують поліетиленові трубопроводи типу Т, які міцні і мають більшу товщину стінки, але менший прохідний отвір порівняно з трубопроводами типу С, внаслідок чого втрати напору в них більші.

Необхідно також враховувати, що намотані на барабан поліетиленові трубопроводи мають кривизну, тому втрати напору в них більші, ніж у прямих трубопроводах, на 15-20%.

Для забезпечення перекриття дощем ділянок поля зрошувальної мережі з машинами “Дніпро” (рис. 2.8) довжина транзитного поліетиленового трубопроводу шлангобарабанних машин повинна бути 400-500 м.

При використанні мобільної машини з діаметром трубопроводу 75 мм (тип Т) довжиною 400 м або 500 м максимальна витрата води повинна бути відповідно 7,6 л/с і 6,6 /с, щоб втрати напору не перевищували 40 м. Така машина повинна розподіляти дощ за допомогою ферми з короткоструминними насадками.

При використанні машини з діаметром трубопроводу 90 мм (тип Т) довжиною 400 м або 500 м максимальна витрата води буде відповідно 12,3 л/с і 10,8 л/с при використанні ферми з насадками. При використанні далекоструминного апарата втрати напору не повинні перевищувати 20 м, і витрати води для трубопроводу 400 м – 8,4 л/с і 500 м – 7,3 л/с.

Менші втрати напору від витрат води в транзитних трубопроводах діаметром 110 і 125 мм, які використовуються в нових модифікаціях мобільних дощувальних машин.

Величина допустимих витрат води і втрат напору при використанні шлангобарабанних машин з трубопроводами різних діаметрів і довжиною 400 м і 500 м.

Як бачимо, при використанні зрошувальної системи з машинами “Дніпро” при їх сумісній роботі з мобільними шлангобарабанними машинами більш перспективним є використання мобільних машин з фермами і короткоструминними насадками, які вимагають меншого робочого напору.

При використанні мобільних дощувальних машин нового типу, де забір води здійснюється по трубопроводу, який розмотується і намотується без навантажень, можна застосовувати поліетиленові трубопроводи типу С, прохідний отвір яких більший, а втрати напору менші, ніж у трубопроводів типу Т. У цьому випадку максимальні допустимі витрати наведені в таблиці 2.4 з індексом *.

2.3. Дослідження агротехнічних показників різних типів дощувальних машин

Проблеми енергозбереження в сільському господарстві будуть актуальними завжди, тому що запаси енергоресурсів зменшуються, а вартість їх з кожним роком збільшується.

При вирішенні питань енергозбереження у зрошувальному землеробстві необхідно комплексно вивчати взаємозв'язки і вплив різних факторів на енергоємність поливу різних типів дощувальних машин.

Особливо це важливо в теперішній час реформування сільськогосподарських підприємств, які мають різні форми власності і відповідно фінансові можливості для придбання і використання зрошувальної техніки.

Питомі витрати енергії для поливу одного гектара площі при заданій поливній нормі “ m ” визначаються за формулою

$$P = \frac{H \cdot \gamma \cdot m \cdot \beta \cdot K_c}{367,2 K_3 \cdot 10^3}, \text{ кВт} \cdot \text{год/га}, \quad (2.4)$$

де H – напір на вході дощувальної машини, м;

$\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води;

m – поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$;

β – коефіцієнт, який враховує витрати води на випаровування;

K_c – коефіцієнт витрати води на стік;

K_3 – коефіцієнт використання часу зміни.

У формулі (2.4) величина питомих витрат енергії у великій мірі залежить від величини напору води H , що подається на поле, і поливної норми m .

На рис. 2.14 наведена розроблена нами структурна схема, яка відображає вплив різних факторів на енерговитрати при дощуванні.

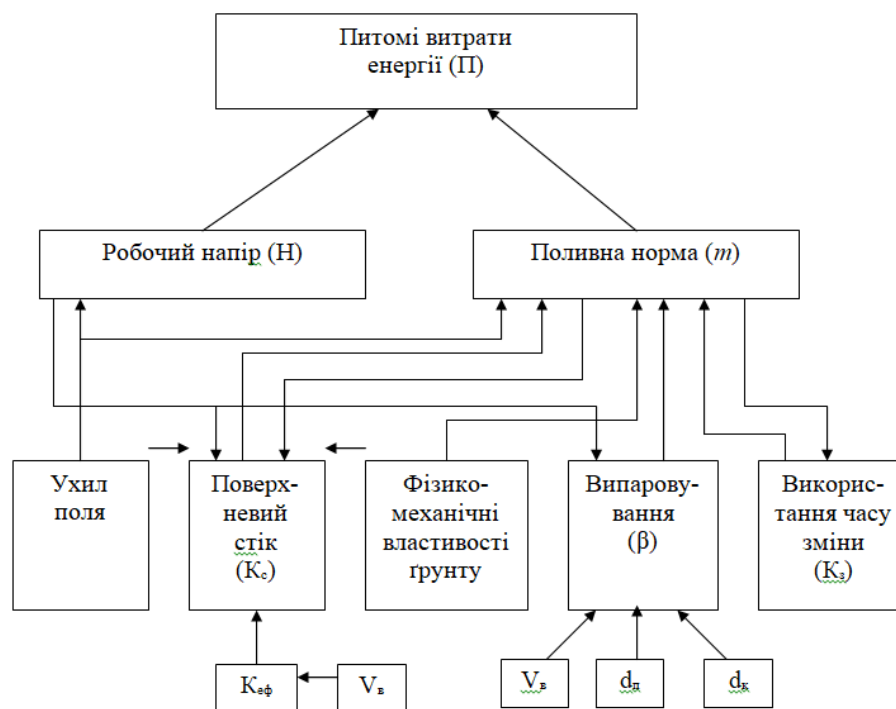


Рис. 2.14. Структурна схема впливу різних факторів на енерговитрати при поливі дощуванням:

V_v – швидкість вітру; d_n – дефіцит вологості повітря; d_k – діаметр крапель; K_{ef} – коефіцієнт ефективного поливу.

Для зменшення напору на вході дощувальних машин замість високонапірних ДМ “Фрегат” доцільно використовувати їх низьконапірні і низькоінтенсивні модифікації [27]. При цьому водопровідний пояс машини оснащується насадками іншого типу відповідно до розрахункової схеми, а привід – гідроциліндром збільшеного діаметра. Робочий напір на вході машини знижується з 0,56 МПа до 0,41...0,38 МПа (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Питома енергоємність поливу (Π) базових модифікацій
дощувальних машин при заданій поливній нормі (m)**

Марка машини	Витрата води на вході при нульовому ухилі, л/с	Тиск на вході при нульовому ухилі, МПа	Π , кВт·год/га, мінімальна при $m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$	Π , кВт·год/га, з урахуванням β і K_3	
				$m = 300 \text{ м}^3/\text{га}$	$m = 600 \text{ м}^3/\text{га}$
“Фрегат”(високонапірна) ДМУ-Б463-72	72	0,56	46	54,4	108,8
“Фрегат” (низьконапірна) ДМУ-Б463-72	72	0,41	33,8	40	80
“Фрегат” (низькоінтенсивна) ДМУ-Б463-57	57	0,38	31,2	36,2	72,4
ДФ-120 “Дніпро”	127	0,48	39,4	54,8	98,5
ДФ-80 “Дніпро”	90	0,45	36,9	51,3	92,2
Шлангобарабанна машина з далекоструминним апаратом	15	0,9	64	75,5	151
Шлангобарабанна машина з короткоструминними насадками на фермі	15	0,65	46,3	54,7	109,4

Коефіцієнт використання часу зміни залежить від ефективної організації роботи дощувальної техніки і зрошувальної мережі, а також величини поливної норми. Практика експлуатації різних типів дощувальних машин в умовах півдня України показує, що його значення знаходяться в межах $K_z = 0,7 \dots 0,98$.

Втрати води на випаровування спричиняють необхідність збільшення поливної норми і визначаються метеорологічними умовами – дефіцитом вологості повітря і швидкістю вітру. Поверхневий стік залежить від ухилу поля, фізико-механічних властивостей ґрунту, коефіцієнта ефективного поливу.

Залежно від величини коефіцієнта ефективного поливу для кожного типу дощувальних машин є критична швидкість вітру, за межами якої рівномірність поливу не відповідає агротехнічним вимогам. При вітрові збільшуються коефіцієнти випаровування води β і надлишкового поливу $K_{над.}$, який веде до зростання коефіцієнта стоку води K_c .

Наші дослідження показали, що високонапірні дощувальні машини “Фрегат” не рекомендується використовувати при швидкостях вітру більше 4 м/с, низьконапірні – більше 6 м/с. Дощувальні машини “Дніпро” мають найбільш низьку рівномірність дощу, уже при швидкості вітру 2 м/с переполив досягає 20%. Найбільшу вітрову стійкість при зрошенні мають дощувальні машини “Кубань”, які забезпечують допустиму рівномірність дощу при швидкості вітру до 8 м/с.

Найбільші втрати води й енергії при дощуванні виникають при випаровуванні внаслідок дії вітру і дефіциту вологості повітря (табл. 2.5).

При невеликих швидкостях вітру до 2...4 м/с найменше значення цього показника у дощувальної машини “Кубань” і низьконапірної модифікації “Фрегат”, які мають щільну дощову хмару. При зростанні швидкості вітру, особливо дефіциту вологості повітря втрати значно збільшуються. Це пояснюється знесенням дощової хмари під дією вітру та її розподілом на значно більшій площі. Порівняно з дощувальними машинами “Кубань” і “Фрегат” низьконапірної модифікації, високонапірна машина “Фрегат” і “Дніпро” при вітрі до 6 м/с мають більші втрати води на випаровування .

**Втрати води та енергії в результаті випаровування
при дощуванні залежно від метеорологічних умов**

Дефіцит вологості повітря, %	Швид- кість вітру, м/с	Вода		Енергія		Вода		Енергія	
		%	л/с	кВт	кВт·год/га	%	л/с	кВт	кВт·год/га
		“Дніпро” $Q = 120$ л/с				ДДА-100МА $Q = 130$ л/с			
10	2	1,1	1,3	2,4	24	3,8	4,9	1,8	22
	4	1,6	1,9	3,6	36	5,5	7,5	2,7	32
	6	2,7	3,2	6,0	60	7,3	4,5	3,4	41
15	2	2,1	2,5	4,8	48	5,6	7,3	2,6	31
	4	2,7	3,2	6	60	8,3	10,8	3,8	46
	6	3,2	3,8	7,2	72	10,9	14,2	5,1	61
20	2	2,7	3,2	6	60	7,5	9,7	3,5	42
	4	3,2	3,8	7,2	72	11,0	14,3	5,2	68
	6	4,3	5,2	9,6	96	14,5	18,9	6,8	81
		“Фрегат” $Q = 72$ л/с				ДФ “Кубань” $Q = 180$ л/с			
10	2	4,9	3,5	1,9	32	4,4	7,9	2,8	21
	4	6,5	4,68	2,6	43	7,2	12,9	4,6	34
	6	8,0	5,76	3,2	53	10,0	18	6,5	49
15	2	7,3	5,2	2,9	48	6,6	11,3	4,2	31
	4	9,7	6,9	3,8	63	10,8	19,4	6,9	52
	6	12,1	8,6	4,8	79	15,1	27	9,7	73
20		9,8	7,1	3,6	60	8,8	15,8	5,6	42
		12,9	9,2	5,1	84	14,5	26,1	9,4	70
	2	16,1	11,6	6,5	108	20,1	36,3	13,1	98
	4	Шлангобарабанні машини з далекоструминним апаратом $Q = 18$ л/с				Шлангобарабанні машини з короткоструминними насадками $Q = 18$ л/с			
15	2	4	0,72	0,47	3,1	2	0,36	0,16	10,1
	4	5	0,9	0,59	3,9	4	0,72	0,32	21

Шлангобарабанні дощувальні машини з далекоструминним апаратом мають більші втрати води на випаровування порівняно з короткоструминними насадками на фермі, але при збільшенні швидкості вітру зростання втрат води з короткоструминними насадками більші. Враховуючи це, необхідно удосконалювати конструкцію короткоструминних насадок для підвищення рівномірності показників дощу при зміні вітру через меншу щільність дощової хмари.

Дощувальні машини, які мають більшу “крупність” крапель дощу, мають і більшу величину стоку, тому що знесення дощу вітром відбувається на невелику відстань. Для дощувальних машин “Дніпро” і ДДА-100МА частка крапель діаметром більше 1,5 мм становить 30%, високонапірної ДМ “Фрегат” – 21%, низьконапірної ДМ “Фрегат” – 12%, а для ДМ “Кубань” – 1÷2%. Відповідно змінюються значення коефіцієнтів ефективного і надлишкового поливу, величина поверхневого стоку (рис. 2.15) [38].

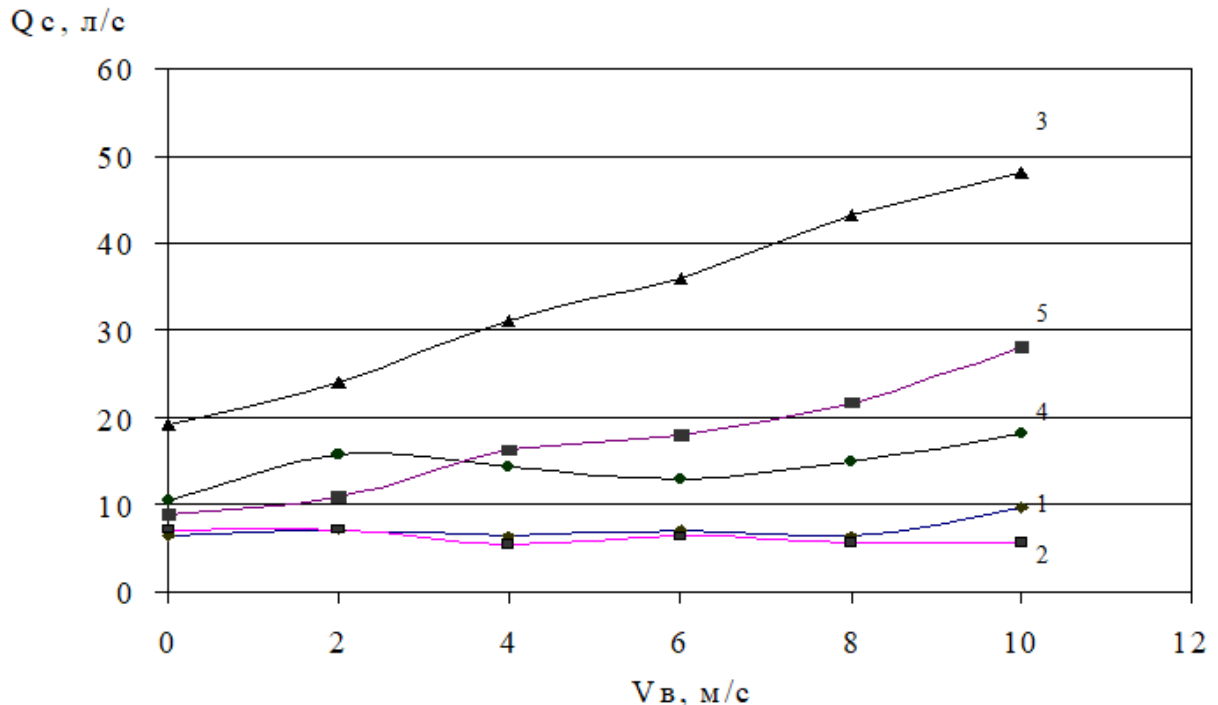


Рис. 2.15. Залежність втрат води на стік (Q_c) від швидкості вітру (V_v):

1 – “Фрегат” високонапірний; 2 – “Фрегат” низьконапірний; 3 – “Дніпро”;
4 – ДА-100МА; 5 – “Кубань”.

