

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня “Магістр”
на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
БАГАТООПОРНОЇ ДОЩУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МґАІ-1-22
за спеціальністю 208 “Аґроінженерія”

_____ Віталій ПОПОВ

Керівник _____ Наталія ПОНОМАРЕНКО

Рецензент _____
(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2023

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)

« ____ » _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Попов Віталій Миколайович

(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
«09» листопада 2023 року № 3422

2. Строк подання студентом роботи 27.11.2023 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Існуючий стан розвитку механізованого зрошення у світі. Напрями і методи досліджень дощувальних машин. Обґрунтування енергоефективності сучасних багатоопорних дощувальних машин і удосконалених систем приводу. Результати експериментальних досліджень робочих органів багатоопорних дощувальних машин. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження техніко-експлуатаційних параметрів

сучасних багатоопорних дощувальних машин, оцінка економічної ефективності. Загальні висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1,2. Мета і задачі досліджень. 3. Особливості використання існуючих систем дощувальних машин. 4. Загальна схема експериментального стенда для визначення параметрів гідротурбінного приводу дощувальної машини
5. Методика експериментальних досліджень гідротурбінного приводу. 6. Витрати та вартість паливно-енергетичних ресурсів, які споживають багатоопорні дощувальні машини, що використовуються в Україні. 7. Питомі витрати електроенергії залежно від модифікацій дощувальних машин кругової дії. 8. Потужність, яка забезпечується енергією зрошувальної води для поливу і пересування модифікацій дощувальних машин кругової дії. 9, 10. Результати експериментальних досліджень робочих органів БДМ. 11. 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			
6			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 20.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п /п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	<i>Примітка</i>
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.09.2023 р.	
2	Теоретичний	до 10.10.2023 р.	
3	Експериментальний	до 29.10.2023 р.	
4	Охорона праці	до 15.11.2023 р.	
5	Економічний	до 22.11.2023 р.	
6	Демонстраційна частина	до 24.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Попов В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пономаренко Н.О.

(прізвище та ініціали)

Зміст

Анотація.....	5
Вступ.....	7
1. Існуючий стан розвитку механізованого зрошення у світі.....	8
1.1. Сучасний стан і тенденції розвитку багатоопорних дощувальних машин.....	9
1.2. Особливості використання існуючих систем приводу дощувальних машин.....	21
1.3. Перспективні напрями покращення якості зрошення й водорозподільних вузлів дощувальних машин.....	24
1.4. Висновки до першого розділу.....	27
2. Напрями і методи досліджень дощувальних машин.....	28
2.1. Мета та напрями досліджень.....	28
2.2. Методика експериментальних досліджень гідротурбінного приводу.....	30
2.3. Польові дослідження багатоопорних дощувальних машин.....	35
2.4. Висновки до другого розділу.....	37
3. Обґрунтування енергоефективності сучасних багатоопорних дощувальних машин і удосконалених систем приводу.....	37
3.1. Нормування питомих витрат електроенергії на зрошення вітчизняними багатоопорних дощувальних машин.....	37
3.2. Обґрунтування гідравлічних і енергетичних параметрів багатоопорних дощувальних машин з різними типами приводу.....	41
3.3. Висновки до третього розділу.....	53
4. Результати експериментальних досліджень робочих органів багатоопорних дощувальних машин.....	54
4.1. Результати експериментальних випробувань гідротурбінного приводу	54
4.2. Дослідження параметрів процесу запуску багатоопорних дощувальних машин.....	63
4.3 Висновки до четвертого розділу.....	71

6. Дослідження техніко-експлуатаційних параметрів сучасних багатоопорних дощувальних машин, оцінка економічної ефективності.....	72
5.1. Оцінка ефективності використання сучасних дощувальних машин.....	72
5.1.1. Ефективність за рахунок підвищення рівномірності дощу.....	72
5.1.2. Оцінка ефективності використання на ДМ гідротурбінного приводу....	75
5.2. Висновки до розділу.....	77
Загальні висновки.....	78
Список використаної літератури.....	80

Анотація

Обґрунтування техніко-експлуатаційних параметрів багатоопорної дощувальної машини.

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 56 найменувань. Основна частина роботи викладена на 84 сторінках машинописного тексту, містить 20 рисунки і 23 таблиць.

Метою роботи є визначення та удосконалення техніко-експлуатаційних параметрів сучасних багатоопорних дощувальних машин та їх робочих органів.

Для досягнення мети в роботі вирішено такі завдання:

- проведено аналіз існуючого стану зрошення, способів використання багатоопорної дощувальної машини;
- проведено аналіз витрат електроенергії і дизельного палива модифікаціями багатоопорної дощувальної машини;
- визначено енергетичні параметри різних типів приводів для переміщення дощувальної машини і способів їх удосконалення;
- досліджено техніко-експлуатаційні параметрів та визначено техніко-економічну ефективність використання удосконаленої дощувальної машини.

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

Вступ

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

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

1. Існуючий стан розвитку механізованого зрошення у світі

Зрошення - найважливіший фактор інтенсифікації землеробства, який визначає високий рівень та стійкість сільськогосподарського виробництва незалежно від погодних умов. Зрошувані площі займають у 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 у розвинутих державах Європи (Німеччина, Франція, Італія), у США, займаючи 18% площі сільгоспугідь, зрошувані 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 [1].

Поливні угіддя дають до 1/3 всієї продукції землеробства, а їх продуктивність більш ніж у 2 рази в порівнянні з угіддями, які не зрошуються. Особливо ефективні іригаційні заходи в південних областях, де створення оптимального термічного режиму вирішені самою природою, і завдяки великій кількості сонячного тепла утворюються передумови до формування виключно стабільного землеробства [5].

У глобальному аспекті головним осередком зрошення здавна була і залишається Азія, де, спираючись на багаті традиції, зрошення представлено різноманітними формами й охоплює приблизно 30% оброблюваних площ (без урахування центральноазіатських держав), у тому числі в Китаї - 45%. Цей показник у Європі дорівнює 12%, у країнах СНД - 9%, у Північній і Центральній Америці - 9%, у Південній Америці - 6%, в Африці - 6% та Австралії з Океанією 4%. У багатьох азіатських країнах, включаючи настільки великі, як Китай, Індія, Пакистан, іригаційне господарство як споживач

гідроресурсів не має рівноцінних суперників. Та й в цілому по світу частку галузі в попиті на воду оцінюють приблизно в 70%. В Україні на сучасному етапі розвитку меліорації в умовах дефіциту енергії, 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 [6].

1.1. Сучасний стан і тенденції розвитку багатоопорних дощувальних машин

Досвід розвитку сільського господарства у південних і південно-східних регіонах України показує, що вирощування сільськогосподарських культур у цих зонах проводиться в умовах недостатнього природного зволоження. За останні 70 років сильні посухи в Україні були більше 30 разів. Водночас, в останні десятиріччя посушливість клімату зростає, а кожні три роки з п'яти є посушливими.

Збільшення темпів потепління клімату є реальністю - це глобальна екологічна проблема [7]. В Україні в умовах нестабільної економіки та загостреної екологічної ситуації зміна клімату може мати серйозні наслідки. Тому в переліку відомих заходів підвищення продуктивності землеробства зрошенню належить вирішальна роль. Найбільшого розвитку зрошення досягло в 1989-1990 рр., коли площа зрошуваних земель становила більше 2,5 млн га, з них у зоні Степу 2,1 млн га [9].

Проводячи літературний огляд, можна зробити висновок, що на думку вчених Ромащенко М.І., Коваленка П.І., Яцика А.В., Рокочинського А.М. [17-20] виконання комплексної оцінки різних зрошувальних систем створить фундамент для діалогу на національному та регіональному рівнях, у ході яких відбувається залучення всіх учасників меліорації земель до вибору найбільше обгрунтованих рішень. Це дозволить зберегти існуючі насосні станції та

зрошувальні мережі, які довговічні, у більшості випадків можуть прослужити ще не менше 20 років і забезпечити оптимальну подачу води на поля при вдосконаленні дощувальної техніки.

