

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня “Магістр”
на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ ПЕРЕСУВНОГО КОМПЛЕКТУ
ЗРОШУВАННЯ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-20
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

_____ Недвига Роман Вікторович

Керівник _____ Пономаренко Наталія
Олександрівна

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

ТСГМ _____

(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

_____ Недвига Роман Вікторович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

керівник роботи _____ Пономаренко Наталія Олександрівна, 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) Аналіз існуючих технологій та засобів зрошення. Дослідження експлуатаційних характеристик мобільних дощувальних машин та їх робочих органів. Дослідження розроблених мобільних дощувальних машин Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 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 | Пономаренко Н.О | | |
| 2 | Пономаренко Н.О | | |
| 3 | Пономаренко Н.О | | |
| 4 | Пономаренко Н.О | | |
| 5 | Кравець В.В. | | |
| 6 | Вініченко І.І. | | |
| 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)

Недвиги Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пономаренко Н.О.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Підвищення ефективності поливу сільськогосподарських культур дощувальною машиною.

Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 62 найменувань. Основна частина роботи викладена на 82 сторінках машинописного тексту, містить 27 рисунків і 28 таблиць.

Метою роботи є розробка мобільної дощувальної машини і технологічних схем її використання на зрошувальних системах.

Для досягнення мети в роботі вирішено такі завдання:

- проведено аналіз існуючих технологій та засобів зрошення;
- досліджено експлуатаційні характеристики мобільної дощувальної машини та її робочих органів;
- визначено основні параметри зрошувальної мережі та мобільної дощувальної машини;
- визначено техніко-економічні показники мобільної дощувальної машини.

Ключові слова: полив, зрошування, дощувальна машина, технологія, параметри, конструкція.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 6 |
| 1. Аналіз існуючих технологій та засобів зрошення..... | 7 |
| 1.1. Аналіз розвитку технологій та засобів зрошення в світі..... | 7 |
| 1.2. Аналіз мобільних енергоджерел для дощувальних машин..... | 22 |
| 1.3. Висновки до розділу..... | 28 |
| 2. Дослідження експлуатаційних характеристик мобільних дощувальних машин та їх робочих органів..... | 29 |
| 2.1. Дослідження силових характеристик гідроприводу..... | 29 |
| 2.2. Дослідження робочих характеристик дощувальних насадок..... | 39 |
| 2.3. Агротехнічні показники дощувальних машин..... | 50 |
| 2.4. Висновки до розділу..... | 58 |
| 3. Дослідження розроблених мобільних дощувальних машин..... | 59 |
| 3.1. Конструкція розроблених дощувальних машин..... | 59 |
| 3.2. Дослідження рівномірності розподілу дощу розроблених дощувальних машин..... | 63 |
| 3.3. Висновки до розділу..... | 67 |
| 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях..... | 68 |
| 4.1. Організація охорони праці в господарстві | 68 |
| 4.2. Стан охорони праці в ТОВ «Зоря»..... | 71 |
| 4.3. Заходи з поліпшення вимог охорони праці на ТОВ «Зоря»..... | 76 |
| 5. Економічна ефективність впровадження дощувальних машин..... | 79 |
| Загальні висновки..... | 85 |
| Список використаної літератури..... | 87 |

Вступ

Реформи в сільському господарстві змінили категорію землекористувачів і призвели до збільшення їхньої кількості та зменшення площі сільськогосподарських угідь, яку обслуговує землекористувач. В Україні понад 80 тис. землекористувачів, яким належить близько 2 млн га зрошуваних земель, середня площа на одного землекористувача становить 26,9 га. Існуючі насосні станції на зрошувальних системах можуть забезпечити подачу води для зрошення сільськогосподарських культур на площу 1,5 млн га. Але необхідна кількість дощувальних машин, яка б забезпечила зрошення 1,5 млн га, в Україні відсутня. На поточний період потреба в дощувальних машинах різних типів становить 20 тис. одиниць, а в наявності в робочому стані – близько 4 тис. одиниць. В Україні відсутнє виробництво вітчизняної дощувальної техніки, а зарубіжні зразки мають значну вартість. За кордоном більшість засобів зрошення розроблено із застосуванням дизельних та дизель-електричних агрегатів, які мають значну вартість і вимагають витрат палива при експлуатації.

Експлуатація різних типів зрошувальної техніки на існуючих зрошувальних системах в Україні показує, що при вирощуванні сільськогосподарських культур важливе значення для ефективного її використання мають енерговитрати на зрошення та витрати на паливно-мастильні матеріали. Тому необхідно з урахуванням конкретних умов господарювання здійснювати вибір зрошувальної техніки, яка повинна мати широкий діапазон модифікацій для конкретних ділянок поля і сільськогосподарських культур.

Таким чином, важливим і актуальним є розроблення вітчизняних мобільних засобів зрошення (мобільних дощувальних машин та їх робочих органів) та зрошувального обладнання для подачі і розподілення води для невеликих господарств, які вирощують переважно овочеві і плодоягідні культури і можуть використовувати воду, що подають існуючі зрошувальні системи.

1. Аналіз існуючих технологій та засобів зрошення

1.1. Аналіз розвитку технологій та засобів зрошення в світі

Зрошення – найважливіший фактор інтенсифікації землеробства, який визначає рівень та стійкість сільськогосподарського виробництва. Зрошувальні площі займають в світі 267 млн га. Їх використання дає високий економічний ефект і забезпечує стійкість сільськогосподарського виробництва, лише при умові дотримання трьох основних вимог: високого рівня розвитку техніки, досконалих технологій її застосування та високої якості управління. Найбільш прогресивні засоби і технології зрошення в світі розроблено в США, а також в розвинутих державах Європи (Німеччина, Франція, Італія). В США, займаючи 18% площі сільгоспугідь, зрошувальні землі дають до 40% продукції сільського господарства. Водночас коливання об'ємів виробництва зернових при зрошенні в багаторічному розрізі не перевищує 5%. Ці показники обґрунтовані тим, що до 50% площі зрошуваних земель обслуговується сучасними дощувальними системами [60].

Площа зрошуваних земель Франції за останні десятиріччя постійно збільшувалася і до 2012 року перевищила 2,0 млн га, що складає 12% площі ріллі. Зрошувані землі має кожна сьома ферма, або 14% всіх господарств Франції. Щорічно на зрошення використовується 30% загального об'єму водоспоживання по країні. У відповідності з політикою Європейського Союзу в області сільського господарства в 1999 р. у Франції був прийнятий Сільськогосподарський закон, який поставив нові задачі перед фермерами по використанню земель. Також закон встановлює обов'язки фермерів по застосуванню обґрунтованої, помірної іригаційної практики [9]. В Україні на сучасному етапі розвитку меліорації в умовах дефіциту енергії і води та підвищення їхньої вартості важливе значення має впровадження енергозберігаючих технологій та засобів поливу. Особливо актуальні ці питання сьогодні, коли проходить розподіл земель, а площі зрошення в

багатьох господарствах не перевищують 10-15 га [39]. Ефективне використання земельних ресурсів повинно проводитися шляхом упровадження нових водо- та ґрунтозберігаючих технологій зрошення, адаптованості гідромеліоративних систем до ландшафтів [46]. До таких систем, в повній мірі, можна віднести мобільні зрошувальні системи – в яких всі елементи зрошувальної мережі (водозабірна споруда, насосна станція, зрошувальна мережа, поливна техніка) переміщують в процесі поливу безперервно з ділянки на ділянку або працюють позиційно протягом поливного періоду. Такі системи дозволяють використовувати водозберігаючі технології зрошення. Мобільні зрошувальні системи дозволяють проводити індивідуальні оптимальні планування поливів, що підвищує врожайність зрошуваних культур в середньому від 12 до 14%, забезпечує економію від 8 до 12% зрошувальної води і відповідних витрат енергії та праці; зменшується негативний вплив зрошення на гідрогеолого-меліоративні умови і родючість ґрунтів на зрошувальних та суміжних з ними землях [55].

В аридних зонах з древніми традиціями зрошуваного землеробства країн Близького Сходу, Індії найбільш розповсюдженим способом поливу є поверхневий полив. В СРСР поверхневий полив застосовували на 60% зрошуваних площ, розміщених головним чином в зоні сухого степу та напівпустель. В Середній Азії, Казахстані, Азербайджані поверхневим способом поливали практично всю зрошувану площу [44].

Незважаючи на ряд недоліків, поверхневий полив, як самий простий, знайшов широке розповсюдження. При удосконаленні систем поверхневого поливу значна увага приділялася автоматизації затворів на поливних трубопроводах. При поливі по борознам оптимальним підбором їхньої довжини, витрати поливних струменів можливе покращення рівномірності розподілення води, зменшення кінцевого скиду та втрати на фільтрацію. Також покращити якість поливу і більш економно витратити воду, можливо при застосуванні дискретної водоподачі в борозни. Старанне планування полів з використанням лазерних приладів є одним із основних напрямів удосконалення

техніки поверхневого поливу. Незадовільним прикладом застосування поверхневого поливу є Узбекистан, де капітальне планування полів не проводилося вже більше 10 років, висота пагорбів досягла 20-30 см та більше проти нормальних 3-10 см, що призводить до нерівномірного зволоження ґрунту та збільшення втрат води при поливах по борознам та полосам (ККД техніки поливу від 0,59 до 0,70). В результаті на зволоження кореневого шару ґрунту використовувалося від 30 до 35% об'єму води, забраного з джерела зрошення. Водночас ефективність зрошення складає 0,05-0,08 дол. США на $1,0 \text{ м}^3$, напроти 0,5-0,55 дол. США на $1,0 \text{ м}^3$ в передових по водозберіганню країнах світу [16].

Широкому розповсюдженню зрошувальних систем з дощувальною технікою сприяв ряд об'єктивних причин. Перш за все це механізація процесу поливу та підвищення продуктивності праці. Крім цього, будівництво зрошувальних систем з дощувальною технікою було економічно вигідне, оскільки не вимагало високої якості підготовки поверхні поля для поливу.

У розвитку дощувальної техніки доцільно виділити два основні напрямки:

- створення широкозахватних багатоопорних автоматизованих дощувальних машин та рухомих колісних трубопроводів для зрошення чистою водою і підготовленими тваринними стоками;

- створення далекоструминних дощувальних агрегатів безперервного зрошення в русі з використанням в технологічному циклі плоскозгорнутих шлангів і гнучких трубопроводів із полімерних матеріалів для водоживлення.

Серед дощувальних машин найбільшого розповсюдження отримали багатоопорні широкозахватні дощувальні машини кругової дії. По даним 1981 року тільки в США приблизно 30 фірм випускають машини цього типу. В таких машинах перевагу віддають електроприводу, який дозволяє автоматизувати та програмувати процес поливу. Також на закордонних машинах кругової дії застосовують колеса на гумових шинах, які підвищують прохідність та перешкоджають виникненню глибокої колії. Але для машин

такого типу властивий недолік – наявність незрошуваних кутів. При вирішенні проблеми по ліквідації “незрошуваних кутів” було розроблено багатоопорну дощувальну машину фронтальної дії, яка поливає до 98% площі поля, але поступається машинам кругової дії з точки зору автоматизації процесу поливу. Вони більш вимогливі до рельєфу поля, особливо моделі які забирають воду з відкритого каналу [24].

В таблиці 1.1 наведені техніко-економічні показники зарубіжних дощувальних машин кругової і фронтальної дії. Як бачимо з цієї таблиці найбільш економічна по енерговитратам машина “Valley”, яка працює по колу. Питома вартість для цієї машини складає 4545 грн/га.

Таблиця 1.1.

**Техніко-економічні показники
дощувальних машин зарубіжного виробництва**

| № | Тип машини | Витрата Q , м ³ /с | На-пір H , м | Продуктивність Π при $m = 30$ мм, га/год | Довжина L , м | Площа S , га | Питома вартість машини або установки, грн/га | Питома витрати енергії при $m = 30$ мм | | Питома вартість енергоджерел*, грн/га |
|---|---|---------------------------------|----------------|---|-----------------|----------------|---|---|--------------|--|
| | | | | | | | | електроенергії кВт·год/га | палива кг/га | |
| 1 | “Valley”, рух по колу | 0,064 | 21 | 0,77 | 401 | 100 | 4545 | 17,2 | 2,4 | 13,6 |
| 2 | “Towable pivot”, рух по колу | 0,064 | 21 | 0,77 | 401 | 100 | 5050 | 30,0 | - | 9,0 |
| 3 | “Valley Rainger” фронтальна, забір з каналу | 0,108 | 25 | 1,3 | 689,2 | 120 | 8417 | - | 15,2 | 53,2 |
| 4 | “Zimmatic Move” фронтальна, забір з каналу | 0,171 | 29 | 2,0 | 804 | 132 | 9564 | - | 11,7 | 41,0 |
| 5 | “Linear II” фронтальна, забір із гідранта | 0,164 | 20 | 1,8 | 792 | 130 | 5827 | 17,8 | 2,1 | 12,7 |

*Вартість дизельного палива: 1 кг – 3,5 грн;

*Вартість електроенергії: 1 кВт·год – 0,30 грн; норма поливу: $m = 30$ мм.

Американськими вченими було проведено порівняння різних способів поливу по витратам на зрошення (табл. 1.2), яке показало, що найменші витрати мають широкозахватні дощувальні машини з забором води з центральної мережі 2201 дол./га, а найбільші – сезонно-стаціонарні дощувальні системи – 4100,7 дол./га [58].

Таблиця 1.2.

Витрати на зрошення різними способами поливу

| Види витрат, дол./га | Багатоопорні дощувальні машини | | Швидко розбірні переносні дощувальні установки | Сезонно-стаціонарні дощувальні системи | Полив по борознах | Краплинне зрошення |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|--|--|-------------------|--------------------|
| | Забір води із свердловини | Забір води із центральної водопровідної мережі | | | | |
| Водоподача, мм | 726 | 726 | 914 | 914 | 1219 | 914 |
| Капіталовкладення | 1670 | 1114 | 1259 | 2680 | 1235 | 1976 |
| Експлуатаційні витрати, в тому 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 |
| Всього експлуатаційні витрати | 134,6 | 184,2 | 3000,9 | 215,6 | 241,0 | 223,1 |
| Всього витрат | 2764,8 | 2201,0 | 2636,5 | 4100,7 | 2821,2 | 3394,7 |

Також, при застосуванні багатоопорних широкозахватних дощувальних машин забезпечується до 60% зменшення втрат поливної води у порівнянні з поверхневим поливом [59].

Слід відмітити, що прийнятий в агротехнічних вимогах на дощувальну техніку коефіцієнт ефективного поливу K_{ef} для машин які працюють в русі складає 0,7-0,8, а для машин позиційної дії його величина складає 0,5-0,6 [21].

Застосування деякої широкозахватної дощувальної техніки вимагає значних витрат енергії і води на полив, що робить енергоємними і металоємними зрошувальні системи при їх використанні. Тому починаючи з 1984 року в США почали переобладнання високонапірних дощувальних машин на низьконапірні. Завдяки цьому енерговитрати на полив зменшилися від 35 до 40% [61].

В нашій країні питання енергозбереження при зрошенні набули актуальності, починаючи з 1986 року. В цей період розроблено нові модифікації низьконапірних дощувальних машин “Фрегат”, які забезпечують економію енергії на 27% [13]. Також в цей період починається впровадження нових типів низьконапірних дощувальних машин “Кубань-Л”, “Кубань-ЛК”, які мають високу рівномірність та якість дощу.

Підвищення надійності гідротехнічних споруд і функціонування зрошувальної мережі вивчалися в роботах Науменка І.І. [26], Гуріна В.А. [12]. По даним цих досліджень авторами розроблено методи і засоби зниження втрат води і енергії при експлуатації взаємозв’язаного комплексу “зрошувальна мережа – насосна станція”.

У роботі Гриня Ю.І. [8] шляхи енергозбереження на зрошувальних системах передбачають організаційні, технологічні, технічні та енергетичні напрями.

З цих напрямів перспективними для невеликих господарств є перехід на нові технології і режими поливу, створення нових систем зрошення та низькоенергоємних дощувальних машин нового покоління. Такі системи і машини повинні бути низьконапірними, забезпечувати якісне проведення поливу за рахунок оптимізації алгоритму водоподачі та поєднання поливу з одночасною подачею води, поживних речовин, речовин для боротьби з хворобами, бур'янами та хіммеліорантів для структуризації ґрунту.

У роботі Нікуліна С.М. [27] відмічається необхідність розробки нових мобільних засобів поливу для малих ділянок з високою якістю розподілення дощу і високим ККД систем при низьких енергетичних втратах.

Технічні вимоги до створення нових дощувальних машин на заміну застарілих агрегатів ДДН-70, ДДН-100 і ДДА-100МА включають такі положення:

- ККД зрошувальної системи не повинен бути нижче 0,82;
- коефіцієнт земельного використання – 0,96;
- питомі витрати енергії на 1 га зрошувальної площі (при нормі 300 м³/га) – 55-60 кВт·год.

Крім цього, нова машина повинна покривати 60-70% площі контурів, що займають зрошувальні системи з агрегатами ДДА і ДДН, а також працювати як від закритої так і відкритої мережі. На основі аналізу розвитку дощувальної техніки Нікулін С.М. робить висновок, що технічний прогрес в зрошенні йде по шляху переходу від дизельного приводу насосних станцій до електричного. До найважливіших експлуатаційних показників зрошувальної системи, які залежать від конструкції машини, відносяться: витрата енергії на полив 1 га, коефіцієнт розподілення дощу і витрата води, що керується одним оператором. Величина останнього характеризує можливість автоматизації систем і підвищення терміну збереження машин в виробництві (табл. 1.3). Також в цій роботі відмічається, що перспективним для створення оптимальних параметрів дощувальних агрегатів є уніфікація визначеного набору модулів, з яких підбираються машини, що відповідають конкретним умовам зони, сівозмінного поля, ділянки. Прикладом внутрішньо групової уніфікації дощувальної техніки можуть бути дощувальні машини (ДМ) “Фрегат”, на базі яких створено біля 50 модифікацій (по витратам води, по довжині, по застосуванню на похилій місцевості). Аналіз технічних та експлуатаційних показників дощувальних машин, які наведені в таблиці 1.3, показує, що найменшу витрату енергії при нормі поливу 300 м³/га має дощувальний агрегат ДДА-100МА – 48,2 кВт·год/га, а найбільшу - високонапірна машина “Фрегат” – 181,2 кВт·год/га. Найкращі техніко-економічні показники мають дощувальні машини “Кубань-ЛК” та “Кубань-Л” в яких коефіцієнт розподілення дощу дорівнює 0,82; коефіцієнт корисної дії відповідно 0,98 та 0,92.

Техніко-економічні показники дощувальної техніки

| Показники | КІ-50 | ДДН-70 | ДДА-100МА | “Волжанка” | “Дніпро” | “Фрегат” | “Кубань-ЛК” | “Кубань” |
|--|-------|--------|-----------|------------|----------|-----------|-------------|------------|
| 1. Витрата води яка керується одним оператором, л/с | 35-40 | 70 | 120 | 96 | 120 | 280 - 360 | 480 - 560 | 800 - 1200 |
| 2. Коефіцієнт ефективності (рівномірності) розподілу дощу | 0,6 | 0,65 | 0,76 | 0,63 | 0,53 | 0,70 | 0,82 | 0,82 |
| 3. Витрата енергії при нормі поливу 300 м ³ /га, кВт·год/га | 132,1 | 59,3 | 48,2 | 151,8 | 168,2 | 181,2 | 71,4 | 62,0 |
| 4. ККД системи | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,92 |

Поливна техніка, як відомо, займає кінцеву частину в ланцюзі: водозабір – транспортування – розподілення води на зрошувальних полях. Тому ефективність зрошення, разом з другими факторами, визначається наявністю, технічним станом і агротехнічним рівнем поливної техніки.

В період активного розвитку зрошення (60-70 роки) було прийнято не зовсім вірне рішення про конструювання метало- і енергоємної дощувальної техніки з використанням кольорових металів.

Аналіз проведений в Росії інститутом РосНДППМ показує, що дощувальні машини “Фрегат”, “Дніпро”, “Кубань” по металоємкості на гектар обслуговуваної площі і на об'єм (1 л/с) водоподачі перевищують такі машини, як “Волжанка”, ДДН-70, ДДА-100МА (табл. 1.4).

**Аналіз металоємкості, економічних і
енергетичних показників дощувальних машин**

| Показники | Високонапірна ДМУ “Фрегат” | Дніпро | Кубань | Волжанка | ДДН-70 | ДДА-100МА |
|--|-------------------------------|--------|--------|----------|--------|-----------|
| Технічні характеристики | | | | | | |
| Матеріалоємність, т | 39,6 | 40,4 | 47,8 | 26,7 | 6,6 | 10,1 |
| Матеріалоємність, т на 1 га | 0,56 | 0,45 | 0,43 | 0,33 | 0,11 | 0,13 |
| Матеріалоємність, т на 1 л/с | 0,44 | 0,34 | 0,25 | 0,42 | 0,1 | 0,08 |
| Економічна оцінка | | | | | | |
| Вартість обладнання, тис.грн. | 2773,0 | 3308,5 | 1200 | 2358,0 | 798,0 | 890,0 |
| Вартість віднесена на 1 га, тис.грн. | 39,6 | 36,8 | 10,9 | 29,5 | 13,3 | 11,1 |
| Вартість віднесена на 1 л/с, тис.грн. | 30,8 | 27,6 | 6,48 | 36,8 | 12,3 | 6,8 |
| Енергетична оцінка | | | | | | |
| Витрати, кВт-год | | | | | | |
| Всього | 88,1 | 82,6 | 125 | 55,1 | 68,0 | 66,0 |
| В тому числі: | | | | | | |
| на 1га | 1,26 | 0,9 | 1,14 | 0,68 | 1,13 | 0,8 |
| на 1м ³ води | 0,98 | 0,68 | 0,67 | 0,86 | 1,05 | 0,51 |

Наприклад, для організації поливу за допомогою ДМ “Фрегат” необхідно 39 т металу, ДМ “Дніпро” – 40 т, ДМ “Кубань” – 48 т, причому значна частина металоємкості цих машин, крім ДМ “Кубань”, приходиться на закриті трубопроводи. Із вартості обладнання для ДМ “Фрегат” близько 65% приходиться на трубопровід без вартості робіт на його монтування.

Достатньо енергоємними дощувальними машинами є високонапірна ДМ “Фрегат” і “Кубань”, оскільки в цих машинах значна частина енергії використовується для транспортування транзитної води по зрошуваному полю. Конструкцією ДМ “Дніпро”, крім цього, передбачено використання двох енергетичних установок – насосної станції для подачі та формування дощової хмари і трактору з генератором для переміщення машини по зрошуваній

ділянці. Така схема знижує ККД енергоустановок і збільшує енергоспоживання [57]. Таким чином, аналіз таблиці 1.4 дозволяє сформулювати наступні недоліки поливної техніки яка застосовується:

- велика метало- та матеріалоемність дощувальних машин (ДМ);
- майже всі ДМ важко монтуються і демонтуються, тому вони постійно залишаються в полі. Цей факт, поряд з використанням при їхньому виготовленні кольорових металів, різко знижує їхнє зберігання;
- висока енергоемність і використання для роботи ДМ закритої (в ґрунті) напірної мережі;
- необхідність залучення для експлуатації, монтажу і демонтажу ДМ висококваліфікованих спеціалістів або спеціалізованих підприємств.

Реформування економіки, яке призвело до знищення сільськогосподарських підприємств, різке підвищення цін на техніку і енергоресурси негативно відобразилося на стані існуючої дощувальної техніки. Так, наприклад, якщо в Ростовській області в 2000 році, забезпеченість ДМ приблизилась до нормативної і дорівнювала 3929 одиниць, то в 2012 р. їхня загальна кількість зменшилася до 1063 одиниць. Зниження кількості дощувальної техніки йде по всіх регіонах де вона використовується. Вирішити це питання можливо за рахунок реконструкції існуючого парку дощувальної техніки, шляхом капітального ремонту машин з вичерпаним строком служби для подовження терміну їхньої експлуатації на 5 – 8 років з одночасною модернізацією машин. А також необхідно налагодити виробничий комплекс дощувальних машин типу “Міні - Фрегат”, “Міні - Кубань”, “Агрос” та інші, призначених для застосування на реконструйованих зрошувальних системах, а також модифікації нових дощувальних машин і установок для зрошення малоконтурних ділянок [10].

При проектуванні нової дощувальної техніки основними вимогами є – низька інтенсивність дощу, зниження крупності краплі, рентабельність. Для фермерських господарств ведуться розробки спеціальних зрошувальних машин та обладнання. У ВНВО “Радуга” розроблено комплект обладнання для

зрошення площі до 10 га з розмірами ділянки 250 м x 400 м. Комплект включає насосну станцію СНП-25/60 А, зрошувальну мережу і колісний дощувач ДК- 25 [25].