Сукупність цих факторів призводить до непродуктивних втрат води та енергії. Для їх зниження рекомендується проводити поливи вночі, коли середня швидкість вітру менша і відповідно зменшуються втрати води на стік.

Для забезпечення економії води й енергії при експлуатації дощувальних машин поливні норми необхідно зазначати з урахуванням ухилу поля і фізико-механічних властивостей ґрунту.

Величина поливних норм не повинна перевищувати достовірну поливну норму, яка залежить від інтенсивності дощу, величини його крапель, стану поверхневого шару ґрунту й ухилу поля.

При цьому необхідно враховувати не тільки величину середньої, а й дійсної інтенсивності дощу. Особливо це стосується дощувальних машин кругової дії, в яких інтенсивність дощу суттєво змінюється по довжині водопровідного поясу [75].

Величина крапель дощу впливає на стан поверхневого шару ґрунту. Краплі великого діаметра більше ущільнюють ґрунт, що веде до зниження його всмоктувальної спроможності.

В порівнянні з поверхневим поливом при дощуванні, процесу поглинання води в ґрунт передують процес дії на поверхню ґрунту падаючих крапель дощу. Виникнення ерозії при дії дощу на поверхневий шар ґрунту пояснюється тим, що краплі дощу при ударі переміщують частки ґрунту і ущільнюють поверхневий шар ґрунту, колють пори, знижуючи тим самим водопроникність ґрунту.

Дослідження показали, що ерозія починається з моменту випадіння перших крапель дощу, які розбивають грудки ґрунту на окремі частки і розбризкують їх в різні сторони. Відбувається розподілення часток ґрунту по схилу, тобто ерозія виникає навіть тоді, коли не виникає стік. Окремі дослідження показали, що при зрошенні середньосуглинкових чорноземів під час подачі поливної норми $300 \text{ м}^3/\text{год}$ розбризкування ґрунту, в залежності від типу дощувальної техніки, може досягти $0,05\text{-}4 \text{ кг}/\text{м}^2$ [38]. Як свідчать попередні дослідження наших досліджень, кількість розбризкуваного ґрунту

при поливі ДФ “Дніпро” та ДМ “Фрегат” дуже близька. Але в кінцевій частині дощувального трубопроводу ДМ “Фрегат” величини розбризкуваного ґрунту набагато вищі порівняно з ДФ “Дніпро”. Це пояснюється тим, що в кінцевій частині ДМ “Фрегат” найбільш високі показники енергетичної потужності дощу, практично у 40-70 разів вищі в порівнянні з початковою частиною трубопроводу.

Необхідно зазначити, що у зв'язку з впливом багатьох факторів (інтенсивність і потужність дощу, вологість, об'ємна маса ґрунту) важко виділити один фактор зростання кількості розбризкуваного ґрунту, але помічено, що чим більше ухил поля, тим більша кількість розбризкуваного ґрунту.

Однією з причин виникнення поверхневого стоку та іригаційної ерозії ґрунту є те, що прийняті для дощування біологічні поливні норми обчислені за відомою формулою О.М. Костякова з урахуванням необхідної глибини промочування ґрунту, перевищують ерозійно допустимі (достокові) норми. Помічено, що процес формування стоку проходить повільно до певної величини, а потім спостерігається різке підвищення об'єму рідинного та твердого стоку.

Дослідження показали, що показники площинного змиву ґрунту мають певну розбіжність. Це пояснюється тим, що на розвиток ерозійних процесів впливає багато факторів.

Крім норми поливу, ухилу, вологості та щільності ґрунту, істотне значення має його фільтраційна здатність, мікрорельєф, взаємодію яких у кожній точці експерименту важко врахувати.

На основі наших попередніх досліджень, проведених в умовах півдня України, при визначенні поливної норми рекомендується дотримуватися величини достокової поливної норми залежно від ухилу поля, типу ґрунту конструкції дощувального апарата чи насадки (табл. 2.6), [28].

**Величини достоківих поливних норм
при різних ухилах на ґрунтах із середньою водопроникністю**

Тип дощувальної машини. Діапазон можливих поливних норм, м ³ /га	Тип дощувального апарата або насадки і середній діаметр крапель дощу <i>d</i> , мм	Максимальна інтенсивність дощу, мм/хв.	Достокова поливна норма, (мм) при ухилі поля		
			0,01	0,03	0,05
Дощувальна машина "Дніпро"	апарат кругової дії <i>d</i> = 1,2	0,5	44	36	21
Дощувальна машина "Фрегат", високонапірна модифікація, <i>m</i> = 180-800	апарат кругової дії <i>d</i> = 1,1	0,55	42	32	18
Низькоінтенсивні модифікації ДМ "Фрегат", <i>m</i> = 260-800	насадки секторної дії <i>d</i> = 0,8	0,8	32	24	14
Низьконапірні модифікації ДМ "Фрегат", <i>m</i> = 300-800	насадки секторної дії <i>d</i> = 0,9	1,2	24	16	8
ЕДМФ "Кубань", <i>m</i> = 75-800	насадки секторної дії <i>d</i> = 0,9	1,5	20	13	6
Низькоінтенсивні модифікації ДДА-100МВ, <i>m</i> = 50-600	насадки секторної дії <i>d</i> = 1,1	2,5-3,6	18	12	5
Дощувальні агрегати ДДА-100МА, <i>m</i> = 50-600	насадки кругової дії <i>d</i> = 1,25	3,6	16	10	4
Шлангобарабанні машини <i>m</i> = 70-600	Далеко-струминний апарат <i>d</i> = 1,6	1,8	36	32	–
	короткоструминні насадки <i>d</i> = 0,8	0,8	30	22	–

Як бачимо з таблиці 2.6, найменшу максимальну інтенсивність дощу 0,5 мм/хв має дощувальна машина “Дніпро”, внаслідок чого її достокова поливна норма є найбільшою – 44 мм (440 м³/га) при ухилі поля не більше 0,01. Близькі значення максимальної інтенсивності дощу (0,55 м/хв) і достокової поливної норми (42 мм) має високонапірна модифікація дощувальної машини “Фрегат”. Але необхідно зазначити, що машина “Фрегат” кругової дії, тому на початку водопровідного трубопроводу машини інтенсивність дощу дорівнює 0,01 мм/хв, що в 55 рази менше максимальної інтенсивності дощу. Таким чином, найбільша вірогідність поверхневого стоку спостерігається в кінцевій частині машини “Фрегат”. Аналогічні явища спостерігаються при зрошенні низькоінтенсивними і низьконапірними модифікаціями дощувальної машини “Фрегат”. Але через збільшення інтенсивності дощу до 0,8-1,2 мм/хв достокові поливні норми зменшуються до 32-24 мм.

Враховуючи ці показники достокової поливної норми і значення мінімальної поливної норми 26 мм (260 м³/га) для низькоінтенсивної модифікації “Фрегат” і 30 мм (300 м³/га) для низьконапірної модифікації, можна зробити висновок, що ці модифікації на ухилах поля більше 0,01 утворюють поверхневий стік. Внаслідок цього спостерігалась ерозія поверхні ґрунту і неефективне використання поливної води та енергії.

Сучасні дощувальні машини ЕДМФ “Кубань” з електроприводом, тому вони мають широкий діапазон швидкості фронтального руху з мінімальною поливною нормою 75 м³/га (7,5 мм). Це дозволяє ефективно працювати машині “Кубань” на ухилах поля до 0,03, і при цьому поверхневого стоку не буде при правильній обраній швидкості руху машини.

Характерним прикладом може бути дощувальний агрегат ДДА-100МВ, який має високу інтенсивність дощу 3,6 мм/хв, але може швидко рухатися і не допускати поверхневого стоку. Шлангобарабанні дощувальні машини мають також широкий діапазон швидкості руху і поливних норм.

Недоліком існуючих дощувальних насадок є нестабільність розподілення крапель дощу по площі зрошення при збільшенні швидкості вітру. Це

пояснюється тим, що радіус дії дощу залежить від кута нахилу дефлектора до горизонту, який має постійне значення. Збільшення вітру в напрямі викиду крапель дощу збільшує радіус дії дощу і його випаровування.

В існуючих дощувальних насадках робочий профіль дефлектора і його місцеположення не змінюються для даної конструкції. І тому, якщо робочий тиск перед насадкою не змінюється, то структура дощу, який утворюється цією насадкою, є постійною.

Але якщо робочий тиск перед насадкою змінюється, то змінюється і зусилля розбиття струмини води на краплі дощу.

Розроблена нами дощувальна насадка має дефлектор, який у своїй основі виконаний еластичним, а верхня частина його має виступ [10].

Суть винаходу пояснюється рисунками, на яких показано:

- на рис. 2.15, а – дощувальна насадка в положенні дефлектора, на який діє зусилля від вітру;

- на рис. 2.15, б – дощувальна насадка в положенні дефлектора, на який діє додаткове зусилля від підвищення тиску води.

Дощувальна насадка складається з корпусу 1 з прохідним отвором дефлектора 2. Дефлектор у своїй основі має зовнішній виріз, а у верхній частині – виступ 3. Наявність вирізу в основі дефлектора забезпечує еластичність дефлектора 2 відносно корпусу 1.

Робота дощувальної насадки полягає в наступному.

Якщо робочий тиск і швидкість вітру знаходяться в допустимих межах, то в цьому випадку дефлектор 2 займає відносно корпусу 1 положення, яке показано на рис. 2.15, б суцільною лінією (кут α°). При цьому положенні струмінь води, що виходить з прохідного отвору в корпусі 1 і розбивається дефлектором 2, розпадається на краплі дощу заданого діаметра та заданого радіуса розподілення по площі зрошення. Якщо швидкість вітру досягає значення, яке перевищує допустиме, то в цьому випадку зусилля від вітру, яке діє на виступ 3, збільшується і нахиляє дефлектор 2 вниз. Внаслідок цього кут виходу струменя відносно горизонту (β_1) зменшується і, отже, радіус

розподілення дощу зменшується (рис. 2.15, а). Це сприяє зменшенню зносу вітром крапель дощу, а рівномірність його розподілення по площі зрошення підвищується.

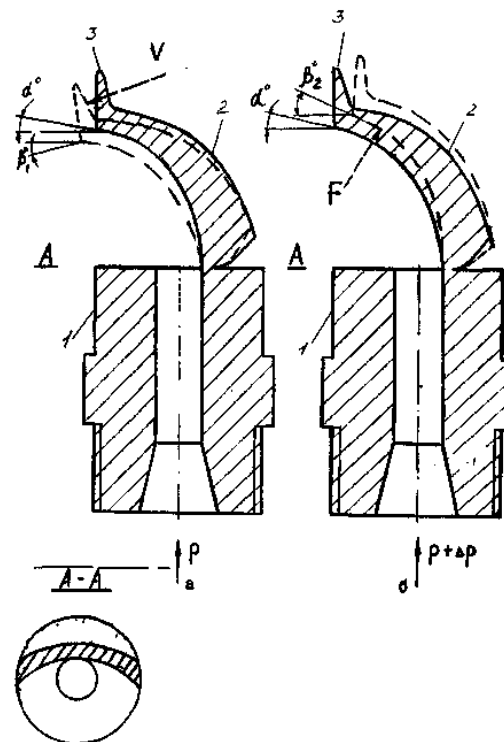


Рис. 2.15. Дефлекторна дощувальна насадка:

а – на дефлектор діє зусилля від вітру; б – на дефлектор діє додаткове зусилля від підвищення тиску.

Якщо при роботі дощувальної насадки підвищується робочий тиск води, то в цьому випадку струмінь води, який виходить з прохідного отвору корпуса 1 створює додаткове зусилля F , яке відхиляє дефлектор 2 і, створюючи при цьому збільшення заданого кута α° до величини β_2 (рис. 2.15, б). Внаслідок цього робоча площа дефлектора 2, віддаляючись від прохідного отвору, буде сприяти.

Виготовлено макетний зразок запропонованої нами дощувальної насадки і проведено попередні дослідження її роботоспроможності. Порівняльні дослідження агротехнічних показників нової насадки й інших насадок такого типу передбачається провести для використання на нових дощувальних машинах.

2.4. Висновки до розділу

1. Розроблено принципові схеми сумісного використання і технологію роботи широкозахватних машин “Фрегат”, “Дніпро” і двоконсольних мобільних дощувальних машин із забором води з каналу і мобільних дощувальних машин шлангобарабанного типу із забором води з допоміжного трубопроводу і гідрантів зрошувальної мережі.

2. Одержано залежності напору в допоміжному трубопроводі Ø75-125 мм і довжиною 200-400 м, який подає воду від гідранта зрошувальної мережі до мобільних дощувальних машин. Визначено, що максимальні втрати напору в допоміжному трубопроводі Ø125 мм при оптимальній технологічній схемі роботи чотирьох мобільних машин з витратою 18 л/с і забором води з каналу складають 30 м.

3. Визначено, що допустимі витрати води при використанні шлангобарабанних машин з далекоструминним дощувальним апаратом, подача води до яких іде по транзитному трубопроводі діаметром 75-125 мм (тип Т) і довжиною 400, 500 м, знаходяться в діапазоні 5,2-18 л/с; з короткоструминними насадками – в діапазоні 7,6-26 л/с. При використанні трубопроводу діаметром 75-125 мм (тип С) допустимі витрати води збільшуються:

- для мобільної машини з далекоструминним апаратом – у межах 6,3-22,5 л/с;

- для мобільної машини з короткоструминними насадками – 9,6-30 л/с.

4. Порівняння питомих витрат енергії на полив мобільними дощувальними машинами різних конструкцій і технологій роботи показало, що найменші втрати напору на подачу води 35 м і питомі витрати енергії за сезон 733 кВт·год/га (на 43-65% менше інших типів машин) має мобільна дощувальна машина із забором води з каналу за допомогою дизельної мотопомпи.