Незадовільний технічний стан внутрішньогосподарської меліоративної мережі та відсутність достатньої кількості ДМ у господарствах є основною причиною зменшення кількості зрошуваних земель.

У цілому по Україні площа зрошення становила близько 8,7% усіх орних земель, а в областях посушливого Степу, де розміщено майже 80% усього зрошуваного фонду, частка поливних земель значно вища. У Херсонській області, наприклад, зрошується 25,5% орних земель, у Миколаївській - 11,5 %, Запорізькій - 14,5%, Автономній Республіці Крим - 30,8%. Фактично на півдні України зрошується кожен дев'ятий-десятий гектар, а на Херсонщині і в Криму - третя-четверта частина всіх земель.

У цей період на зрошуваних землях півдня України вироблялося близько чверті всієї рослинницької продукції (овочів - 60%, кормів - 28%, рису - 100%), а в Криму та Херсонській області - майже половина, у Запорізькій - 30% , Миколаївській - 28 % [21].

Сьогодні, на існуючих зрошувальних системах із 35 тис. ДМ, що працювали у 1990 р., лишилось лише 8 тис. одиниць, а в робочому стані залишилось близько 5 тис. При цьому більше 80% із наявного парку ДМ вже відпрацювали нормативний термін, але парк дощувальної техніки не оновлюється. З цих причин не можуть використовуватися зрошувані землі на площі близько 800 тис.га. Загальний об'єм використаної води зменшився на 76% [24].

Аналіз свідчить, що ДМ ДДА-100МА залишилось близько 800 одиниць, ДФ «Дніпро» - до 250 одиниць. І лише в окремих господарствах залишились ДМ «Кубань», «Волжанка» [32].

Підвищення надійності гідротехнічних споруд і функціонування зрошувальної мережі вивчалися в роботах Науменка І.І. [34], Гурина В.А. [35], Рокочинського А.М. [36].

В Україні значна увага приділялась розробці методів і засобів зниження витрат води й енергії при експлуатації взаємозв'язаного комплексу «зрошувальна мережа - насосна станція». Цим питанням широко займались такі провідні вчені, як Коваленко П.І. [37], Гринь Ю.І. [38].

У роботі Гриня Ю.І. [39] шляхи енергозбереження на зрошувальних системах передбачають організаційні, технологічні, технічні та енергетичні напрями. З цих напрямів перспективними для господарств є перехід на нові технології й режими поливу, створення нових систем зрошення та ДМ нового покоління. Такі системи й 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.

Попов В.М. [40] провів дослідження з визначення статистичних характеристик водоподачі та споживання палива дощувальними машинами. Проведені дослідження дозволяють за отриманими статистичними характеристиками процесів водоподачі оцінити конструктивні параметри ЗМ на предмет її надійного функціонування в даних умовах.

Для проведення аналізу існуючого стану розвитку механізованого зрошення було взято дві області на півдні України, а саме це Запорізька та Херсонська області. ЗМ в господарствах Вінницької області побудовано протягом 1953-1992 років, джерелом живлення зрошувальних систем є Каховське та Дніпровське водосховища, а «малого» зрошення - річки, вода яких має високу мінералізацію й не відповідає сучасним вимогам [41].

Площа зрошуваних земель у Запорізькій області нараховує 240,701 тис. га, які входять до складу 17 державних зрошувальних систем (226,828 тис.га), а також ділянок «малого зрошення» (13,873 тис.га).

ЗМ побудовано під полив ДМ «Фрегат», ДФ «Дніпро», «Волжанка» [43], двоконсольним дощувальним агрегатом (ДДА - 100) та інших. Фактична наявність ДМ складає 550 одиниць, з них у робочому стані 420 одиниць.

Херсонська область є територією розвинутого землеробства. Водогосподарський комплекс області є найпоширенішим в Україні, до складу якого входять 10523,3 км відкритих каналів, 9168,3 км трубопроводів, 22630 гідротехнічних споруд, 411 НС, сумарною продуктивністю 431,0 куб.м/с та сумарною потужністю 433,8 тис. кВт та інші об'єкти. Наявність ДМ становить понад 3 тис. одиниць. В області налічується 426,8 тис. га, або 21,6 % від загальної площі сільгоспугідь.

Станом на 01.01.2012 р. з 426,8 тис. га. зрошуваних земель через незадовільний технічний стан внутрішньгосподарських мереж, дощувальної техніки та інших причин не використовується 140,6 тис. га, в тому числі 8,2 тис. га рисових систем.

Нині площі використання зрошуваних земель досягли 286,2 тис. га або 67% від наявного меліоративного парку, що є найкращим показником по Україні [45].

Світова практика використання різних типів дощувальної техніки свідчить про те, що за такими показниками, як ступінь автоматизації, надійність, довговічність і зменшення питомих витрат, перевага, безсумнівно, належить багатоопорним машинам кругової дії. Такі машини виробляють різні фірми в багатьох розвинених країнах світу: у США - Valmont, Pierce, Reinke, T-L, Zimmatic; в Австрії - Bauer; в Іспанії - RKD, у Франції - Otech.

При застосуванні БДМ забезпечується до 60% зменшення втрат поливної води у порівнянні з поверхневим поливом [46]. 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.

Застосування сучасної БДМ вимагає значних витрат енергії й води на полив, що підвищує енергомісткість і металомісткість зрошувальних систем при їх використанні. Тому, починаючи з 1984 року в США, почали переобладнання високонапірних ДМ на низьконапірні. Завдяки цьому енерговитрати на полив зменшилися на 35 - 40% [49].

У нашій країні питання енергозбереження при зрошенні набули актуальності, починаючи з 1986 року. У цей період розроблено нові модифікації низьконапірних ДМ «Фрегат», які забезпечують економію енергії на 27% [51]. Подальше вирішення питання енергозбереження при зрошенні привело до створення нової ДМ «Фрегат» низьконапірної модифікації зі зниженою інтенсивністю [52].

Слід зазначити, що з наведених фірм виробників БДМ кругової дії найбільш потужним розробником і виробником є фірма Valmont. На базі ліцензійного зразка розробки цієї фірми - ДМ Valley - в Україні в 1972-1973 рр. була розроблена й створена високонапірна БДМ «Фрегат».

У ці ж роки в м. Первомайську Миколаївської області на заводі суднових механізмів було розпочато виробництво машин «Фрегат», а самому заводу привласнена назва Завод «Фрегат». За період з 1973 по 1993 рр. заводом «Фрегат» було випущено близько 33 тис. ДМ під цією назвою. У той час ДМ «Фрегат» за багатьма показниками була кращою з ДМ, які використовували на полях СРСР. З вітчизняних машин ДМ «Фрегат» мала кращі показники по ступені автоматизації, надійності й продуктивності. Крім цього, ДМ «Фрегат», у порівнянні з іншими різновидами машин. Так, якщо в 1994 р. кількість ДМ «Фрегат» на зрошувальних землях півдня України складало 33,5 % загальної кількості, то в 2010 р. відсоток таких машин у робочому стані виріс більш ніж в 2 рази й склав 67,4 % усього парку працездатних ДМ на цих площах. При цьому, зростання відсотка машин «Фрегат» відбулося не за рахунок збільшення їхньої кількості, а тільки за рахунок втрати працездатності інших ДМ [55].

Недоліками ДМ «Фрегат» у порівнянні з сучасними закордонними є низький кліренс (близько 2,2 м), що не дозволяє зрошувати інтенсивні, високорослі сорти й гібриди деяких зернових і кормових культур (кукурудзу, амарант, топінамбур і т.д.), наявність металевих опорних коліс, які ушкоджують рослини та створюють глибокі колії в ґрунті, а також неможливість рухатися фронтально й без поливу, внаслідок використання гідроприводу, що працює від тиску зрошувальної води.