В 2002 році в Росії розроблено нову дощувальну машину ДКДФ-1 “Ростовчанка”. Особливість цієї машини полягає в тому, що її водопровідні трубопроводи виконані із полімерного матеріалу і підтримуються вантовою підвіскою. Водозабір ДМ здійснює із відкритої зрошувальної мережі, витрата – 80 л/с [56].

При модернізації водопровідного поясу ДДА-100МА запропоновані дві схеми розміщення насадок, для поливу земель середньої і низької водопроникності. Водночас рівномірність розподілення дощу збільшується на 60%, покращується ріст рослин, знижується витрата води і палива відповідно на 23% і 20% [32]. Також проводиться модернізація водопровідного поясу інших дощувальних машин для підвищення їхньої ерозійної безпеки [6].

При виборі дощувальних машин необхідно порівнювати їхні поливні норми з допустимими поливними нормами для даних типів ґрунтів і рослинності. Щоб зменшити загрозу появи стоку на полях при роботі дощувальних машин поливи проводять зменшеними нормами і з відрегульованими розбризкувальними апаратами [17].

Подальший аналіз дощувальної техніки показує, що в зарубіжній практиці розроблені і широко застосовуються для поливу різних культур на невеликих малоконтурних ділянках і полях зі складною конфігурацією полосові шлангові дощувальні установки, які здійснюють полив в русі і позиційний полив в автоматизованому режимі. Всі ці установки базуються по принципу подачі води від гідрантів закритої зрошувальної мережі по довгомірним гнучким водоводам, в якості яких використовується або поліетиленові труби, або високонапірні шланги [30].

В різних країнах використовують полосові шлангові дощувальні установки з широким діапазоном витрат води – від 5 до 50 л/с для поливу ділянок площею від 5-10 га до 50-60 га. До таких установок відносяться

дощувальні марки “Sigma” (Чехія), ІДЛ (Болгарія), багаточисленні типи і модифікації полосових дощувачів фірм “Иррифранс” (Франція), “Bauer” (Австрія), “Ocmis Irrigazion” (Італія), “John Pett” (США) [40].

В таблиці 1.5 наведено техніко-економічні показники мобільних дощувальних машин зарубіжного виробництва. Аналіз таблиці показує, що найменшу питому вартість має дощувальна машина “Reinstar” – 3232 грн/га і водночас – найбільшу продуктивність 0,68 га/год. Найбільшу питому вартість має машина “Upton” – 8417 грн/га, водночас її продуктивність становить 0,37 га/год при $m = 30$ мм.

Таблиця 1.5.

Техніко-економічні показники мобільних дощувальних машин

| № | Тип машини | Витрата Q , м ³ /с | На-пір H , м | Продуктивність P при $m = 30$ мм, га/год | Довжина L , м | Площа S , га | Питома вартість машини або установки, грн/га | Питомі витрати енергії при $m = 30$ мм | | Питома вартість енерго джерел* грн/га |
|---|--|---------------------------------|----------------|---|-----------------|----------------|---|--|---------------|--|
| | | | | | | | | електроенергії кВт·год/га | палива, кг/га | |
| 1 | PSVH - 110 фронтальна, шлангобарабанна | 0,03 | 100 | 0,36 | 100 | 30 | 5050 | 81,6 | - | 24,5 |
| 2 | “Reinstar” фронтальна, шлангобарабанна | 0,05 7 | 100 | 0,68 | 100 | 50 | 3232 | 82,1 | - | 24,6 |
| 3 | “Upton” фронтальна, гнучкий шланг | 0,03 1 | 21 | 0,37 | 80 | 30 | 8417 | 17,2 | 13,5 | 52,4 |
| 4 | “Upton Irrigation” фронтальна забір з каналу | 0,05 6 | 60 | 0,67 | 110 | 50 | 5656 | - | 11,3 | 39,6 |

*Вартість дизельного палива: 1 кг – 3,5 грн;

*Вартість електроенергії: 1 кВт·год – 0,30 грн; норма поливу: $m = 30$ мм.

В СРСР було розроблено шлангові дощувальні установки ДШ-10, ДШ-30, ДДС-30, Агрос-32, Агрос-75, які не знайшли широкого застосування в практиці зрошувального землеробства.

Загальною конструктивною особливістю полосових дощувачів є наявність шасі (одновісне або двовісне), на якому монтується барабан для намотування шлангу.

По способу і характеру приводу робочого і транспортного руху шасі всі моделі полосових шлангових дощувачів можна розділити на дві основні групи:

- шлангові дощувачі першого типу;
- шлангові дощувачі другого типу [36].

У шлангових дощувачах першого типу двоколісне шасі не має приводу робочого руху і в процесі поливу воно стоїть постійно біля гідранту закритої зрошувальної мережі. Дощувальний апарат (далекоструминний або середньоструминний) встановлюється на окремому штативі з колісними опорами або на полозках. Стояк дощувального апарату підключається до вільного кінця шлангу і штатив разом з дощувальним апаратом в процесі поливу автоматично переміщується за рахунок намотки шлангу на барабан. Робочий привід барабану частіше всього гідравлічний (гідроциліндр поршневий, гідротурбіна) з системою механічних передач, інколи від двигуна внутрішнього згорання або електроприводу.

Шлангові дощувачі другого типу з гнучким поліетиленовим трубопроводом відрізняються тим, що трьох- або чотирьохколісне шасі має привод робочого руху і в процесі поливу самостійно рухається по зрошувальній полосі за рахунок енергії потоку зрошуваної води. На рамі шасі змонтовано барабан для намотування шлангу, тягову лебідку з тросом, гідропривід та дощувальний апарат. Гнучкий шланг вільним кінцем підключається до гідранту закритої мережі і в процесі поливу змотується з барабану і прокладається по зрошувальній полосі. Барабан може бути розміщений, як в вертикальній площі, наприклад в BAUER, так і в горизонтальній – у дощувачів фірми “Angus Irrigation” (США).

Останнім часом з'явилися моделі полосових шлангових дощувачів, в яких на заміну одного далекоструминного дощувального апарату встановлюється два-три середньоструминні апарати або дощовий пояс у вигляді простої двоконсольної ферми, в тому числі багатосекційної, з короткоструминними дощувальними насадками. Такі ферми встановлюються або на штативах полозків дощувачів стаціонарного типу, або – на шасі моделей дощувачів самохідного або напівсамохідного типу. Це забезпечує зниження тиску води, покращення структури дощу, більшу стійкість до вітрового впливу, високу рівномірність розподілення шару дощу по зрошуваній полосі [53].

В Росії для поливу невеликих по площі ділянок (до 1 га) розроблена шлангова дощувальна установка (ДУ) “Кооператор” з забором води із водопроводу або відкритої мережі за допомогою електропобутових насосів. Установка включає опорну раму та два крила з пакетами короткоструминних дефлекторних насадок.

Полив за допомогою ДУ “Кооператор” проходить позиційно при обертанні крил, які приводяться в рух реактивною силою струменя від вертикальних насадок, встановлених під кутом 45-90° до осей крила. Після видачі поливної норми ДУ переміщують на другу позицію, підтягуючи за шланг, або переносячи вручну. Установка забезпечує рівномірний полив дрібнокраплинним дощуванням. Напір води на її вході не перевищує 100 кПа. Упровадження запропонованої установки дозволить забезпечити акціонерні товариства, фермерські та селянські господарства екологічно безпечною та енергозберігаючою технологією поливу овочевих культур [43].

Перевагами зарубіжної техніки є висока ступінь автоматизації, можливість багатофункціонального використання, широкий діапазон модифікацій, наявність комп'ютерних засобів управління і контролю. Вітчизняна техніка, яка серійно випускається по показникам якості технологічного процесу, трудоемкості, енергоемності, матеріалоемності експлуатаційної надійності, оснащенням технічними засобами контролю і управління поступається зарубіжній.

Водночас середня вартість зарубіжних зразків на 30-50% вище, ніж вітчизняні аналоги; в процесі експлуатації виникають проблеми з придбанням запасних частин; приходиться додатково оплачувати інформаційно-консультаційну службу і сервісне обслуговування.

Також, як вітчизняні, так і закордонні шлангові дощувальні установки мають основні недоліки до яких можна віднести:

- необхідність трактора для їх переміщення з позиції на позицію;
- необхідність забезпечення високого тиску води на вході;
- низька якість створюваного штучного дощу; велика залежність рівномірності розподілення води від швидкості вітру;
- водопровідний шланг повинен мати високу міцність і зносостійкість, висока вартість шлангу (до 30% від вартості самої машини).

Але незважаючи на недоліки, досвід країн де використовують шлангобарабанні установки показує, що вони мають менші капіталовкладення у порівнянні з системами мікрозрошення і тому успішно з ними конкурують при зрошенні овочевих та плодоягідних культур [62].

Для стабілізації і розвитку існуючого парку зрошення, підвищення технічного рівня і науково-технічних розробок до світових стандартів необхідно при реконструкції і будівництві зрошувальних систем при виборі типу дощувальної техніки при інших рівних умовах надавати перевагу вітчизняним машинам, а закордонні використовувати тільки при відсутності вітчизняних аналогів [31].

Таким чином, при створенні та удосконаленні шлангових дощувальних – установок необхідно відмітити основні напрямки:

- підвищення рівня використання земельних ресурсів;
- зниження втрат напору в шлангу;
- підвищення ККД і спрощення конструкції приводу;
- покращення якісних характеристик дощу;
- заміна металевих конструкцій новими матеріалами для зниження матеріало- і енергоємності;

- підвищення терміну служби дощувачів;
- удосконалення конструкцій опорних візків і розбризкуючих пристроїв з метою використання установок на великих ухилах;
- зміна характеру праці оператора за рахунок впровадження мікропроцесорної техніки і повної автоматизації поливу.

1.2. Аналіз мобільних енергоджерел для дощувальних машин

Останнім часом в Україні почали впроваджувати закордонну дощувальну техніку різних типів, яка має широкий діапазон витрат води та тиску. У зв'язку з цим виникла необхідність провести аналіз витратних характеристик насосних станцій, які можуть бути використані для подачі води до мобільних дощувальних машин і установок.

Найбільш розповсюдженим для подачі води до дощувальних машин та установок з сезонною площею зрошення до 30 га, є використання мотопомп і пересувних насосних станцій. Перевагами їхнього використання перед стаціонарними насосними станціями є мобільність, завдяки чому можливо їх використовувати на різних зрошуваних ділянках, а в зимовий період зберігати в закритому приміщенні. Також вони мають власний двигун внутрішнього згорання в якому можна контролювати кількість обертів: методом зміни кількості обертів робочого колеса насоса можна змінювати витратні характеристики мотопомпи.

Оскільки режим роботи мотопомпи впливає як на надійність її обладнання, так і на енергоємність подачі води, то встановлення залежності між типом дощувальної техніки та насосно-силовим обладнанням є головним питанням при підборі мотопомп [5].

Сьогодні в Україні при зрошенні широко використовують мотопомпи, як закордонного, так і вітчизняного виробництва. Мотопомпи закордонного виробництва представлено японською фірмою HONDA та італійськими фірмами IVECO та LAMBORDINI (табл. 1.6). У мотопомп фірми HONDA

залежно від модифікації витрата води становить від 2,2 до 18,3 л/с, водночас робочий тиск змінюється в межах 36 – 28 м. Витрата води мотопомпи типу CS-M100DS фірми IVECO змінюється від 20 до 66,7 л/с, водночас робочий тиск зменшується від 71 до 59 м (рис. 1.1).

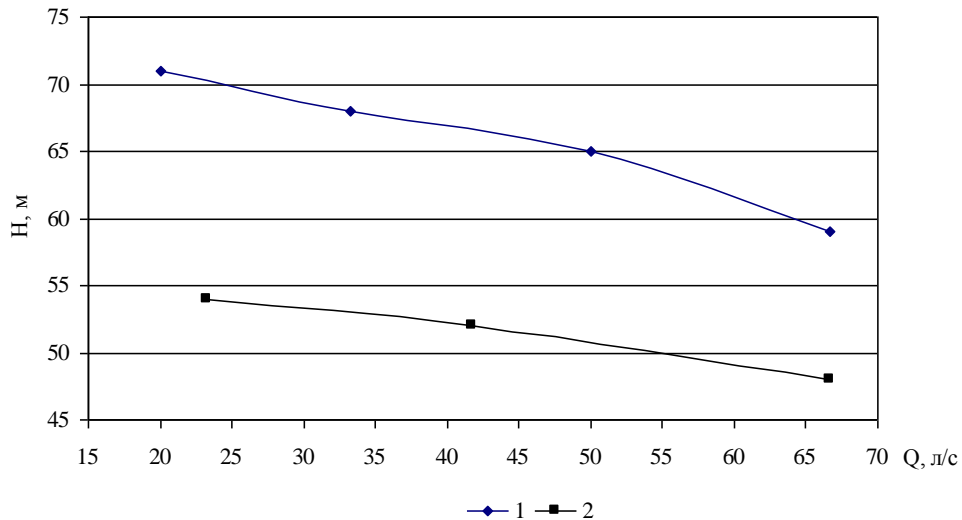


Рис. 1.1. Витратна характеристика мотопомп фірми IVECO:
1 – CS-M100DS; 2 – CS-M12531 CCS.

Потужність двигуна знаходиться в межах від 49 до 68 к.с., водночас витрата пального становить 8,5-11,8 л/год. Таку мотопомпу можна використовувати для подачі води до шлангобарабанної дощувальної установки, обладнаної далекоструминним дощувальним апаратом, витрата якої становить 20-25 л/с, а робочий тиск не вище 0,7 МПа.

Якщо шлангобарабанна установка обладнана консоллю з короткоструминними дощувальними насадками і має витрату 25-30 л/с, а робочий тиск не вище 0,5 МПа вона може комплектуватися мотопомпою типу CS-M12531 CCS фірми IVECO.

Мотопомпи фірми LAMBORDINI можна використовувати для подачі води до дощувальних машин робочий тиск яких не перевищує 0,4 МПа, а витрата знаходиться в межах 10-15 л/с (рис. 1.2), водночас витрата пального в середньому складає 2,2 л/год (табл. 1.6).

Технічні характеристики мотопомп закордонного виробництва

| Тип мотопомп | Витрата води, л/с | Напір води, м | Потужність двигуна, к.с. (кВт) | Витрата пального, л/год | Умовний об'єм поданої води, м ³ /л |
|--------------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------|---|
| HONDA WX 10 (Японія) | 2,2 | 36 | 1,5 (1,1) | 0,65 | 12,2 |
| HONDA WX 15 (Японія) | 4,0 | 40 | 2,5 (1,8) | 1,2 | 12 |
| HONDA WX 20 (Японія) | 10,0 | 32 | 4,0 (2,9) | 1,5 | 24 |
| HONDA WX 30 (Японія) | 18,3 | 28 | 5,5 (4,0) | 2,0 | 33 |
| IVECO CS-M100DS (Італія) | 20,0 | 71 | 49 | 8,5 | 8,4 |
| | 33,3 | 68 | 56 | 9,7 | 12,3 |
| | 50,0 | 65 | 65 | 11,2 | 16,0 |
| | 66,7 | 59 | 68 | 11,8 | 20,3 |
| IVECO CS-M12531CCS (Італія) | 23,3 | 54 | 36 | 6,2 | 13,5 |
| | 41,7 | 52 | 48 | 8,3 | 18,1 |
| | 66,7 | 48 | 56 | 9,7 | 24,7 |
| | 111,1 | 22 | 63 | 10,9 | 36,7 |
| LOMBARDINI 25LD 330-2 (Італія) | 2,7 | 52 | 7,2 | 1,4 | 6,9 |
| | 5,8 | 49 | 9,3 | 1,8 | 11,6 |
| | 11,7 | 41,5 | 12 | 2,3 | 18,3 |
| | 16,7 | 26 | 14 | 2,7 | 22,2 |
| LOMBARDINI 9LD 626-2 (Італія) | 8,3 | 43 | 9,2 | 1,7 | 17,5 |
| | 15,0 | 41 | 12 | 2,2 | 24,5 |
| | 23,3 | 32 | 15 | 2,8 | 29,9 |
| | 30,0 | 23 | 16,8 | 3,1 | 34,8 |
| BAUER BMS-100 (Австрія) | 30-35 | 40 | (33) | 4,55 | 23,7 |

Мотопомпи вітчизняного виробництва представлено, в основному, пересувними насосними станціями різних модифікацій, а також мотопомпою МП-800Б, яку комплектують одноциліндровим або двоциліндровим двигуном (табл. 1.7).

Технічні характеристики мотопомп вітчизняного виробництва

| Тип мотопомп | Витрата води, л/с | Напір води, м | Потужність двигуна, к.с. (кВт) | Витрата пального, л/год | Умовний об'єм поданої води, м ³ /л |
|---------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------|---|
| МП-800Б одноциліндрова | 10 | 40 | (8,0) | 4,5 | 8 |
| двоциліндрова | 13 | 60 | (14,7) | 8,8 | 5,3 |
| СНП-25/60А | 25-43 | 72-45 | 40 (29,4) | 4,6 | 19,5 |
| СНП-50/40А | 50-60 | 45-42 | 54 | 5,1 | 35,3 |
| СНП-50/80 | 50-120 | 45-30 | 90 | 8,1 | 22,2 |

Насосна станція СНП-25/60А складається з відцентрового насоса 4К-6, який з'єднано через муфту зчеплення та редуктор з дизельним двигуном Д-37М потужністю 40 к.с. змонтованих на рамі полозкового типу. Всмоктувальний трубопровід насоса представлено гнучким трубопроводом діаметром 125 мм та довжиною 8 м. Насосна станція СНП-25/60А може бути застосована для подачі води до дощувальних машин та установок з витратою не більше 43 л/с та робочим тиском при цій витраті не більше 45 м (рис. 1.3).

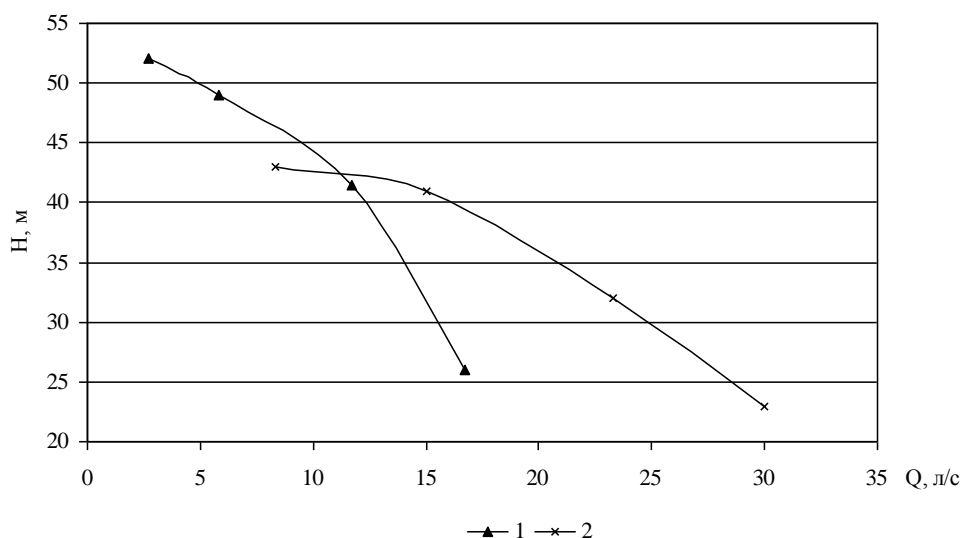


Рис. 1.2. Витратна характеристика мотопомп фірми LOMBARDINI:
1 – 25LD 3302; 2 – 9LD 6262.

Насосна станція СНП-50/40А складається з двигуна Д-54А потужністю 54 к.с. та насоса 6НДВ-60 змонтованих на загальній рамі-полозках. Всмоктувальний трубопровід насоса – прорезинений шланг діаметром 200 мм та довжиною 8 м. Насосну станцію СНП-50/40А можна застосовувати для подачі води до дощувальних машин та установок з витратою не більше 60 л/с та робочим тиском при цій витраті не більше 42 м (рис. 1.3). Насосна станція СНП-50/80 складається з дизельного двигуна А-41Б потужністю 90 к.с. та відцентрового насоса 8М-9 змонтованих на одновісному причепі. При витраті 50 л/с робочий тиск СНП-50/80 складає 70 м (рис. 1.3) [35].

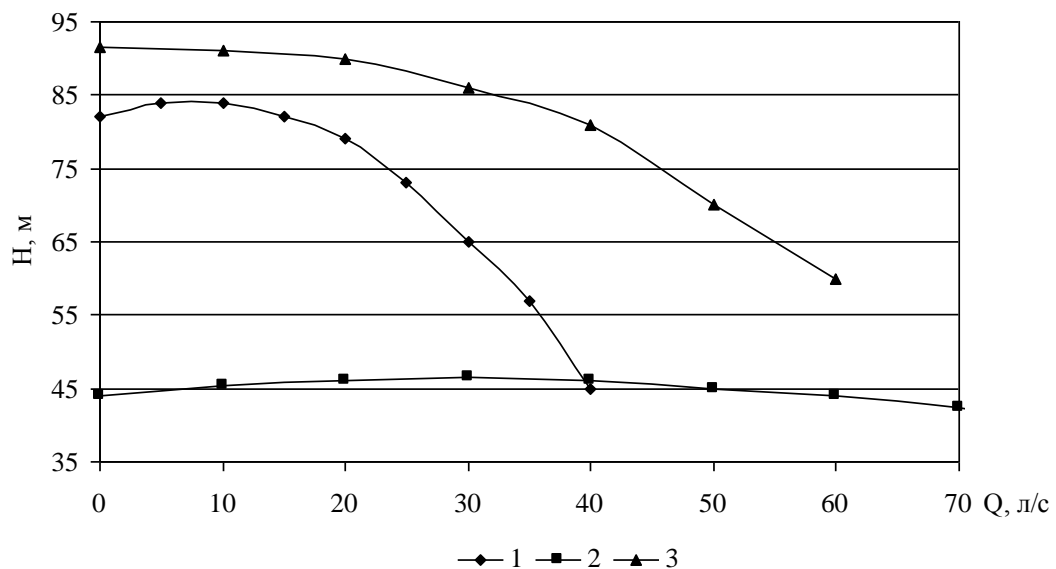


Рис. 1.3. Витратна характеристика мотопомп вітчизняного виробництва:
1 – СНП-25/60А; 2 – СНП-50/40А; 3 – СНП-50/80.

При робочому тиску 40 м та витраті води 10 л/с, мотопомпа МП-800Б з одноциліндровим двигуном потужністю 8 кВт, має витрату пального 4,5 л/год, а з двоциліндровим двигуном потужністю 14,7 кВт при витраті 13 л/с та робочому тиску 60 м витрата пального складає 8,8 л/год.

Експлуатація різних типів зрошувальної техніки на існуючих зрошувальних систем в Україні показує, що при вирощуванні сільськогосподарських культур важливе значення для ефективного її

використання мають енерговитрати на зрошення та витрати на паливно-мастильні матеріали. Тому необхідно з урахуванням конкретних умов господарювання здійснювати вибір зрошувальної техніки, яка повинна мати широкий діапазон модифікацій для конкретних ділянок поля і сільськогосподарських культур.

Для визначення найбільш економічної мотопомпи необхідно визначити такі параметри: витрату води (л/с), робочий напір (м), питому витрату пального (л/год). Від напору води залежить потужність мотопомпи і відповідно витрата пального. Крім цього, високий тиск вимагає використання товстостінних поліетиленових трубопроводів або міцних гнучких рукавів, які мають велику вартість.

Сучасна широкозахватна дощувальна техніка працює при робочому напорі 30-35 м, водночас напір на насосній станції становить 40-60 м. Тому, враховуючи ці величини напору приймаємо, що напір на виході мотопомпи має бути в межах 40-60 м.

Визначення витрати мотопомпи необхідно проводити з урахуванням сезонної площі зрошення та продуктивності дощувальної машини.

Витрата води пересувної дощувальної установки, сезонна площа зрошення якої, в середньому, становить 30 га при максимальному гідромодулі 1 л/(с·га) повинна бути не менше 30 л/с.

Умовний об'єм води q поданий мотопомпою при витраті 1 л пального визначено за формулою:

$$q = \frac{3,6 \cdot Q}{P}, \text{ м}^3/\text{л}, \quad (1.1)$$

де Q – витрата води, яка подається мотопомпою, л/с;

P – витрата пального за 1 годину роботи мотопомпи.