5. Дослідження витрат води й енергії при поливі різними типами дощувальних машин показало, що при дефіциті вологості повітря до 15% і швидкості вітру до 4 м/с мобільні шлангобарабанні машини з

далекоструминним апаратом мають втрати води 4-5%, а з короткоструминними насадками на двоконсольному трубопроводі 2-4%. Для порівняння: дощувальна машина “Дніпро” при таких умовах має 2,1-2,7%, ДДА-100МА – 5,6-8,3%, “Фрегат” високонапірний – 7,3-9,7%.

6. Дослідження достокових поливних норм широкозахватних і мобільних шлангобарабанних машин показало, що на ділянках поля з ухилом до 1% мобільна машина з далекомструминним апаратом має достокову норму 36 мм і з короткоструминними насадками – 30 мм, для порівняння: високонапірна машина “Фрегат” – 42 мм, ДДА-100МА – 18 мм.

7. Для підвищення рівномірності зрошення при збільшенні швидкості вітру і зміні робочого тиску запропонована нова конструкція дефлекторної дощувальної насадки, яка може бути використана на двоконсольних мобільних дощувальних машинах.

3. Дослідження конструктивних та технологічних параметрів мобільної дощувальної машини

3.1. Конструкція мобільної дощувальної машини

Розроблена нами машина дощувальна МДФ-15/60 самохідна, фронтальна, двоконсольна з гідравлічним приводом, призначена для поливу дощуванням зернових, овочевих, баштанних і технічних культур.

Машина здійснює полив у фронтальному русі із забором води з тимчасового каналу або з гідранта закритої зрошувальної мережі. Вода до каналу або гідранта подається стаціонарними і пересувними насосними станціями із забезпеченням заданої витрати води, тиску і ступеня очистки води до норми.

Машина призначена для експлуатації в польових умовах на відкритому повітрі в районах з помірним кліматом при мінімальній температурі навколишнього повітря $+5^{\circ}\text{C}$, кліматичне виконання У1, категорія розміщення І за ГОСТ 15150.

Основні параметри і розміри машини наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики дощувальної машини МДФ-15/60

Найменування параметра і розміри	Одиниця виміру	Норма
1	2	3
Привід машини	–	Гідравлічний з подачею води від мотопомпи
Робочий тиск води на вході в машину, не більше	МПа	0,8
Мінімальний припустимий тиск на вході в машину, не менше	МПа	0,3
Діапазон витрат води	л/с	8...18
Ширина смуги дощу, не менше	м	60
Діаметр трубопроводу при розміщенні барабана на візку	мм	90 тип С
Довжина поліетиленового трубо-проводу	м	200 тип С

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3
Діаметр барабана, не менше	м	1,8
Діапазон швидкості руху машини	м/год	0...40
Ширина колії	м	2,5
Дорожній просвіт	м	0,5
Відстань від поверхні землі до трубопроводу	м	1,95
Найбільший питомий тиск коліс на ґрунт	МПа	0,08
Габаритні розміри, не більше	м	
- довжина		5,5
- ширина		30
- висота		3,0
Конструктивна маса, не більше	кг	300

Дощувальна машина МДФ-15/60 (рис. 3.1) являє собою самохідний чотирьохколісний візок 1, на якому закріплено водопровідний трубопровід 2 із секторними короткоструминними насадками 3. На кінцях трубопроводу 2 машини встановлено два середньоструминні дощувальні апарати секторної дії 4. В додатковій схемі два середньоструминні апарати 4 з більшою витратою води розміщені на кінцях трубопроводу 2.

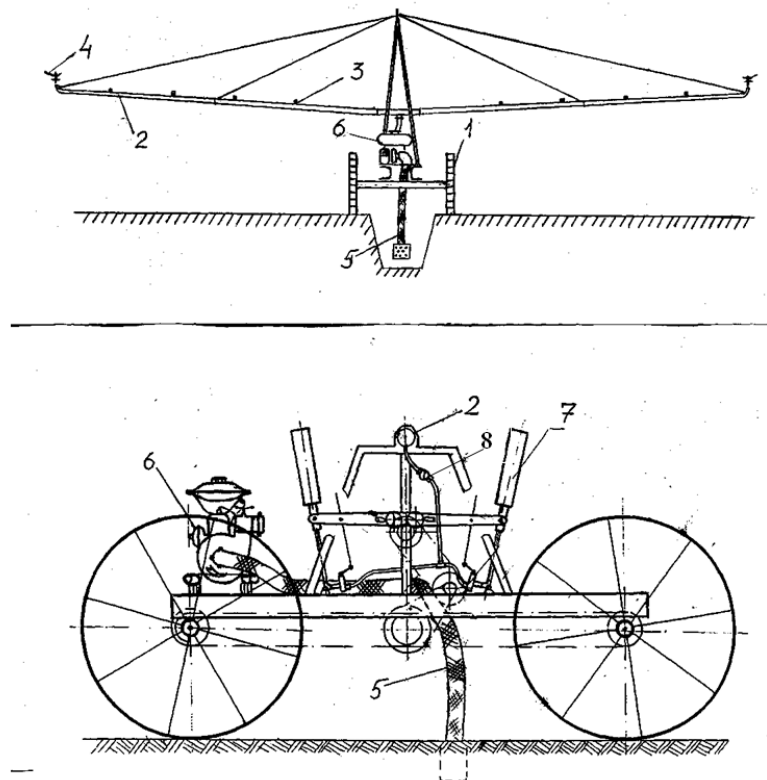


Рис. 3.1. Загальний вигляд дощувальної машини МДФ-15/60.

Для підтримки водопровідного трубопроводу і збільшення жорсткості трубопроводу в горизонтальній площині застосована система тросів.

На самохідному візку 1 при заборі води з каналу встановлюється забірний трубопровід з фільтром 5, мотопомпа 6, яка подає воду для поливу до дощувальних насадок, апаратів і в реверсивний гідропривід 7. При заборі води з гідранта на візку 1 замість мотопомпи можна встановити барабан з намотаним поліетиленовим трубопроводом .

Реверсивний гідропривід 7 забезпечує через муфти і систему ланцюгових передач обертання коліс і рух машини в прямому і зворотному напрямках.

Машина має розподільник і регулюючий кран-задатчик 8, який збільшує або зменшує подачу води в гідропривід 7, змінюючи тим самим швидкість руху машини. Автоматична зупинка машини здійснюється за допомогою системи важелів, пружини і кінцевого упору. При падінні тиску води у водопровідному трубопроводі 2 вода автоматично зливається через зливні клапани, установлені на трубопроводі в нижній частині.

Якщо забір води здійснюється не з тимчасового каналу, а із гідранта закритої мережі, яка знаходиться під тиском не менше 0,45 МПа, використовується барабан, що служить для намотування на нього поліетиленового трубопроводу від гідранта з подальшою подачею води на водопровідний трубопровід 2 машини до дощувальних насадок 3.

Основними вузлами барабана є:

- зварена конструкція барабана;
- муфта гальмування з зірочками;
- півмуфти;
- притиск з пружинами;
- опори.

Зварний барабан виконаний із труб прямокутного перерізу з ребордами, установлений на опорах у підшипниках ковзання. Барабан приводиться в рух ланцюговою передачею від зірочки приводного вала. На валу барабана встановлена муфта гальмування, що запобігає прокручування барабана під час

руху машини, тим самим виключає від розмотування водопровідного трубопроводу, намотаного на барабан у два ряди.

Величина зусилля гальмування барабана забезпечується за допомогою притиску з болтами і кінцевою шайбою, зусилля сприймається через пружини до півмуфти. На півмуфті заклепками кріпиться гальмівна колодка (феррадо), що притискає зірочку до аналогічної півмуфти. Таким чином здійснюється гальмування барабана.

На барабані встановлено стояк із труби, до якого приєднується поліетиленовий трубопровід, кріплення здійснюється за допомогою хомутів.

Рама опорна являє собою зварну металоконструкцію. На рамі встановлені мотопомпа або барабан, водопровідний трубопровід 2, гідропривід у зборі з діафрагменним розподільником і механізмом намотування. Рама виконана з труби прямокутного перерізу. До нижнього пояса рами приварені накладки для кріплення осей коліс. Для кріплення мотопомпи і барабана встановлена плита із чотирма отворами.

Джерелом енергії для руху машини і зрошення є напір води, який забезпечує мотопомпа або гідрант зрошувальної мережі у трубопроводі машини. Вода з патрубку короткої труби через рукав і розподільник подається послідовно у два гідроциліндри. Під дією тиску води поршень разом зі штоком піднімається у верхню порожнину циліндра, який закріплений за через шарнір до рами. Рух штока передається через силовий важіль і собачки приводних шестерень на приводний вал, потім через муфти на зірочки і за допомогою ланцюгової передачі на колеса, змушуючи їх обертатися.

Колесо з віссю закріплено на рамі машини. Усі чотири колеса однакові. Кріплення осей коліс до рами виконано болтами. Вісь має квадратну частину, до якої приварена планка з отворами під болтове з'єднання з рамою. Колеса обладнані ґрунтозацепами, які забезпечують добру прохідність при пересуванні по политому полю.

Колесо виконане зварним зі штампованого обода, з'єданого з маточиною спицями круглого перерізу, до зовнішньої поверхні обода приварені на рівних

відстанях зачепи, виконані з гнутого листа. Робоча поверхня зачепа зміцнена з наступним загартуванням.

Дощувальна машина може рухатися в прямому і зворотному напрямках з поливом і без поливу, а також здійснювати полив на заданій позиції. Регулювання заданої норми поливу здійснюється краном-задатчиком 8 швидкості руху машини. Діапазон регулювання швидкості руху машини складає від 0 до 40 м/год.

3.2. Дослідження рівномірності розподілу дощу при використанні мобільної дощувальної машини

Дослідження рівномірності розподілу дощу на розробленій дощувальній машині проводилися відповідно до існуючих нормативних документів [51]. Схема розміщення колекторів при проведенні дослідів наведена на рис. 3.2, де показана відстань між рядами колекторів і між колекторами в кожному ряду.

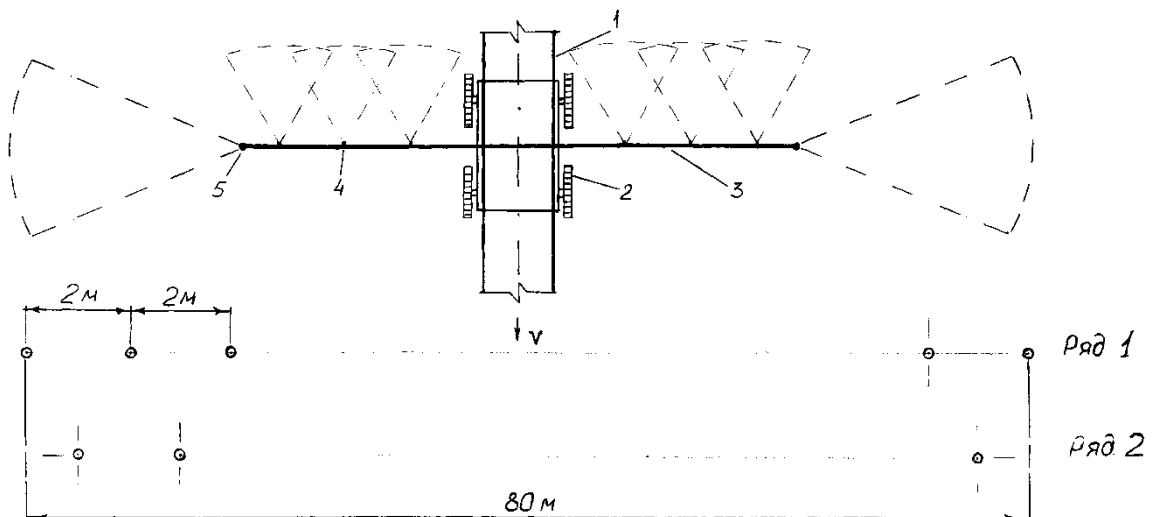


Рис. 3.3. Схема проведення польових випробувань дощувальної машини:

1 – тимчасовий канал; 2 – ходовий візок машини; 3 – водопровідний трубопровід; 4 – короткоструминні насадки; 5 – середньоструминний дощувальний апарат; 6 – колектори.

Усі колектори, які використовувалися при дослідженні, були однакові і мали розмір вхідного діаметра 62 мм. Колектори розташовані так, щоб перешкоди, такі як покрив сільськогосподарських культур, не заважали вимірам, проведеним під час подачі води.

Вхідні частини колекторів були встановлені на одному рівні. При проведенні дослідів швидкість вітру була більше ніж 2 м/с, тому вхідні частини колекторів були розташовані на висоті не більше 0,3 м вище землі чи покриву сільськогосподарських культур. Висота розміщення дощувальних насадок була вище висоти колекторів на 1,5 м.

Швидкість вітру під час випробувань вимірялася обертальним анемометром, а напрямок вітру щодо лінії колекторів визначався за допомогою флюгера. Анемометр мав нижній поріг швидкості 0,2 м/с і точність вимірювання фактичної швидкості у межах $\pm 10\%$.

Враховуючи те, що рівномірність зрошення падає, коли швидкість вітру перевищує 1 м/с, дослідження проводилися рано-вранці і вночі, коли швидкість вітру і ефект випаровування мінімальні. Швидкість вітру і напрямок під час досліджень вимірялися не рідше, ніж раз у 15 хвилин. Тиск води, яка подавала до дощувальних насадок, встановлювався в межах $\pm 5\%$ від заданого і узгодженого програмою випробувань. Зразковий манометр, який вимірював тиск, мав точність $\pm 2\%$.

Дощувальна машина рухалася уздовж тимчасового зрошувального каналу, ширина якого по бермі 1,9 м, максимальна глибина 0,52 м, а мінімальна – 0,2 м. Для зменшення фільтрації канал покривався поліетиленовою плівкою товщиною 0,2 мм.

Довжина каналу визначалася похилом (i) місцевості та допустимою мінімальною глибиною, яка може бути 0,2; 0,25 і 0,3 м залежно від конструкції водозабірної вузла. Графік максимальних довжин L каналу наведено на рис. 3.2, звідки бачимо, що вона дорівнює 320 м при $i = 0,001$ і максимальній глибині 0,2. Випробування дощувальної машини проводилися на місцевості з похилом $i = 0,006$, внаслідок чого довжина каналу була 30 м.

Для забезпечення нормативної рівномірності й якості дощу оптимізована комбінована схема розміщення дощувальних насадок і апаратів, яка передбачає розміщення уздовж консольного трубопроводу дощувальних насадок секторної дії 4,0÷5,0 мм на відстані 2 м одна від одної.

Проводився аналіз і порівняння трьох варіантів розміщення дощувальних насадок і апаратів.

У першому варіанті уздовж трубопроводу встановлювали секторні насадки діаметром 4,0 мм і дощувальні апарати “Роса-3” з діаметром сопла 11,0 мм і сектором поливу 90°. У другому варіанті – секторні насадки діаметром 4 мм, апарати “Роса-3” з діаметром сопла 9,5 мм і сектором поливу 30°. У третьому варіанті – секторні насадки діаметром 5,0 мм, апарати “Роса-3” з діаметром сопла 10 мм і сектором поливу 60°. В результаті цих дослідів одержано частотні графіки розподілу шару опадів уздовж консолі дощувальної машини (рис. 3.4-3.6) і показники рівномірності дощу, які визначалися відповідно до нормативного документа ВНД 33-4.3-01.98, призначеного для випробування вітчизняних дощувальних машин (табл. 3.2).