Ці недоліки відсутні в кращих зразках сучасних закордонних ДМ і в останніх зразках ДМ «Фрегат», вони мають опорні візки із широкими гумовими колесами, які викликають мінімальний тиск на ґрунт і рослини, кліренс до 3 м, можливість переміщатися по полю як по колу, так і фронтально за допомогою приводів візків.

Відповідно до конструктивних особливостей, різні типи БДМ за принципом дії поділяють на фронтальні, кругові та фронтально-кругові (іподромні), а за способом забору води - на машини, які забирають воду із каналу насосом (що постачається у комплекті з ДМ) та ті, що працюють від гідрантів закритої трубопроводної ЗМ, вода до яких подається під тиском від підкачувальної НС.

Машини фронтальної дії з забором води із каналу забезпечують високу продуктивність з мінімальними витратами часу на обслуговування й можуть мати максимальну ширину захвату дощем 1200 м та витрату води до 270 л/с.

Машини фронтальної дії, вода до яких подається від гідрантів гнучким шлангом, мають високу економічність при роботі з максимальною витратою води до 80 л/с.

Сучасні БДМ усіх відомих фірм конструктивно побудовані за модульним принципом, тому мають багато однакових технічних і технологічних рішень для забезпечення їхньої енергоефективності та екологічної безпечності роботи. Основні вузли БДМ - центральна опора поворотної системи, водопровідний пояс із трубопроводів, енергетичний блок, який забезпечує роботу приводу візків, пульт управління та система синхронізації руху ДМ, шарнірно-з'єднувальна система, система розподілення дощу, яка складається із дощувальних насадок та кінцевого дощувального апарата з підкачувальним насосом або без нього.

ДМ кругової дії під'єднуються до трубопроводної мережі через нерухому опору з поворотною системою. Центральна опора поворотної системи забезпечує подавання води до дощувальних насадок та електроенергії для пересування візків і керування роботою машини. Водопровідний пояс є

несучою конструкцією ДМ і складається з прольотів різної довжини, що дозволяє змінювати конструкцію та розміри машини для зрошення полів з різною площею.

Для водопровідних трубопроводів застосовуються труби із оцинкованого металу товщиною 3-4 мм, із алюмінію, нержавіючої сталі та металевих труб із внутрішнім поліетиленовим покриттям. Для водопровідних конструкцій застосовують труби діаметром 141 мм (5"1/2); 168 мм (6"5/8); 203 мм (8"); 254 мм (10"). Труби діаметром 203 мм застосовуються на ДМ довжиною 550 м і більше; труби діаметром 168 мм - для машин довжиною до 400 м і витратою до 63 л/с; труби діаметром 141 мм - для машин меншої довжини з низькою продуктивністю.

Енергетичний блок, який забезпечує роботу приводу візків ДМ, має у складі дизельний двигун, який механічно з'єднано з ЕГ або ГН.

У першому випадку ЕГ забезпечує подавання електроенергії напругою 380/220 V для роботи електричних двигунів опорних візків машини. У другому випадку ГН із бака об'ємом 100 літрів подає під тиском 8,0-10,0 МПа спеціальну рідину для роботи гідромоторів, які встановлено на колесах опорних візків.

Переважає більшість фірм використовують енергетичний блок укомплектований дизель-генератором і лише фірма "T-L Irrigation Company" (США) постачає енергетичний блок із ГН.

Дизельні агрегати для різних модифікацій ДМ мають потужність 5; 7,5; 10; 12; 16 кВт.

Пульт керування й електромеханічна система синхронізації руху візків ДМ, які забезпечують синхронізацію при комбінованому фронтально-круговому режимі руху, мають додаткові функції для безпеки і захисту машин при виникненні позаштатних ситуацій.

Конструкція приводних мотор-редукторів, які застосовуються для переміщення візків, передбачає наявність водонепроникної капсули (клас ізоляції F) та ізольовані електроконтакти.

При використанні гідромоторів у якості приводу коліс можна встановити повністю закриту черв'ячну або планетарну передачу, яка з'єднана з закріпленим на колесі гідромотором.

Зарубіжні фірми пропонують шини чотирьох розмірів, які вибирають залежно від типу ґрунту, висоти та густини насадження рослин. Ширина шин - 264 мм, 284 мм, 368 мм та 429 мм і, відповідно, діаметр шин - 1092 мм, 1448 мм, 1265 мм та 1346 мм.

У більшості зарубіжних ДМ розподілення води здійснюється короткоструминними розбризкувальними насадками кругової дії, які для підвищення рівномірності зрошення мають регулятор тиску, що працює в межах 0,1-0,07 МПа.

Аналіз та оцінка різних типів ДМ вітчизняного та зарубіжного виробництва проводилася також за агротехнічними і техніко-економічними показниками. При агротехнічному оцінюванні враховувалися показники, що найбільше впливають на структуру ґрунту та величину поливної норми.

Аналіз надійності та безпеки роботи різних типів сучасних БДМ показує, що ДМ із автономними гідроприводними системами мають перевагу порівняно із електроприводними, тому що потребують значно менших витрат на технічне обслуговування, забезпечують надійну роботу на всіх типах ґрунтів та унеможливають ураження обслуговуючого персоналу трифазним струмом напругою 380/220 V (ці моделі не потребують його застосування). Тому перспективним є використання гідромоторів, до яких ГН подається індустриальна олива під тиском 8 МПа. ГН приводиться в рух дизельним двигуном.

Питання ефективності зрошення дощувальною технікою в значній мірі залежить від їх екологічної безпеки, яка є основним фактором впливу на ґрунт і довкілля.

Основні типи й узагальнені оптимальні параметри зарубіжних ДМ, які можуть використовуватись на зрошувальних системах України, наведено в табл. 1.1. Як бачимо, всі представлені БДМ працюють при низькому тиску й

мають велику площу захвату, що зменшує витрати на полив.

Таблиця 1.1.

Основні типи й узагальнені оптимальні параметри зарубіжних ДМ, які використовуються в Україні

Тип машин	Витрата води л/с (max)	Тиск на гідранті, МПа	Ширина захвату дощем (max), м	Типи приводу переміщення машини чи консолі	площа зрошенн
1	2	3	4	5	6
БДМ кругової дії типу «Centerstar» при роботі на двох позиціях: - забір води з трубопровідної мережі	64-98	0,25-0,35	460	дизель-електричний, дизель-гідравлічний або електричний по підземному кабелю	140
Фронтальної дії типу «Linestar»: - забір води з гідрантів трубопровідної мережі	80	0,45	400	дизель-електричний, дизель-гідравлічний	100
- забір води з каналу	180	0,29*	800	дизель-електричний	200
Комбінованої дії типу «Centerliner»: - забір води з гідрантів трубопровідної мережі	75	0,30	480	дизель-електричний, дизель-гідравлічний	120
Зрошувальні машини барабанного типу:					
З низьконапірними розприскувачами на консолі AS-50	20,0 22,0	0,50	72	при зрошенні - турбінний привод, при зміні позицій	20
З низьконапірними розприскувачами на консолі AS-32	7,0 13,0	0,55 0,60 0,50	58	трактор класу 1,4 т. при зрошенні - турбінний привод при зміні позицій	12

Основним з недоліків є те, що вони хоч і автоматизовані, але живляться за допомогою дизель-генератора, а ціна на дизельне паливо щороку зростає. БДМ типу «Linestar» з поливом при фронтальному русі дозволяють підвищити використання площі зрошуваних земель і зменшити енергоємність поливу.

У результаті досліджень у різних умовах південної частини України визначено агротехнічні показники сучасних БДМ виробництва відомих фірм

США “Valley”, “Zimmatic”, які наведено в таблиці 1.2 [57].

Таблиця 1.2.