Результати розрахунків q наведено в таблицях 1.6 та 1.7. Як бачимо з таблиць, найбільший поданий умовний об'єм на 1 л пального мають мотопомпи з більшою потужністю, тому їх доцільно використовувати при подачі води до двох-трьох дощувальних машин або до однієї установки зі збільшеною витратою води.

1.3. Висновки до розділу

1. Аналіз дощувальної техніки показує, що в зарубіжній практиці для поливу різних культур на невеликих ділянках і полях зі складною конфігурацією широко застосовують полосові шлангові та розбірні переносні дощувальні установки.

2. Зрошувальні меліорації в Україні показали ефективність вирощування сільськогосподарських культур в умовах недостатньої вологозабезпеченості і можливість підвищення виробничих та економічних показників і загальної стабільності землеробства за рахунок поливних земель. Але починаючи з 2000 року, внаслідок економічної кризи, площі зрошувальних земель скорочуються, а ефективність експлуатації роботоспроможних меліоративних систем не відповідає сучасним вимогам до енерговитрат і екологічної безпеки.

3. Проведено аналіз основних напірно-витратних характеристик мобільних енергоджерел, які можуть бути використані для подачі води до технічних засобів зрошення малоконтурних ділянок з мінімальними витратами пального.

2. Дослідження експлуатаційних характеристик мобільних дощувальних машин та їх робочих органів

2.1. Дослідження силових характеристик гідроприводу

Загальною конструктивною особливістю мобільних дощувальних машин є використання поліетиленового трубопроводу для подачі води до дощувального апарата або короткоструминних насадок ферми. Також за допомогою цього трубопроводу і гідроприводу здійснюється переміщення, тобто підтягування, дощувального апарата або ферми. Найбільше зусилля необхідно на початку поливу, коли трубопровід розтягнуто на повну його довжину l . Водночас для переміщення трубопроводу з дощувальним апаратом або фермою необхідно подолати опір тертя маси трубопроводу з водою по ґрунту, який повинен бути меншим ніж опір поздовжньої деформації трубопроводу.

Опір тертя визначали за формулою:

$$R_m = m \cdot l \cdot \varphi, \quad (2.1)$$

де m – погона маса трубопроводу з водою, кг/ п. м;

l – довжина розмотаної частини трубопроводу, м;

φ – коефіцієнт тертя трубопроводу по ґрунту.

Поздовжню деформацію трубопроводу визначали за формулою [51]:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot F} \leq |\Delta l|, \quad (2.2)$$

де N – величина допустимого зусилля, кг;

E – модуль пружності $E = 2 \cdot 10^3$ кг/см²;

F – площа поперечного перерізу трубопроводу, см².

Зміна розмірів поліетиленового трубопроводу, який виконано із поліетилену низького тиску не повинна перевищувати 3% [54].

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

$$N = 0,03 \cdot E \cdot F, \quad (2.3)$$

Отже тягове зусилля, яке необхідне для переміщення поліетиленового трубопроводу має вираз:

$$T_{\text{тяг}} = m \cdot l \cdot \varphi \leq 0,03 \cdot E \cdot F, \quad (2.4)$$

В таблиці 2.1 наведено маси трубопроводів з водою різних діаметрів в залежності від їхньої довжини.

Таблиця 2.1

**Маса трубопроводів з водою різних діаметрів
в залежності від їхньої довжини**

| Діаметр трубопроводу, мм | Маса трубопроводу з водою, кг в залежності від довжини, м | | | | | |
|--------------------------------|---|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| 25 | 24,8 | 49,6 | 74,4 | 99,2 | 124 | 148,8 |
| 32 | 40,55 | 81,1 | 121,65 | 162,2 | 202,75 | 243,3 |
| 40 | 63,25 | 126,8 | 189,75 | 253 | 316,55 | 379,8 |
| 50 | 99 | 198 | 297 | 396 | 495 | 594 |

Коефіцієнт тертя може становити $\varphi = 0,4-0,66$, залежно від типу та вологості ґрунту [3]. Приймавши $\varphi = 0,6$ і провівши розрахунки одержимо залежність тягового зусилля гідроприводу, яке необхідно для переміщення трубопроводів з різним діаметром і довжиною (рис. 2.1).

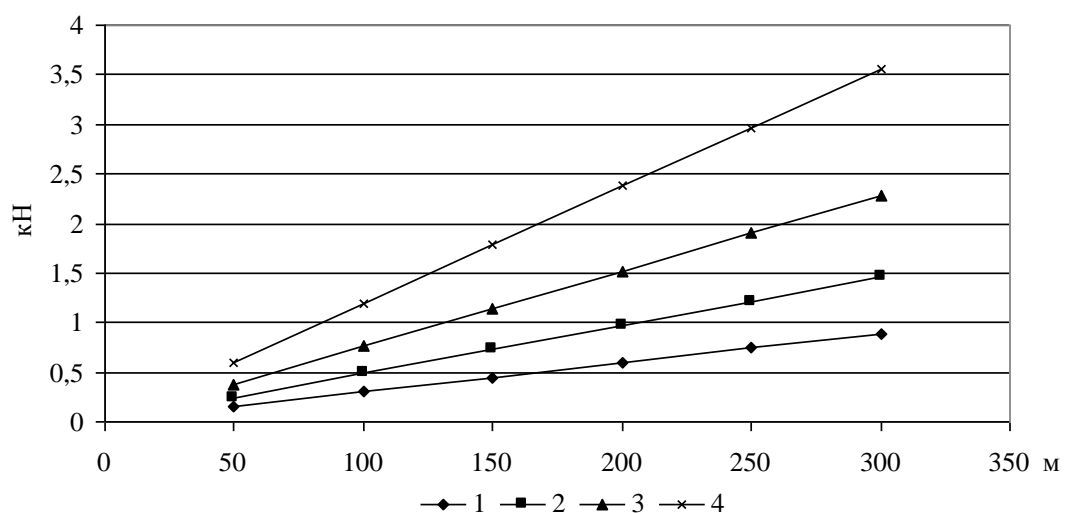


Рис. 2.1. Залежність тягового зусилля яке необхідно для переміщення трубопроводів з різним діаметром і довжиною:

1 – діаметр 25 мм; 2 – діаметр 32 мм; 3 – діаметр 40 мм; 4 – діаметр 50 мм.

Як бачимо з рис. 2.1 для переміщення трубопроводів діаметром 32 та 40 мм і довжиною 200 м тягове зусилля має бути відповідно 0,973 та 1,52 кН.

Нами розроблено системи гідроприводу двох типів, які призначені для переміщення дощувального апарату по полю при зрошенні малокоонтурних ділянок і приводу барабана установок. Перший тип гідроприводу має силовий орган мембранну камеру. В конструкції використана камера гальмівна 180 [20]. Другий тип гідроприводу – коли силовий орган гідроциліндр діаметром 122 мм. Робоча рідина – зрошувальна вода.

Гідропривід мембранного типу складається з мембранної камери 1 (рис. 2.2) зі штоком 2, шарнірно-з'єднаного з двоплечим важелем 3 з рухомим упором 4 і храпового колеса 5, встановленого на валу відбору потужності 6 за допомогою шпонкового з'єднання. Разом на валу 6 встановлено двоплечий важіль, який повільно обертається на ньому. Зчеплення двоплечого важеля з храповим колесом здійснюється рухомим упором 4 при робочому ході привода. Для запобігання зворотного ходу храпового колеса передбачено стопор 7.

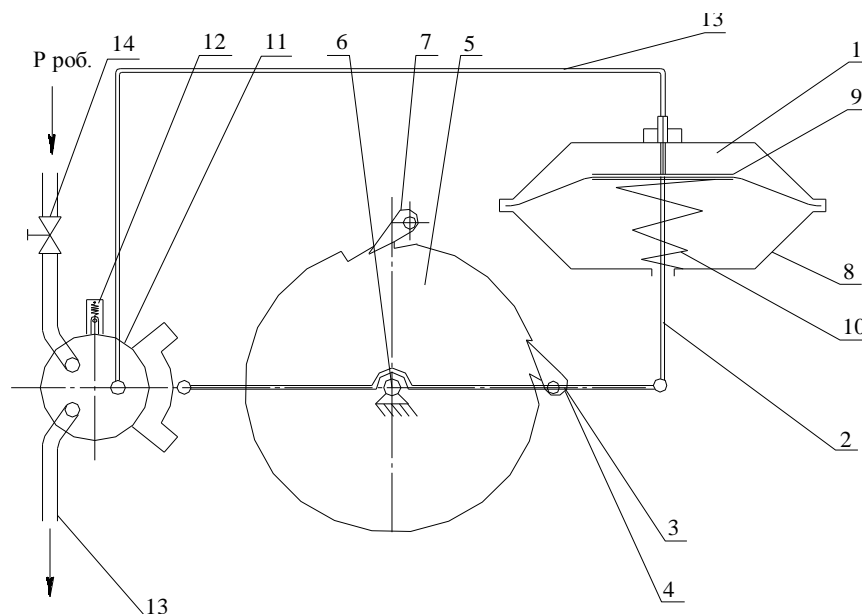


Рис. 2.2. Кінематична і гідравлічна схема гідроприводу мембранного типу:

1 – мембранна камера; 2 – шток; 3 – двоплечий важіль; 4 – рухомий упор; 5 – храпове колесо; 6 – вал відбору потужності; 7 – гальмо; 8 – корпус; 9 – мембрана; 10 – пружина робоча; 11 – клапан-розподільник; 12 – механізм переключення; 13 – трубопроводи; 14 – кран-регулятор.

Мембранна камера складається з корпусу 8, мембрани 9 з таріллю і закріпленого до неї штоку 2. На таріль мембрани діє пружина зворотного ходу 10.

Переключення режимів робочого і холостого ходу здійснюється клапаном-розподільником 11 з механізмом переключення 12. Гідравлічне з'єднання клапана-розподільника з гідроциліндром, подача і злив води здійснюється за допомогою трубопроводів 13.

Швидкість обертання вала відбору потужності регулюється краном-регулятором 14.

Гідропривід працює таким чином. При робочому ході вода під напором через кран-регулятор швидкості 14 (рис. 2.2) і клапан-розподільник 11 подається в робочу порожнину мембранної камери 1. Мембрана разом зі штоком починають рухатись, водночас стискаючи пружину 10. Шарнірно з'єднаний зі штоком двоплечий важіль 3 разом з рухомим упором 4 обертаються навколо валу 6 і храпового колеса 5. Водночас рухомий упор 4 під дією пружини входить в зчеплення з храповим колесом 5 і воно починає обертатись разом з валом 6. Зчеплення від штоку передається важелем на храпове колесо і створює крутний момент на валу відбору потужності.

Водночас інше плече важеля 3 діє на кулісу механізму переключення 12 і зводить його пружину. По проходженні точки переключення пружина повертає клапан-розподільник, який зупиняє подачу води в робочу порожнину мембранної камери і з'єднує її з атмосферою. Під дією пружини 10 вода буде зливатися.

Під час холостого ходу вал відбору потужності блокується від зворотного повертання гальмом 7, а рухомий упор 4 разом з важелем повільно переміщується навколо храпового колеса, не входячи в зачеплення.

Під кінець холостого ходу механізм переключення знову переводить клапан-розподільник в положення робочого ходу і робочий цикл починається знову.

Гідропривід поршневого типу складається з гідроциліндра 1 (рис. 2.3) з порожнистим штоком 2, двоплечого важеля 3 з рухомим упором 4 і храпового

колеса 5, встановленого на валу відбору потужності за допомогою шпонкового з'єднання. Разом з храповим колесом на валу встановлено двоплечий важіль, який повільно обертається на ньому. Зчеплення двоплечого важеля з храповим колесом здійснюється рухомим упором 4 при робочому ході гідроциліндра.

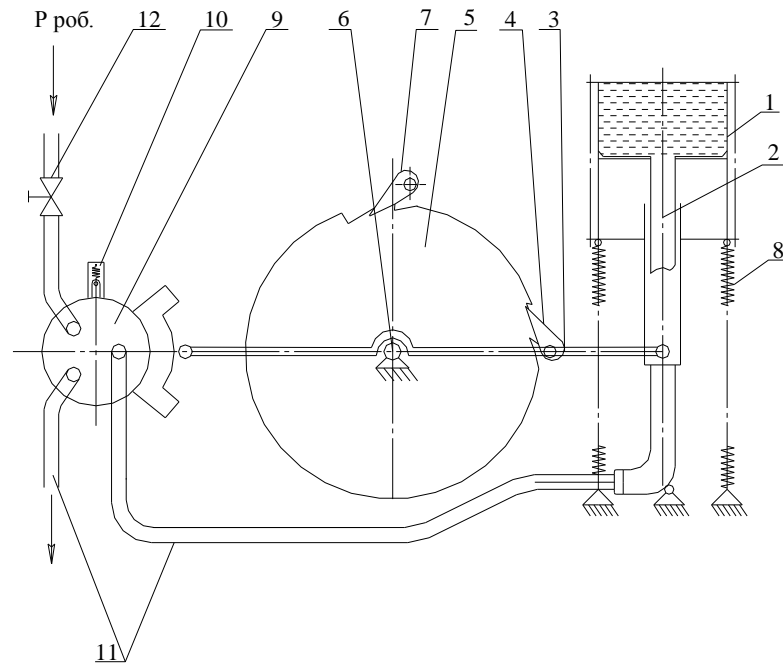


Рис. 2.3. Кінематична і гідравлічна схема гідроприводу поршневого типу:

1 – гідроциліндр; 2 – порожнистий шток; 3 – двоплечий важіль; 4 – рухомий упор; 5 – храпове колесо; 6 – вал відбору потужності; 7 – гальмо; 8 – пружини; 9 – клапан-розподільник; 10 – механізм переключення; 11 – трубопроводи; 12 – кран-регулятор.

Для запобігання зворотного обертання храпового колеса при холостому ході гідроциліндра передбачено гальмо 7. Зворотній (холостий) хід гідроциліндра і злив води при цьому здійснюється за допомогою пружини 8.

Переключення режимів робочого і холостого ходу здійснюється клапаном-розподільником 9 з механізмом переключення 10. Гідравлічне з'єднання клапана-розподільника з гідроциліндром, подача і злив води здійснюється за допомогою трубопроводів 11.

Швидкість обертання вала відбору потужності регулюється краном-регулятором 12.

Гідроциліндр складається з емальованого циліндру 1, верхньої 2 і нижньої 3 кришок, порожнистого штоку 4 з поршнем 5 і манжетою 6. Поршень і манжета закріплюються на штоковій шайбою 7 з гайкою 8 (рис. 2.4).

Нижня кришка виконана з направляючою частиною і отворами 9 для шарнірного приєднання двоплечого важеля.

Порожнистий шток закріплено на рамі дощувальної машини за допомогою підп'ятника 10, в якому зроблено отвори для підвода робочої рідини і встановлено штуцер 11 для приєднання гнучкого шлангу 12. Робоча порожнина гідроциліндра знаходиться між верхньою кришкою і поршнем.

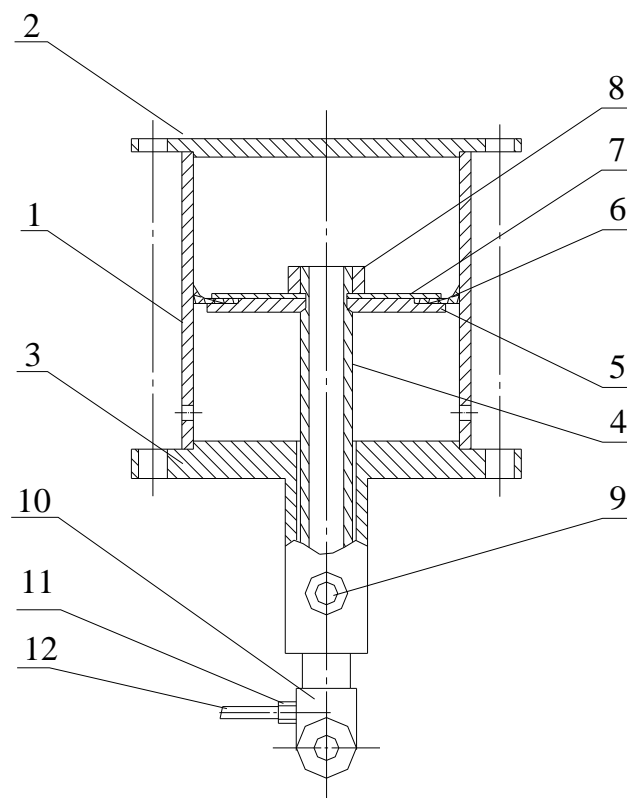


Рис. 2.4. Гідроциліндр:

1 – циліндр; 2 – кришка верхня; 3 – кришка нижня; 4 – порожнистий шток; 5 – поршень; 6 – манжета; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – отвір кріплення важеля; 10 – підп'ятник; 11 – штуцер; 12 – гнучкий шланг.

Нижня порожнина з'єднується з атмосферою двома дренажними отворами в циліндрі.

Швидкість обертання валу гідроприводу встановлюється краном-регулятором швидкості 12.

Гідропривід працює таким чином. Вода під напором через кран-регулятор швидкості 12 (рис. 2.3) та клапан-розподільник 9 по гнучкому шлангу подається через порожнистий шток 2 в робочу порожнину гідроциліндру 1 під дією тиску робочої рідини гідроциліндр починає рухатись до верху, повертаючи двоплечий важіль 3 навколо валу відбору потужності 6, водночас рухомий упор 4 входить в зачеплення з храповим колесом 5. Зусилля від гідроциліндру за допомогою двоплечого важеля і рухомого упору передається на храпове колесо 5 і, відповідно, вал відбору потужності 6.

Водночас інше плече важеля 3 діє на кулісу механізму переключення 10 і зводить його пружину. По проходженні точки переключення пружина проверне клапан-розподільник, який зупинить подачу води в робочу порожнину гідроциліндра і з'єднає її з атмосферою. Під дією пружини 8 гідроциліндр почне рухатись донизу, а вода з робочої порожнини через порожнистий шток, гнучкий шланг, клапан-розподільник і дренажний трубопровід буде зливатися.

Під час холостого ходу вал відбору потужності блокується від зворотного повертання гальмом 7, а рухомий упор 4 разом з важелем повільно переміщується навколо храпового колеса, не входячи в зачеплення.

Під кінець холостого ходу механізм переключення знову переведе клапан-розподільник в положення робочого ходу і робочий цикл почнеться знову.

При випробуваннях гідроприводів визначено крутний момент на валу відбору потужності, який утворюється при різних значеннях робочого тиску в мембранній камері та порожнині гідроциліндра.

Відповідно визначено тягове зусилля на барабані діаметром 800 мм для пересування поливного шлангу і полозків з дощувальним апаратом.

Результати випробування наведені в таблиці 2.2, відповідні залежності значень крутного моменту і тягового зусилля на барабані від робочого тиску наведені на рис. 2.5 та рис. 2.6.

**Значення крутного моменту $M_{кр.}$ на валу відбору потужності
і тягового зусилля $T_{тяг.}$ при робочому тиску $P_{роб.}$**

| Робочий тиск $P_{роб.}$, МПа | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 |
|--------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Гідропривід мембранного типу | | | | | | | |
| Крутний момент $M_{кр.}$, Н·м | 280 | 315 | 365 | 405 | 450 | 510 | 550 |
| Тягове зусилля $T_{тяг.}$, Н | 700 | 775 | 920 | 1012 | 1138 | 1275 | 1438 |
| Гідропривід поршневого типу | | | | | | | |
| Крутний момент $M_{кр.}$, Н·м | 398 | 497 | 597 | 696 | 796 | 895 | 995 |
| Тягове зусилля $T_{тяг.}$, Н | 995 | 1243 | 1492 | 1740 | 1989 | 2238 | 2486 |

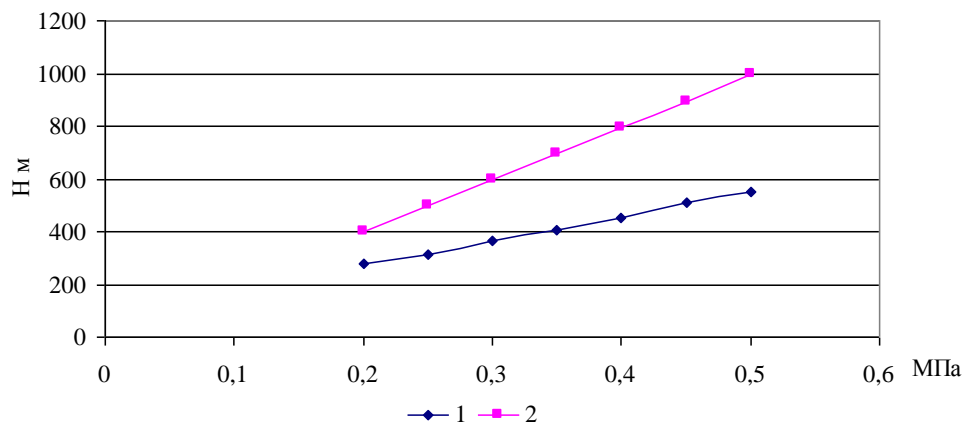


Рис. 2.5. Залежність крутного моменту $M_{кр.}$ на валу відбору потужності гідроприводу від робочого тиску $P_{роб.}$:

1 – гідропривід мембранного типу; 2 – гідропривід поршневого типу.

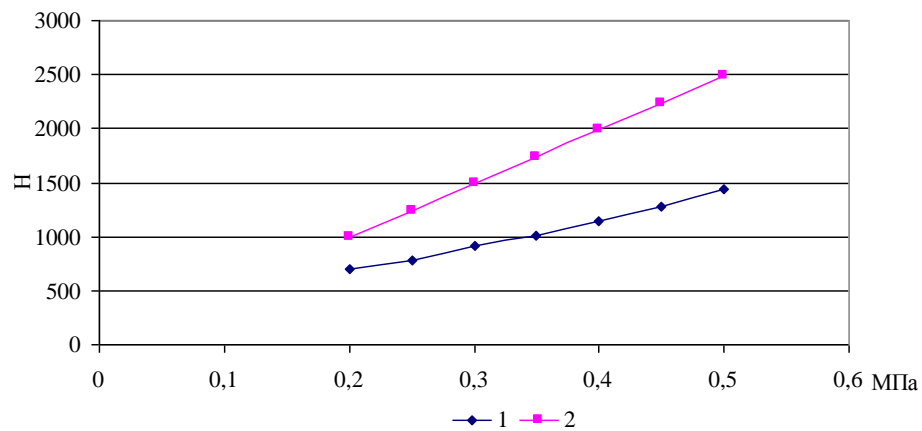


Рис. 2.6. Залежність тягового зусилля $T_{тяг.}$ на барабані від робочого тиску $P_{роб.}$:

1 – гідропривід мембранного типу; 2 – гідропривід поршневого типу.

При визначенні швидкості обертання валу відбору потужності гідроприводу і відповідно, барабану для намотування шлангу враховували, що тривалість одного робочого циклу складає:

$$t_{p.ц.} = t_{p.x.} + t_3, \quad (2.5)$$

де $t_{p.ц.}$ – тривалість робочого циклу, с;

$t_{p.x.}$ – тривалість робочого ходу, с;

t_3 – тривалість зливу води з мембранної камери, гідроциліндра, с.

Результати вимірювань тривалості робочого ходу і циклу в цілому наведено в таблиці 2.3 та 2.4 і представлено на рис. 2.7 та 2.8. Тривалість зливу води з мембранної камери та гідроциліндра постійна і складає відповідно 23 та 32 с.

Таблиця 2.3.

**Тривалість робочого ходу і циклу гідроприводу мембранного типу
залежно від робочого тиску $P_{роб.}$ і моменту опору руху $M_{он.}$**

| $P_{роб.} = 0,2$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,3$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,4$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,5$ МПа | | |
|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|
| $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с |
| 280 | 33 | 56 | 380 | 21 | 44 | 455 | 17 | 40 | 575 | 16 | 39 |
| 210 | 20 | 43 | 285 | 17 | 40 | 342 | 13 | 36 | 431 | 12 | 35 |
| 140 | 17 | 40 | 190 | 14 | 37 | 228 | 10 | 33 | 288 | 10 | 33 |
| 70 | 16 | 39 | 95 | 13 | 36 | 114 | 9 | 32 | 144 | 9 | 32 |
| 0 | 16 | 39 | 0 | 13 | 36 | 0 | 9 | 32 | 0 | 8 | 31 |

Таблиця 2.4.