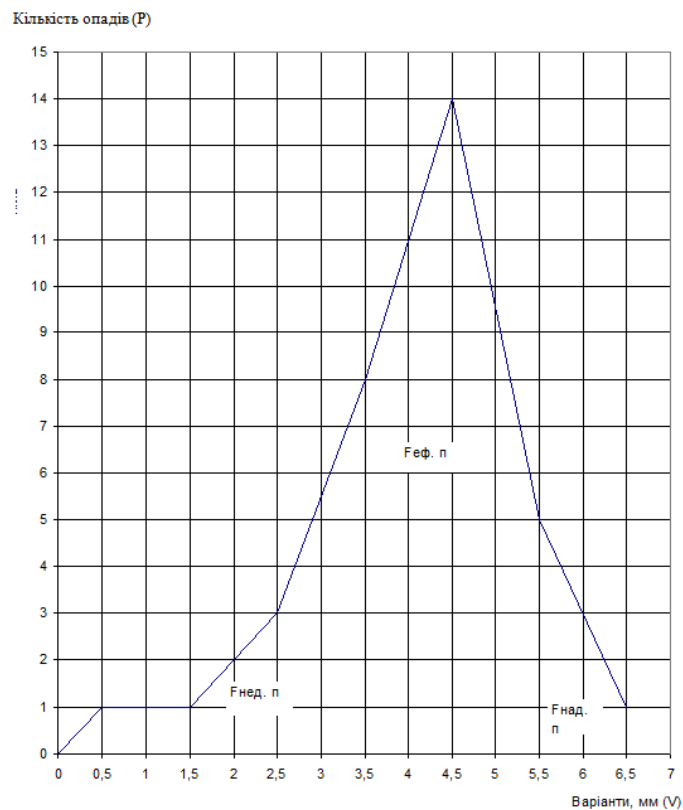


Рис. 3.4. Графік розподілу шару опадів на площі захвату (дослід 1).

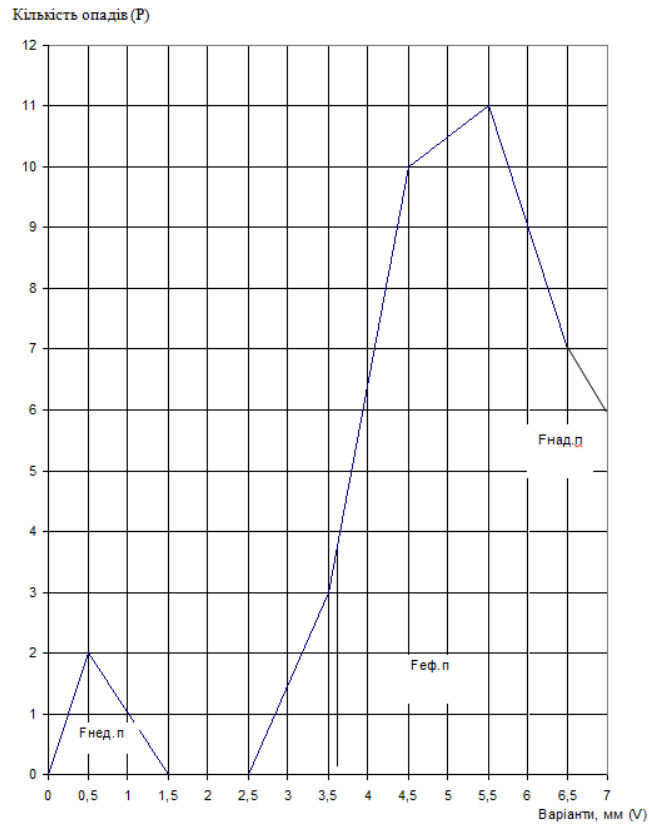


Рис. 3.5. Графік розподілу шару опадів на площі захвату (дослід 2).

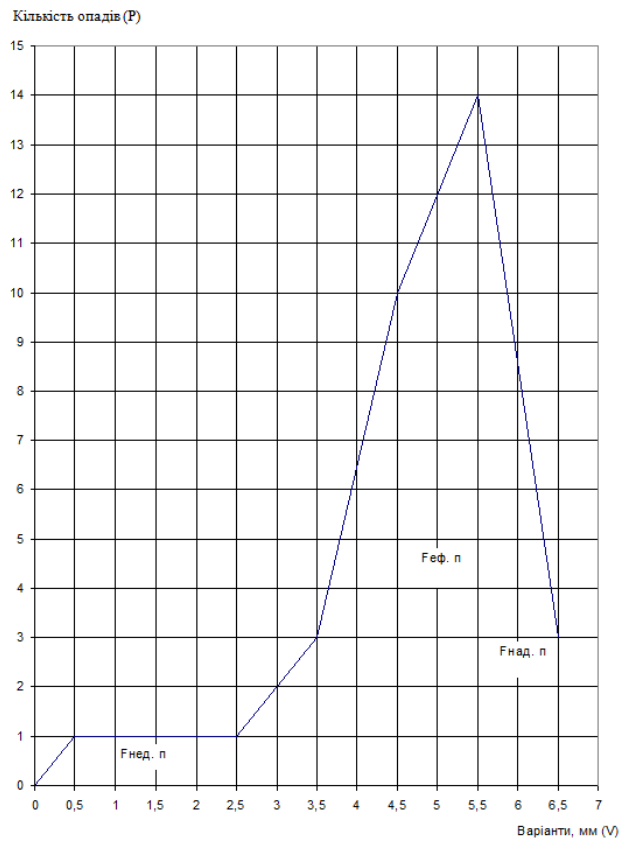


Рис. 3.6. Графік розподілу шару опадів на площі захвату (дослід 3).

**Показники рівномірності дощу експериментальної дощувальної машини,
визначені відповідно до ВНД 33-4.3-01.98**

№ досліду	K_{ef}	$K_{над}$	K_n	Напрямок і швидкість вітру, м/с
1.	0,64	0,19	0,17	2-4
2.	0,76	0,14	0,10	4
3.	0,75	0,11	0,14	2
середнє	0,716	0,146	0,136	3

Показники рівномірності визначалися коефіцієнтом ефективного поливу K_{ef} , коефіцієнтом надлишкового поливу $K_{над}$ і коефіцієнтом недостатнього поливу K_n . При проведенні досліджень швидкість вітру менше 1,5 м/с не вдалося зафіксувати протягом трьох днів, незважаючи на те що дослідження проводилися у вечірні години. Фактична швидкість вітру змінювалася в межах 2-4 м/с, середня 3 м/с. Норматив допускає проведення досліджень при швидкості вітру більше 1,5 м/с, при цьому коефіцієнт ефективного поливу не повинен бути менше 0,7.

Якщо враховувати вплив напрямку вітру, то в першому досліді напрямок вітру спричиняв боковий знос крапель дощу уздовж трубопроводу, в дослідях 2 і 3 напрямок вітру збігався з напрямом руху дощувальної машини, тому умови розподілення дощу були більш сприятливі. Як бачимо з рисунків 3.4 і 3.6, на перших двох графіках була гірша рівномірність дощу, а на третьому графіку (рис. 3.5) – краща рівномірність шару дощу. Результати замірів об'ємів води в колекторах дослідів № 1, № 2, № 3 наведено в додатку А.

Обробка результатів випробувань (досліду № 1) дозволила визначити: коефіцієнт ефективного поливу дорівнював $K_{ef} = 0,64$; коефіцієнт надлишкового поливу $K_{над} = 0,19$; коефіцієнт недостатнього поливу $K_n = 0,17$. При цьому швидкість вітру становила 2-4 м/с.

Результати рівномірності поливу, отримані в дослідях № 1, № 2, № 3, наведені в таблиці 3.2, частотні графіки розподілу шару опадів – на рис. 3.4, 3.5, 3.6, шар опадів – у табл. А.1, А.3, А.5 додатку А.

Аналіз одержаних показників рівномірності дощу в дослідях №1, №2, №3 (рис. 3.4-36) показує, що рівномірність дощу експериментальної дощувальної машини знаходиться вище показника $K_{ef.} = 0,7$, а в досліді №1 вона нижча і складає $K_{ef.} = 0,64$, що пояснюється несприятливим напрямком вітру.

Аналіз структури крапель дощу дозволили визначити, що середній діаметр крапель дощу, який утворюють короткоструминні насадки, дорівнював 0,8-0,9 мм. Середньоструминні дощувальні апарати утворювали дощ, середній діаметр крапель якого становив 1,2-1,4 мм.

Випробування в польових умовах дощувальної машини проводилися також за методикою, викладеною в розділі 1.2 з урахуванням коефіцієнта Крістіансена відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO8284 [52]. Розрахунок коефіцієнта Крістіансена здійснювався за формулою (1.3) з використанням значень розподілу дощу.

Узагальнені результати розрахунків коефіцієнта Крістіансена зведені в таблиці 3.3, а шар штучного дощу в кожному досліді і обробка результатів досліджень – у табл. А4-А6 додатку А. Аналіз одержаних результатів показував задовільну рівномірність зрошення в дослідях №1, № 2 і № 3, а також середнє значення коефіцієнта Крістіансена – 76,6.

Таблиця 3.3.

Коефіцієнти рівномірності дощу експериментальної дощувальної машини, визначені відповідно до ISO 7749-2:2000

№ досліду	Ліва консоль	Права консоль	Загальний коефіцієнт
1	70	81	76
2	76	78	77
3	78	82	80
середнє	74,6	80,3	77,6

В досліді 2 спостерігалось 11 колекторів з шаром опадів 5,5 мм, 10 колекторів з шаром опадів 4,5 мм, 7 колекторів з шаром опадів 6,5 мм.

В досліді 3 щільність одержаних результатів шару опадів була нижчою: 14 колекторів – шар опадів 5,5 мм, 10 колекторів – шар опадів 4,5 мм і 3 колектори – шар опадів 3,5 мм.

Необхідно зазначити, що швидкість вітру при проведенні досліджень була вищою від нормативної швидкості 0-1,5 м/с, тому рівномірність дощу при меншій швидкості вітру може бути ще вищою.

При польових випробуваннях визначалися витрати палива за кожен годину “чистої” роботи дощувальної машини, при цьому на машині використовувалася бензинова двоциліндрова мотопомпа типу МП-800Б потужністю 14,7 кВт, яка забиравала воду з каналу і подавала її з витратою 13 л/с під напором 40-50 м на зрошення і на гідропривід.

Під час польових випробувань експериментальної дощувальної машини проводилося визначення витрат палива теплового двигуна при зрошенні мотопомпами які виготовляються в Росії та Японії. Одержані порівняльні дані витрат палива різними мотопомпами наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Порівняльні дані витрат палива різними мотопомпами

Тип мотопомпи	Витрата води, л/с	Напір води, м	Потужність двигуна, кВт	Питомі витрати палива, кг/кВт-год	Витрата палива кг/год
МП-800Б (Росія)					
двоциліндрова	13	60	14,7	0,6	8,8
одноциліндрова	10	40	8,0	0,56	4,5
WT-20 (Японія)	10	26	4,0	0,27	1,5
WT-30 (Японія)	21	30	5,9	0,3	1,8

В середньому, за годину витрата палива (бензин А-76) становила 8,8 л. Як бачимо з таблиці 3.4, на мобільних дощувальних машинах застосовувати доцільно замість мотопомпи МП-800Б російського виробництва мотопомпи фірми “Хонда” (Японія), які більш економічні і мають значно менші витрати палива.

Аналіз різних видів енергії, яка використовується в сільському господарстві, зокрема в зрошувальному землеробстві показує, що найбільшу економічність і стабільність ціни має електроенергія. Різниця вартості теплової та електричної енергії з кожним роком збільшується.

Враховуючи це, нами розраховано й обґрунтовано можливі модифікації мобільних дощувальних машин (МДФ), які забирали воду на полив з тимчасового зрошувального каналу за допомогою двигунів різних типів. Порівняння техніко-економічних параметрів таких дощувальних машин показало, що найменшу питому вартість джерел енергії має машина з електронасосом серії “Pedrallo” – 9 грн/га при нормі поливу 30 мм. Найбільшу питому вартість джерел енергії має машина МДФ з використанням бензинової мотопомпи МП-800Б – 32,8 грн/га при нормі 30 мм. Краща зарубіжна машина “Upton Irrigation”, яка здійснює забір води дизельним двигуном, має 17 грн/га при нормі 30 мм.

3.3. Висновки до розділу

1. Випробування розробленої нами мобільної дощувальної машини із забором води з каналу в польових умовах показали задовільну рівномірність поливу – максимальний коефіцієнт ефективності поливу – 0,76, середній – 0,716. Коефіцієнт рівномірності відповідно до ISO7749-2 складає: максимальний – 80, середній – 77,6.

Мінімальний шар дощу за один прохід 4,16-4,9 мм при середніх квадратичних відхиленнях $\pm 1,34-1,44$ мм, коефіцієнтах варіації 28-30%, похибки досліду 4,8-5%, середня інтенсивність дощу 0,6-0,8 мм/хв, середній діаметр крапель дощу – 0,8-0,9 мм.

2. Питомі витрати палива на полив при проведенні польових випробувань дощувальної машини складають 0,56-0,6 кг/кВт-год при використанні мотопомпи МП-800Б (Росія).

Перспективні для використання на мобільних машинах мотопомпи WT-20 фірми “Хонда”, які мають питомі витрати палива 0,27-0,3 кг/кВт-год .

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ПП «Росток»

Науково-технічний прогрес обумовлює нові задачі, пов'язані з охороною праці. В умовах зросту механізації та автоматизації процесів зберігання та переробки зернової продукції, велике значення набуває проблема охорони праці працюючих.

Збільшення енергоозброєності та технічної оснащеності потребує своєчасного виявлення, усунення і потенційного прогнозування можливих небезпечних місць на виробничих лініях, складах та інших виробничих об'єктах. Необхідне проведення робіт профілактичного характеру, пов'язаних з попередженням нещасних випадків. Для цієї цілі відповідним службам з охорони праці необхідно керуватися:

1. Законом України «Про охорону праці», прийнятим Верховною Радою України 21 листопада 2002 року;
2. «Типовим Положенням» про навчання по питанням охорони праці;
3. «Інструкціями» – тобто нормативними актами, які містять обов'язкові для дотримання працівниками вимог з охорони праці при виконанні робіт на робочих місцях.

В ПП «Росток» за стан охорони праці відповідає директор. Йй підпорядковується інженер з питань охорони праці, який працює за сумісництвом і має практичний стаж роботи більше 3-х років.

До основних обов'язків директора входить:

- опрацювання ефективної цілісної системи управління ОП;
- сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;

В свою чергу спеціаліст з питань охорони праці контролює:

- дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці;

- виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій та подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці;
- своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт.