**Агротехнічні показники зарубіжної дощувальної техніки,
яка використовується в Україні**

Назва показника	Одиниця виміру	Дощувальна техніка		
		Кругової дії; Електрифікована «Centerstar»	Фронтальної дії; «Linestar» забір води з закритої мережі	Кругової дії; Електрифікована «Valley»
Довжина	м	448,7	400	446
Площа зрошення	га	63,5	50,4	62,6
Витрата води	л/с	99,8	70	70
Робочій тиск на вході	МПа	0,38	0,35	0,30
Висота падіння крапель	м	1,8	1,5	1,5
Середній діаметр крапель дощу	мм	1,8	1,3	1,4
Шар дощу	мм	39,76	18,3	21,0
Середня інтенсивність дощу	мм/хв	1,08	0,92	0,68
Коефіцієнт ефективного поливу		0,74	0,70	0,58
Коефіцієнт надлишкового поливу		0,12	0,14	0,13
Коефіцієнт недостатнього поливу		0,14	0,16	0,29
Витрати палива дизель-генератором дощувальної машини	л/год	2,72	2,6	1,32
Подача води до машини		Електрифікована НС	Електрифікована НС	дизельна НС «IVECO»

У таблиці 1.2 наведено більш ранні моделі БДМ, які також використовуються в Україні. Видно, що машини мають невисоке значення $K_{\text{ef}}=0,58-0,74$ і значну крупність крапель дощу, що знижує екологічну безпеку ґрунту. Недоліком є також значні витрати дизельного палива на пересування.

Універсальні БДМ типу «Centerliner» можуть швидко перемикатися з поливу у фронтальному русі на полив при русі по колу і навпаки.

ДМ із забором води з каналів мають спеціальні очисні пристрої і фільтр на водозабірному трубопроводі з метою виключення забивання сміттям, водоростями, які знаходяться в каналі. На ДМ, до яких вода подається під тиском від гідрантів трубопровідної ЗМ за допомогою гнучкого поліетиленового трубопроводу НС на енергетичному візку відсутня. Тут встановлюється дизельний двигун невеликої потужності, призначений для привода ЕГ, що виробляє електроенергію для електроприводних двигунів ходових візків машини й роботи систем синхронізації руху візків.

В Україні застосовують також незначну кількість модифікацій ДМ із забором води з каналів типу “Кубань–Л”, “Monostar BMS” та “Quadrostar QS-100”.

ДМ, в яких вода подається по гнучкому трубопроводу, вимагають додаткових витрат ручної праці й часу на від’єднання та приєднання оголовка гнучкого трубопроводу, а також додаткові витрати енергії на подолання втрат тиску води в трубопроводі. Довжина гнучкого поліетиленового трубопроводу може досягати 120 м.

Існують модифікації ДМ фронтальної дії, водозабірний вузол яких має шарнірний трубопровід і автоматичні оголовки, розміщені на спеціальних візках з електроприводами. Робота візків і оголовка заблокована таким чином, що в той час коли вода подається через один оголовок, інший автоматично під’їжджає до іншого гідранта. Під’єднання оголовка здійснюється за допомогою електрогідравлічного пристрою, а керування роботою всіх механізмів машини мікропроцесорами. Основним недоліком такої машини є малі відстані між гідрантами (від 14,5 м до 15,2 м) та високі вимоги до відхилень взаємного розміщення гідрантів по висоті та довжині.

Кругові ДМ типу “Centerstar” недополюють до 20 % квадратного поля, тому можуть комплектуватися додатковими кутовими самохідними опорами, які зрошують кути прямокутних полів і полів неправильної форми.

У цьому випадку, наприклад, на площі 65 га додатково зрошується 7,7 га, що складає 10,6 % від загальної площі ділянки. Фронтальні ДМ зрошують 98 % квадратних полів і можуть зрошувати до 405 га на схилах з ухилом 0,06.

В Україні виготовляли й широко застосовують ДМ «Фрегат» кругової дії низьконапірних модифікацій з гідравлічним приводом, який працює від енергії зрошувальної води (табл.1.3). Машина «Фрегат» має надійну і просту конструкцію, невисоку вартість, хорошу якість дощу. Недоліком машини є незначний кліренс трубопроводу - 2,2 м, глибока колія від металевих коліс і незначна відстань між прогонами - 24 м і 30 м, скиди відпрацьованої води з гідроциліндрів приводу візків [25].

Таблиця 1.3.

**Основні параметри низьконапірних та
низькоінтенсивних модифікацій ДМ ДМУ-Б_{нм} «Фрегат»**

Марка машини	Витрата води на вході при нульовому ухилі, л/с	Тиск води на вході при нульовому ухилі, МПа	Мінімальна поливна норма, м ³ /га	Конструктивна довжина машини, м
ДМУ-Б _{нм} 463-72	72	0,41	335	463,2
ДМУ-Б _{нм} 434-63	63	0,38	330	433,3
ДМУ-Б _{нм} 409-57	57	0,36	295	408,8
ДМУ-Б _{нм} 379-50	50	0,35	277	379,2
ДМУ-Б _{нм} 463-57-01	57	0,38	260	463
ДМУ-Б _{нм} 434-63-01	63	0,38	310	434
ДМУ-Б _{нм} 434-50-01	50	0,35	252	434
ДМУ-Б _{нм} 409-57-01	57	0,36	295	409
ДМУ-Б _{нм} 409-45-01	45	0,34	239	409
ДМУ-А _{нм} 308-30-01	30	0,32	218	308
ДМУ-А _{нм} 283-30-01	30	0,32	242	283
ДМУ-А _{нм} 253-30-01	25	0,30	205	253
ДМУ-А _{нм} 229-25-01	30	0,30	220	229
ДМУ-А _{нм} 199-20-01	20	0,29	189	199

У 2019 році почалося вітчизняне виробництво модифікацій нової електрифікованої машини фронтальної дії ДМФ «Фрегат», яка конструктивно подібна до кращих зарубіжних зразків.

1.2. Особливості використання існуючих систем приводу дощувальних машин

У розвитку зрошення в Україні виділяють три основні напрями ефективного використання зрошення на закритих трубопроводних мережах. Перший - паспортизація існуючих зрошувальних систем та забезпечення умов їхньої ефективною експлуатації, а також оптимізація роботи насосних станцій і дощувальних машин. Другий - реконструкція і модернізація ЗМ та дощувальної техніки. Третій напрямок - будівництво нових зрошувальних систем [14].

Одним із основних напрямків відновлення зрошення в Україні є оптимізація режимів роботи НС і техніко-експлуатаційних параметрів ДМ [26].

За весь час існування конструкція і вузли ДМ підлягали оновленню та модернізації. Основна увага приділялася робочим органам БДМ, а саме системам приводу візків машини й системам розподілення дощу. Під робочими органами ДМ розуміються приводи самохідних візків ДМ, а також системи водорозподілення, які включають дощувальні апарати й короткострумінні насадки. Розглянемо систему приводу ДМ (рис 1.1). Вона складається з 3-х основних груп живлення: пересування за допомогою трактора, двигуна внутрішнього згоряння або електродвигуна на ДМ, використовуючи енергію води. Одним із перших, як правило застарілих способів, є пересування ДМ за допомогою трактора. На прикладі розглянемо ДФ 120 «Дніпро». Машини ДФ-120 «Дніпро» широко застосовувались на території Вінницької області в період 2001 - 2019 років.

Основними її перевагами є простота конструкції, висока продуктивність, невелика ціна. Вона призначена для поливу всіх сільськогосподарських культур, включаючи високостебелеві, з забором води із закритої мережі.

Основним недоліком є спосіб пересування. У комплекті з машиною йде трактор ЮМЗ-6Л з ходозменшувачем 6Н-5А в агрегаті з начіпною пересувною електростанцією, яка є джерелом енергії. А це додаткові витрати на водія та дизельне паливо.



Рис. 1.1. Системи приводу дощувальних машин.

На рис 1.1 видно, що за останні роки системи пересування ДМ дуже змінилися, основна мета - зменшення витрат електроенергії і дизельного палива на зрошення.

Наступною, більш сучасною групою, є машини, які для живлення і пересування використовують двигун внутрішнього згоряння або електродвигун встановлений на машині.

Більш застарілі машини, а саме ДКШ-64 «Волжанка», пересуваються за допомогою системи приводу: ведуче колесо - цепна передача - реверс-редуктор з бензиновим двигуном від бензомоторної пилки «Дружба-4». Такий тип приводу відносять до передавальний-механічного.