**Тривалість робочого ходу і циклу гідроприводу поршневого типу
залежно від робочого тиску $P_{роб.}$ і моменту опору руху $M_{он.}$**

| $P_{роб.} = 0,2$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,3$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,4$ МПа | | | $P_{роб.} = 0,5$ МПа | | |
|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|
| $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с | $M_{он.},$ Н·м | $t_{p.x.},$ с | $t_{ц.},$ с |
| 360 | 36 | 68 | 540 | 36 | 68 | 760 | 36 | 68 | 960 | 36 | 68 |
| 270 | 22 | 54 | 405 | 19 | 51 | 570 | 18 | 50 | 720 | 17 | 49 |
| 180 | 19 | 51 | 270 | 16 | 48 | 380 | 13 | 45 | 480 | 12 | 44 |
| 90 | 17 | 49 | 135 | 13 | 45 | 190 | 11 | 43 | 240 | 8 | 40 |
| 0 | 14 | 46 | 0 | 12 | 44 | 0 | 8 | 40 | 0 | 6 | 38 |

Аналізи отриманих результатів свідчать, що найбільш оптимальний діапазон робочого тиску гідروприводу мембранного типу знаходиться в межах $P_{роб.} = 0,4-0,45$ МПа. Подальше збільшення робочого тиску не призводить до значного зменшення часу робочого ходу і збільшення крутного моменту на валу відбору потужності. Це пов'язано зі зміною ефективною площі мембрани.

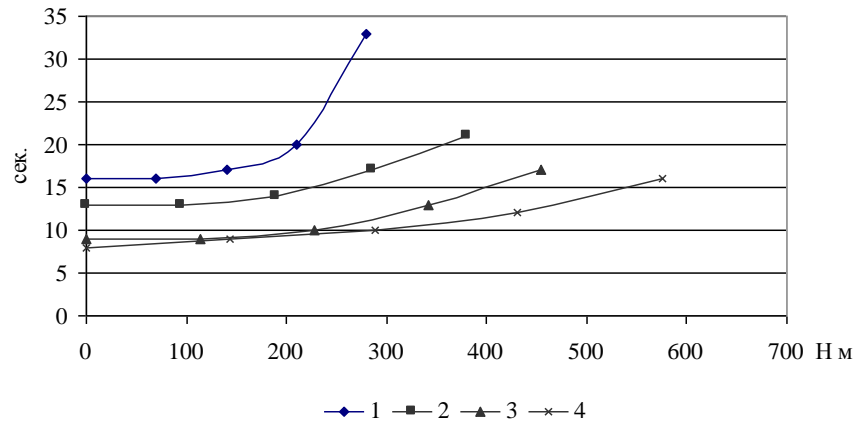


Рис. 2.7. Залежність тривалості робочого ходу $t_{p.x.}$ гідроприводу мембранного типу від моменту опору $M_{on.}$ при робочому тиску $P_{роб.}$:

1 – 0,2 МПа; 2 – 0,3 МПа; 3 – 0,4 МПа; 4 – 0,5 МПа.

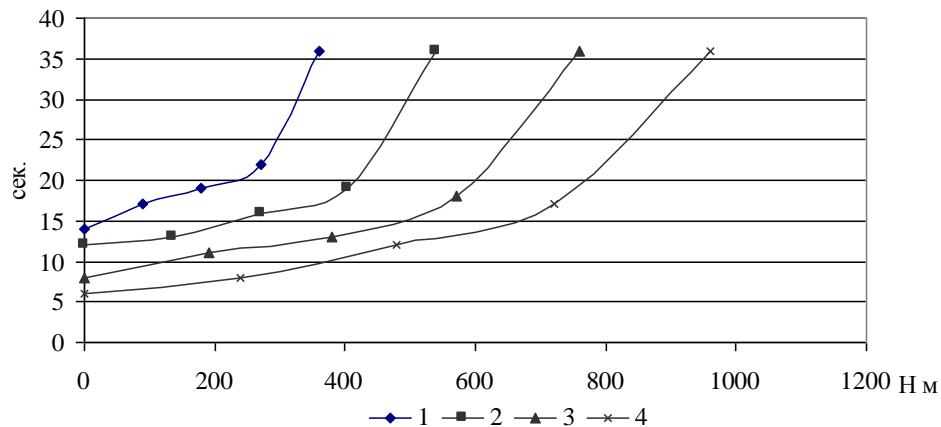


Рис. 2.8. Залежність тривалості робочого ходу $t_{p.x.}$ гідроприводу поршневого типу від моменту опору $M_{on.}$ при робочому тиску $P_{роб.}$:

1 – 0,2 МПа; 2 – 0,3 МПа; 3 – 0,4 МПа; 4 – 0,5 МПа.

Гідропривід з гідроциліндром має значний запас потужності, крутний момент і тягове зусилля зростають пропорційно збільшенню робочого тиску. Це дасть змогу зменшити вплив мікрорельєфу поливної ділянки на швидкість

пересування шлангу. Оптимальний робочий тиск буде залежати від типу органу розподілення дощу, діаметра та довжини поливного трубопроводу.

Середнє значення тривалості робочого циклу при робочому тиску $P_{роб.} = 0,4$ МПа для гідроприводу мембранного типу становить 35 с, а для гідроприводу поршневого типу – 54 секунди.

Водночас вал гідроприводу повернеться на 24° , а для повного оберту валу необхідно 15 робочих циклів. Повний оберт валу гідроприводом мембранного типу здійснюється за 8 хв. 45с, а гідроприводом поршневого типу за – 13 хв. 30с. Так швидкість обертання валу відбору потужності гідроприводу мембранного типу та гідроприводу поршневого типу становить відповідно 0,12 та 0,075 об/хв.

Стосовно до використання гідроприводу на шлангобарабанних установках з діаметром барабана 800 мм, переміщення поліетиленового трубопроводу за один робочий цикл становитиме 170 мм.

Таким чином можна зробити висновок, що гідропривід мембранного типу при робочому тиску 0,35 МПа може переміщувати трубопровід діаметром 32 мм і довжиною 200 м із запасом зусилля в 39 Н, а гідропривід поршневого типу при робочому тиску 0,35 МПа може переміщувати трубопровід діаметром 40 мм і довжиною 200 м із запасом зусилля в 220 Н.

2.2. Дослідження робочих характеристик дощувальних насадок

З метою зниження енергетичних витрат на створення штучного дощу, останніми роками на широкозахватних та мобільних дощувальних машинах почали застосовувати короткострумні дощувальні насадки, які мають кращу рівномірність розподілення дощу по площі зрошення. Особливість цього типу насадок – просте компонування та конструктивне їх виготовлення. Нині на дощувальних машинах “Кубань” і низьконапірних модифікаціях “Фрегат” найбільшого розповсюдження за якістю робочих органів набули короткострумні дощувальні насадки секторної дії з діаметром отвору від 2 до

8 мм. За кордоном на дощувальних машинах фронтальної дії використовують короткоструминні насадки кругової дії, які мають нижчу інтенсивність у порівнянні з насадками секторної дії і підвищують рівномірність розподілу штучного дощу.

З метою вибору насадок, які найбільш підходять для використання на мобільних дощувальних установках і можуть працювати в діапазоні тиску 0,10-0,30 МПа, нами проведено дослідження по визначенню параметрів дощу короткоструминних дощувальних насадок кругової дії. Короткоструминні насадки кругової дії було розроблено в Інституті гідротехніки і меліорації (ІГіМ УААН), та виготовлено з поліетилену низького тиску на дослідних заводах ІГіМ УААН та ТОВ "Техносервіс" (м. Мелітополь). Насадки складаються з основи 1 та дефлектора 2 (рис 2.9).

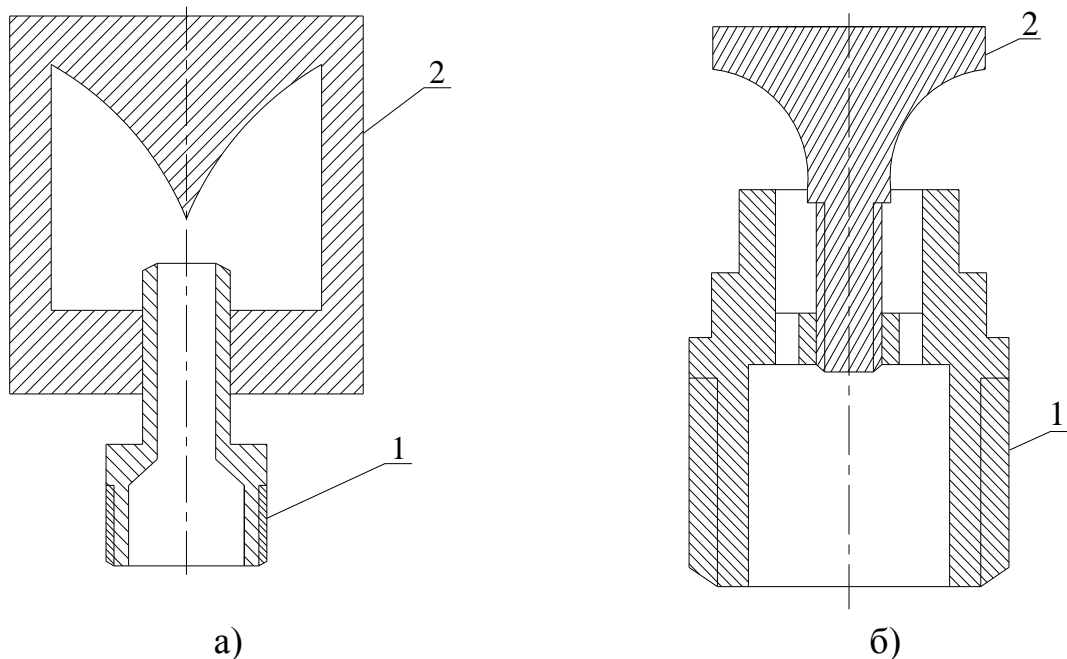


Рис. 2.9. Дощувальні насадки кругової дії:

а - виробництва ІГіМ УААН; б - виробництва ТОВ „Техносервіс”;

1 – основа; 2 – дефлектор.

Методом укручування та викручування дефлектора можна змінювати ширину кільцевого отвору, діаметр конуса дефлектора та умовний діаметр отвору. Умовний діаметр отвору насадки виробництва ІГіМ УААН (насадка 1) змінюється від 7,55 до 10,58 мм, а насадки виробництва ТОВ "Техносервіс"

(насадка 2) – від 7,09 до 14,28 мм (табл. 2.5). Водночас ширина кільцевого отвору змінюється відповідно від 1,5 до 4,0 мм та від 0,65 до 3,0 мм.

Таблиця 2.5.

**Розрахунок умовного діаметра отвору насадок
виробництва ІГіМ УААН та ТОВ "Техносервіс"**

| Оберти | Ширина кільцевого отвору, мм | | Площа кільцевого отвору, мм ² | | Умовний діаметр отвору насадки, мм | |
|--------|------------------------------|-------------|--|-------------|------------------------------------|-------------|
| | ІГіМ | Техносервіс | ІГіМ | Техносервіс | ІГіМ | Техносервіс |
| 1 | 1,5 | 0,65 | 44,74 | 39,5 | 7,55 | 7,09 |
| 2 | 2,5 | 1,25 | 66,72 | 73,6 | 9,22 | 9,68 |
| 3 | 3,4 | 1,65 | 81,14 | 95,1 | 10,17 | 11,00 |
| 4 | 3,8 | 2,0 | 85,91 | 113,0 | 10,46 | 12,00 |
| 5 | 4,0 | 2,3 | 87,92 | 127,8 | 10,58 | 12,76 |
| 6 | 4,0 | 2,6 | 87,92 | 142,1 | 10,58 | 13,45 |
| 7 | 4,0 | 2,8 | 87,92 | 151,2 | 10,58 | 13,88 |
| 8 | 4,0 | 3,0 | 87,92 | 160,1 | 10,58 | 14,28 |

В результаті досліджень на лабораторному стенді отримано витратні характеристики дощувальних насадок при зміні робочого тиску від 0,05 до 0,30 МПа (табл. 2.6 та 2.7, рис. 2.10 та 2.11).

Таблиця 2.6.

**Витратна характеристика дощувальної насадки
виробництва ІГіМ УААН залежно від умовного діаметру отвору та тиску**

| Тиск, МПа | Умовний діаметр отвору, мм | | | | |
|----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7,55 | 9,22 | 10,17 | 10,46 | 10,58 |
| Витрата насадки, л/с | | | | | |
| 0,05 | 0,303 | 0,557 | 0,694 | 0,725 | 0,784 |
| 0,10 | 0,423 | 0,783 | 0,970 | 1,056 | 1,108 |
| 0,15 | 0,526 | 0,971 | 1,193 | 1,30 | 1,358 |
| 0,20 | 0,611 | 1,118 | 1,370 | 1,520 | 1,602 |
| 0,25 | 0,676 | 1,248 | 1,523 | 1,708 | 1,802 |
| 0,30 | 0,746 | 1,369 | 1,662 | 1,873 | 1,994 |

Як видно з табл. 2.6 та рис. 2.10 зі збільшенням умовного діаметру отвору та підвищенням робочого тиску витрата дощувальної насадки 1 збільшується від 0,303 до 1,993 л/с.

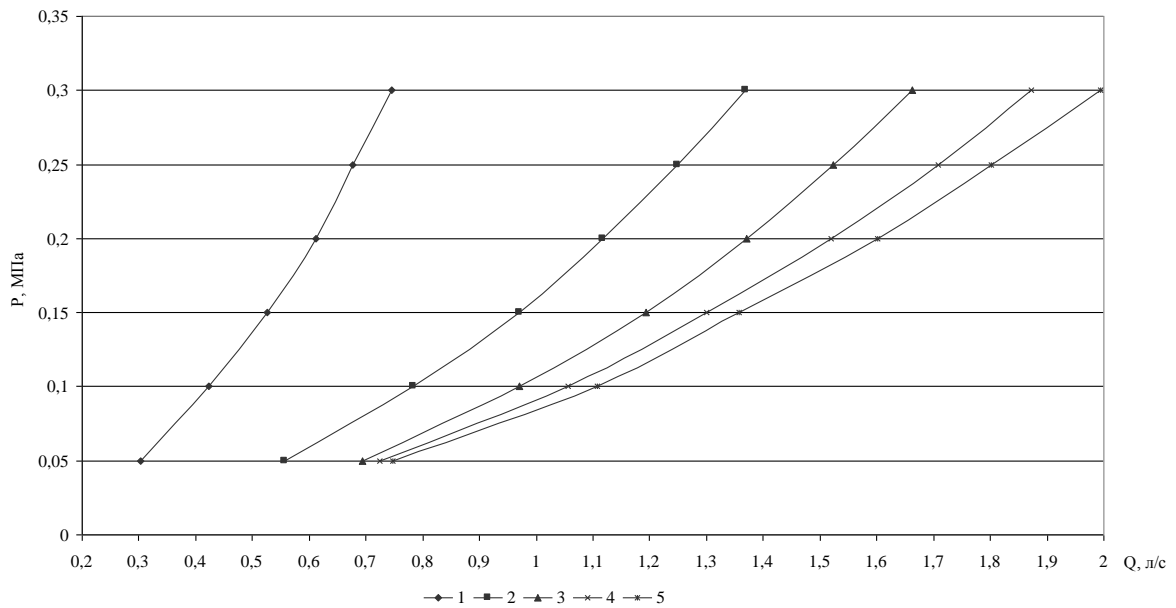


Рис. 2.10. Залежність витрати води Q короткоструминної насадки виробництва ІГіМ УААН від тиску P :

1 – умовний діаметр насадки 7,55 мм; 2 – умовний діаметр насадки 9,22 мм; 3 – умовний діаметр насадки 10,17 мм; 4 – умовний діаметр насадки 10,46 мм; 5 – умовний діаметр насадки 10,58 мм.

Витрата дощувальної насадки 2 з умовним діаметром отвору 7,09; 9,68; 11,00; 12,00; 12,76 та 13,45 мм з підвищенням робочого тиску збільшується від 0,316 до 2,0 л/с (табл. 2.7, рис. 2.11).

Таблиця 2.7.

**Витратна характеристика дощувальної насадки виробництва
ТОВ “Техносервіс” залежно від умовного діаметру отвору та тиску**

| Тиск, МПа | Умовний діаметр отвору, мм | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 7,09 | 9,68 | 11,00 | 12,00 | 12,76 | 13,45 | 13,88 | 14,28 |
| Витрата насадки, л/с | | | | | | | | |
| 0,05 | 0,316 | 0,565 | 0,678 | 0,747 | 0,758 | 0,765 | 0,779 | 0,794 |
| 0,10 | 0,455 | 0,824 | 1,013 | 1,074 | 1,110 | 1,127 | 1,135 | 1,150 |
| 0,15 | 0,569 | 1,003 | 1,231 | 1,312 | 1,355 | 1,370 | 1,377 | 1,382 |
| 0,20 | 0,662 | 1,174 | 1,452 | 1,525 | 1,589 | 1,612 | 1,613 | 1,614 |
| 0,25 | 0,745 | 1,315 | 1,645 | 1,710 | 1,790 | 1,815 | 1,811 | 1,810 |
| 0,30 | 0,821 | 1,450 | 1,812 | 1,873 | 1,969 | 2,000 | 1,990 | 1,985 |

Для дощувальної насадки насадка 2 з умовним діаметром отвору 13,88 та 14,28 мм при підвищенні робочого тиску до 0,2 МПа витрата збільшується і становить відповідно 1,613 та 1,614 л/с. А далі з підвищенням робочого тиску до 0,3 МПа витрата насадки з умовним діаметром отвору 14,28 мм зменшується відносно витрати насадки з умовним діаметром отвору 13,88 мм і становить відповідно 1,985 та 1,99 л/с (табл. 2.7, рис. 2.11).

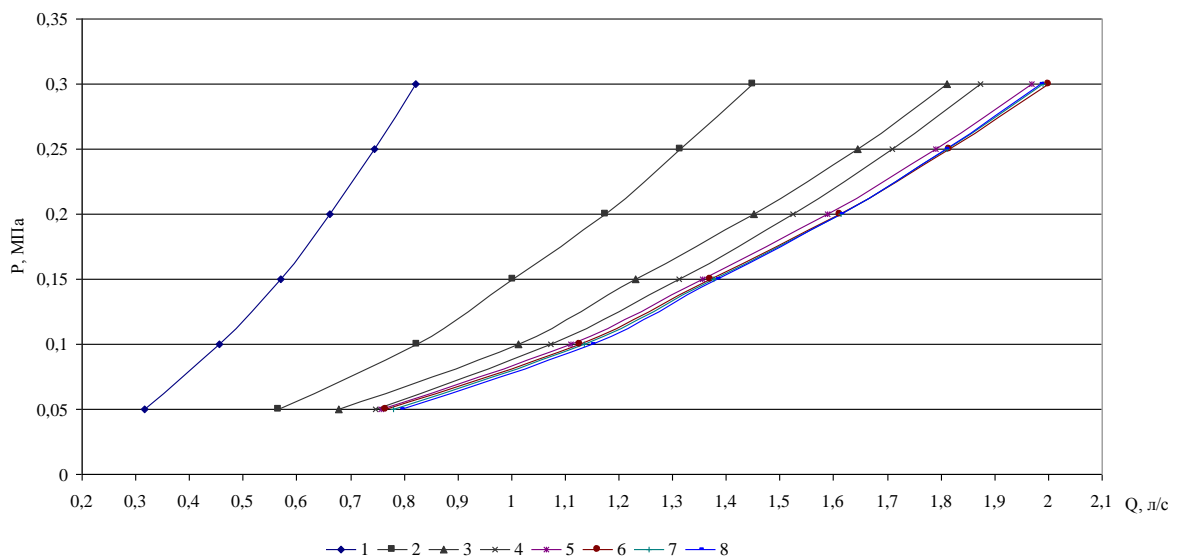


Рис. 2.11. Залежність витрати води Q , короткоструминної насадки виробництва ТОВ "Техносервіс" від тиску води P :

1 – умовний діаметр насадки 7,09 мм; 2 – умовний діаметр насадки 9,68 мм; 3 – умовний діаметр насадки 11,00 мм; 4 – умовний діаметр насадки 12,00 мм; 5 – умовний діаметр насадки 12,76 мм; 6 – умовний діаметр насадки 13,45 мм; 7 – умовний діаметр насадки 13,88 мм; 8 – умовний діаметр насадки 14,28 мм.

Визначено, що залежно від величини умовного діаметра отвору та при зміні робочого тиску від 0,05 до 0,3 МПа коефіцієнт витрат μ дощувальної насадки 1 змінюється від 0,676 до 0,935 (рис 2.12). Аналіз зміни коефіцієнта витрат μ дав змогу визначити, що найменший з них $\mu = 0,676$ має насадка з умовним діаметром отвору 7,55 мм при тиску 0,10 МПа, а найбільший $\mu = 0,935$ насадка з умовним діаметром отвору 10,58 мм при тиску 0,30 МПа. Як видно з

рисунку 2.12, зі збільшенням умовного діаметру отвору насадки до 9,22 мм, для всього діапазону робочого тиску, коефіцієнт витрат теж збільшується. В діапазоні умовного діаметру отвору від 9,22 мм до 10,46 мм коефіцієнт витрат змінюється в незначних межах (0,837-0,898). Збільшення умовного діаметру отвору до 10,58 мм, при робочому тиску 0,05 МПа на коефіцієнт витрат майже не впливає ($\mu = 0,859$), а в діапазоні робочого тиску 0,10-0,30 МПа коефіцієнт витрат збільшується.

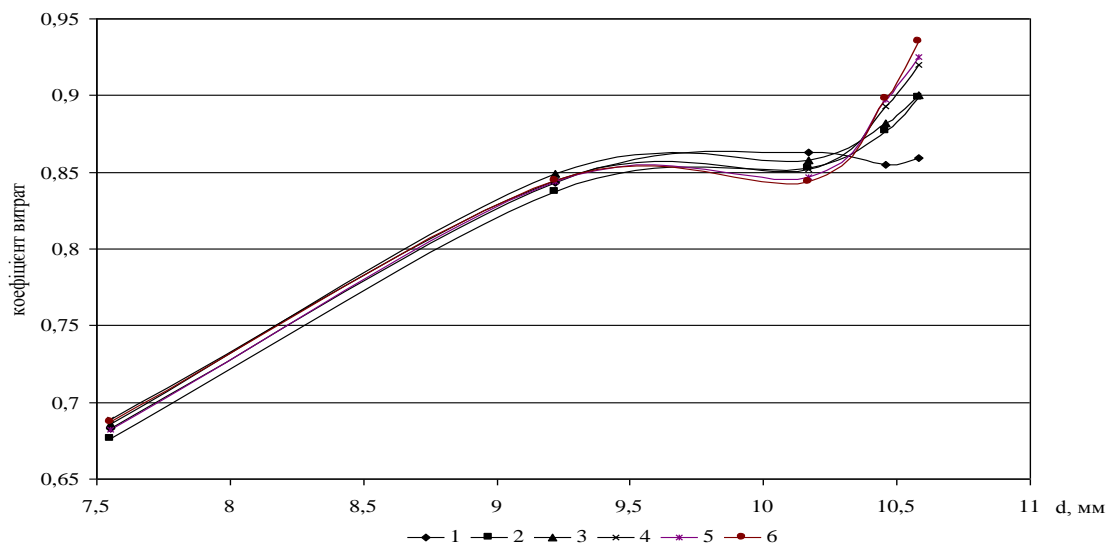


Рис. 2.12. Залежність коефіцієнта витрат μ від умовного діаметру отвору дощувальної насадки виробництва ПГІМ УААН при різних значеннях робочого тиску:

1 – 0,05 МПа; 2 – 0,10 МПа; 3 – 0,15 МПа; 4 – 0,20 МПа; 5 – 0,25 МПа; 6 – 0,30 МПа.

Коефіцієнт витрат μ дощувальної насадки 2 при зміні робочого тиску та умовного діаметру отвору коливається у межах 0,857-0,501 (рис. 2.13). Найбільший коефіцієнт витрат ($\mu = 0,857$) має насадка з умовним діаметром отвору 7,09 мм при робочому тиску 0,30 МПа, а найменший ($\mu = 0,501$) – насадка з умовним діаметром отвору 14,28 мм при робочому тиску 0,05 МПа. Збільшення умовного діаметру отвору для всього діапазону робочого тиску призводить до зменшення коефіцієнта витрат (рис. 2.13).