За стан охорони праці на робочих місцях відповідають *начальники* цехів, майстри, бригадири. До їх обов'язків входить:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань опрацювання ефективної цілісної системи управління охороною праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;
- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Вступний інструктаж з питань охорони праці для працівників проводить спеціаліст з охорони праці підприємства.

В підприємстві погано організована пожежно-сторожова охорона, яка не оснащена зв'язком зі всіма підрозділами господарства. Графік чергувань пожежної охорони розроблено, але його не завжди дотримуються. Навчання правилам безпеки практично не ведеться.

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^u = \frac{K_o + K_o + K_{впр}}{3} \leq 1 \quad (4.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_o = \frac{C_o}{C}, \quad (4.2)$$

де K_o – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

C_o – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

C – загальна кількість працівників.

$$K_{o2015} = \frac{9}{10} = 0,9;$$

$$K_{o2016} = \frac{10}{10} = 1,0;$$

$$K_{o2017} = \frac{10}{10} = 1,0.$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\sigma} = \frac{n_{\sigma b}}{n}, \quad (4.3)$$

де K_{σ} – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

$n_{\sigma b}$ – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

n – загальна кількість обладнання.

$$K_{\sigma 2015} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 2016} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma 2017} = \frac{23}{25} = 0,92.$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки в господарстві за останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{впр} = \frac{m_{cp}}{m}, \quad (4.4)$$

де $K_{впр}$ – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

m_{cp} – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

m – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{впр2015} = \frac{5}{10} = 0,5;$$

$$K_{впр2016} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$K_{впр2017} = \frac{6}{10} = 0,6.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{сн2015}^ч = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73;$$

$$K_{сн2016}^ч = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8;$$

$$K_{сн2017}^ч = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в господарстві, як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютья недоліки: не проводиться атестація робочих місць; підвищений рівень запиленості робочих місць; не проводиться інструктаж з охорони праці та надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства.

4.2 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин

травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Так, як в господарстві випадків травматизму за досліджувані роки не було, проводимо розрахунок показників захворювань.

Для їх кількісної характеристики використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 100 \quad (4.4)$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{T} \quad (4.5)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}} = \frac{D}{P} \cdot 100 \quad (4.6)$$

де T – кількість випадків захворювань за досліджуваний період;

P – середньоспискова кількість працівників, чол.;

D – сумарна втрата днів працездатності в результаті захворювань, днів.

Отже, за звітній період отримаємо наступні дані:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}2015} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}2015} = \frac{24}{1} = 24$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}2015} = \frac{24}{10} \cdot 100 = 240$$

Основні показники захворювань зводяться до таблиці 4.1 та робляться висновки про його рівень.

Таблиця 4.1 – Основні показники захворювань по ПП «Росток»

Показники	Роки		
	2019	2020	2021
Кількість працюючих, чол.	10	10	10
Кількість захворювань, од	1	-	-
Втрати днів непрацездатності від захворювань	24	-	-
Коефіцієнт частоти	10	-	-
Коефіцієнт важкості	24	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	240	-	-

4.3. Заходи по поліпшенню умов праці

Для покращення стану охорони праці на підприємстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- організувати кабінет з охорони праці;
- забезпечити кабінет необхідним обладнанням;
- закупити учбові плакати з охорони праці та розповсюдити їх по всіх виробничих підрозділах;
- систематично проводити демонстрацію фільмів про охорону праці та пожежну безпеку;
- проводити з працівниками лекції та бесіди з охорони праці;
- щомісяця проводити на підприємстві день охорони праці;
- налагодити пропаганду безпечних умов праці.
- слідкувати за чистотою площадок для зберігання техніки.
- перевірити лінії електропередач, висоту введів в приміщення. Висота ліній по нижньому проводу повинна бути не менше 6 м, а висота вводу в приміщення не менше 2,5 м.
- перевірити блискавкозахист приміщень.
- перевірити контури заземлення електрообладнання та встановити захисні щитки.

- забезпечити протипожежним інвентарем, резервуарами з водою та вогнегасниками.
- посадити зелене насадження.
- забезпечити кожний агрегат аптечкою першої медичної допомоги.
- регулярно проводити інструктажі з охорони праці.
- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

4.4. Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння згідно з вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.

При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

У випадку загоряння зерна погасіть топку, виключіть вентилятори і вивантажувальні пристрої, закрийте випускні заслінки і, не зупиняючи подачі вологого зерна, відкрийте люки дифузорів, виявивши осередок загоряння, через вікно короба спробуйте витягнути його із шахти. Якщо осередок загоряння усунути не вдається, включіть розвантаження на максимальну продуктивність, а осередки загоряння зерна гасіть водою й усувайте з основного потоку зерна. Після розвантаження всього зерна ретельно очистіть стінки камери й поверхню коробів від нагару.

При загорянні одязі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.

4.5. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві

Специфіка обладнання підприємств зі зберігання техніки полягає в тому, що воно майже не потребує місцевого освітлення, тому розрахуємо загальне освітлення. Розрахунок проведемо для основних виробничих приміщень.

Розрахунок виконаємо за методом використання світлового потоку. Для цього знайдемо висоту підвісу світильників:

$$H_c = H - (h_p + h_r), \text{ м} \quad (4.8)$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочого місця, м;

h_r – відстань від стелі до світильника, м.

Для всіх приміщень висота підвісу буде складати:

$$H_c = 6 - (1,15 + 0,45) = 4,4 \text{ м}$$

Далі визначаємо показник приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c (a + b)}, \quad (4.9)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення відповідно, м.

Для виробничого відділення цей індекс складає:

$$\varphi = \frac{18 \cdot 9}{4,4 \cdot (12 + 9)} = \frac{162}{118,8} = 1,36$$

Далі визначаємо кількість світильників в цеху при умові розміщення їх один від одного на відстані три метри:

$$n = \frac{S}{l^2}, \text{ шт} \quad (4.10)$$

Звідси,

$$n = \frac{162}{9} = 18 \text{ шт}$$

Таким чином, приймаємо кількість світильників рівну 18 шт.

Далі визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot Z \cdot S}{n \cdot \eta} \quad (11)$$

де E – мінімальна освітленість, що дорівнює 150 люкс;

K – коефіцієнт запасу, що враховує запиленість світильників ($K = 1,7$);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної ($Z = 0,53$);

S – площа приміщення, м²;

n – кількість світильників, шт.;

η – коефіцієнт використання світового потоку ($\eta=0,55$).

Розрахунковий світовий потік складає:

$$F = \frac{150 \cdot 1,7 \cdot 0,53 \cdot 162}{18 \cdot 0,55} = 2211_{\text{лм}}$$

Отже,

$$E = \frac{2211 \cdot 18 \cdot 0,55}{1,7 \cdot 162 \cdot 0,53} = 150_{\text{лк}}$$

Далі за визначеним мінімальним світовим потоком вибираємо лампи для світильників. Таким чином, для обраних світильників типу ОДОР приймаємо люмінесцентні газорозрядні лампи ЛДЦ потужністю 40 Вт.

1. Більше уваги приділяти навчанню робітників підрозділів, керівнику підприємства і інженеру з охорони праці.

2. Перевірити стан вентиляції в приміщеннях.

3. Обладнати належним чином місця для куріння на всіх виробничих дільницях, керівнику підприємства.

4. Звернути особливу увагу на проведення інструктажів з питань охорони праці, ознайомити працівників зі способами надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства, інженеру по охороні праці.

5. Провести атестацію робочих місць.

Висновки

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень. Також був розроблений план дій виробництва при вибуху, як найбільш ймовірній надзвичайній ситуації.

5. Економічна ефективність мобільної дощувальної машини

Розроблена нами дощувальна машина призначена для використання на існуючих зрошувальних системах і на нових системах, побудованих для мобільних дощувальних машин із сезонною площею до 20 га.

За аналог взято існуючі за кордоном дощувальні машини шлангобарабанного типу італійської фірми “Valdussi”, сезонна площа яких до 20 га, і вітчизняна машина ДДА-100 МА, сезонна площа якої досягає 100-120 га.

При розрахунках враховано використання на розробленій дощувальній машині більш економічної мотопомпи фірми «Хонда» WT-20.

Річний економічний ефект від розробки нових технологічних процесів щодо поливу розраховано за формулою

$$E = (Z_1 - Z_2) \cdot S, \text{ грн.}, \quad (5.1)$$

де Z_1, Z_2 – витрати на одиницю площі, яка зрошується з використанням базової та нової поливної техніки, грн./га;

S – сезонна площа зрошення дощувальної техніки, га.

Витрати складаються із поточних витрат на експлуатацію поливної техніки, насосної станції і зрошувальної мережі.

Витрати Z для зрошення 1 га площі визначимо за формулою

$$Z = C + E_n \cdot K, \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

де K – питомі капітальні вкладення на придбання дощувальної техніки, грн/га;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

C – собівартість електроенергії й дизельного палива для зрошення ділянки площею 1 га, грн/га.

У питомі капітальні вкладення входила вартість дощувальних машин у цінах 2021 року. Капітальні витрати на будівництво та реконструкцію зрошувальних систем не враховувалися, тому що використовувалася існуюча зрошувальна мережа.

У таблиці 5.5 наведені вихідні дані для розрахунку експлуатаційних витрат. При їх розрахунках приймався однаковим для всіх типів машин коефіцієнт випаровування води ($\beta = 1,1$), коефіцієнт стоку води $K_c = 1,25$ і коефіцієнт використання часу зміни роботи машини $K_3 = 0,85$.

Результати розрахунків експлуатаційних, капітальних і приведених витрат розробленої машини та існуючих аналогів наведено в таблиці 5.6.

Річний економічний ефект від використання розробленої нами дощувальної машини порівняно з існуючими визначено за формулами (5.1) і (5.2), підставляючи одержані дані приведених витрат з таблиці 5.6. Розрахунки показали, що річний економічний ефект порівняно з машиною ДДА-100 МА

$$E = (558 - 440) \cdot 20 = 2360 \text{ грн.}$$

Порівняно з машиною італійської фірми “Valdussi”, річний економічний ефект значно більший через велику вартість дощувальної машини:

$$E_2 = (892 - 440) \cdot 20 = 9040 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.5.

Вихідні дані для розрахунку експлуатаційних витрат

Показники	Одиниці виміру	Розроблена машина	Існуючі аналоги машин	
			ДДА-100 МА	“Valdussi”
Витрата води	$Q, \text{ л/с}$	18	130	18
Робочий напір	$H, \text{ м}$	35	35	100
Сезонна площа зрошення	$S, \text{ га}$	20	120	20
Тривалість поливу	$t, \text{ год}$	1000	1000	1000
Потужність дизельного двигуна	$N_2, \text{ кВт}$	5,5	75	–
Питома витрата дизельного палива	$p, \frac{\text{кг/год}}{\text{кВт}}$	0,27	0,264	–
Витрата дизельного палива	$p \cdot N_2, \text{ кг/год}$	1,5	14,6	–
Вартість 1 кг дизельного палива за годину	$c_2, \text{ грн}$	2,0	2,0	–
Витрати необхідної потужності насосної станції для подачі води	$N_1, \text{ кВт}$	7,3	52,5	20,7
Вартість 1кВт-год електроенергії	$c_1, \text{ грн}$	0,18	0,18	0,18

**Результати розрахунку експлуатаційних
і капітальних витрат дощувальних машин**

Показники	Формула розрахунку	Розроблена машина	Існуючі аналоги машини	
			ДДА-100МА	“Valdussi”
Витрати електроенергії, кВт-год дизельного палива, кг	$B = N_1 \cdot t$ $D = p \cdot N_2 \cdot t$	7300 1500	52500 19800	20700 –
Вартість зрошення, грн. електроенергії дизельного палива	$A_1 = B \cdot c_1$ $A_2 = D \cdot c_2$	1314 3000	9450 39600	3726 –
Вартість енергоносіїв загальна, грн. для зрошення 1 га, грн./га	$C' = A_1 \cdot A_2$ $C = C'/S$	4314 216	49050 408	3726 186
Капітальні вкладення на придбання дощувальної техніки, грн.	\mathcal{C}	30000	120000	94000
Питомі капітальні вкладення на придбання дощувальної техніки, грн./га	$K = \mathcal{C}/S$	1500	1000	4700
Приведені витрати на одиницю площі, грн./га	$z = C + E_n \cdot K,$	440	558	892

Отже, економічний ефект від використання розробленої нами дощувальної машини на площі зрошення 20 га за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на енергоносії і капітальних витрат на придбання дощувальної техніки складає: порівняно з машиною ДДА-100 МА – 2360 грн; порівняно з машиною фірми “Valdussi” – 9040 грн.

Отже, економічний ефект від дощувальної машини на площі зрошення 20 га за умови використання мотопомпи WT-20 за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на енергоносії та капітальних витрат на придбання дощувальної техніки складає 2360 грн. порівняно з використанням машини ДДА-100 МА і 9040 грн. порівняно з використанням машини італійської фірми “Valdussi”.

Загальні висновки

1. Аналіз існуючого стану зрошення показав, що зменшення площ земельних угідь і збільшення кількості власників землі створило проблему технологічної цілісності існуючого типового модуля зрошення площею 800-1200 га з використанням широкозахватної дощувальної техніки. Ефективність використання зрошувальних систем значно зменшилась, недостатньо проведено досліджень, спрямованих на збереження і підвищення технічного рівня й ефективності існуючих зрошувальних систем, використання поряд з широкозахватними машинами мобільних засобів зрошення.

2. При використанні транзитних гнучких поліетиленових трубопроводів на шлангобарабанних дощувальних машинах необхідно враховувати вартість трубопроводів і характеристики їх міцності. Визначено, що максимально допустима довжина трубопроводів із поліетилену низького тиску (тип С) складає 220-225 м, трубопроводів типу Т – 330-340 м. При розмірах полів з гоном більше 350 м необхідно використовувати трубопроводи з поліетилену високого тиску. Необхідне тягове зусилля для переміщення транзитного гнучкого трубопроводу діаметром 75-125 мм, довжиною 150-500 м – у межах 10-37 кН.

3. Дослідження принципів схем і технологія сумісної роботи на існуючих зрошувальних системах з використанням широкозахватних машин “Фрегат”, “Дніпро” і мобільних дощувальних машин визначили можливість використання допоміжних трубопроводів діаметром 75-160 мм, які подають воду безпосередньо до мобільних дощувальних машин і в тимчасовий канал, при цьому втрати напору в трубопроводі діаметром 125 мм при роботі чотирьох мобільних машин із загальною витратою 72 л/с складають 30 м. При використанні шлангобарабанних дощувальних машин з далекострумними апаратами допустимі витрати води транзитних трубопроводів типу Т знаходяться в діапазоні 5,2-18 л/с, для машини з двоконсольним трубопроводом і короткострумними насадками – в діапазоні 7,6-26 л/с.