Перевага «Волжанки» при дощуванні, наприклад люцерни, виражається в тому, що основні технологічні процеси - переміщення трубопроводу з однієї позиції на іншу й повернення його у вихідне положення - механізовані. Це забезпечує високу продуктивність без затрат на людську працю та погіршення якості зрошення [42].

Більш сучасні машини використовують системи: двигун внутрішнього згоряння (електродвигун) - електрогенератор - електродвигун, ДВЗ (ЕД) -

електрогенератор - гідронасос - гідромотор, ДВЗ (ЕД) - гідронасос - гідромотор.

Пересування таких машин здійснюється за допомогою ЕД або гідромоторів. Основною перевагою таких машин є мобільність, так як їх можна використовувати на великій відстані від насосної станції. Також є можливість живлення іншої електрифікованої машини, яка знаходиться на позиції поряд.

Основним недоліками такої системи є використання дизельного палива, яке з кожним роком дорожчає і має недостатню екологічну безпеку.

Більш сучасними та затребуваними в наші дні є електрифіковані машини, які живляться за допомогою електрокабелю від НС або від іншої машини з двигуном внутрішнього згорання. Перевагою таких машин є те, що власник платить лише за електроенергію та воду, немає шкідливих викидів і витоків масла. Але основними недоліками є витрати на прокладку кабелю, для живлення поряд повинна знаходитися НС або ДМ з ДВЗ.

Найбільш безпечним і економічним способом пересування є привід, який використовує для роботи енергію води (поршневий привід). В Україні таку технологію було широко використано на ДМ «Фрегат». Привід машини гідравлічний. Рухається вона за рахунок енергії зрошувальної води, що подається від гідрантів закритої ЗМ. Одним з недоліків є те, що машина не може рухатися без води.

Перспективним напрямом, який нами запропоновано й досліджується в цій роботі, є використання енергії зрошувальної води для пересування машини за допомогою гідротурбінного привода. На ДМ встановлюється ГТ, яка за допомогою енергії води приводить в дію ЕГ, який живить ЕД візків машини і панель керування. Також можливо використання ГТ зблокованої з ГН для гідравлічного приводу машини.

Але є один недолік - машина не може рухатися без води, тому доцільно таку систему приводу застосовувати на БДМ кругової дії.

Більш детально про використання енергії води для пересування машини за допомогою гідротурбінного приводу буде висвітлено в наступних розділах.

1.3. Перспективні напрями покращення якості зрошення й водорозподільних вузлів дощувальних машин

Ще одним із основних факторів роботи ДМ є система розподіляння дощу.

На різних типах машин застосовують різні системи. За конструктивними ознаками розрізняють наступні типи дощувальної техніки, на яких використовуються дощувальні насадки й апарати: БДМ, двоконсольні дощувальні агрегати, навісні далекоструминні дощувачі, дощувальні установки, стаціонарні дощувальні системи. Дощувальні насадки й апарати забезпечують створення дощу шляхом розпаду струменів на краплі. За шириною захвату крапель вони поділяються на короткоструминні насадки (5-8 м), середньоструминні (15-35 м) і далекоструминні апарати (40-80 м і більше). Короткоструминні насадки не мають рухомих частин і створюють віялоподібний потік води [21].

Середньоструминні апарати, що працюють при тиску 1,5-5 Атм. (0,15-0,5 МПа) з витратою води до 7-8 л/с, і далекоструминні, що працюють при тиску 4-10 Атм., створюють одну або декілька круглих струменів. При поливі стовбур апарату обертається, забезпечуючи кутове переміщення струменя і зрошення кругової площі. Недоліки далекоструминних апаратів - велика енергоємність і низька якість поливу.

Розглянувши літературу, ми бачимо, що раніше такі машини широко застосовувались на сільськогосподарських виробництвах, але час не стоїть на місці і на їх місце прийшли більш сучасні машини з середньоструминними апаратами. Барабанні машини широко застосовуються в наш час, вони більш простіші в експлуатації, а також мають порівняно доступну ціну. Барабанні машини використовуються для поливу сільськогосподарських культур площею 15-25 га на одну машину. Полив проводиться як чистою водою, так і підготовленими тваринницькими стоками. Живлення водою відбувається від закритих гідрантів зрошувачів чи відкритої водойми за допомогою стаціонарних або пересувних НС. Барабанна установка встановлюється на

позиції поряд з гідрантом, а дощувальний апарат на штанзі або візку поливає в русі, шланг автоматично підтягується і намотується на барабан, тим самим забезпечуючи переміщення візку з апаратом [22].

Барабанні машини ефективно використовуються на рівнинних ділянках і на ділянках з незначним рельєфом, тому що їх витрата води має широкий діапазон. Довжина шлангу намотуваного на барабан може складати до 700 м, а діаметр до 150 мм. На барабанних машинах використовуються середньострумінні або короткострумінні дощувальні апарати (30-70 м). Велика кількість різних насадок дає можливість підібрати необхідну під кожену культуру та період розвитку рослини.

У більш сучасних ДМ, на прикладі машини "Zimmatic", використовують дощувальні насадки «Senniger», а останнім часом «I-Wob», які можуть розташовуватись на водовипускних трубках або на виносних колінах. У кінці дощувального трубопроводу встановлюють кінцевий апарат (водомет) [15].

Водовипускні трубки виготовляють із оцинкованої сталі, поліхлорвінілової трубки або ущільненого шланга, трубки поливу розроблені таким чином, щоб мінімізувати втрати води за рахунок випаровування і вітру. Довжина може варіюватися практично від низу трубопроводу приблизно до 45,7 см над рівнем землі.

Установка поливних насадок на виносних колінах під нахилом по відношенню до трубопроводу дозволяє збільшити площу покриття дощем і час вбирання води до ґрунту. Для зменшення проблем з колією шасі виносні стріли розташовують з насадками позаду привода.

Для розподілення штучного дощу по довжині водорозподільного трубопроводу розміщеного на візках машини використовують дощувальні насадки й регулятори тиску. Основними параметрами насадок низького тиску є робочий тиск 0,04-0,14 МПа, витрата води 0,03-0,65 л/с, а радіус дії складає 7,6-10,7 м. Робочий тиск насадок складає 0,07-0,21 МПа, витрата води 0,06-0,95 л/с, а радіус дії насадок складає 14,6-19,5 м.

Для рівномірності розподілу штучного дощу на кожній насадці

встановлюють регулятори тиску. Вони мають такі параметри: діапазон робочого тиску складає 0,04-0,21 МПа, а діапазон витрат 0,03-0,95 л/с. В Україні проводили дослідження насадки «Senniger». Визначено, що точність підтримання тиску складає 5 %. При підвищенні тиску на 0,1 МПа витрати води змінюються на 2%, а при зниженні тиску на 0,1 МПа - зменшуються на 9,8 %. Як бачимо, що на витрату води насадки значно впливає зниження тиску, що призводить до нерівномірності зрошення, яка може досягати 9,8 %.

Для збільшення площі зрошення застосовують кінцевий дощувальний апарат, який може додати від 2 до 4 га зрошення на стандартному квадратному полі. Насос з робочим тиском 0,5 МПа може подавати воду витратою 8-12 л/с, якщо необхідно збільшити радіус дії кінцевого апарата.

Для розподілу зрошувальної води дощуванням по площі поля, на ДМ «Zimmatic» застосовують ротаційні та фіксовані насадки (рис 1.2). Ротаційні насадки мають змінні пластини та можливість індивідуального вибору дизайну. Насадки розроблені для покриття великих площ, для роботи на більш твердих ґрунтах.



а)



б)

Рис. 1.2 Дощувальні насадки «Senniger»:

а - ротаційні; б - фіксовані.

Фіксовані насадки доступні в різних варіантах, що відповідають типу зернових, покращують кліматичні умови. Насадки призначені для використання на розпушених ґрунтах або плоскій поверхні, а також можуть бути адаптовані до поливу по борознах. Ці елементи також можна застосовувати при внесенні хімічних препаратів і стадії проростання.