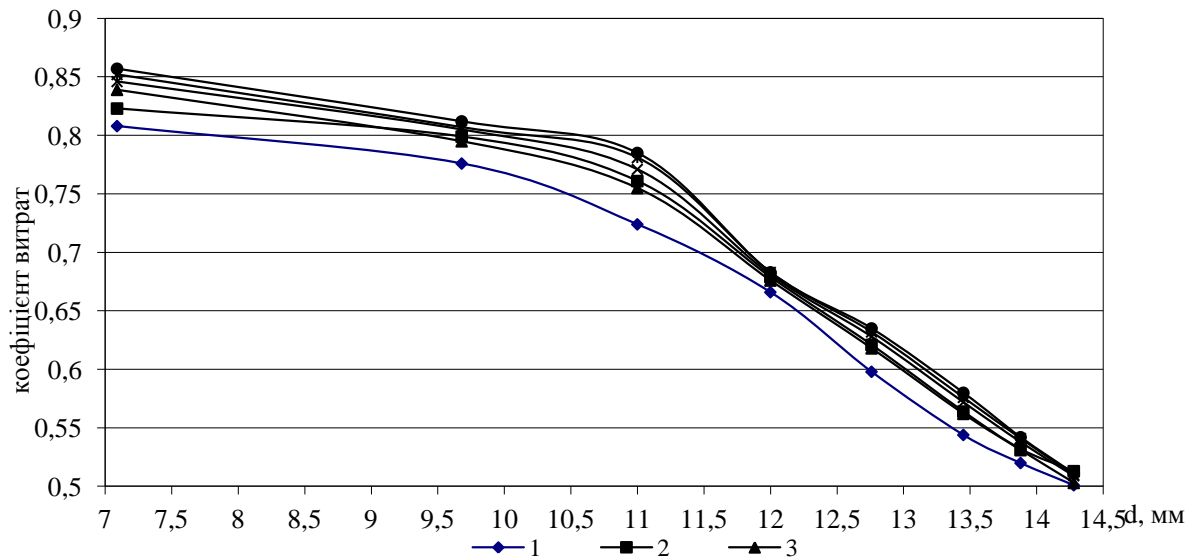


Рис. 2.13. Залежність коефіцієнта витрат μ від умовного діаметра отвору дощувальної насадки виробництва ТОВ “Техносервіс” при різних значеннях робочого тиску:

1 – 0,05 МПа; 2 – 0,10 МПа; 3 – 0,15 МПа; 4 – 0,20 МПа; 5 – 0,25 МПа; 6 – 0,30 МПа.

Дослідження насадки 1 показали, що при збільшенні умовного діаметра отвору та підвищенні робочого тиску площа зрошення збільшується. Наприклад, площа зрошення насадки з умовним діаметром отвору 7,55 мм при тиску 0,10 МПа та швидкості вітру 4,5 м/с становить 50,2 м², а при тиску 0,30 МПа та швидкості вітру 2,6 м/с – 156,2 м² (табл. 2.8). При тиску 0,10 МПа площа зрошення насадки з умовним діаметром отвору 7,55 мм становить 50,2 м², а насадки з умовним діаметром отвору 10,58 мм – 113,6 м². Середній діаметр крапель дощу насадки 1 при всіх умовних діаметрах отвору та на всьому діапазоні робочого тиску змінюється від 0,60 до 0,96 мм (табл. 2.8). Згідно класифікації природного дощу за Гемфрисом [22], дощ який утворює насадка можна віднести до середнього, так як діаметр крапель не перевищує 1,0 мм. Інтенсивність дощу по площі зволоження відповідає вимогам які пред’являються до дощувальних машин та установок [37]. Аналіз інтенсивності дощу показує, що зі збільшенням умовного діаметру отвору середня інтенсивність дощу збільшується. При робочому тиску 0,30 МПа інтенсивність

дощу насадки з умовним діаметром отвору 7,55 мм становить 0,28 мм/хв, а з умовним діаметром отвору 10,58 мм – 0,40 мм/хв (рис. 2.14). Найбільшу інтенсивність ($\rho = 0,69$ мм/хв) має насадка з умовним діаметром отвору 10,46 мм при робочому тиску 0,2 МПа, а найменшу ($\rho = 0,24$ мм/хв) має насадка з умовним діаметром отвору 7,55 мм при тиску 0,10 МПа. Підвищення робочого тиску призводить до зниження інтенсивності дощу, питомої потужності та негативного впливу дощу на ґрунт.

Таблиця 2.8.

**Показники якості дощу короткоструминної
насадки виробництва ІГіМ УААН**

| Показники | Умовний діаметр отвору, мм | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7,55 | 9,22 | 10,17 | 10,46 | 10,58 |
| Тиск 0,10 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 4,5 | 4,1 | 4,7 | 3,8 | 2,6 |
| Коефіцієнт звуження площі зрошення | 0,33 | 0,5 | 0,67 | 0,83 | 0,97 |
| Площа зрошення, м ² | 50,2 | 63,6 | 78,5 | 94,9 | 113,6 |
| Середній радіус зрошення, м | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,3 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,24 | 0,49 | 0,56 | 0,49 | 0,44 |
| Середній діаметр крапель, мм | 0,74 | 0,76 | 0,81 | 0,91 | 0,93 |
| Тиск 0,20 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,0 | 3,5 |
| Коефіцієнт звуження площі зрошення | 0,83 | 0,86 | 0,84 | 0,92 | 0,91 |
| Площа зрошення, м ² | 85,0 | 81,0 | 95,0 | 102,4 | 84,8 |
| Середній радіус зрошення, м | 4,2 | 5,1 | 5,5 | 5,7 | 5,2 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,54 | 0,56 | 0,68 | 0,69 | 0,66 |
| Середній діаметр крапель, мм | 0,64 | 0,76 | 0,96 | 0,86 | 0,65 |
| Тиск 0,30 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 2,4 | 4,8 | 3,4 | 2,8 | 4,4 |
| Коефіцієнт звуження площі зрошення | 0,93 | 0,84 | 0,83 | 0,78 | 0,80 |
| Площа зрошення, м ² | 156,2 | 245,5 | 212,0 | 214,0 | 229,0 |
| Середній радіус зрошення, м | 7,2 | 11,5 | 8,2 | 8,0 | 9,0 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,28 | 0,38 | 0,38 | 0,42 | 0,40 |
| Середній діаметр крапель, мм | 0,60 | 0,61 | 0,65 | 0,72 | 0,77 |

Особливістю є те, що на всьому діапазоні умовного діаметру отвору найбільша інтенсивність при робочому тиску 0,2 МПа.

Дослідження насадки 2 показало, що збільшення умовного діаметра отвору та робочого тиску призводить до збільшення площі зрошення. З таблиці 2.9 видно, що площа зрошення насадки з умовним діаметром отвору 7,09 мм при тиску 0,10 МПа становить 75,40 м², при тиску 0,25 МПа – 149,5 м².

Таблиця 2.9.

**Параметри факелу дощу короткоструминної насадки
виробництва ТОВ “Техносервіс”**

| Показники | Умовний діаметр отвору, мм | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 7,09 | 9,68 | 11,00 | 12,00 | 12,76 | 13,45 | 13,88 | 14,28 |
| Тиск 0,10 МПа | | | | | | | | |
| Середній радіус зрошення, м | 4,90 | 4,70 | 5,20 | 5,10 | 5,30 | 5,10 | 5,10 | 5,00 |
| Середня площа зрошення, м ² | 75,40 | 69,40 | 84,90 | 81,70 | 88,20 | 81,70 | 81,70 | 78,50 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,34 | 0,69 | 0,70 | 0,76 | 0,76 | 0,81 | 0,83 | 0,86 |
| Тиск 0,15 МПа | | | | | | | | |
| Середній радіус зрошення, м | 5,70 | 5,60 | 6,40 | 6,10 | 6,20 | 6,30 | 6,30 | 6,00 |
| Середня площа зрошення, м ² | 102,02 | 98,47 | 128,61 | 116,84 | 120,70 | 124,63 | 124,63 | 113,04 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,32 | 0,59 | 0,55 | 0,63 | 0,66 | 0,64 | 0,66 | 0,73 |
| Тиск 0,20 МПа | | | | | | | | |
| Середній радіус зрошення, м | 6,40 | 6,10 | 7,40 | 6,90 | 7,10 | 6,90 | 6,90 | 6,80 |
| Середня площа зрошення, м ² | 128,61 | 116,84 | 171,95 | 149,5 | 158,28 | 149,5 | 149,5 | 145,19 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,30 | 0,53 | 0,49 | 0,59 | 0,56 | 0,62 | 0,63 | 0,65 |
| Тиск 0,25 МПа | | | | | | | | |
| Середній радіус зрошення, м | 6,90 | 6,70 | 7,90 | 8,10 | 8,10 | 7,90 | 7,90 | 7,40 |
| Середня площа зрошення, м ² | 149,5 | 140,95 | 196,00 | 206,02 | 206,02 | 196,00 | 196,00 | 171,95 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,28 | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,51 | 0,54 | 0,60 | 0,53 |

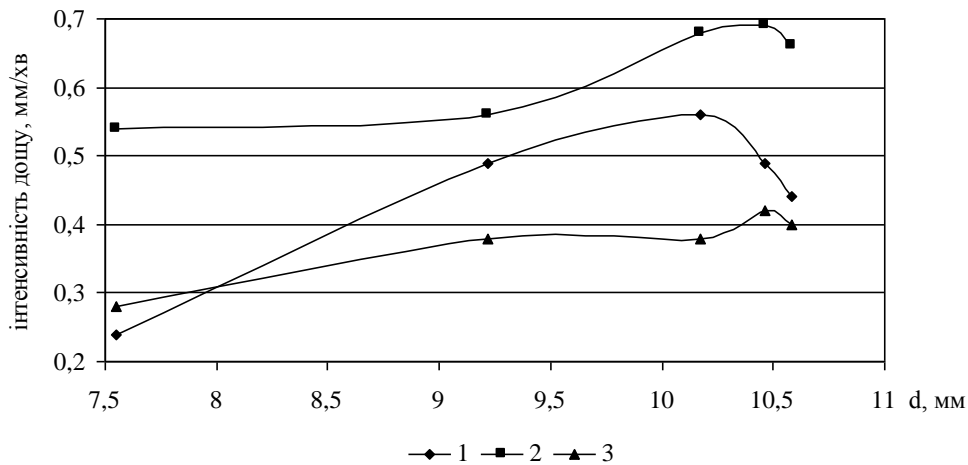


Рис. 2.14. Залежність інтенсивності дощу від умовного діаметра отвору дощувальної насадки виробництва ІГіМ при різних значеннях робочого тиску:
1 – 0,10 МПа; 2 – 0,20 МПа; 3 – 0,30 МПа.

Аналіз інтенсивності дощу показує, що зі збільшенням умовного діаметру отвору середня інтенсивність дощу збільшується. При робочому тиску 0,20 МПа насадка з умовним діаметром отвору 7,09 мм має інтенсивність дощу 0,30 мм/хв, а з умовним діаметром отвору 14,28 мм – 0,65 мм/хв. Підвищення робочого тиску призводить до зниження інтенсивності дощу (рис. 2.15).

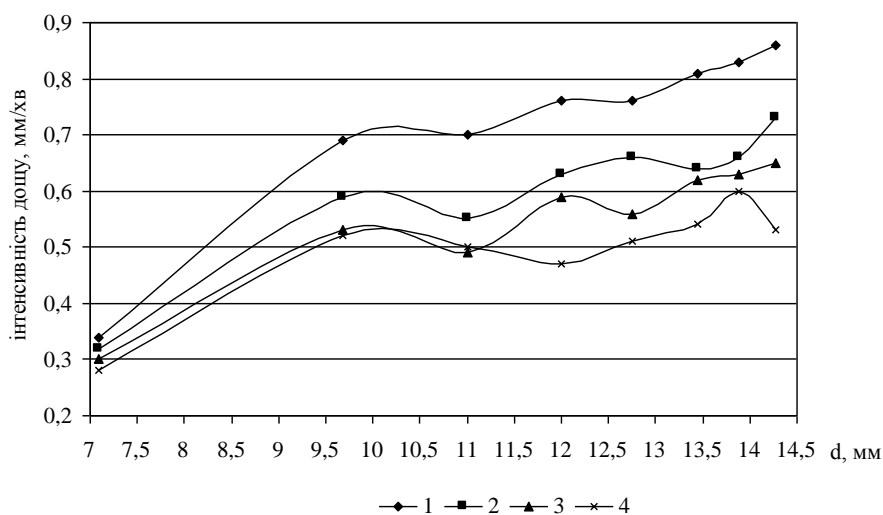


Рис. 2.15. Залежність інтенсивності дощу від умовного діаметра отвору дощувальної насадки виробництва ТОВ “Техносервіс” при різних значеннях робочого тиску:

1 – 0,10 МПа; 2 – 0,15 МПа; 3 – 0,20 МПа; 4 – 0,25 МПа.

Дослідженнями визначено, що коефіцієнт ефективного поливу насадки 1 з умовним діаметром отвору 7,55 мм при робочому тиску 0,10 МПа та швидкості вітру 4,5 м/с становить 0,23, а насадки з умовним діаметром отвору 10,58 мм при швидкості вітру 2,6 м/с – 0,42 (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

**Рівномірність розподілення дощу короткоструминної насадки
виробництва ІГІМ УААН**

| Показники | Умовний діаметр отвору, мм | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------|-------|-------|-------|
| | 7,55 | 9,22 | 10,17 | 10,46 | 10,58 |
| Тиск 0,10 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 4,5 | 4,1 | 4,7 | 3,8 | 2,6 |
| Середній шар дощу, мм | 0,33 | 0,5 | 0,67 | 0,83 | 0,97 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,24 | 0,49 | 0,56 | 0,49 | 0,44 |
| Коефіцієнт поливу | | | | | |
| ефективного | 0,23 | 0,40 | 0,34 | 0,41 | 0,42 |
| недостатнього | 0,10 | 0,29 | 0,30 | 0,43 | 0,28 |
| надлишкового | 0,67 | 0,31 | 0,36 | 0,16 | 0,30 |
| Тиск 0,20 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 3,0 | 3,5 |
| Середній шар дощу, мм | 0,83 | 0,86 | 0,84 | 0,92 | 0,91 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,54 | 0,56 | 0,68 | 0,69 | 0,66 |
| Коефіцієнт поливу | | | | | |
| ефективного | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,20 | 0,23 |
| недостатнього | 0,48 | 0,40 | 0,40 | 0,30 | 0,38 |
| надлишкового | 0,30 | 0,39 | 0,38 | 0,50 | 0,39 |
| Тиск 0,30 МПа | | | | | |
| Швидкість вітру, м/с | 2,4 | 4,8 | 3,4 | 2,8 | 4,4 |
| Середній шар дощу, мм | 0,93 | 0,84 | 0,83 | 0,78 | 0,80 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,28 | 0,38 | 0,38 | 0,42 | 0,40 |
| Коефіцієнт поливу | | | | | |
| ефективного | 0,35 | 0,36 | 0,41 | 0,43 | 0,34 |
| недостатнього | 0,27 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,28 |
| надлишкового | 0,32 | 0,36 | 0,33 | 0,33 | 0,38 |

Також визначено, що збільшення умовного діаметру отвору насадки призводить до підвищення питомої потужності дощу та більшого ущільнення

грунту. При тиску 0,10 МПа у насадки з умовним діаметром отвору 7,55 мм питома потужність дощу становить 0,018 Вт/м², а у насадки з умовним діаметром отвору 10,58 мм питома потужність дощу становить 0,053 Вт/м² (табл. 2.11).

Таблиця 2.11

Питома потужність дощу на ґрунт дощувальної насадки ІГіМ УААН

| Тиск, МПа | Умовний діаметр отвору, мм | | | | |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 7,55 | 9,22 | 10,17 | 10,46 | 10,58 |
| | Питома потужність дощу, Вт/м ² | | | | |
| 0,10 | 0,018 | 0,037 | 0,054 | 0,057 | 0,053 |
| 0,20 | 0,033 | 0,045 | 0,086 | 0,07 | 0,04 |
| 0,30 | 0,014 | 0,022 | 0,023 | 0,03 | 0,032 |

По даним таблиці 2.11 бачимо, що з підвищенням тиску питома потужність дощу на ґрунт знижується.

Найбільшу питому потужність дощу маємо при робочому тиску 0,2 МПа, це пояснюється тим, що цьому тиску відповідає найвища інтенсивність дощу (див. рис. 2.14).

Взагалі дослідження насадок показало, що вони мають не погані параметри дощу і можуть використовуватися на мобільних дощувальних установках. Але треба враховувати, що ширина кільцевого отвору насадки 1 становить 1,5-4,0 мм, що не вимагає додаткового очищення води. Ширина кільцевого отвору насадки 2 становить 0,65-3,0 мм і вимагає додаткового очищення води.

2.3. Агротехнічні показники дощувальних машин

На початку роботи було відмічено, що в Україні зрошувальні системи побудовані в основному для використання широкозахватних дощувальних машин типу “Фрегат”, “Дніпро” та ДДА-100 МА. Реформування сільськогосподарського виробництва та розукрупнення господарств призвело до значного скорочення площ зрошення. В наслідок чого використання машин

такого типу в багатьох випадках стало малоефективним. Аналіз господарств різних категорій власників показав, що в середньому на одне господарство припадає 26,9 га. В Україні машини з площею зрошення до 30 га не виготовляли і майже не використовували. Таким чином розукрупнення господарств визвало попит на дощувальні установки з сезонною площею зрошення 20-30 га, та необхідність узгодження їхньої роботи на нових та існуючих зрошувальних системах.

Визначення агротехнічних параметрів мобільних дощувальних машин проводилося з урахуванням таких даних: діапазон поливної норми 100-300 м³/га; максимальна інтенсивність дощу для середньострумінних апаратів 0,5 мм/хв; максимальна інтенсивність дощу для короткострумінних насадок 1,0 мм/хв; середній діаметр крапель дощу 1,0 мм; сезонне навантаження ≤15 га; максимальна довжина гону 450 м; максимальний розрахунковий гідромодуль 1,0 л/(с·га); робочий тиск на гідранті ≤0,5 МПа.

Максимальна довжина гону 450 м прийнята з урахуванням використання розроблених дощувальних машин від допоміжного трубопроводу на існуючій зрошувальній мережі з дощувальними машинами “Фрегат”, “Дніпро”.

Максимальну витрату води, яка необхідна для забезпечення сезонного навантаження, визначали за формулою [52]:

$$Q_{\max} = \frac{F \cdot q_{\max} \cdot \beta}{\eta \cdot K_{\text{доб}}}, \quad (2.1)$$

де Q_{\max} – максимальна витрата води, л/с;

F – сезонна площа зрошення, га;

q_{\max} – гідромодуль зони зрошення, л/(с·га);

β – коефіцієнт втрат води на випаровування;

η – коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи;

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

Залежно від кліматичних умов та тривалості поливу на протязі доби коефіцієнт втрат води на випаровування змінюється від 1,05 до 1,3 [15].

На рисунку 2.16 наведено графік залежностей витрат води дощувальної установки від сезонної площі зрошення, при втратах води на випаровування 15%, коефіцієнт використання часу доби $K_{доб.} = 0,84$, коефіцієнт корисної дії системи $\eta = 0,9$.

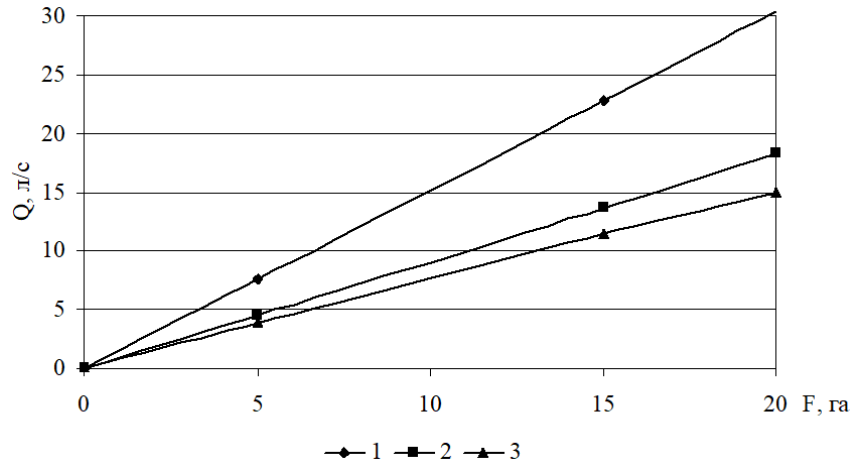


Рис. 2.16. Графік залежності сезонної площі зрошення F від витрати води Q дощувальної установки для зон:

1 – гідромодуль $q = 1$ л/(с·га); 2 – гідромодуль $q = 0,6$ л/(с·га);
3 – гідромодуль $q = 0,5$ л/(с·га).

Як видно з рисунку 2.16, для забезпечення сезонного навантаження 15 га для зони зрошення, де гідромодуль становить 1,0 л/(с·га), необхідна витрата дощувальної установки має бути 22 л/с. Для зони зрошення, де гідромодуль становить 0,6 та 0,5 л/(с·га), витрата дощувальної установки має бути відповідно 13 та 11 л/с.

Продуктивність чистої роботи за 1 годину розробленої дощувальної установки, яка представляє собою пересувний комплект зрошення, який працює позиційно визначаємо за формулою [15]:

$$\omega = \frac{3,6 \cdot Q \cdot t}{m}, \quad (2.2)$$

де ω – площа поливу за одну годину роботи, га;

t – час поливу, год;

m – поливна норма, м³/га;

Q – витрата дощувальної установки, л/с.

В конструкції розробленого пересувного комплексу зрошення, сезонна площа зрошення якого 15-20 га, передбачається використання трьох середньострумінних дощувальних апаратів, а саме – одного центрального та двох бічних (рис. 2.17). Таким чином, оптимальна ширина смуги дощу такої дощувальної установки буде залежати від типу дощувальних апаратів і визначається за формулою:

$$L = 2 \cdot (R + 2r) - 2B, \quad (2.3)$$

де L – ширина смуги дощу, м;

R – радіус дії центрального дощувального апарату, м;

r – радіус дії бічного дощувального апарату, м;

B – величина перекриття, м.

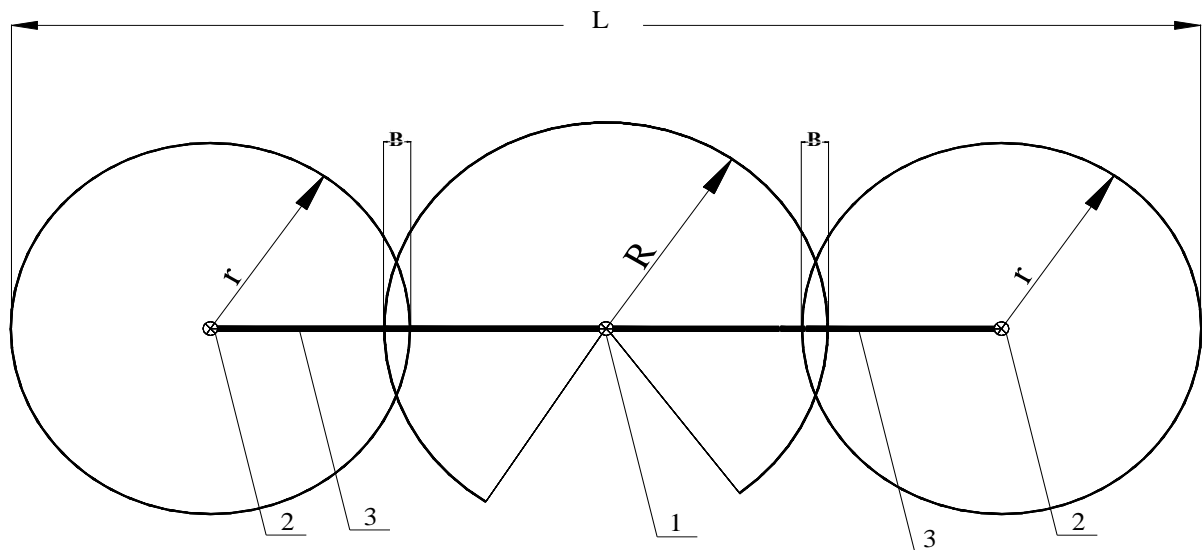


Рис. 2.17. Принципова схема розміщення дощувальних апаратів на розробленому пересувному комплексі зрошення:

1 – центральний дощувальний апарат; 2 – бічні дощувальні апарати;
3 – поліетиленові трубопроводи.

В таблиці 2.12 наведено основні типи та характеристики середньострумінних дощувальних апаратів, які можуть бути використанні на розробленій дощувальній установці [41].