5. Для зменшення втрат напору і енергоємності поливу шлангобарабанными машинами рекомендується застосування для подачі води транзитних трубопроводів типу С, які мають меншу вартість і більшу площу поперечного перерізу, в результаті чого діапазон допустимих витрат води складає 6,3-22,5 л/с для машин з далекоструминним апаратом і 9,5-30 л/с – для двоконсольної машини з короткоструминними насадками. При цьому, шлангобарабанна машина повинна мати принцип дії, при якому транзитний трубопровід не використовується як буксир.

6. Дослідження витрат води та енергії при поливі різними типами дощувальних машин показало, що при дефіциті вологості повітря до 15% і швидкості вітру до 4 м/с мобільні шлангобарабанні машини з далекоструминним апаратом мають втрати води 4-5%, а з короткоструминними насадками на двоконсольному трубопроводі – 2-4%, дощувальна машина “Дніпро” при цих умовах має 2,1-2,7%, ДДА-100МА – 5,6-8,3%, “Фрегат” високонапірний – 7,3-9,7%.

7. Дослідження достокових поливних норм для широкозахватних і мобільних шлангобарабанных машин показало, що на ділянках поля з ухилом до 1% мобільна машина з далекоструминним апаратом має достокову норму 36 мм, з короткоструминними насадками – 30 мм, високонапірна машина “Фрегат” – 42 мм, ДДА-1200МА – 18 мм.

8. Економічний ефект від використання розробленої нами мобільної дощувальної машини на площі зрошення 20 га за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на енергоносії і капітальних витрат на придбання дощувальної техніки складає 2360 грн. порівняно з використанням машини ДДА-100МА і 9040 грн. порівняно з використанням машини італійської фірми “Valdussi”.

Список використаних джерел

1. Агрономічні ресурси України. Експрес інформ. – К.: – 2003. Вип. 5. 29 с.
2. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.
3. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збурених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. – С.5-9.
4. Гунько І.В. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки / І.В. Гунько, Л.Г. Коваль // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – №3 (95). – Вінниця. – 2016. – С. 89-93.
5. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко *[та ін.] ... М-во аграр. політики України , Вінниц. держ. аграр. ун-т; . - Київ : Хай-Тек Прес, 2011. - 616 с.
6. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст] : підручник. ... за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ : Хай-Тек Прес, 2013. - 528 с.
7. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.
8. Коваленко П.І., Гринь Ю.І. Модернізація і реконструкція внутрішньогосподарських зрошувальних систем // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 7. – С. 53-57.
9. Коваленко П.І., Собко О.О. Ефективність зрошення: Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення. – К.: Аграрна наука., 2001. – С. 24-29.

10. Концепція розвитку поливної техніки в Україні // Держводгосп України. – К, 2004 . – 20 с.
11. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. – 110 с.
12. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред...В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 140 с.
13. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2012. – 128 с.
14. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. – Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.
15. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 116 с.
16. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту / О.В. Солоня, І.М. Купчук, В.І. Паламарчук. – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.
17. Солоня О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук – Вінниця: ВНАУ, 2017. – 84 с.
18. Солоня О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Вінниця, 2019. – 254 с.
19. Солоня О.В.. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / О.В. Солоня, В.С. Любін – Вінниця: ПП Балюк І.Б., 2014. – 138 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1.

Замір шару опадів (мм) після проходження смуги дощу над створом

Дослід № 1. 29.09.2020 р.

Ліва консоль			Права консоль		
№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, h_i	№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, h_i
1	70	5,99	1	55	4,70
2	70	5,99	2	55	4,70
3	75	6,42	3	70	5,99
4	50	4,28	4	55	4,70
5	40	3,42	5	55	4,70
6	45	3,85	6	45	3,85
7	55	4,70	7	55	4,70
8	50	4,28	8	58	4,96
9	60	5,13	9	70	5,99
10	55	4,70	10	58	4,96
11	50	4,28	11	50	4,28
12	45	3,85	12	50	4,28
13	36	3,08	13	45	3,85
14	25	2,14	14	40	3,42
15	45	2,14	15	36	3,08
15	10	0,86	16	32	2,74
			17	20	1,71
		Σ 65,11			Σ 72,60

$$h_{ср.м.} = 4,16.$$

Варіаційна обробка способом сум шару опадів

за один прохід машини МДФ 15/60.

Дослід № 1. 29.09.2020 р.

Інтервали	Варіанти (V , мм)	Частота, P	$B_1 = 15$	$B_2 = 12$
0-1	0,5	1	1	1
1-2	1,5	1	2	3
2-3	2,5	3	5	8
3-4	3,5	8	13	–
4-5	4,5	14	–	–
5-6	5,5	5	6	–
6-7	6,5	1	1	1
$K = 1,0$		$n = 33$	$a_1 = 7,0$	$a_2 = 1,0$

$$S_1 = a_1 - B_1 = 7 - 15 = -14;$$

$$S_2 = a_1 + B_1 + 2a_2 + 2B_2 = 7 + 21 + 2 + 24 = 54;$$

$$\sum PX^2 = S_2 - \frac{S_1^2}{n} = 54 - \frac{14^2}{33} = 54 - 5,93 = 48,07;$$

$$M = C + \frac{K \cdot S_1}{n} = 4,5 + \frac{1,0 \cdot (-14,0)}{33} = 4,5 + 0,4 = 4,1 \text{ мм};$$

$$G = \pm K \cdot \sqrt{\frac{PX^2}{n - 1}} = \pm 1,0 \cdot \sqrt{\frac{48,07^2}{32}} = \pm 1,23 \text{ мм};$$

$$V\% = \frac{G \cdot 100}{M} = \frac{1,23 \cdot 100}{4,1} = 30\%;$$

$$P\% = \frac{U}{\sqrt{n}} = \frac{30}{\sqrt{33}} = 5\%;$$

$$m = \frac{G}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1,23}{5,74} = \pm 0,21 \text{ мм}.$$

Замір шару опадів (мм) після проходження смуги дощу над створом

Дослід № 2. 29.09.2020 р.

Ліва консоль			Права консоль		
№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, h_i	№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, h_i
1	70	5,99	1	46,5	4,0
2	69,5	5,95	2	46,5	4,0
3	60	5,13	3	60	5,13
4	60	5,13	4	60	5,13
5	50	4,28	5	55	4,70
6	55	4,70	6	50	4,38
7	76	6,50	7	70	5,99
8	76	6,50	8	70,5	6,0
9	76	6,50	9	70	5,99
10	76	6,50	10	76	6,50
11	70	5,99	11	76	6,50
12	53,5	4,60	12	76	6,50
13	55	4,70	13	70	5,99
14	40,5	3,50	14	57,5	4,90
15	40,5	3,50	15	58,5	5,0
16	5	0,43	16	40,5	3,5
			17	5	0,43
		Σ 79,9			Σ 84,5

$$h_{cp} = 4,9; \quad h_{cp.m.} = 4,9 \text{ мм}; \quad h_{ch} = 4,9.$$

Варіаційна обробка способом сум шару опадів

за один прохід машини МДФ 15/60.

Дослід № 2. 29.09.2020 р.

Інтервали	Варіанти (V, мм)	Частота, P	$B_1 = 15$	$B_2 = 12$
0-1	0,5	2	2	2
1-2	1,5	–	2	4
2-3	2,5	–	2	6
3-4	3,5	3	9	–
4-5	4,5	10	–	–
5-6	5,5	11	18	–
6-7	6,5	7	7	7
$K = 1$			$a_1 = 25$	$a_2 = 7$

$$S_1 = a_1 - B_1 = 25 - 15 = 10;$$

$$S_2 = a_1 + B_1 + 2a_2 + 2B_2 = 25 + 7 + 14 + 24 = 70;$$

$$\sum PX^2 = S_2 - \frac{S_1^2}{n} = 70 - \frac{10^2}{33} = 70 - 3,03 = 66,97;$$

$$M = C + \frac{K \cdot S_1}{n} = 4,5 + \frac{1,0 \cdot 10,0}{33} = 4,5 + 0,3 = 4,8 \text{ мм};$$

$$G = \pm K \cdot \sqrt{\frac{PX^2}{n - 1}} = \pm 1,0 \sqrt{\frac{66,97^2}{32}} = \pm 1,44 \text{ мм};$$

$$V\% = \frac{G \cdot 100}{M} = \frac{1,44 \cdot 100}{4,8} = 30\%;$$

$$P\% = \frac{U}{\sqrt{n}} = \frac{30}{\sqrt{33}} = 5\%;$$

$$m = \frac{G}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1,44}{5,74} = \pm 0,2 \text{ мм}.$$

Замір шару спадів (мм) після проходу смуги дощу над створом

Дослід № 3. 29.09.2020 р.

Ліва консоль			Права консоль		
№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, мм	№ колекторів	Об'єм опадів, см ³	Шар опадів, мм
1	70	5,99	1	47	4,02
2	70	5,99	2	47	4,02
3	60	5,13	3	58	4,96
4	60	5,13	4	60	5,13
5	46	3,93	5	55	4,70
6	55	4,70	6	50	4,28
7	65	5,56	7	70	5,99
8	76	6,50	8	71	6,07
9	76	6,50	9	70	5,99
10	70	5,99	10	68	5,82
11	65	5,56	11	65	5,56
12	53	4,53	12	70	5,99
13	55	4,70	13	65	5,56
14	46	3,93	14	57	4,88
15	30	2,57	15	46	3,93
16	5	0,93	16	47	4,02
			17	12	1,03
		Σ 77,1			Σ 81,9

$$h_{cp} = 4,9; \quad h_{ch} = 4,9; \quad h_{cp.m.} = 4,9 \text{ мм}$$

**Варіаційна обробка способом сум шару опадів за один
прохід машини МДФ 15/60. Дослід № 3. 29.09.2020 р.**

Інтервали	Варіанти, (V мм)	Частота, P	B ₁ = 15	B ₂ = 12
0 – 1	0,5	1	1	1
1 – 2	1,5	1	2	3
2 – 3	2,5	1	3	6
3 – 4	3,5	3	6	-
4 – 5	4,5	10	-	-
5 – 6	5,5	14	17	-
6 – 7	6,5	3	3	3
K = 1,0		n = 33	a ₁ = 20,0	a ₂ = 3,0

$$S_1 = a_1 - B_1 = 20 - 12 = 8;$$

$$S_2 = a_1 + B_1 + 2a_2 + 2B_2 = 20 + 12 + 6 + 20 = 58;$$

$$\sum PX^2 = S_2 - \frac{S_1^2}{n} = 58 - \frac{8^2}{33} = 58 - 1,94 = 56,06;$$

$$M = C + \frac{K \cdot S_1}{n} = 4,5 + \frac{1,0 \cdot 8,0}{33} = 4,5 + 0,245 = 4,75 \text{ мм};$$

$$G = \pm K \cdot \sqrt{\frac{PX^2}{n - 1}} = \pm 1,0 \sqrt{\frac{56,06^2}{32}} = \pm 1,34 \text{ мм};$$

$$V\% = \frac{G \cdot 100}{M} = \frac{1,34 \cdot 100}{4,75} = 28\%;$$

$$P\% = \frac{U}{\sqrt{n}} = \frac{30}{\sqrt{33}} = 4,8\%;$$

$$m = \frac{G}{\sqrt{n}} = \pm \frac{1,34}{5,74} = \pm 0,2 \text{ мм}.$$

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
ДОЩУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ «ФРЕГАТ»**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: Кондратюк І.С.

Керівник: Волик Б.А

Дніпро 2021

Мета та завдання досліджень

2

Метою досліджень є розробка технологій, принципів схем і конструкцій мобільних засобів поливу при їх використанні в існуючих зрошувальних системах з широкозахватними дощувальними машинами.

Для досягнення мети вирішувалися такі завдання:

1. Аналіз існуючого стану зрошення.
2. Розробка принципів схем і технологій сумісного використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин.
3. Оптимізація енергетичних і конструктивних параметрів мобільних дощувальних машин.
4. Розробка принципової схеми та конструкції мобільної дощувальної машини і дослідження її агротехнічних показників.

Об'єктом дослідження є технологія і процес подачі та розподілу води у зрошувальних системах з мобільними дощувальними машинами.

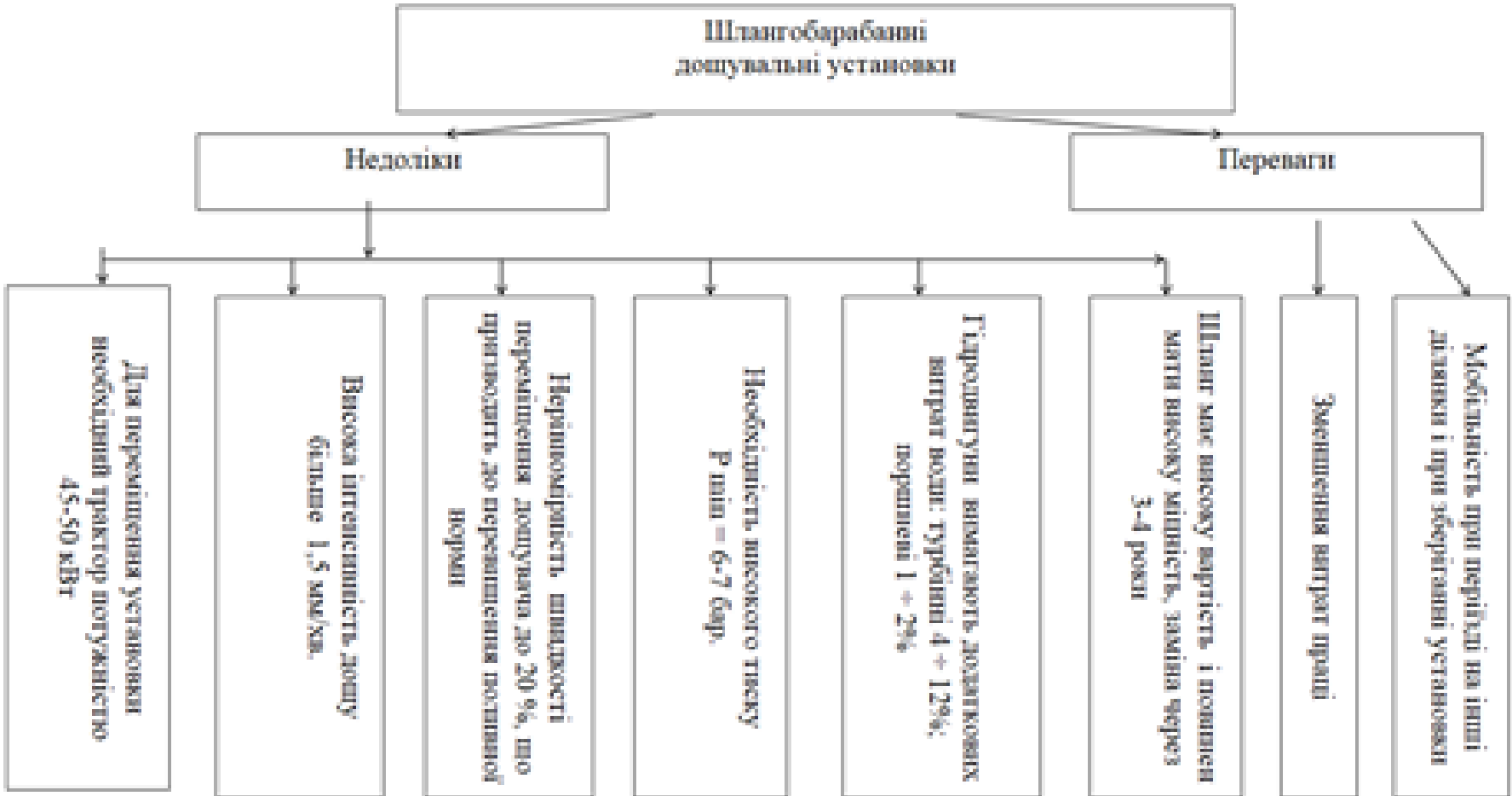
Предметом дослідження є принципові схеми розподілу води і параметри мобільних дощувальних машин.