Відстань між насадками на БДМ фронтального типу складає 2,28 м, що дозволяє досягти найбільш точного та рівномірного покриття дощем.

Актуальним для ефективного використання ДМ є визначення параметрів рівномірності та якості дощу сучасних короткострумінних насадок типу I-Wob при роботі БДМ у виробничих умовах на зрошувальних системах півдня України. Потрібно визначати параметри насадок, а саме витрати їх води, інтенсивність і крупність крапель дощу при різних значеннях тиску, за яких насадка ефективно працює. Проаналізувавши літературу, можна зробити висновок, що таких досліджень в Україні не проводили.

1.4. Висновки до першого розділу

1. Аналіз існуючого стану зрошення в світі й Україні свідчить, що одним із перспективних засобів зрошення є системи дощування з використанням БДМ. Проте їх енергоефективність та екологічна безпека зрошення у виробничих умовах на зрошувальних системах України вивчена недостатньо.

2. Визначено, що основними складовими БДМ, які впливають на енергоефективність і якість зрошення є системи приводу та системи розподілення дощу, тому доцільно їх дослідження і удосконалення у виробничих умовах.

3. Аналіз існуючих систем приводу сучасних БДМ показує доцільність удосконалення їх шляхом застосування альтернативних джерел енергії.

2. Напрями і методи досліджень дощувальних машин

2.1. Мета та напрями досліджень

Метою досліджень є визначення й удосконалення техніко-експлуатаційних параметрів сучасних БДМ та їх робочих органів.

Використання зрошення дає високий економічний ефект і забезпечує гарантовані урожаї сільськогосподарських культур за таких умов:

- техніко-експлуатаційні параметри зрошувальної техніки повинні узгоджуватися з параметрами НС і ЗМ на основі економії енергетичних і водних ресурсів та забезпечувати екологічну безпеку ґрунту і навколишнього середовища з урахуванням природно-господарських умов;

- впровадження самохідних багатоопорних фронтальних і кругових ДМ із забором води з закритих зрошувачів, що підвищує рівень використання земельних ресурсів;

- застосування оптимального управління водорозподілом і режимами зрошення при груповому використанні БДМ у складі взаємопов'язаного комплексу: «НС - ЗМ - ДМ».

Враховуючи те, що в Україні на існуючих зрошувальних системах зарубіжні БДМ використовуються поряд з вітчизняними машинами, нами визначено основні техніко-експлуатаційні параметри, які найбільше впливають на енергомісткість та якість зрошення з урахуванням природно-господарських умов Південного Степу.

Порівняння показників сучасних ДМ здійснювалося з найбільш поширеними в Україні вітчизняними машинами «Фрегат», «Кубань».

Для оптимального використання сучасних багатоопорних і мобільних ДМ на значних площах нами було проведено комплексні дослідження енергетичних параметрів різних типів цих машин, їх робочих органів з урахуванням конкретних ґрунтово-рельєфних умов, технічного рівня і стану розподільної ЗМ.

Нами було враховано не тільки енергомісткість зрошення й технічний рівень окремих типів дощувальної техніки, а також ефективність її експлуатації у виробничих умовах.

Наразі в Україні працюють представники таких відомих зарубіжних фірм США “Valmont”, “Zimmatic”, “Amako”; Австрії “Bauer”; Італії “Irttek”, які можуть поставляти в Україну багатоопорні та мобільні ДМ.

Однак, дослідження енергомісткості зрошення зарубіжної дощувальної техніки в умовах групового використання дощувальної техніки з різними параметрами від однієї НС проводилися, але не в повному обсязі. Також не вивчені оптимальні режими роботи зарубіжної техніки в різних природно-господарських умовах експлуатації.

Враховуючи це, передбачалося дослідження і визначення енергетичних параметрів зарубіжних ДМ, їх робочих органів, які можуть ефективно використовуватися в Україні, а також виготовлятися при наявності замовлень на вітчизняних заводах.

При цьому важливо визначити способи зменшення енергомісткості зрошення при груповій роботі ДМ і провести дослідження методів та засобів енергоощадливого використання сучасних ДМ зарубіжного виробництва на існуючих зрошувальних системах.

Доцільно провести модернізацію й удосконалення систем управління режимом зрошення автоматизованих вітчизняних ДМ, які використовуються в Україні та можуть працювати на існуючих зрошувальних системах разом із сучасними зарубіжними машинами.

Під час модернізації вітчизняних ДМ основна увага буде приділена розробці способів і засобів для забезпечення рівномірності зрошення й удосконалення системи приводу.

За використання сучасних ДМ необхідно передбачити можливість дослідження впливу технологічного процесу зрошення на ефективність роботи НС з точки зору зменшення енерговитрат на полив.

2.2. Методика експериментальних досліджень гідротурбінного привода

Дослідження проводились у відповідності з ОСТ 70.12.1-86 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины мелиоративные, осушительные и оросительные. Программы и методы испытаний, ВНД 33-4.3-01-98 Машины і установки дощувальні. Програми і методи випробувань і оцінок.

У роботі були використані результати досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів по підвищенню екологічної та технічної надійності зрошувальних систем та ДМ, національні стандарти ДСТУ ISO 8224-1:2004 Пересувні поливні машини. Частина 1. Методи лабораторних і польових випробувань.

Визначення лінійних характеристик гідротурбінного приво­ду ДМ виконані по таким етапам.

1. Розроблено та виготовлено лабораторні стенди.
2. Обрано оптимальні режими випробувань.
3. Проведені заміри обертів турбіни та насосу, витрат оливи, тиску води та оливи.
4. Визначені характеристики турбіни за вільного зливання води (без протитиску в зливному трубопроводі).
5. Визначені характеристики турбіни за наявності протитиску в зливному трубопроводі (моделювання роботи гідроагрегату разом із дощувальною машиною).
6. Встановлена відповідність гідравлічних характеристик насосу до типових (у даному разі - насос шестеранчатого типу (НШ 10-М).
7. Отримані функціональні залежності гідротурбіни при роботі з насосом НШ 10-М.

Випробовування проводили на лабораторних стендах (рис. 2.1.).