**Основні типи та характеристики дощувальних апаратів, які можуть
бути використанні на розроблюваній дощувальній установці**

| Тип дощувального апарату (ДА) | Робочий тиск на ДА, МПа | Витрата води ДА, л/с | Радіус дії, м |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| “Фрегат” №3 $d = 7,1/5,6$ | 0,2 | 1,2 | 14,6 |
| | 0,25 | 1,3 | 16,6 |
| | 0,3 | 1,4 | 18 |
| “Роса” №3 $d = 10/7/4$ | 0,2 | 2,47 | 18,4 |
| | 0,3 | 3,3 | 22,6 |
| | 0,4 | 3,5 | 26,80 |
| | 0,5 | 3,93 | 31,00 |
| | 0,6 | 4,31 | 35,20 |
| “Роса” №3 $d = 12/7/4$ | 0,2 | 3,14 | 20,40 |
| | 0,3 | 3,85 | 24,60 |
| | 0,4 | 4,45 | 28,80 |
| | 0,5 | 4,98 | 33,00 |
| | 0,6 | 5,46 | 37,20 |
| “Роса” №3 $d = 14/7/4$ | 0,2 | 3,76 | 22,40 |
| | 0,3 | 4,60 | 26,60 |
| | 0,4 | 5,32 | 30,80 |
| | 0,5 | 5,90 | 35,00 |
| | 0,6 | 6,81 | 39,20 |
| “Роса” №3 $d = 16/7/4$ | 0,2 | 5,00 | 24,40 |
| | 0,3 | 6,00 | 28,60 |
| | 0,4 | 6,91 | 32,80 |
| | 0,5 | 7,36 | 37,00 |
| | 0,6 | 8,47 | 41,00 |
| “Роса” №3 $d = 18/7/4$ | 0,2 | 5,90 | 26,40 |
| | 0,3 | 7,25 | 30,60 |
| | 0,4 | 8,37 | 34,80 |
| | 0,5 | 9,36 | 39,20 |
| | 0,6 | 10,20 | 43,20 |

Для розробленої шлангобарабанної дощувальної установки, яка здійснює зрошення в русі, визначається шар опадів за один прохід при заданій швидкості:

$$h = \frac{60 \cdot Q}{v \cdot b}, \quad (2.4)$$

де h – шар опадів, мм;

v – швидкість руху установки, м/хв;

b – ширина захвату дощем, м.

Швидкість переміщення дощувального апарату або консолі з короткоструминними насадками шлангобарабанної дощувальної установки буде залежати від робочого тиску та поливної норми.

Вихідні дані для проведення досліджень по визначенню необхідної швидкості пересування дощувального апарату для видачі заданої поливної норми наведено в таблиці 2.13 [41]. Тиск на вході дощувального апарата вказано з урахуванням гідравлічних втрат по довжині поліетиленового трубопроводу діаметром 32 мм та довжиною 120 м.

Таблиця 2.13.

Вихідні дані для проведення досліджень по визначенню необхідної швидкості пересування дощувального апарату

| Тип дощувального апарату (ДА) | Робочий тиск на вході дощувальної машини, МПа | Робочий тиск на ДА, МПа | Витрата ДА, л/с | Радіус дії, м |
|-------------------------------|---|-------------------------|-----------------|---------------|
| “Фрегат” №3 $d = 6,3/4,8$ | 0,4 | 0,2 | 1,0 | 16 |
| | 0,5 | 0,3 | 1,1 | 18 |
| | 0,6 | 0,35 | 1,2 | 20 |
| “Фрегат” №3 $d = 7,1/4,8$ | 0,4 | 0,2 | 1,1 | 15 |
| | 0,5 | 0,25 | 1,2 | 17 |
| | 0,6 | 0,3 | 1,3 | 19 |
| “Фрегат” №3 $d = 7,1/5,6$ | 0,45 | 0,2 | 1,2 | 14,6 |
| | 0,55 | 0,25 | 1,3 | 16,6 |
| | 0,6 | 0,3 | 1,4 | 18 |

Дослідження швидкості переміщення дощувального апарату проводили на розробленій шлангобарабанній установці обладнаній гідроприводом поршневого типу при поливній нормі 100, 200 та 300 м³/га (табл. 2.14). Також під час досліджень визначали ширину смуги дощу.

Таблиця 2.14.

Швидкість пересування дощувального апарату шлангобарабанної установки при поливних нормах і робочому тиску

| Тип дощувального апарату (ДА) | Робочий тиск на вході дощувальної установки, МПа | Робочий тиск на ДА, МПа | Витрата ДА, л/с | Ширина смуги дощу, м | Швидкість пересування ДА, м/хв, при поливній нормі, м ³ /га | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------|-----------------|----------------------|--|------|------|
| | | | | | 100 | 200 | 300 |
| “Фрегат” №3 <i>d</i> = 6,3/4,8 | 0,4 | 0,2 | 1,0 | 32 | 0,22 | 0,11 | 0,08 |
| | 0,5 | 0,3 | 1,1 | 36 | 0,20 | 0,10 | 0,08 |
| | 0,6 | 0,35 | 1,2 | 40 | 0,20 | 0,10 | 0,08 |
| “Фрегат” №3 <i>d</i> = 7,1/4,8 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | 30 | 0,25 | 0,13 | 0,08 |
| | 0,5 | 0,25 | 1,2 | 34 | 0,25 | 0,13 | 0,08 |
| | 0,6 | 0,3 | 1,3 | 38 | 0,22 | 0,10 | 0,07 |
| “Фрегат” №3 <i>d</i> = 7,1/5,6 | 0,45 | 0,2 | 1,2 | 29 | 0,30 | 0,14 | 0,10 |
| | 0,55 | 0,25 | 1,3 | 33 | 0,30 | 0,14 | 0,10 |
| | 0,6 | 0,3 | 1,4 | 36 | 0,30 | 0,14 | 0,10 |

Від величини швидкості руху буде залежати допустима поливна норма, яку може видати установка без утворення поверхневого стоку при максимальній поливній нормі.

Середню інтенсивність дощу ρ (мм/хв), яку утворює машина визначаємо за формулою [23]:

$$\rho = \frac{60 \cdot Q}{F}, \quad (2.4)$$

де F – одночасна площа захвату дощем, м.

Внаслідок того, що на установці використано середньострумнинний дощувальний апарат – площа одночасного поливу залежить від радіусу дії апарату.

При використанні шлангобарабанної установки на ґрунтах з низькою водопроникністю та для зменшення енергетичної дії крапель дощу, при зрошенні овочевих та плодоягідних культур, можливо застосовувати поливну консоль з короткострумінними апаратами кругової дії (рис. 2.18).

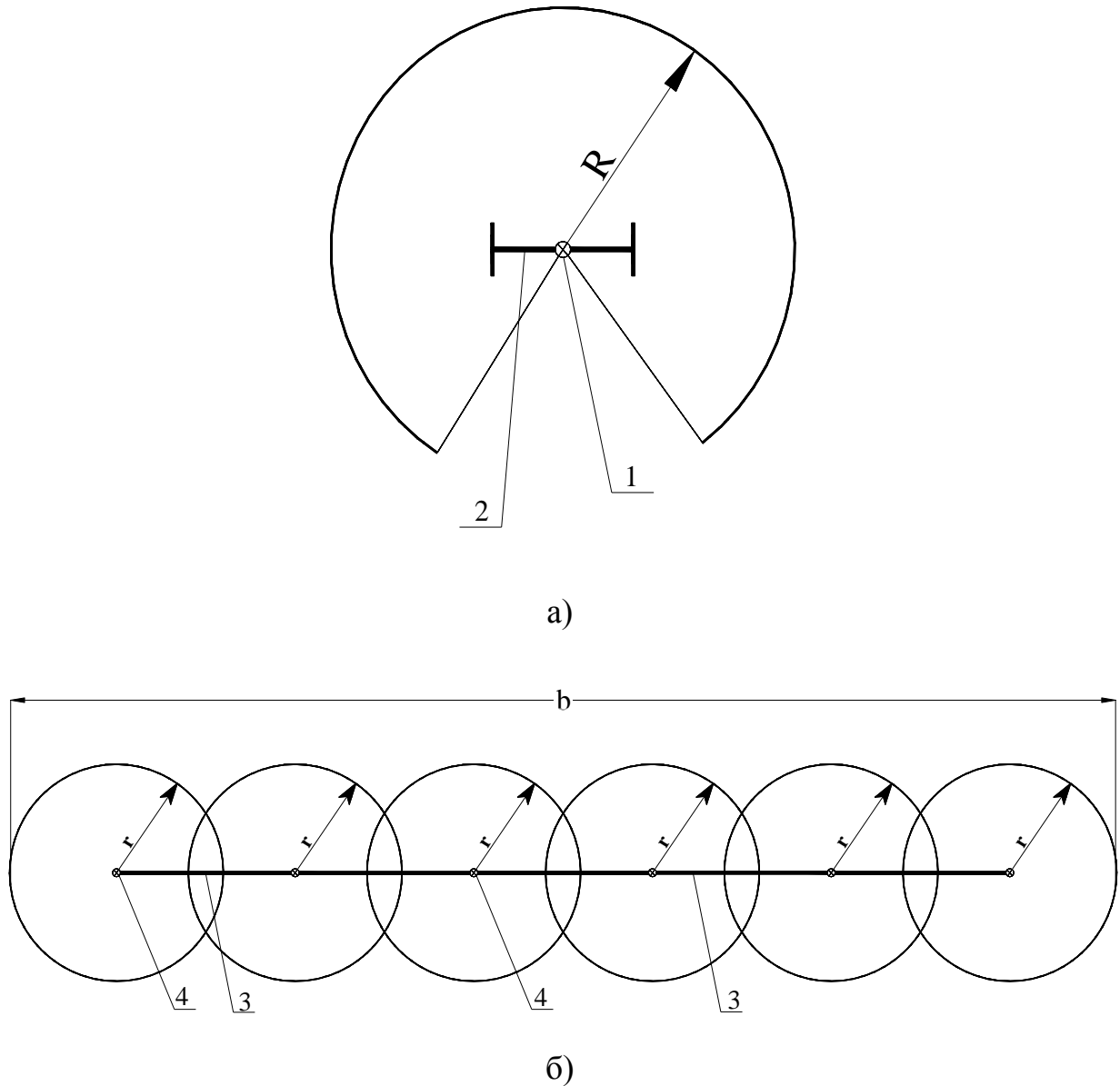


Рис. 2.18. Принципова схема розміщення дощувального апарата на полозках (а) та короткострумінних насадок на поливній консолі (б) розробленої шлангобарабанної установки:

1 – середньострумінний дощувальний апарат; 2 – полозки; 3 – поливна консоль; 4 – короткострумінні дощувальні апарати кругової дії.

2.4. Висновки до розділу

1. Визначено необхідну витрату води для забезпечення сезонного навантаження мобільних дощувальних машин в різних зонах зрошення. Визначено швидкості переміщення дощувального апарату розробленої шлангобарабанної установки при заданих поливних нормах залежно від робочого тиску.

2. В результаті досліджень розроблених гідроприводів встановлено, що найбільш оптимальний діапазон робочого тиску гідроприводу мембранного типу знаходиться в межах $P_{роб.} = 0,4-0,45$ МПа.

3. Середнє значення тривалості робочого циклу при робочому тиску $P_{роб.} = 0,4$ МПа складає для гідроприводу мембранного типу 35 с, а для гідроприводу поршневого типу 54 с. Повний оберт валу здійснюється гідроприводом мембранного типу за 8 хв 45 с, а гідроприводом поршневого типу – за 13 хв 30 с. Так швидкість обертання валу відбору потужності гідроприводу мембранного типу та гідроприводу поршневого типу складає відповідно 0,12 та 0,075 об/хв.

4. Гідропривід мембранного типу при робочому тиску 0,35 МПа може переміщувати трубопровід діаметром 32 мм і довжиною 200 м з запасом зусилля в 39 Н, а гідропривід поршневого типу при робочому тиску 0,35 МПа може переміщувати трубопровід діаметром 40 мм і довжиною 200 м з запасом зусилля в 220 Н.

5. Дощувальні насадки кругової дії доцільно використовувати для використання на мобільних дощувальних машинах фронтальної дії, на пересувних фермах шлангобарабанних установок, для зменшення питомого тиску дощу на ґрунт, за умови застосування засобів очищення води від твердих частинок з розмірами: для насадок виробництва ІГіМ УААН – більше 2,5 мм; для насадок виробництва ТОВ “Техносервіс” – більше 1,5мм.

3. Дослідження розроблених мобільних дощувальних машин

3.1. Конструкція розроблених дощувальних машин

Розроблений комплект зрошувальний пересувний КОП-1 фронтальної і позиційної дії, призначений для поливу дощуванням усіх сільськогосподарських культур.

КОП-1 здійснює полив позиційно із забором води з гідранта закритої зрошувальної мережі або відкритої зрошувальної мережі з використанням мотопомпи.

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

КОП-1 складається з двоколісного візка (рис. 3.1, 3.2) на якому розміщено стояк з центральним дощувальним апаратом, два барабана з напірними поліетиленовими шлангами діаметром 32 мм і довжиною не більше 40 м.

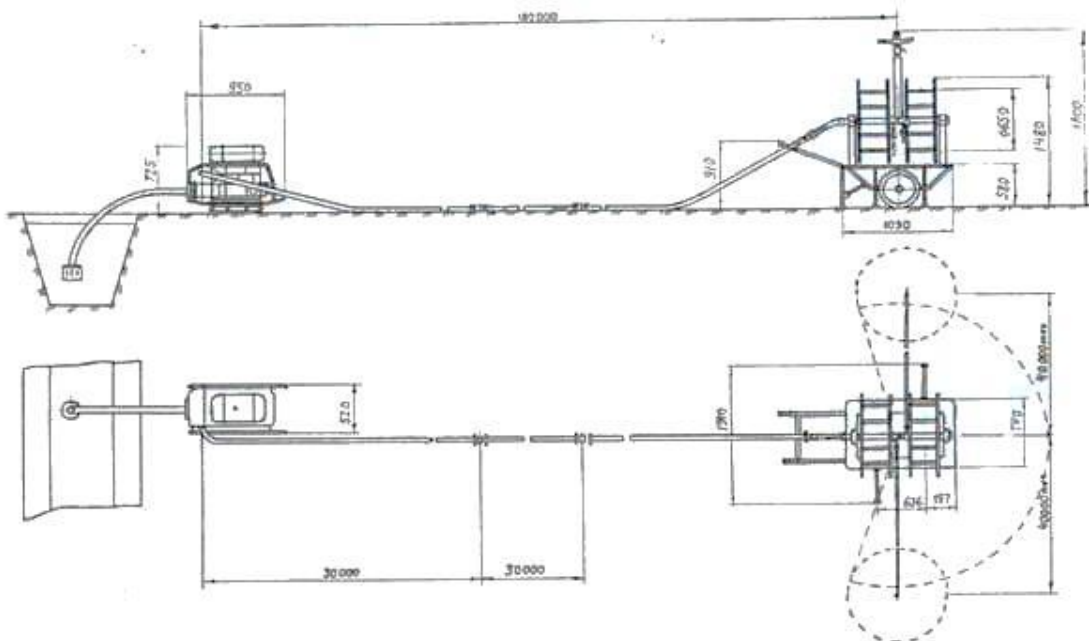


Рис. 3.1. Принципова схема комплекту зрошувального пересувного КОП-1.

По шлангах подається вода до бічних дощувальних апаратів розміщених на полозках. Центральний дощувальний апарат працює по сектору, бічні апарати – по колу.



Рис. 3.2. Загальний вигляд КОП-1.

Подача води до КОП-1 від гідранта зрошувальної мережі або мотопомпи здійснюється по трубопроводу (діаметром 75 або 90 мм), який виконано з розбірних ланцюгів гнучких труб, що дає змогу оперативно від'єднувати або приєднувати його під час зрошення окремих ділянок і наближення до водозабірної гідранта або віддалення від нього.

Основні розміри і параметри комплекту зрошувального пересувного наведено в таблиці 3.1.

Розроблено шлангобарабанну установку ШБУ-1,5/36 фронтальної дії з гідравлічним приводом, яка призначена для поливу дощуванням зернових, овочевих, баштанних і технічних культур.

Шлангобарабанна установка здійснює полив у фронтальному русі. Водозабір до установки здійснюється з гідранта закритої зрошувальної системи або відкритої зрошувальної мережі з використанням мотопомпи.

Основні технічні характеристики розробленої установки КОП-1

| Найменування параметра і розміри | Одиниці виміру | Норма |
|--|--------------------|--|
| Тип обладнання | | Візок пересувний фронтальної і позиційної дії |
| Водозабір | | З гідранта закритої мережі; з відкритої мережі |
| Витрата води | л/с | 5-13,3 |
| Напір води | МПа | 0,5 |
| Кількість барабанів | шт. | 2 |
| Дощувач центральний, 2'' | шт. | 1 |
| Дощувач боковий, 1'' | шт. | 2 |
| Відстань між позиціями зрошення | м | 30 |
| Напірні поліетиленові трубопроводи: - кількість - довжина - діаметр | шт. м мм | 2 не більше 40 32 |
| Поливна норма | м ³ /га | 100 - 300 |
| Час поливу на одній позиції при нормі 100 м ³ /га | год | 1,1 |
| Продуктивність при нормі 300 м ³ /га | га/год | 0,06 – 0,15 |
| Маса конструктивна | кг | 316 |

Установка призначена для експлуатації в польових умовах на відкритому повітрі в районах з помірним кліматом при мінімальній температурі навколишнього середовища +5°C, кліматичне виконання У1, категорія розміщення І.

ШБУ-1,5/36 складається з двоколісної рами, на якій розміщено барабан з гідроприводом (рис. 3.3). На барабан намотано поліетиленовий трубопровід діаметром 32 мм і довжиною 120 м по якому подається вода до середньоструминного дощувального апарата, який розміщено на полозках. Гідропривід складається з гідроциліндра діаметром 122 мм, розподільного клапана двосторонньої дії та регулюючого крана-здатчика, який збільшує або зменшує подачу води змінюючи тим самим швидкість руху дощувального апарату при поливі.



Рис. 3.3. Загальний вигляд шлангобарабанної установки ШБУ-1,5/36.

Барабан діаметром 800 мм виконано з труб прямокутного перерізу з ребордами, установлений на опорах у підшипниках ковзання. Трубопровід на барабані намотано у два ряди, для збільшення продуктивності установки можлива заміна трубопроводу діаметром 32 мм на трубопровід діаметром 40 мм.

Основні розміри та параметри шлангобарабанної установки наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Основні технічні характеристики розробленої установки ШБУ-1,5/36

| Найменування параметра і розміри | Одиниці виміру | Норма |
|---|--------------------|--|
| Тип обладнання | | Шлангобарабанна установка з гідроприводом, фронтальної дії |
| Водозабір | | З гідранта закритої мережі; з відкритої мережі з використанням мотопомпи |
| Витрата води | л/с | 1,2 – 2,0 |
| Напір води | МПа | 0,4 – 0,6 |
| Діаметр барабана | мм | 800 |
| Довжина трубопроводу | м | 120 |
| Діаметр трубопроводу | мм | 32 |
| Ширина смуги дощу | м | 36 |
| Поливна норма | м ³ /га | 100-300 |
| Продуктивність при нормі 300 м ³ /га | га/год | 0,02 |
| Маса конструктивна | кг | 140 |

3.2. Дослідження рівномірності розподілу дощу розроблених дощувальних машин

При проведенні досліджень КОП-1 схема розміщення колекторів приймалась за радіальним методом, відстань між колекторами становила 2 м.

Колектори розташовували так, щоб сільськогосподарські культури не заважали проведенню досліджень. Вхідні частини колекторів були встановлені на одному рівні. Усі колектори, які використовували при дослідженнях, були однакові та мали площу вхідного отвору $116,9 \text{ см}^2$. Щоб запобігти впливу вітру при дослідженні вхідні частини колекторів розташовували на висоті 0,2 м від поверхні землі. Швидкість вітру під час випробувань вимірювали обертальним анемометром з інтервалом у 10 хвилин. Анемометр мав нижній поріг швидкості 0,2 м/с і точність вимірювання у межах $\pm 10\%$. Напрямок вітру визначали флюгером з інтервалом у 10 хвилин.

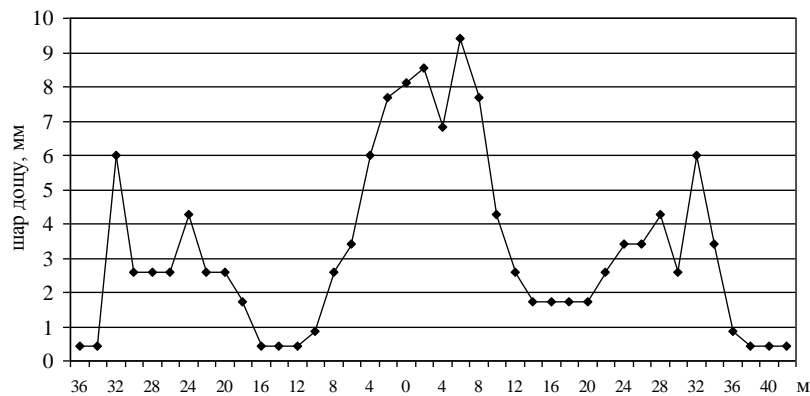
Тиск води на досліджуваній дощувальній установці встановлювався в межах $\pm 4\%$ від заданого і вимірювали зразковим манометром, який мав точність $\pm 2\%$.

Дощувальна установка під час досліджень працювала позиційно. Воду до дощувальної установки подавали по трубопроводу діаметром 75 мм. Тиск на вході в установку складав 0,5 МПа. Довжина бічних поліетиленових трубопроводів складала 26 м.

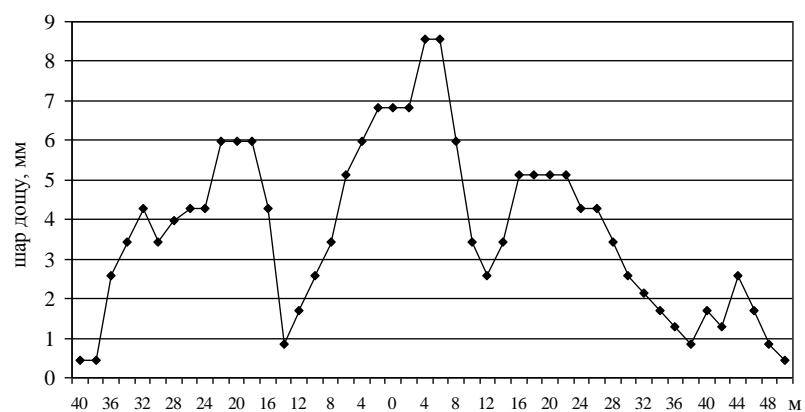
У першому варіанті КОП-1 обладнували центральним дощувальним апаратом “Роса-3” з основним соплом діаметром 18 мм та додатковими - діаметром 7 та 4 мм і бічними дощувальними апаратами “Фрегат-3” з соплами діаметром 5,6 та 5,6 мм. Центральний дощувальний апарат працював із сектором 300° , бічні дощувальні апарати працювали по колу. У другому варіанті на КОП-1 бічні дощувальні апарати “Фрегат-3” були змінені на дощувальні апарати “Роса-3” з основним соплом діаметром 14 мм та додатковими – діаметром 7 та 4 мм. В результаті цих досліджень одержано графіки розподілу шару дощу вздовж установки (рис. 3.4), а також агротехнічні показники (табл. 3.3).

Показники рівномірності дощу, які характеризуються коефіцієнтом ефективного поливу $K_{\text{еф.}}$, коефіцієнтом надлишкового поливу $K_{\text{над.}}$ та коефіцієнтом недостатнього поливу $K_{\text{нед.}}$, визначали за вітчизняною методикою [28].

Обробка результатів досліджень дозволила визначити, що в першому варіанті при середній швидкості вітру 4 м/с коефіцієнт ефективного поливу $K_{\text{еф.}} = 0,21$, коефіцієнт надлишкового поливу $K_{\text{над.}} = 0,36$ та коефіцієнт недостатнього поливу $K_{\text{нед.}} = 0,43$. У другому варіанті при середній швидкості вітру 2,5 м/с, $K_{\text{еф.}} = 0,36$, $K_{\text{над.}} = 0,31$ та $K_{\text{нед.}} = 0,33$. Напрямок вітру в обох варіантах спричиняв боковий знос крапель дощу таким чином смуга дощу була зміщена вправо, відносно центру дощувальної установки (рис. 3.4).



а)



б)

Рис.3.4. Графіки розподілу шару дощу (мм) уздовж установки КОП-1 при використанні різних типів дощувальних апаратів :

а – центральний “Роса-3” (Ø 18, 7, 4); бічні “Фрегат-3” (Ø 5,6; 5,6);

б – центральний “Роса-3” (Ø 18, 7, 4); бічні “Роса-3” (Ø 14, 7, 4).

Аналіз структури дощу дозволив визначити, що середній діаметр крапель дощу в першому варіанті становив 1,9 мм, а в другому – 1,38 мм. В цілому для установки з такими типами апаратів структура дощу відповідає нормативним показникам. Низький коефіцієнт ефективного поливу обумовлюється великою швидкістю вітру та роботою установки на одній позиції без перекриття.