Напрямки удосконалення систем поверхневого поливу і дощувальної техніки

3

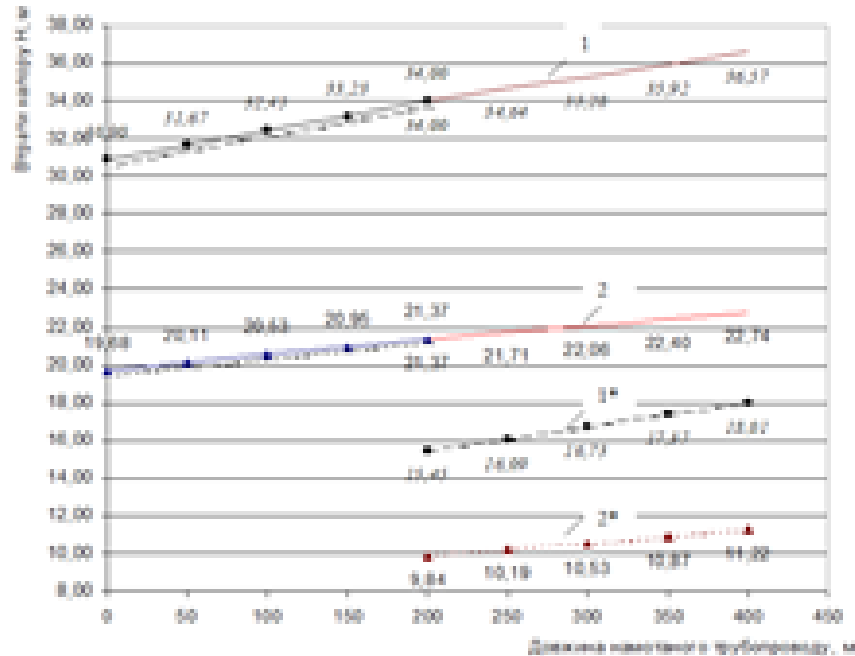


Схема основних недоліків та шлангобарабанних установок



Дослідження основних параметрів шлангобарабанних дощувальних машин

5



Графіки зміни робочого напору при роботі шлангобарабанної установки:

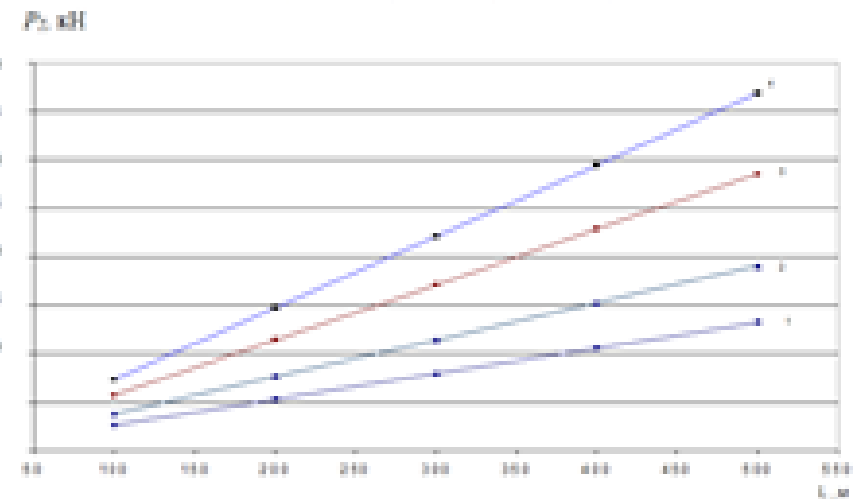
— за існуючою технологією поливу;

— за новою технологією поливу;

1, 1* – витрата 19 л/с; 2, 2* – витрата 14,8 л/с.

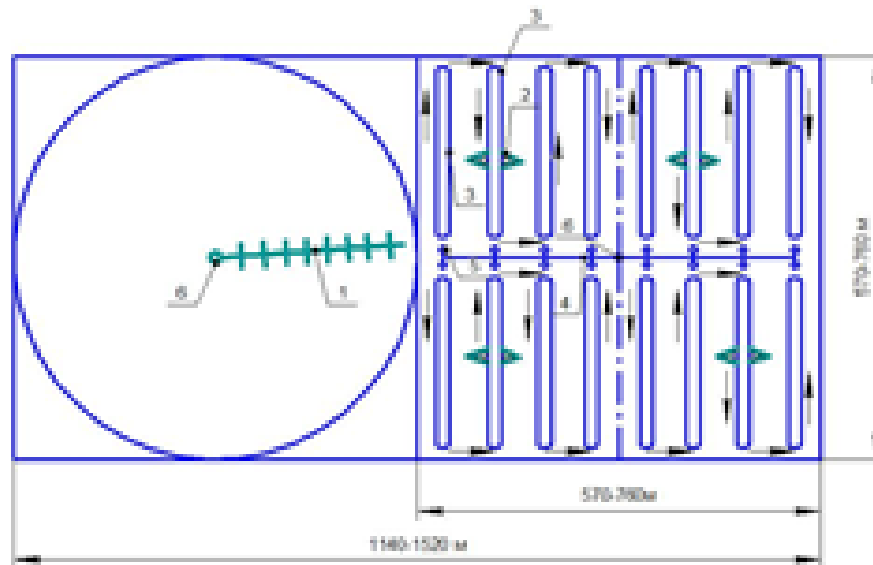
Залежність необхідного тягового зусилля для переміщення поліетиленового трубопроводу різних діаметрів з водою від його довжини:

1) 75 мм, 2) 90 мм, 3) 110 мм, 4) 125 мм.



Дослідження умов сумісного використання широкозахватних і мобільних дощувальних машин

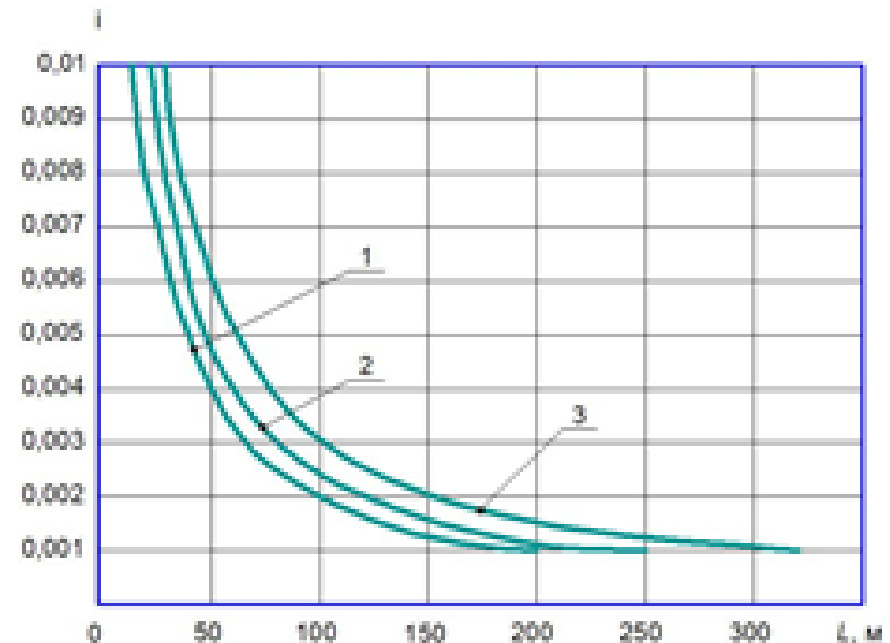
6



Принципова схема використання чотирьох мобільних дощувальних машин на зрошувальній мережі з ДМ "Фрегат":
 1 – ДМ "Фрегат"; 2 – мобільна дощувальна машина; 3 – тимчасовий канал – зрошувач;
 4 – допоміжний трубопровід; 5 – регулятор рівня; 6 – водовипуск; 6 – гідрант зрошувальної мережі.

Залежність довжини каналу L від нахилу i місцевості при мінімальній глибині каналу:

1) 0,32 м; 2) 0,25 м; 3) 0,2 м.



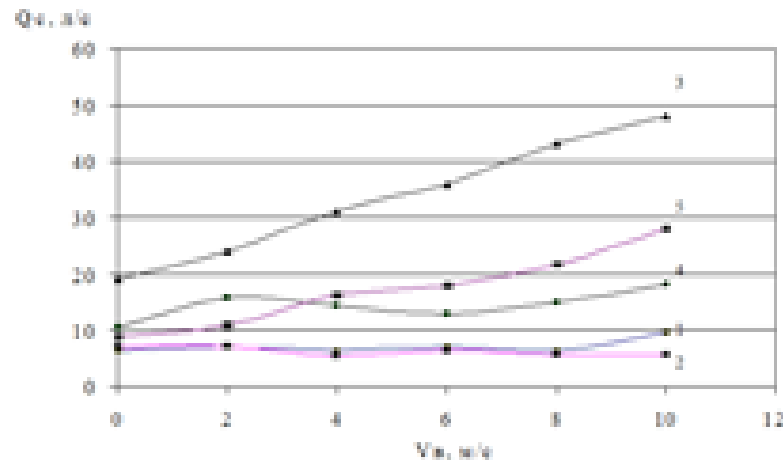
Дослідження основних параметрів шлангобарабанних дощувальних машин

7

Питомі витрати енергії для поливу одного гектара площі при заданій поливній нормі "л"

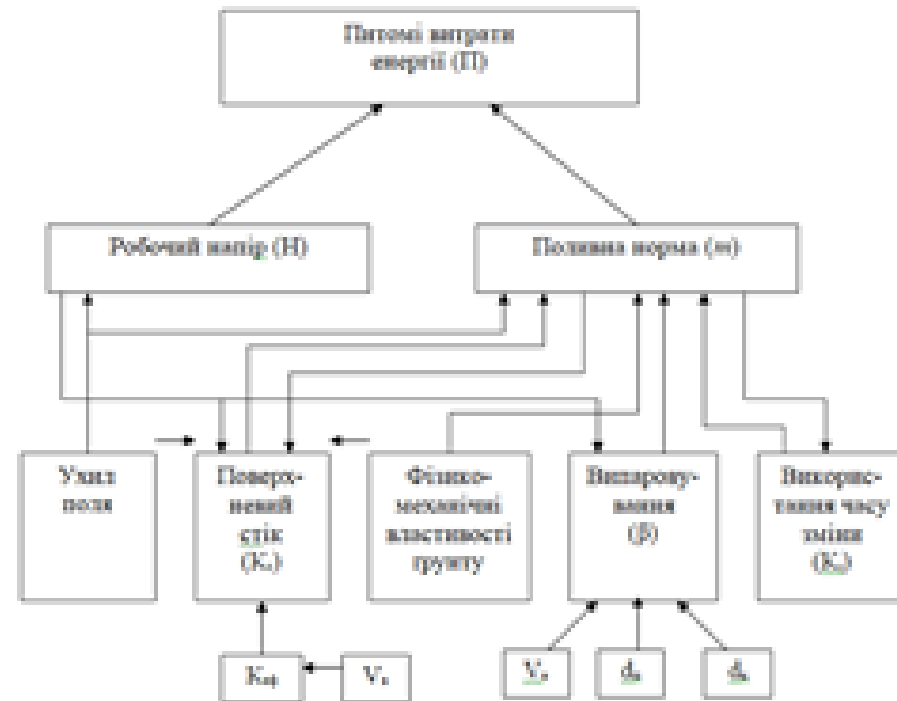
$$\Pi = \frac{H \cdot \gamma \cdot m \cdot \beta \cdot K_c}{367,2 K_{ef} \cdot 10^3}, \text{ кВт} \cdot \text{год/га},$$

де H – напір на вході дощувальної машини, м;
 $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води;
 m – поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$;
 β – коефіцієнт, який враховує витрати води на випаровування;
 K_c – коефіцієнт витрати води на стік;
 K_{ef} – коефіцієнт використання часу зміни.



Залежність втрат води на стік (Q_c) від швидкості вітру (V_b):

1 – "Фрегат" високонапірний; 2 – "Фрегат" низьконапірний;
 3 – "Дніпро"; 4 – ДА-100МА; 5 – "Кубань".

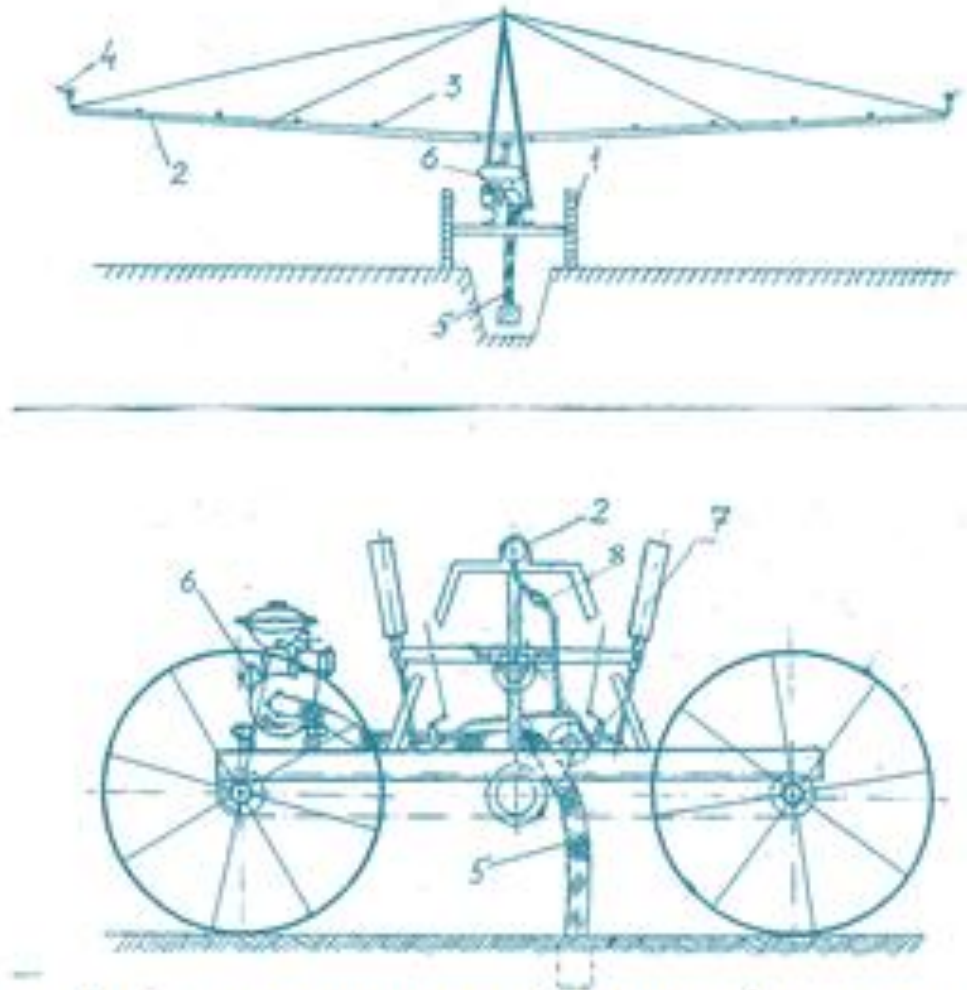


Структурна схема впливу різних факторів на енерговитрати при поливі дощуванням:

V_v – швидкість вітру; d_a – дефіцит вологості повітря; d_k – діаметр крапель;
 K_{ef} – коефіцієнт ефективного поливу.