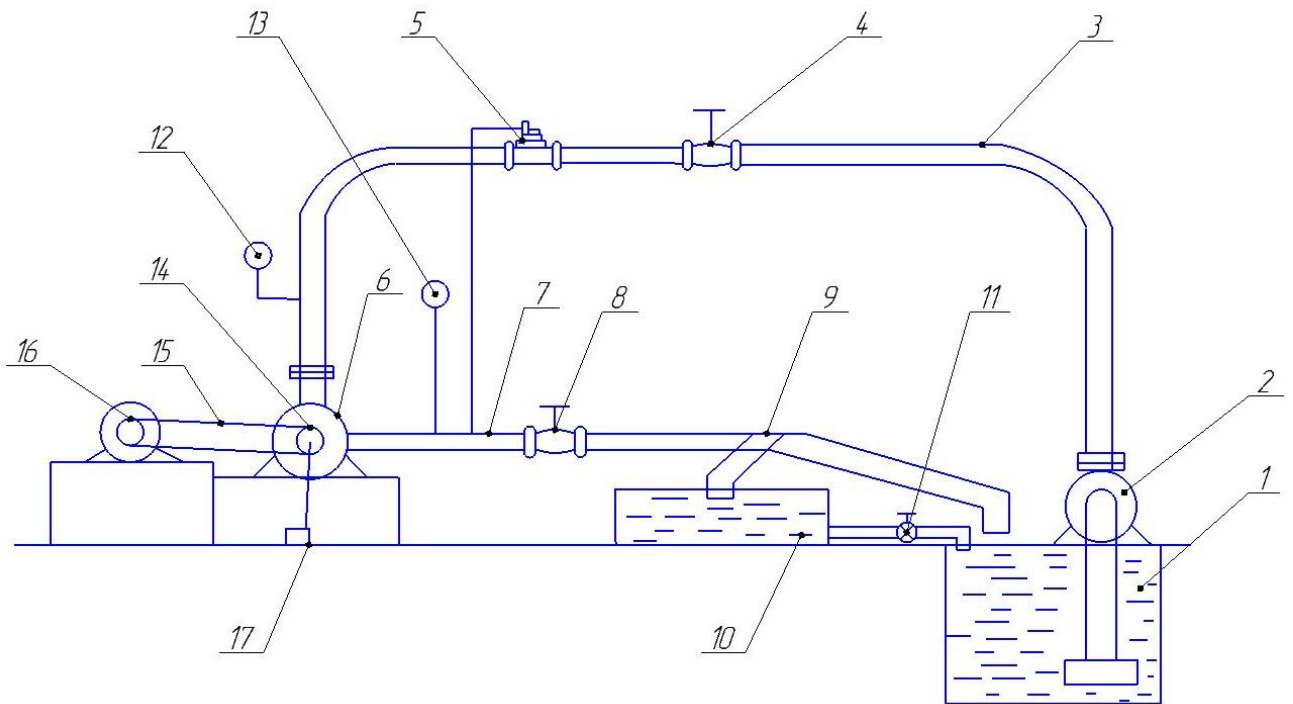


Рис. 2.1. Загальна схема експериментального станда для визначення параметрів гідротурбінного приводу ДМ:

1 - резервуар; 2 - насос; 3 - напірний трубопровід; 4,8 - засувки; 5 - регулятор тиску; 6 - модель турбіни; 7 - зливний трубопровід; 9 - кінцевий патрубок; 10 - вимірювальна ємкість; 11 - кран; 12,13 - манометри; 14 - шків; 15 - пасова передача; 16 - генератор; 17 - датчик тахометра.

Було також виготовлено лабораторний стенд для випробування експериментального зразка гідротурбінного приводу з ГН. Одним з основних елементів станду є пристрій КИ-5473, за допомогою якого ми мали змогу виміряти витрату оливи і підтримувати заданий тиск в гідромагістралі. Пристрій КИ-5473 призначено для перевірки технічного стану й регулювання в польових умовах гідроагрегатів тракторів і самохідних сільськогосподарських та дорожньо-будівельних машин: ГН НШ, гідророзподільників, гідроциліндрів та ін. Технічна характеристика КИ-5473 наведена в додатку А. Першим етапом дослідження було визначення витрат оливи при різних протитисках. Дослідження проводились при підвищенні тиску від 1,5 до 5 МПа.

До нагнітального трубопроводу НШ 10-М приєднаний вхідний шланг пристрою КИ-5473 за допомогою перехідного штуцера. Кінець зливного шлангу пристрою занурений у бак з оливою і закріплений там.

Встановивши рукоятку пристрою в положення «відкрито», запустили НШ 10-М за допомогою ланцюгової передачі від гідротурбіни. Було прогріто мастило в гідромагістралі до 45-55 °С, пропускаючи її через пристрій під тиском 5-6 МПа (50-60 кгс/см²).

Потім, встановивши рукояткою пристрою тиск 5 МПа (50 кгс/см²), були записані показання манометра пристрою і визначено витрату оливи, помноживши отримане показання на коефіцієнт 0,71.

Таким чином за допомогою пристрою є можливість регулювати тиск в гідромагістралі з визначенням витрати оливи при різних тисках. Знаючи тиск і витрату оливи, визначаємо потужність насоса за формулою [25] :

$$N = \frac{p \cdot Q}{\eta_n} \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де N – потужність насоса, кВт;

Q - подача насоса (витрата оливи), л/с;

η_n - ККД механічної передачі;

p - тиск насоса, МПа.

Наступним етапом дослідження було визначення крутного моменту, який визначається за формулою [25]:

$$M = N \cdot \omega, \quad (2.2)$$

де ω - кутова швидкість, об/хв;

M - крутний момент, Н·м.

Наступним етапом було визначення енергетичних характеристик при застосуванні ЕГ.

2.3. Польові дослідження багатоопорних дощувальних машин

Дослідження проводили протягом трьох поливних сезонів на діючих зрошувальних системах Вінницької обл.

Зокрема, основні агротехнічні показники ДМ визначалися за наступними загальноприйнятими способами:

- шар опадів визначали за формулою:

$$h = \frac{10V}{F}, \quad (2.3)$$

де h - шар опадів, мм;

V - об'єм води дощоміру, см³;

F - площа дощоміру, см².

Діаметр крапель визначався методом фільтрувального паперу. Діаметр краплі d у міліметрах визначали за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{6m_k}{\pi\rho_v}}, \quad (2.4)$$

де m_k - маса краплі, мг;

ρ_v - об'ємна маса води, г/см³.

Коефіцієнт рівномірності поливу обчислювали за формулою Крістіансена [25]:

$$C_u = 100\left(1 - \frac{\Sigma/d/}{h_{cp} \cdot n_i}\right), \quad (2.5)$$

де $\Sigma/d/$ - сума абсолютних значень відхилень результатів вимірювань шару дощу від середнього шару дощу, мм ;

h_{cp} - середній шар дощу, мм;

n_i - кількість вимірювань (випадків).

Інтенсивність дощу в точці ділянки визначали за формулою:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (2.6)$$

де i - інтенсивність дощу, мм/хв;

t - тривалість дії дощу, хв.

Силова дія крапель дощу G на ґрунт визначалась за формулою:

$$G = \frac{2 \cdot \gamma \cdot v}{3 \cdot g}, \quad (2.7)$$

де γ - об'ємна вага води, кг/м³;

v - швидкість падіння крапель, м/с;

g - прискорення сили тяжіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Напірно-витратні характеристики дощувальних машин визначалися витратоміром типу УВР-011А2.1-К-М (мобільний) [25].

Витрати дизельного палива визначалися за методикою визначення витрат дизельного палива сільськогосподарської техніки [25]. Витрату палива визначали за формулою:

$$r = 0,736 \cdot R \cdot N , \quad (2.8)$$

де r - витрата палива за годину, кг/год;

0,736 - коеф. переводу виміру потужності двигуна з к.с. в кВт;

R - питомі витрати палива, гкВт/год;

N - потужність двигуна, к.с.

Витрати електроенергії визначалися за формулою [25]:

$$E = N_{\text{спож}} \cdot t \cdot T, \quad (2.9)$$

де E - витрата електроенергії, кВт/год;

$N_{\text{спож}}$ - потужність, яка використовується енергоприймачем, кВт;

t - час роботи споживача за добу в годинах, год;

T - період роботи споживача, діб. Потужність $N_{\text{спож}}$ визначали за формулою:

$$N_{\text{спож}} = N_{\text{встан}} \cdot K_c , \quad (2.10)$$

де $N_{\text{встан}}$ - сумарна (загальна) встановлена потужність, кВт;

K_c - коефіцієнт попиту, залежить від кількості завантаження, груп енергоприймачів. Значення коефіцієнта приймали, виходячи з умов експлуатації.

Розрахунок питомих витрат енергії b_{eQ} при зрошенні ДМ визначали за формулами:

$$b_{eQ} = N/Q, \text{ кВт} \cdot \text{год}/1000\text{м}^3 , \quad (2.11)$$

де Q - витрата води ДМ, м³/год;

N - потужність, яка споживається ДМ на зрошення, кВт.

Споживану потужність N визначали за відомою формулою:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / 1000, \quad (2.12)$$

де ρ - густина води, кг/м³;

Q - витрата води ДМ, м³/с;

g - прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²;

H - робочий тиск на вході ДМ, м.

Питомі витрати електроенергії на одиницю площі q , визначалися за формулою:

$$b_{eS} = N \cdot t / F, \text{ кВт} \cdot \text{год/га}, \quad (2.13)$$

де F - площа зрошення за t годин при поливній нормі 300 м³/га;

N - споживана потужність.