Таблиця 3.3.

Агротехнічні показники КОП-1

| Показник, тип апаратів | Значення показників за даними випробувань | |
|--|---|---|
| | Варіант 1 | Варіант 2 |
| | Середньострумнінний – центральний – “Роса-3” (Ø 18, 7, 4); бічні - “Фрегат-3” (Ø 5,6; 5,6). | Середньострумнінний – центральний – “Роса-3” (Ø 18, 7, 4); бічні - “Роса-3” (Ø 14, 7, 4). |
| Напір води перед КОП-1, МПа | 0,5 | 0,5 |
| Швидкість вітру, м/с | 4,0 | 2,5 |
| Ширина смуги дощу по крайніх краплинах, м | 85,0 | 91,6 |
| Довжина смуги дощу по крайніх краплинах, м | 25 | 34 |
| Площа поливу з однієї позиції, га | 0,18 | 0,22 |
| Загальна витрата води, л/с | 8,6 | 12,9 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,18 | 0,11 |
| Діаметр краплі дощу, мм: | | |
| d_{\max} | 2,5 | 2,21 |
| d_{\min} | 0,7 | 0,82 |
| $d_{\text{серед}}$ | 1,9 | 1,38 |
| Схема поливу | По прямокутнику | По прямокутнику |
| Не полита площа, % (кути) | 31 | 30 |
| Рівномірність поливу за Крістіансеном | 55 | 63 |
| Рівномірність поливу | | |
| $K_{\text{эф.}}$ | 0,21 | 0,36 |
| $K_{\text{над.}}$ | 0,36 | 0,31 |
| $K_{\text{нед.}}$ | 0,43 | 0,33 |
| Середня похибка дослід, ±мм | 0,18 | 0,17 |
| Показник точності дослід, % | 6,4 | 4 |

Дослідження розробленої шлангобарабанної установки ШБУ-1,5/36 проводили на дослідній ділянці з рівним мікрорельєфом. Середня швидкість вітру протягом досліду складала 1 м/с.

Колектори встановлювали відповідно схеми розташування на відстані 1 м один від одного по лінії перпендикулярній напрямку руху дощувального апарату (рис 3.5). Відстань між крайніми колекторами $L = 40$ м – більше ніж ширина смуги дощу (36 м).

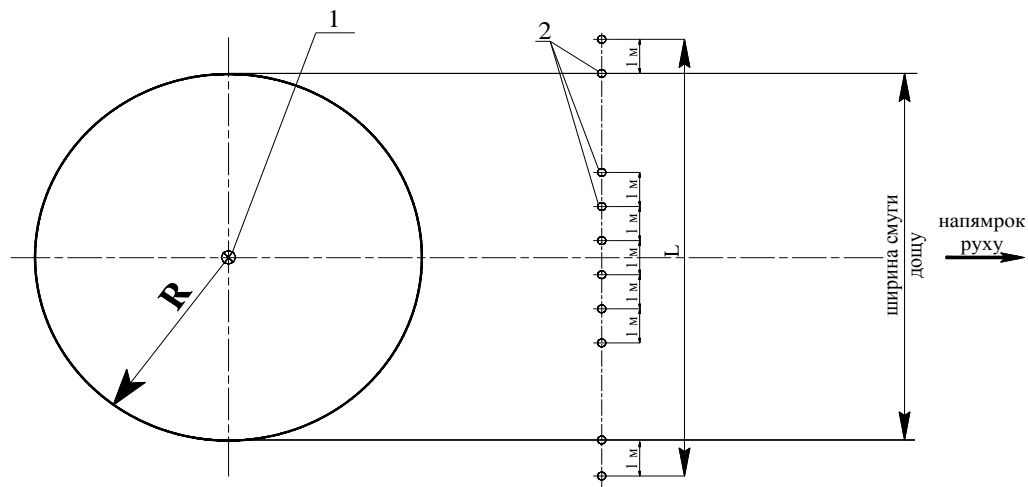


Рис. 3.5. Схема розміщення колекторів при дослідженні ШБУ-1,5/36:

1 – дощувальний апарат; 2 – колектори.

Час проходження дощувального апарату вимірювали секундоміром, що має ціну поділки 0,1 с.

Відлік часу починали з моменту попадання перших крапель дощу у колектори і закінчували після попадання останніх крапель. Під час досліду на шлангобарабанній установці використовували напірний поліетиленовий трубопровід зовнішнім діаметром 32 мм довжиною 120 м та середньострумнинний дощувальний апарат “Фрегат-3” з діаметром сопел 6,3 та 4,8 мм. Тиск на вході в установку склав 0,35 МПа.

В результаті досліджень одержано графік розподілу шару дощу уздовж установки (рис. 3.6), а також агротехнічні показники (табл. 3.4). Розподіл води по колекторам при випробуванні ШБУ-1,5/36 наведено в додатку В.

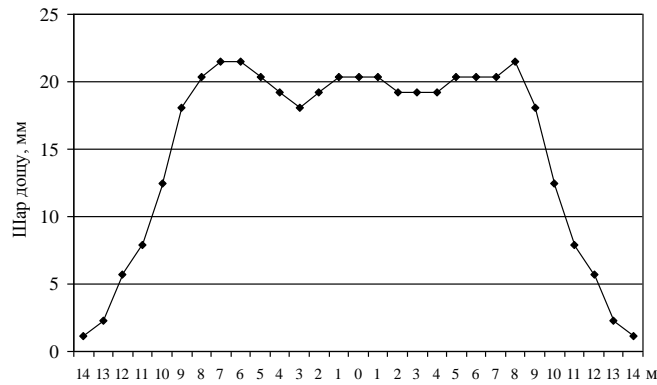


Рис. 3.6. Розподіл шару дощу уздовж ШБУ-1,5/36 при використанні дощувального апарата “Фрегат-3” (Ø 6,3/4,8).

З рисунку 3.6 видно, що швидкість та напрямок вітру майже не вплинули на розподіл шару дощу.

Таблиця 3.4.

Агротехнічні показники ШБУ-1,5/36

| Показники, тип апарата | Значення показників “Фрегат – 3” (Ø 6,3/4,8) |
|---|---|
| Напір води перед ШБУ-1,5/36, МПа | 0,35 |
| Швидкість вітру, м/с | 1,0 |
| Ширина смуги дощу по крайніх краплинах, м | 28 |
| Довжина смуги дощу по крайніх краплинах, м | 28 |
| Площа поливу з однієї позиції, га | 0,34 |
| Довжина поліетиленового трубопроводу, м | 120 |
| Діаметр поліетиленового трубопроводу, мм | 32 |
| Витрата води, л/с | 1,0 |
| Енергоємність поливу при $m = 100 \text{ м}^3/\text{га}$, кВт·год/га | 17,6 |
| Продуктивність при $m = 100 \text{ м}^3/\text{га}$, га/год | 0,02 |
| Середня інтенсивність дощу, мм/хв | 0,08 |
| Питома потужність дощу, Вт/м ² | 0,09 |
| Середній діаметр краплі дощу, мм | 1,2 |
| Схема поливу | По прямокутнику |
| Неполита площа, % (кути) | 15 |
| Рівномірність поливу за Крістіансенем | 85 |
| Рівномірність поливу за вітчизняною методикою: | |
| $K_{\text{эф.}}$ | 0,72 |
| $K_{\text{над.}}$ | 0,10 |
| $K_{\text{нед.}}$ | 0,18 |
| Середня похибка дослідів, ±мм | 0,17 |
| Показник точності дослідів, % | 5,2 |

Обробка результатів досліджень дозволила встановити, що коефіцієнт ефективного поливу розрахований за вітчизняною методикою становить 0,72, а рівномірність поливу за Крістіансеном – 85. Це говорить про те, що розроблена установка має високу рівномірність поливу. Середній діаметр крапель дощу становить 1,2 мм і відповідає вимогам екологічної безпеки ґрунту.

3.3. Висновки до розділу

1. Проведено дослідження у виробничих умовах розроблених комплекту зрошувального пересувного КОП-1 з різними типами дощувальних апаратів та шлангобарабанної установки ШБУ 1,5/36. Отримано основні агротехнічні показники розроблених машин.

Дослідження показали, що при використанні на КОП-1 центрального дощувального апарату “Роса-3” (Ø18, 7, 4) та бічних дощувальних апаратів “Фрегат-3” (Ø 5,6; 5,6) при робочому тиску 0,5 МПа загальна витрата установки складає 8,6 л/с, середня інтенсивність дощу – 0,18 мм/хв, коефіцієнт ефективного поливу – 0,21. При використанні на КОП-1 центрального дощувального апарату “Роса-3” (Ø18, 7, 4) та бічних дощувальних апаратів “Роса-3” (Ø 14, 7, 4) витрата установки складає 12,9 л/с, при робочому тиску 0,5 МПа, середня інтенсивність дощу – 0,11 мм/хв, коефіцієнт ефективного поливу – 0,36. Встановлено, що за рахунок вибору оптимальної схеми зрошення і ступеня перекриття можна підвищити коефіцієнт ефективного поливу.

Дослідження ШБУ-1,5/36 з середньоструминним дощувальним апаратом “Фрегат-3” (Ø 6,3; 4,8) показали, що при робочому тиску 0,35 МПа та витраті 1 л/с інтенсивність дощу складає 0,08 мм/хв, а коефіцієнт ефективного поливу – 0,72. Для збільшення продуктивності, ШБУ-1,5/36 може комплектуватися трубопроводом діаметром 40 мм.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1. Організація охорони праці в господарстві

У господарстві за стан охорони праці відповідає директор господарства. За охорону праці у підрозділі господарства відповідає уповноважена особа – керівник виробничої ділянки, на якій він закріплений наказом. В галузі рослинництва відповідальність за охорону праці несе - головний агроном, в механізації та на транспорті – інженер механік, на машинному дворі - завідувач машинного двору, на пункті ТО тракторів та майстерні - бригадир механізованого загону та майстерні, за електробезпеку – головний енергетик, за організацію охорони праці в господарстві – інженер з охорони праці. Відповідальний за пожежну безпеку та охоронну службу - начальник охоронної служби та за сумісництвом інструктор з пожежної безпеки.

З працівниками, які поступають на роботу інженер з охорони праці проводить вступний інструктаж.

Вимоги безпеки праці – це сукупність правил і прийомів, спрямованих на створення безпечної праці, збереження здоров'я людей і підвищення продуктивності праці. Виконання правил безпеки праці дає змогу запобігти виробничим травмам і усунути причини, які можуть породжувати шкідливі впливи на організм робітників.

Директор господарства:

- забезпечує виконання першочергових заходів галузевої програми поліпшення стану охорони праці і безпеки праці, гігієни праці та виробничого середовища;
 - впроваджує «Положення про систему управління охороною праці на підприємстві»;
- згідно з чинним законодавством забезпечує ефективну діяльність служби охорони праці та пожежної безпеки;
- забезпечує функціональне та раціональне використання коштів фонду охорони праці;

- створює ефективну роботу кабінету з охорони праці;
- створює постійно діючу комісію по перевірці знань працівників підприємства з питань охорони праці та пожежної безпеки;
- забезпечує працівників відповідно з типовими, галузевими нормами засобами індивідуального захисту, в першу чергу спецодягом, милом, обеззаражуючими миючими засобами.
- при необхідності створює комісію з розслідування нещасних випадків професійних захворювань та аварій на підприємстві.

Інженер з охорони праці:

- проводить навчання та перевірку знань законодавчих актів з охорони праці працівників та керівників виробничих ділянок;
- забезпечує працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці;
- розробляє правила, вимоги, положення, інструкції з охорони праці;
- аналізує причини нещасних випадків та професійних захворювань, для розробки рекомендацій і заходів щодо їх зниження;
- забезпечує кабінет з охорони праці необхідною документацією, плакатами, навчальними посібниками та іншим.

Головні спеціалісти господарства:

- забезпечують безпечне проведення робіт і культуру виробництва на кожних робочих місцях ввіреному об'єкті;
 - оформляють перед початком виконання робіт акти - допуски про виконання заходів з безпеки праці, та після закінчення робіт акти про виконання заходів з безпеки праці;
- беруть участь у розробці нових і перегляд діючих інструкцій з охорони праці для працівників ввіреному об'єкті;
- беруть безпосередню участь у проведенні атестації робочих місць за умовами безпеки праці у ввірених їм об'єктах;

- систематично інформують на оперативних виробничих нарадах посадових осіб, про стан техніки безпеки на робочих місцях, виявлені порушення та контролюють усунення виявлених порушень;
- беруть участь у нарадах з охорони праці.

Керівники виробничих ділянок:

- забезпечують проведення навчання, інструктажу, перевірки знань, стажування працівників свого підрозділу згідно з порядком навчання з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці працівників організацій, а саме: проводить вступні, первинні, повторні, позапланові інструктажі на робочому місці з усіма працівниками, в встановлені терміни з оформленням інструктажів у відповідних журналах, не допускає працівників до виконання робіт без інструктажу, стажування, навчання безпечних методів і прийомів ведення робіт;
- здійснюють періодичний оперативний контроль за станом техніки безпеки на ділянці;
- забезпечують безпечне проведення робіт на кожному робочому місці ввіреної йому ділянки;
- здійснюють щоденний, особистий, періодичний протягом дня контроль за станом умов праці;
- забезпечують дотримання робітниками трудової і виробничої дисципліни, правил та інструкцій з охорони праці;
- своєчасно оформляють оперативну, поточну документацію з охорони праці, а саме: акти - допуски, наряди - допуски, акти приймання в експлуатацію, журнали інструктажу на робочому місці, вступного інструктажу, з пожежної безпеки, журнал видачі нарядів - допусків, журнал суміщених робіт і т. д.
- забезпечують ділянку робіт заборонними, попереджувальними знаками і плакатами;

- не допускають працівників до виконання ними трудових обов'язків без проходження обов'язкових медичних оглядів, а також у випадку медичних протипоказань;
- беруть участь у розробці нових і перегляд діючих інструкцій з охорони праці для працівників ввіреної йому ділянки.

4.2. Стан охорони праці в ТОВ «Зоря»

Розглянувши технічний стан машин, можна сказати, що вся техніка справна, повністю укомплектована відповідно до заводських інструкцій. В кожному автомобілі та тракторі є набір необхідного інструменту, інвентарю для обслуговування, вогнегасник та аптечки першої медичної допомоги, але не в повній мірі.

Майданчики для зберігання сільськогосподарської техніки мають тверде покриття, а територія огорожена та має двоє воріт. Яма, для огляду техніки, має спеціальні направляючі для коліс тракторів, сходи для спуску, а також стаціонарне низьковольтне освітлення напругою 36 В.

Освітлення виробничих не в повному обсязі відповідають нормам, а побутових та допоміжних приміщень відповідає вимогам СНІП 11-4-79. Всі ці приміщення обладнані опаленням та вентиляцією.

Територія машинного двору, пункту ТО, нафтосховища обладнана спеціальними уловлювачами забруднених поверхневих стоків, які розміщені в нижній частині території з врахуванням похилу місцевості. Також ці об'єкти обладнані блискавко-захисними установками. Всі верстати і прилади з електроприводом заземлені. Якщо виробничі процеси, робочі місця, відносяться до небезпечних або особливо небезпечних у пожежному відношенні (категорії А чи Б), то поблизу робочого місця знаходиться стенд пожежогасіння, який обладнаний первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, сокирою, відрами, совковою лопатою, ящиком з піском, бочкою з водою або гідрокраном з пожежогасильним рукавом) та пожежною сигналізацією. Обладнання, пристрої та інвентар розташовується та кріпиться так, щоб не створювалася небезпека їх

випадкового зсуву та не створювала перешкоди під час пересування.

Для робітників господарства створили комфортний мікроклімат шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря. В цьому році провели теплоізоляцію конструкцій будівель.

У процесі виконання всіх видів робіт проводять різноманітні інструктажі: вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі, які реєструють в журналі.

На кожній виробничій ділянці знаходяться інструкції з охорони праці, але деякі з них потребують переробки, або повторного перевидання.

Висновок: Провівши спостереження за системою організаційних і технічних заходів з охорони праці в господарстві було виявлено такі недоліки:

- більшість техніки в господарстві на 80 – 85 % відпрацювала свій амортизаційний термін;
- тракторні причеми не обладнані світловою сигналізацією;
- не всі виробничі ділянки забезпечені засобами пожежогасіння;
- деякий інструмент вже застарілий і потребує заміни;
- робочі місця з підвищеною небезпекою мають прострочену атестацію;
- працівники не в повному обсязі володіють знаннями з охорони праці;
- не кожна виробнича ділянка має куточок з охорони праці;
- не в кожній аптечці є повний набір медичних препаратів та засобів медичної допомоги;
- пожежна безпека у господарстві має низький рівень підготовки, не всі виробничі ділянки забезпечені водопостачанням, не повністю функціонують водні басейни, господарство має лише один пожежний автомобіль;
- в декількох інструкцій вийшов термін дії;
- не всі виробничі ділянки забезпечені повним обсягом набором інструкцій з охорони праці;
- деяких приміщеннях необхідно замінити або встановити додаткові світильники.

В загалом, можна зробити висновок, що стан охорони праці в господарстві знаходиться на середньому рівні.

Аналіз виробничого травматизму

Охорона праці крім соціального, має важливе економічне значення - це і висока продуктивність праці, зниження витрат на оплату лікарняних, компенсацій за важкі та шкідливі умови праці тощо. За розрахунками вчених наслідки нещасних випадків коштують у 10 разів більше, ніж витрати на заходи та засоби щодо їх попередження. В цьому розділі пропоную розглянути виробничі травми працівників, провести необхідні розрахунки виробничого травматизму, скласти таблицю з отриманих розрахунках та зробити висновок.

Коефіцієнт частоти травматизму визначаємо за формулою:

$$K_q = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (4.1)$$

де: Т - кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;
Р - кількість працівників, чол.

$$K_q = \frac{2}{128} \cdot 1000 = 15,63$$

Коефіцієнт важкості травматизму визначаємо так:

$$K_o = \frac{D}{T}, \quad (4.2)$$

де: Д - сумарна втрата днів працездатності в результаті нещасного випадку.

$$K_m = \frac{105}{2} = 52,5$$

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$K_{e.m.} = K_q \cdot K_m = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (4.3)$$

$$K_{e.m.} = 15,63 \cdot 52,5 = 820,6$$

Втрата робочого часу визначаємо за такими показниками:

$$B_{p.ч.} = \frac{D}{8} \cdot 40, \quad (4.4)$$

де: Д - сумарна втрата днів працездатності в результаті нещасного випадку, днів; 8 – 8-ми годинний робочий день, год; 40 – 40-ка годинна робоча неділя.

$$B_{p.ч.} = \frac{105}{8} \cdot 40 = 525_{год}$$

Втрата коштів на оплату лікарняних:

$$B_{грн.} = B_{р.ч.} \cdot 12,5, \quad (4.5)$$

де: 12,5 – погодинна оплата працівника, грн.

$$B_{грн.} = 525 \cdot 12,5 = 6562,5 \text{ грн}$$

Аналогічно проводимо розрахунки виробничого травматизму за іншими роками. Всі отримані данні отримані під час розрахунку за 2017 - 2021 роки заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристичні показники травматизму в ТОВ «Зоря» за 2015 -2021 р

| Показники | Роки | | | | |
|---|----------|----------|---------|---------|---------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Кількість працюючих (в сезон сільськогосподарських робіт), чол. | 128 | 127 | 125 | 121 | 117 |
| Кількість нещасних випадків, од. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Втрати днів працездатності від виробничого травматизму: | | | | | |
| перший випадок; | 81 | 38 | | | |
| другий випадок. | 24 | 55 | | | |
| Всього: | 105 | 93 | 43 | 33 | 50 |
| Місяць травматизму: перший випад; | Квітень | Травень | Травень | Липень | Серпень |
| другий випадок. | Вересень | Листопад | | | |
| Втрати днів працездатності від виробничого захворювання | - | - | - | - | - |
| Коефіцієнт частоти травматизму | 15,63 | 15,75 | 8,00 | 8,26 | 8,55 |
| Коефіцієнт важкості травматизму | 52,50 | 46,50 | 43,00 | 33,00 | 50,00 |
| Коефіцієнт втрат робочого часу за рік | 820,31 | 732,28 | 344,00 | 272,73 | 427,35 |
| Втрата робочого часу, год | 525 | 465 | 215 | 165 | 250 |
| Втрата коштів на оплату лікарняних, тис. грн.: | 16562,5 | 15812,5 | 12687,5 | 12062,5 | 13125 |

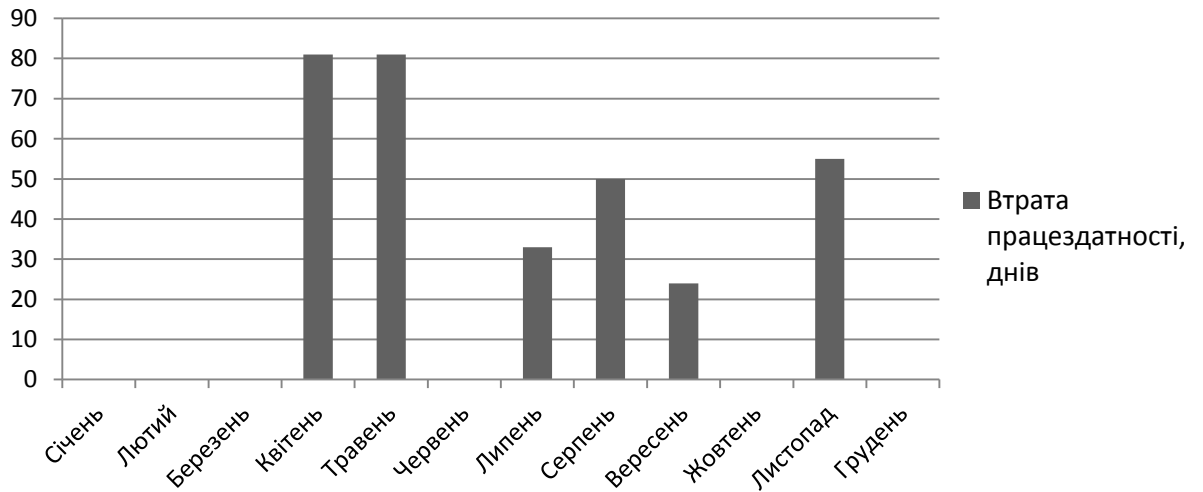


Рис.5.1 Рівень виробничого травматизму та втрати працездатності по місяцям за 5 років

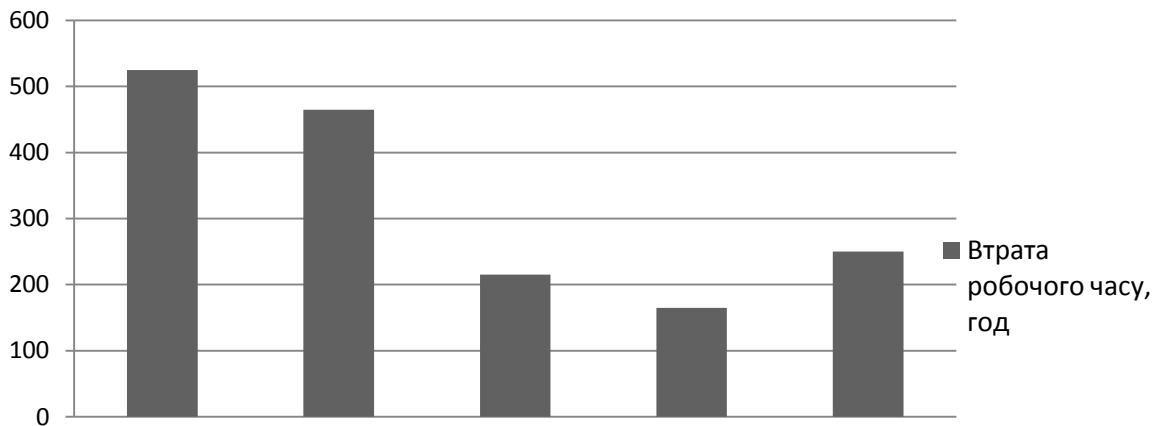


Рис.5.2 Втрата робочого часу внаслідок виробничого травматизму за 5 років

Висновок: Підсумовуючи цей розділ, можна сказати, що за період з 2017 – 2021 року в господарстві зменшилось кількість виробничого травматизму, але причини залишилися. З рис.4.2 ми бачимо, що найбільш травматичними місяцями є квітень та травень – весняні місяці. Майже всі виробничі травми трапилися за таких причин:

- невиконання керівником посадової інструкції, в частині забезпечення дотримання підлеглим персоналом трудової та виробничої дисципліни,

безпечного виконання робіт, дотримання встановлених норм технологічного процесу, експлуатації обладнання;

- невиконання підлеглих інструкцій з охорони праці, інструкцій з безпеки праці на відповідну роботу або операцію;

невиконання керівником підрозділу належного інструктування

підлеглих при виконанні робіт на установках, тракторах, с/г агрегатах,

тощо.