Загальний вигляд дощувальної машини МДФ-15/60

8



- 1 - візок; 2 - трубопровід; 3 - короткоструминні насадки; 4 - середньоструминні насадки;
5 - фільтр; 6 - мотопомпа; 7 - реверсивний гідропривод; 8 - фітинг.

Дослідження рівномірності розподілу дощу при використанні мобільної дощувальної машини

9

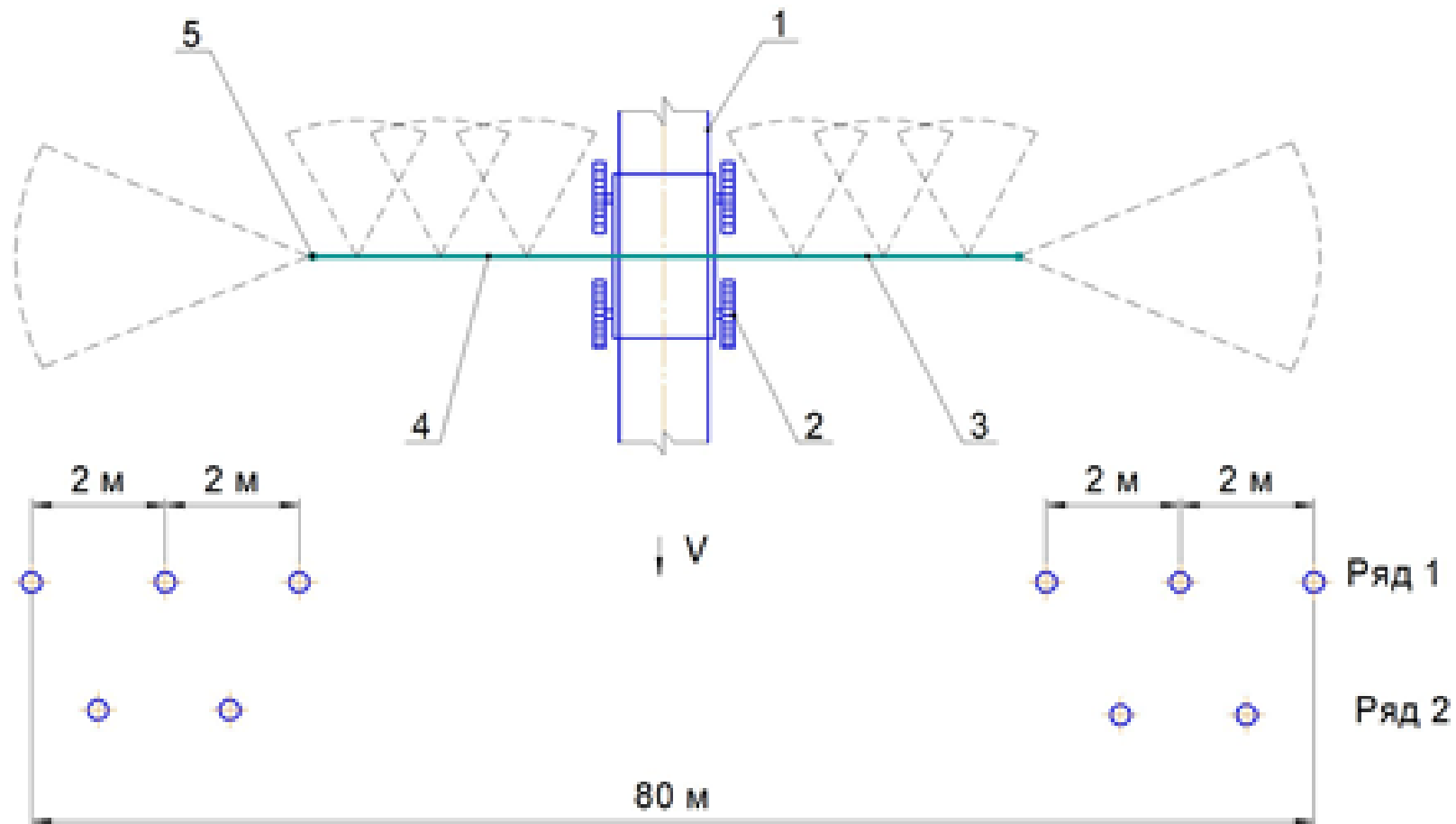
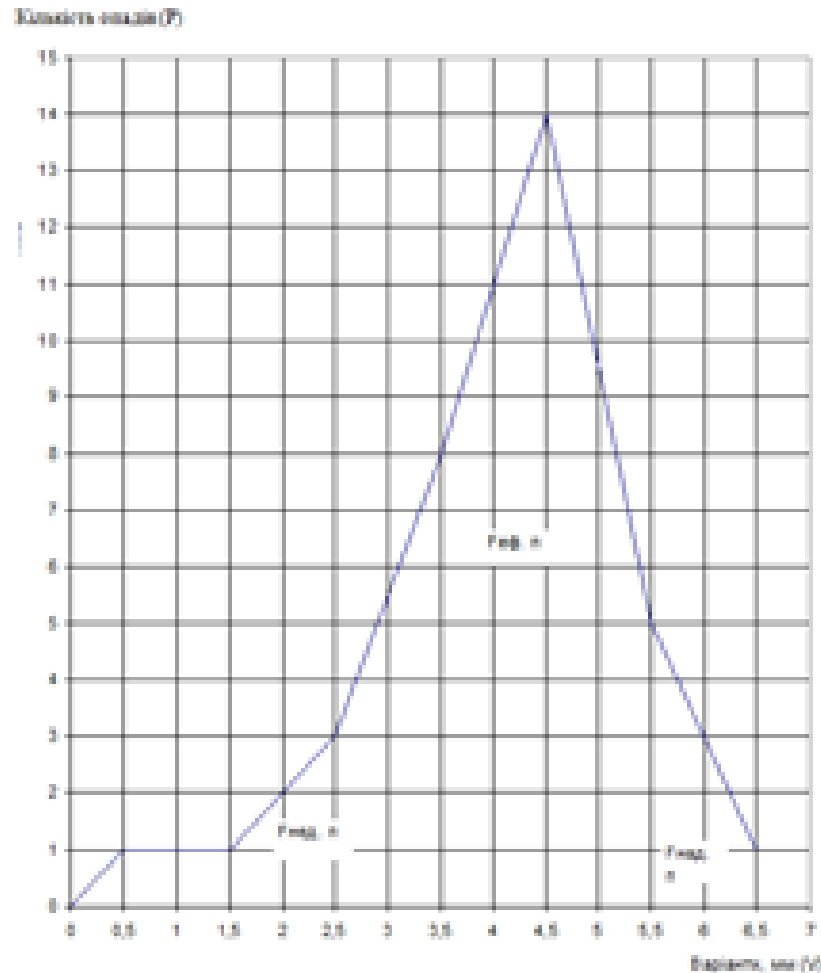


Схема проведення польових випробувань дощувальної машини:

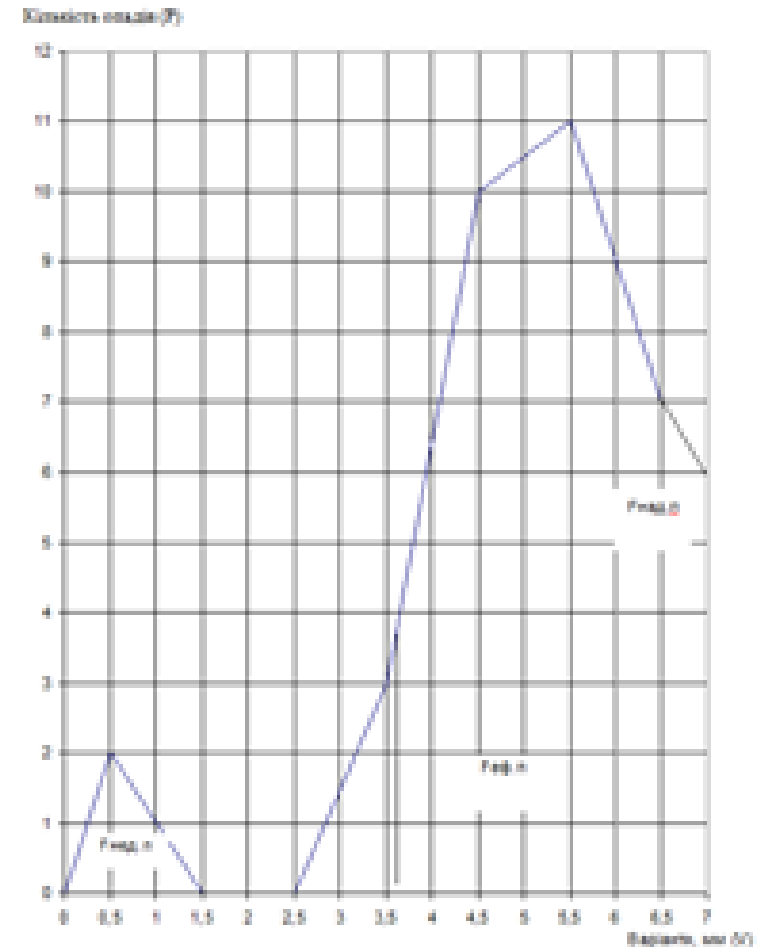
- 1 – тимчасовий канал; 2 – ходовий візок машини; 3 – водопровідний трубопровід;
 4 – короткоструминні насадки; 5 – середньоструминний дощувальний апарат; 6 – колектори.

Дослідження рівномірності розподілу дощу при використанні мобільної дощувальної машини

10



Графік розподілу шару опадів на площі захвату (дослід 1).



Графік розподілу шару опадів на площі захвату (дослід 2)

Дослідження рівномірності розподілу дощу при використанні мобільної дощувальної машини

11

Показники рівномірності дощу експериментальної дощувальної машини, визначені відповідно до ВНД 33-4.3-01.98

№ досліду	$K_{\text{вд}}$	$K_{\text{свд}}$	$K_{\text{с}}$	Напрямок і швидкість вітру, м/с
1.	0,64	0,19	0,17	2-4
2.	0,76	0,14	0,10	4
3.	0,75	0,11	0,14	2
середнє	0,716	0,146	0,136	3

Коефіцієнти рівномірності дощу експериментальної дощувальної машини, визначені відповідно до ISO 7749-2:2000

№ досліду	Ліва консоль	Права консоль	Загальний коефіцієнт
1	70	81	76
2	76	78	77
3	78	82	80
середнє	74,6	80,3	77,6

Порівняльні дані витрат палива різними мотопомпами

Тип мотопомпи	Витрата води, л/с	Напір води, м	Потужність двигуна, кВт	Питомі витрати палива, кг/кВт-год	Витрата палива кг/год
МП-800Б (Росія)					
двоциліндрова	13	60	14,7	0,6	8,8
одноциліндрова	10	40	8,0	0,56	4,5
WT-20 (Японія)	10	26	4,0	0,27	1,5
WT-30 (Японія)	21	30	5,9	0,3	1,8

Загальні висновки

12

1. Аналіз існуючого стану зрошення показав, що зменшення площ земельних угідь і збільшення кількості власників землі створило проблему технологічної цілісності існуючого типового модуля зрошення площею 800-1200 га з використанням широкозахватної дощувальної техніки. Ефективність використання зрошувальних систем значно зменшилась, недостатньо проведено досліджень, спрямованих на збереження і підвищення технічного рівня й ефективності існуючих зрошувальних систем, використання порад з широкозахватними машинами мобільних засобів зрошення.

2. При використанні транзитних гнучких поліетиленових трубопроводів на шлангобарабанних дощувальних машинах необхідно враховувати вартість трубопроводів і характеристики їх міцності. Визначено, що максимально допустима довжина трубопроводів із поліетилену низького тиску (тип С) складає 220-225 м, трубопроводів типу Т – 330-340 м.

3. Дослідження принципів схем і технологія сумісної роботи на існуючих зрошувальних системах з використанням широкозахватних машин "Фрегат", "Дніпро" і мобільних дощувальних машин визначили можливість використання допоміжних трубопроводів діаметром 75-160 мм.

5. Для зменшення втрат напору і енергоємності поливу шлангобарабанними машинами рекомендується застосування для подачі води транзитних трубопроводів типу С, які мають меншу вартість і більшу площу поперечного перерізу, в результаті чого діапазон допустимих витрат води складає 6,3-22,5 л/с для машин з далекострумним апаратом і 9,5-30 л/с – для двоконсольної машини з короткострумними насадками. При цьому, шлангобарабанна машина повинна мати принцип дії, при якому транзитний трубопровід не використовується як буксир.

6. Дослідження витрат води та енергії при поливі різними типами дощувальних машин показало, що при дефіциті вологості повітря до 15% і швидкості вітру до 4 м/с мобільні шлангобарабанні машини з далекострумним апаратом мають втрати води 4-5%, а з короткострумними насадками на двоконсольному трубопроводі – 2-4%, дощувальна машина "Дніпро" при цих умовах має 2,1-2,7%, ДДА-100МА – 5,6-8,3%, "Фрегат" високонапірний – 7,3-9,7%.

7. Економічний ефект від використання розробленої нами мобільної дощувальної машини на площі зрошення 20 га за рахунок зменшення експлуатаційних витрат на енергоносії і капітальних витрат на придбання дощувальної техніки складає 2360 грн. порівняно з використанням машини ДДА-100МА і 9040 грн. порівняно з використанням машини італійської фірми "Valdussi".