- порушення вимог безпеки праці при виконанні роботи без проходження навчання на установці, без нагляду вище кваліфікованого працівника;
- порушення вимог безпеки праці при знаходженні в заборонених місцях при роботі, та русі машин.

Внаслідок виробничого травматизму за 5 років господарство втратило на оплату лікарняних приблизно 120250 грн. не враховуючи відшкодування кожному працівнику. Всі ці кошти краще було вкласти на покращення вимог охорони праці. В наступному розділі пропонуємо скласти перелік необхідних заходів, які поліпшать охорону праці в господарстві, та провести розрахунки.

4.3. Заходи з поліпшення вимог охорони праці на ТОВ «Зоря»

Заходи з поліпшення вимог охорони праці передбачають систему організаційних і технічних заходів і засобів по запобіганню негативного впливу на робітників небезпечних виробничих факторів. До технічних заходів відносяться:

- розробка та впровадження безпечного обладнання;
- механізація і автоматизація технологічних процесів;
- використання запобіжних пристроїв, автоматичних блокуючих засобів;
- правильне і зручне розташування органів управління обладнанням;
- розробка та впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та управління технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До організаційних заходів належать:

- правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду за охороною праці;
- дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці впровадження безпечних методів та наукової організації праці;
- проведення агітації та пропаганди охорони праці;

організація планово - попереджувального ремонту обладнання, технічних оглядів та випробувань транспортних і вантажопідіймальних засобів.

Таблиця 4.2

Заходи з поліпшення вимог охорони праці

| п/п | Зміст заходів | Потрібно коштів, грн. | Періодичність виконання | Відповідальний за виконання |
|-----|---|-----------------------|-------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Розробити інструкції з безпечним прийомом праці на всі види робіт | 700 | Одноразово | Інженер з охорони праці |
| 2 | Провести атестацію робочих місць з підвищеною небезпекою | 2000 | Одноразово | Головний інженер; інженер з охорони праці |
| 3 | Проводити заняття з ОП з усіма працівниками з програми, згідно закону України про ОП | 150 | Щоквартально | Директор; інженер з охорони праці |
| 4 | Проводити навчання і атестацію спеціалістів середньої ланки в присутності інспектора держнагляду охорони праці | 180 | Щорічно | Директор |
| 5 | Провести "день охорони праці" на рівні директора правління (провести певні навчальні заходи ліквідації персоналу з будівлі) | - | Щорічно | Директор |
| 6 | На кожній виробничій дільниці устаткувати куточок з ОП | 1000 | Одноразово | Інженер з охорони праці |

Продовження таблиці 4.2

| | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|--|--------|------------|--|
| 7 | Організувати навчання та атестацію на групу допуску для роботи в електроприладах: осіб відповідальних за електробезпеку, газоелектрозварювальників | 180 | Щорічно | Інженер з електробезпеки |
| 8 | Розробити на кожного керівника, головного спеціаліста, керівників дільниць посадові інструкції | 60 | Одноразово | Головний економіст; інженер з охорони праці |
| 9 | Провести лабораторні випробування захисного заземлення в електроприладах | - | Одноразово | Відповідальний за електробезпеку; головний енергетик |
| 10 | Дообладнати всі виробничі дільниці засобами пожежогасіння | 1060 | Одноразово | Інструктор з пожежної безпеки |
| 11 | Доповнити медикаментами аптечки на всіх виробничих ділянках | 500 | Щомісячно | Головний інженер; інженер з охорони праці |
| 12 | Оборудувати світловою сигналізацією тракторні причепа | 3000 | Одноразово | Головний інженер |
| 13 | Провести навчання і атестацію осіб відповідальних за вантажопідйомні засоби | 150 | Одноразово | Головний інженер |
| 14 | Замінити застарілий інструмент | 1800 | Одноразово | Головний економіст |
| 15 | Замінити, встановити світильники для всіх виробничих приміщень | 6000 | Одноразово | Відповідальний за електробезпеку; головний енергетик |
| Всього затрат, грн: | | 117780 | Одноразово | Директор |

При проведенні робіт по утепленню будівель, деякі вікна були закладенні з метою економії тепла. Будівлі, такі як, ремонтна майстерня, були позбавленні частини природного світла. Для більш ефективної та безпечної роботи працівників необхідно встановити додаткові світильники.

Висновок: Запропонований зміст заходів для поліпшення вимог охорони праці на які треба затратити приблизно 117780 грн.

5. Економічна ефективність впровадження дощувальних машин

Розроблений нами комплект зрошувальний пересувний КОП-1 з сезонною площею зрошення до 15 га, призначений для використання на існуючій та новій зрошувальній системі.

Економічна ефективність від впровадження і використання КОП-1 буде визначатись за рахунок зменшення витрат енергії при подачі води на зрошення і втрат води на поверхневий стік.

Розрахунок економічної ефективності в цьому випадку не проводився, тому що аналогів КОП-1, які мають вартість 5-10 тис. грн не має.

Використання в якості аналога шлангобарабанних установок з такою ж площею зрошення 10-15 га як у КОП-1 некоректно, тому що їх вартість значна і складає 50-60 тис. грн.

Враховуючи це, розглянемо економічну ефективність від виробництва КОП-1. Розрахунки проводимо на основі існуючої “Методики визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво”.

Налагодження виробництва і реалізація КОП-1 дозволить отримати науково-технічний і економічний ефект.

Отримання науково-технічного ефекту можна очікувати за рахунок поліпшення експлуатаційних параметрів, зменшення енергоємності та матеріалоємності в порівнянні з аналогами.

Економічну ефективність від виробництва КОП-1 будемо визначати за допомогою таких основних показників, які застосовують в світовій практиці: чистий дисконтований дохід (прибуток); індекс дохідності (прибутковості); період окупності інвестицій у реалізацію проєктів; внутрішня норма дохідності.

Для розрахунку економічної ефективності виробництва КОП-1 використаємо вихідні дані, які наведено в таблиці 5.1.

**Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності
виробництва КОП-1**

| № | Назва значення | Одиниці виміру | Величина |
|---|--|----------------|----------|
| 1 | Загальні капітальні вкладення в технологію та обладнання: в тому числі в першому році реалізації проекту | тис. грн. | 200 |
| | | тис. грн. | 200 |
| 2 | Витрати на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи | тис. грн. | 30 |
| 3 | Дохід від продажу нової продукції (КОП-1) за весь період реалізації | тис. грн. | 108 |
| 4 | Ціна одиниці продукції | тис. грн. | 5,0 |
| 5 | Загальна кількість продукції | шт. | 110 |

Розрахунок чистого дисконтованого доходу і обсяги чистого грошового та кумулятивного потоків проведемо з використанням вихідних даних, які наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Чистий дисконтований дохід від виробництва КОП-1 (тис. грн)

| Значення | Освоєння технології та обладнання | Виробництво КОП-1 | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Чистий грошовий потік (P_t) | -200 | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - |
| Кумулятивний грошовий потік | -200 | -150 | -50 | 50 | 150 | 250 | 350 | - |
| Чистий дисконтований дохід (ЧДД) | -172,4 | 37 | 64 | 55,2 | 47,6 | 41,1 | 35,5 | 108 |

Чистий дисконтований дохід (прибуток) визначаємо за формулою:

$$ЧДД = \frac{P_t}{(1+d)^t}, \quad (5.1)$$

де $ЧДД$ – чистий дисконтований дохід;

t – роки реалізації інноваційно-інвестиційного проекту;

P_t – чистий грошовий потік у періоді t ;

d – норма дисконтування, $d = 0,16$.

Дані розрахунків грошових потоків наведено в таблиці 4.6.

Стійкість проекту визначаємо за допомогою формули:

$$T_6 = \frac{Z_c}{C - Z_y}, \quad (5.2)$$

де T_6 – точка беззбитковості;

C – ціна одиниці продукту;

Z_c, Z_y – відповідно, умовно постійні і змінні витрати, що змінюються пропорційно обсягу виробництва.

Враховуючи, що ціна одного комплекту КОП-1 складає 5,0 тис. грн, а $Z_c = 2,5$ тис. грн і $Z_y = 1,2$ тис. грн одержимо, що $T_6 = 0,66$ або 66 відсотків.

Індекс дохідності (рентабельності), тобто співвідношення чистого дисконтованого доходу $ЧДД$ та одноразових і капітальних витрат на виробництво КОП-1 визначаємо за формулою:

$$ІД = \frac{ЧДД}{ДВІ}, \quad (5.3)$$

де $ІД$ – індекс дохідності;

$ДВІ$ – дисконтована вартість інвестицій в інновації.

Підставляємо числові значення $ЧДД = 108$ тис. грн і $ДВІ = 230$ тис. грн, одержимо $ІД = 0,46$, тобто рентабельність реалізації проекту становитиме 46%, а проект виробництва КОП-1 є прибутковим.

Період окупності інвестицій в проект визначається як період, необхідний для повернення первісної суми інвестицій за рахунок накопичення реальних коштів від виробництва і реалізації КОП-1.

Період окупності визначаємо за формулою:

$$T = \frac{P}{\text{ЧДД}}, \quad (5.4)$$

де T – термін окупності, роки;

P – сума інвестицій $P = 230$ тис. грн;

ЧДД – чистий дисконтований дохід $\text{ЧДД} = 108$ тис. грн.

Підставимо числові значення в формулу 4.4 і визначимо, що витрати на проект можуть бути окуплені за 2,2 роки.

Якщо збільшити виробництво КОП-1 до 50-100 штук на рік, а загальну кількість виробництва в 2017-2021 роках до 550 штук, то в цьому випадку одержимо:

- сума інвестицій, $P = 330$ тис. грн;

- чистий дисконтований дохід, $\text{ЧДД} = 1144$ тис. грн;

- термін окупності, $T = 3,5$ роки.

Розрахунок економічної ефективності розробленої шлангобарабанної установки ШБУ-1,5/36 виконуємо на основі порівняння рівномірності зрошення трьох варіантів системи розподілу дощу, які використовуються в шлангобарабанних установках.

Дослідженнями визначено, що розроблена схема розміщення і підібраний тип дощувальних насадок забезпечують більш високу рівномірність розподілу дощу. В розрахунках приймаємо, що сезонна площа зрошення ШБУ-1,5/36 складає 2 га для всіх типів систем розподілу дощу.

Річний економічний ефект від підвищення рівномірності і якості поливу визначаємо за формулою згідно методики [28]:

$$E_k = 0,01 \cdot (Y_n - Y_0) \cdot C \cdot F, \quad (5.5)$$

де Y_0 , Y_n – рівень урожайності залежно від величини коефіцієнту ефективного поливу відповідно по шлангобарабанним установкам з середньострумінними дощувальними апаратами та розробленою консоллю, %;

C – середня ціна валової продукції землеробства в грн з 1 га зрошуваних земель;

F – сезонна площа зрошення ШБУ, га.

Розрахунок економічного ефекту виконаємо для таких овочевих культур - моркви і капусти, середня урожайність яких на зрошенні складає відповідно 80 та 100 т/га.

При розрахунках економічного ефекту капітальні і експлуатаційні витрати на зрошення однакові для всіх варіантів ШБУ, тому вони не враховуються. Ціна реалізації продукції взята за 2021 рік і складає для моркви 4 тис. грн за тонну, а для капусти 3,5 тис. грн за тонну.

Вихідні дані для розрахунку і економічний ефект від підвищення рівномірності поливу різних типів розроблених дощувальних машин наведено в таблиці 4.3.

Таким чином, річний економічний ефект від використання ШБУ з консоллю при вирощуванні моркви та капусти складе відповідно 6,4 та 7,0 тис. грн/га в порівнянні з ШБУ обладнаний серійним середньострумним дощувальним апаратом.

Таблиця 5.3.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

| Тип дощувальної установки | Коефіцієнт ефективного поливу | Рівень урожайності U_b , % | Сезонна площа зрошення, га | Річний економічний ефект на машину при вирощуванні, грн* | | Економічний ефект при вирощуванні, грн /га* | |
|--|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|---------|---|---------|
| | | | | моркви | капусти | моркви | капусти |
| ШБУ з серійним середньострумним апаратом | 0,7 | 100 | 2 | - | - | - | - |
| ШБУ з вітростійким середньострумним апаратом | 0,75 | 101 | 2 | 6400 | 7000 | 3200 | 3500 |
| ШБУ з секторними насадками на консолі | 0,82 | 102 | 2 | 12800 | 14000 | 6400 | 7000 |

* -ціна реалізації продукції за 2021 рік.

Термін окупності виробництва КОП-1 у кількості 110 штук при капітальних вкладеннях 230 тис. грн складе 2,2 роки, водночас чистий дисконтований дохід буде 108 тис. грн.

Річний економічний ефект від підвищення рівномірності зрошення ШБУ з консоллю при вирощуванні моркви та капусти складе відповідно 6,4 та 7,0 тис. грн/га у порівнянні з ШБУ обладнаною серійним середньострумнинним дощувальним апаратом.

Загальні висновки

1. На основі аналізу існуючих технологій та засобів зрошення і визначено перспективні напрями створення нових економічних мобільних технічних засобів зрошення та принципових схем використання їх на малоконтурних ділянках. Розроблено методики та лабораторні стенди для визначення агротехнічних показників і параметрів технічних засобів зрошення та їх основних робочих органів.

2. Дослідженнями розроблених гідроприводів мембранного та поршневого типу встановлено, що гідропривід мембранного типу при робочому тиску 0,35 МПа може бути застосовано на шлангобарабанній установці з поліетиленовим трубопроводом діаметром 32 мм і довжиною 200 м.

3. Дослідженнями визначено, що дощувальні насадки кругової дії доцільно використовувати на мобільних дощувальних машинах фронтальної дії, на пересувних фермах шлангобарабанних установок за умови застосування засобів очищення води від твердих частинок з розмірами: для насадок виробництва ПГМ УААН – більше 2,5 мм; для насадок виробництва ТОВ “Техносервіс” – більше 1,5 мм.

4. Розроблено принципові схеми використання та технологію роботи пересувних комплектів зрошення, на зрошувальних системах з широкозахватними дощувальними машинами кругової та фронтальної дії типу “Centerstar” та “Linestar” для підвищення коефіцієнта земельного використання та коефіцієнта корисної дії зрошувальної мережі.

5. Дослідженнями визначено, що для зменшення енергоємності поливу при подачі води до дощувальної установки поліетиленовим трубопроводом діаметром 75 мм довжина гону не повинна перевищувати 200 м, водночас втрати напору по довжині трубопроводу при витраті 13 л/с становлять 20 м. При застосуванні трубопроводу діаметром 90 мм допустима довжина гону 450 м, втрати напору при витраті 13 л/с – 18 м.

6. Дослідження розробленого пересувного комплексу зрошення КОП-1 показали, що при робочому тиску 0,5 МПа, витраті води 8,6 л/с та швидкості вітру 4,0 м/с середня інтенсивність дощу становить 0,18 мм/хв, коефіцієнт ефективного поливу – 0,21. При робочому тиску 0,5 МПа, витраті води 12,9 л/с та швидкості вітру 2,5 м/с середня інтенсивність дощу – 0,11 мм/хв, коефіцієнт ефективного поливу – 0,36.

7. Розроблено шлангобарабанну установку ШБУ-1,5/36. За умови зменшення енергоємності поливу визначено, що при комплектації розробленої шлангобарабанної установки поліетиленовим трубопроводом діаметром 32 мм максимальна витрата води не повинна перевищувати 1 л/с, а при комплектації трубопроводом діаметром 40 мм – 2 л/с. Дослідження ШБУ-1,5/36 показали, що при робочому тиску 0,35 МПа, витраті води 1 л/с, швидкості вітру 1,0 м/с інтенсивність дощу становить 0,08 мм/хв, коефіцієнт ефективного поливу – 0,72.

8. Визначено, що термін окупності виробництва КОП-1 у кількості 110 штук при капітальних вкладеннях 230 тис. грн є 2,2 роки, водночас чистий дисконтований дохід буде 108 тис. грн.

Річний економічний ефект від підвищення рівномірності зрошення ШБУ з консоллю при вирощуванні моркви та капусти буде відповідно 6,4 та 7,0 тис. грн/га порівняно з ШБУ, обладнаною серійним середньострумним дощувальним апаратом.

Список використаних джерел

1. Апарати дощувальні кругової дії. Частина 1. Вимоги до проектування та експлуатування (ISO 7749-1 : 1995, IDT) : ДСТУ ISO 7749 – 1: 2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 14 с. – (Національний стандарт України).
2. Апарати дощувальні кругової дії. Частина 2. Рівномірність зрошування та методи випробування (ISO 7749-2 : 1990, IDT) : ДСТУ ISO 7749 – 2: 2004 – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 8 с. – (Національний стандарт України).
3. Афанасьева Г. К. Силы сопротивления, возникающие при транспортировке водоводов водозаборных устройств / Г. К. Афанасьева, В. Г. Луцкий, В. М. Афанасьев // Ресурсосберегающие технологии и техника орошения. – 1987. – С. 104 – 110.
4. 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.
5. Влияние типа дождевальной техники на выбор оборудования насосных станций / А. В. Шевченко, В. Е. Гриценко, Б. И. Конаков [и др.] // Гидротехника и мелиорация. – 1983. - № 6. – С. 40 – 43.
6. Гаврилица А. О. Современные проблемы дождевания / Гаврилица А. О. – Кишинев: Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Молдова, 1993. – 338 с.
7. Гарькавий А.Д. Конкурентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спірін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2003. - 68 с.
8. Гринь Ю. І. Удосконалення зрошувальних систем на основі ресурсозберігаючих технологій та засобів зрошення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 06.01.02 “Сільськогосподарські меліорації” / Ю. І. Гринь. – К., 2000. – 42 с.

9. Гулюк Г. Г. Водное хозяйство Франции / Г. Г. Гулюк, М. Г. Чуелов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. - № 5. – С. 30 – 33.
10. Гулюк Г. Г. Материально-техническая основа развития орошения в Российской Федерации / Г. Г. Гулюк // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - № 3. – С. 26 – 27.
11. 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.
12. Гурин В. А. Повышение надежности и совершенствование закрытой оросительной сети в условиях Юга УССР: автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра техн. наук: спец. 06.01.02 “Сельскохозяйственные мелиорации” / В. А. Гурин. – М., 1991. – 39 с.
13. Дождевальная машина "Фрегат" / П. И. Коваленко, Ю. И. Гринь, // Гидротехника и мелиорация. – 1987. - № 9. – С. 45 – 47.
14. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 254 с.
15. Ерхов Н. С. Практикум по сельскохозяйственной мелиорации и водоснабжению / Н. С. Ерхов, В. С. Мисенев. – М.: Колос, 1977. – 144 с. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб заведений).
16. Икрамов Р. К. Водное хозяйство и мелиорация земель в Узбекистане: состояние, пути улучшения / Р. К. Икрамов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. - № 3. – С. 18 – 26.
17. Защита орошаемых земель от эрозии, подтопления и засоления / [Хруслова Т. Н., Срибный И. К., Андрусенко И. И. и др.]; под ред. Т. Н. Хрусловой. – К.: Урожай, 1991. – 208 с.
18. 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.

19. 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.
20. Камеры тормозные диафрагменные: ГОСТ 13228-67. - [Введ. 01.01.1968]. – М.: Изд-во стандартов, 1967. – 11 с.
21. Колесник Ф. И. Мелиоративные основы повышения эффективности дождевальных машин/ Гидротехника и мелиорация. – 1979. - № 10. – С. 41 – 44.
22. Костяков А. Н. Дождевание. т. 6, – М., 1940. – С. 117 – 121.
23. Лебедев Б. М. Дождевальные машины / Б. М. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1965. – 254 с.
24. Лебедев Б. М. Техника полива за рубежом / Б. М. Лебедев, Г. П. Лямперт, Ю. А. Кремнев, В. Ф. Назаров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1981. - № 2. – С. 34 – 37.
25. Лямперт Г. П. Новая оросительная техника / Г. П. Лямперт // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. - № 10. – С. 6 – 8.
26. Машины і установки дощувальні. Програми, методи випробувань і оцінок: ВНД 33-4.3-01-98. – Офіц. вид. –К.: Держводгосп України, 1998. –139 с.
27. Машины зрошувальні пересувні. Частина 1. Робочі характеристики та методи лабораторних і польових випробувань (ISO 8224-1 : 2003, IDT) : ДСТУ ISO 8224 – 1: 2004 – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 31 с. – (Національний стандарт України).
28. Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ "Росинформ-агротех", 2003. – Т.1 (А – К). – 438 с.
29. Ольгаренко Г. В. Перспективы развития технологий и техники орошения / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - № 3. – С. 30 – 33.
30. Ольгаренко Г. В. Сохранить парк дождевальных машин / Г. В. Ольгаренко, С. М. Давшан, С. С. Савушкин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. - № 5. – С. 16 – 20.
31. 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.

32. 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.

33. Полосовые шланговые дождеватели. Мелиорация и водное хозяйство: обзорная информация / [Винокуров Е. Я., Рязанцев А.И., Лapidовский А. К., Евтюхин В. И.]. – М.: ЦБНТИ Госконцерн "Водстрой", 1991.

34. Про комплексну державну програму енергозбереження України. Постанова Кабінету Міністрів України від 5.02.97, № 148.

35. Рекламні проспекти закордонних та вітчизняних фірм і підприємств.

36. Рекомендации по применению в водохозяйственных расчетах технико-эксплуатационных показателей дождевальных аппаратов, выпускаемых промышленностью серийно / [А. И. Козлов, Е. П. Олефир, А. А. Кистанов и др.]. – Коломна: ВНПО по механизации орошения "Радуга". Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и техники полива, 1981. – 71 с.

37. Ромащенко М. І. Визначення ерозійно безпечних поливних норм в умовах зрошення дощування сільськогосподарських культур на полях з похилами / М. І. Ромащенко, О. В. Шевченко // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 91. – С. 13 – 21.

38. Рязанцев А. И. Направление совершенствования дождевальной техники/ Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. - № 3. – С. 33 – 36.

39. Севрюгин В. К. Оптимизация элементов бороздкового полива / В. К. Севрюгин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. - № 1. – С. 13 – 15.

40. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. – Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.

41. Смехнов Ю. Л. Оценка уровня технического совершенства мелиоративной системы / Ю. Л. Смехнов, Ю. О. Михайлов // Гідротехніка і

меліорація в Україні. – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 1993. – Вип. 2. – С. 33 – 41.

42. Сопротивление материалов / [Г. С. Писаренко, В. А. Агарев, А. Л. Квитка и др.]. – К.: Вища школа, 1979. – 693 с.

43. Справочник по механизации орошения / [Б. Г. Штепа, Н. В. Винникова, Гусейн-заде С. Х. и др.]; под ред. Б. Г. Штепы. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

44. Тихонов В. В. Анализ развития полосовых шланговых дождевателей для полива малых площадей / В. В. Тихонов // Научные технологии в мелиорации. (Костяковские чтения): междунар. конф., 30 марта 2005 г.: материалы конф. – М.: Изд. ВНИИА, 2005. – С. 185 – 190.

45. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера-конструктора / Штейнберг Б. И., Брайман Б. М., Ильченко В. И. – К.: Техника, 1979. – 150 с.

46. Шумаков Б. Б. Оптимальное управление – неперемное условие эффективности и экологической безопасности в орошаемой земледелии / Б. Б. Шумаков, В. П. Остапчик // Вестник с.-х. науки. - 1989. - № 6.

47. Щедрин В. Н. Дождевальная техника для открытой оросительной сети: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Ю. Ф. Снопич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. - № 5. – С. 25 – 26.

48. Щедрин В. Н. Перспективные направления развития дождевальной техники / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Ю. Ф. Снопич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. - № 5. – С. 20 – 24.

49. Capital Investment. Irrigation youruni. – 1987. – vol. 28. – P.28 – 29.

50. Gilley J. Suitability of Reduced Pressure Center-Pivots. – Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1984. Vol. 110. – P. 22 – 34.

51. Journal of Applied Irrigation Science. Vol.31(2), October 1996, pp 155 – 163.

52. Pierce introduces three new systems. – Irrigation Age. – 1979. Vol. 13. – P.6 – 8.

53. Sampas R. et al. Economic evaluation of on – farm water management projects // Water Resources Bulletin. – 1986. vol. 22. - № 2. – P. 191 – 204.*

ДОДАТКИ