Питомі витрати дизельного пального визначалися за формулою:

$$b_{\pi} = q / \omega, \text{ л/га}, \quad (2.14)$$

де q - середньозважена величина витрати пального за одну годину, л/год;

ω - площа зрошення (га) ДМ за одну годину при поливній нормі 300 м³/га.

Необхідно зазначити, що для проведення порівняльного аналізу енергетичних параметрів закордонних і вітчизняних БДМ геодезичний напір та втрати тиску від НС до ДМ, які працюють із закритої ЗМ або відкритих каналів, нами не враховувались.

Таке обмеження було прийнято, зважаючи на те, щоб умови використання ДМ були однакові. Водночас у розрахунках енергетичних параметрів для конкретних природно-господарських умов зрошувальної системи, місця розміщення ділянок зрошення і розташування ДМ, геодезичний напір та відповідні втрати тиску в мережі необхідно враховувати.

2.4. Висновки до другого розділу

1. На підставі аналізу існуючих систем приводу і різних типів ДМ сформульована мета і напрями досліджень.

2. Розроблена блок-схема, яка визначає напрями досліджень і розробку робочих органів.

3. Для визначення характеристик дощу БДМ у польових умовах використовувались відповідні методики, які спираються на нормативні документи (ДСТУ) і власні напрацювання.

4. Розроблено принципову схему, експериментальний стенд і методику проведення досліджень гідротурбінного привода машини.

3. Обґрунтування енергоефективності сучасних багатоопорних дощувальних машин і удосконалених систем приводу

3.1. Нормування питомих витрат електроенергії на зрошення вітчизняними багатоопорними дощувальними машинами

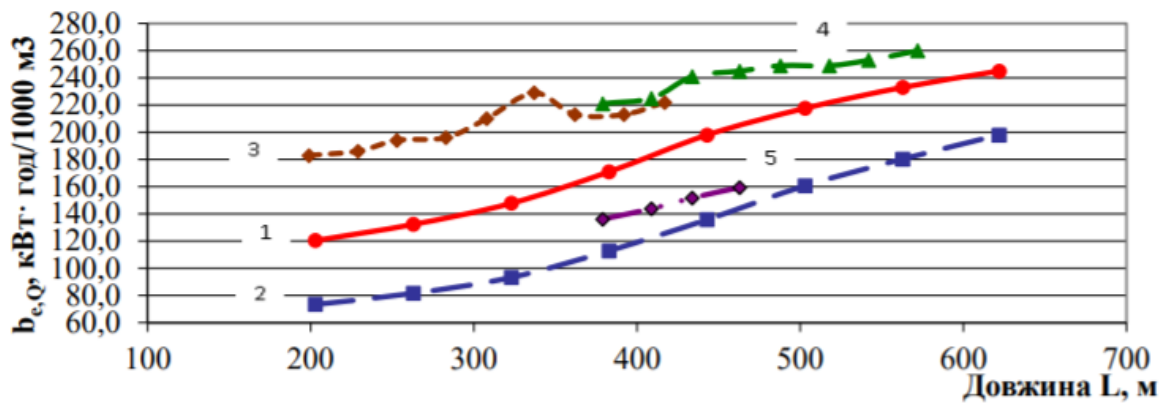
Важливими параметрами, які визначають ефективність роботи ДМ, є витрата питомі витрати електроенергії та у разі використання дизельного двигуна на пересування машини витрата дизельного палива. Вони витрачаються при роботі ДМ відповідно на зрошення і пересування, у розрахунку на одиницю об'єму поданої води (відповідно кВт·год/1000 м³ та кг/1000 м³) та на одиницю площі зрошення за заданої поливної норми (відповідно кВт·год/га та кг/га) [25]. Використана методика є складовою частиною нормативно-методичної бази енергоефективності та енергозбереження на меліоративних системах [25].

Нами визначені питомі витрати ПЕР на зрошення й заходи усунення недоліків експлуатування вітчизняних та зарубіжних БДМ на основі порівняльного аналізу їхніх техніко-експлуатаційних та енергетичних параметрів, які одержані за використання на існуючих зрошувальних системах України.

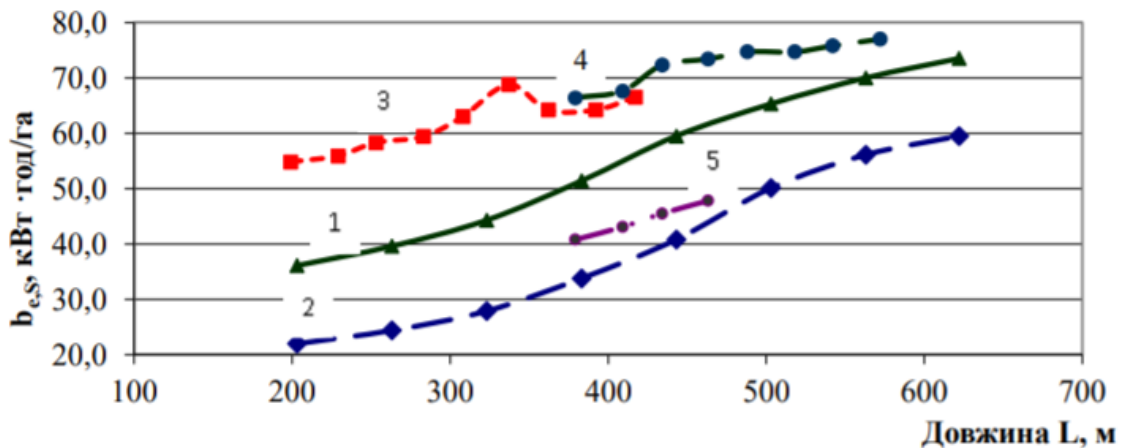
Проведено розрахунки питомих витрат електроенергії на подавання води для зрошення високонапірними (ДМУ-А та ДМУ-Б) і низьконапірними (ДМУ-Бнм) модифікаціями ДМ «Фрегат» та сучасними модифікаціями ДМФ-К за умови використання кінцевого дощувального апарата (ДА) та без нього, залежно від довжини ДМ. Результати обчислення представлено у вигляді графіків на рисунку 3.1 а, б. Розрахунки виконували за формулами, які наведені в другому розділі 2.11-2.13.

У розрахунках за основу прийнято норму поливу 300 м³/га, яку переважно застосовують при вегетаційних поливах в Україні (з врахуванням стану та типу ґрунтів).

З графіків видно рис. 3.1 (а), що найменші питомі витрати електроенергії на подавання води вітчизняними дощувальними машинами в розрахунку на 1000 м³ поливної води мають модифікації сучасної ДМ кругової дії ДМФ-К без кінцевого дощувального апарата (у межах 70-200 кВт·год/1000 м³), а найбільші високонапірні модифікації «Фрегат» ДМУ-А та ДМУ-Б (у межах 180-260 кВт·год/1000 м³).



а)



б)

Рис. 3.1. Питомі витрати електроенергії на подавання 1000 м³ води (а) та поливу 1 га площі нормою поливу 300 м³/га (б) залежно від модифікацій ДМ кругової дії:

1 - ДМФ-К із кінцевим ДА; 2 - ДМФ-К без кінцевого ДА; 3 - ДМУ-А високонапірні модифікації; 4 - ДМУ-Б високонапірні модифікації; 5 - ДМУ-Б_{НМ} низьконапірні модифікації.

З графіків, наведених на рисунку 3.1 (б), видно, що найбільші питомі витрати електроенергії для поливу 1 га за норми поливу $300 \text{ м}^3/\text{га}$ мають модифікації ДМ кругової дії ДМУ-А та ДМУ-Б (у межах $55\text{-}77 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$), а найменші - модифікації сучасної машини ДМФ-К без кінцевого дощувального апарата (у межах $22\text{-}60 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{га}$).

Результати проведених нами розрахунків питомих витрат електроенергії на зрошення модифікаціями сучасних вітчизняних машин ДМФ-К та ДМФ-Ф за умови використання кінцевого дощувального апарата та без нього, залежно від довжини ДМ наведено на рисунках 3.2 та 3.3.

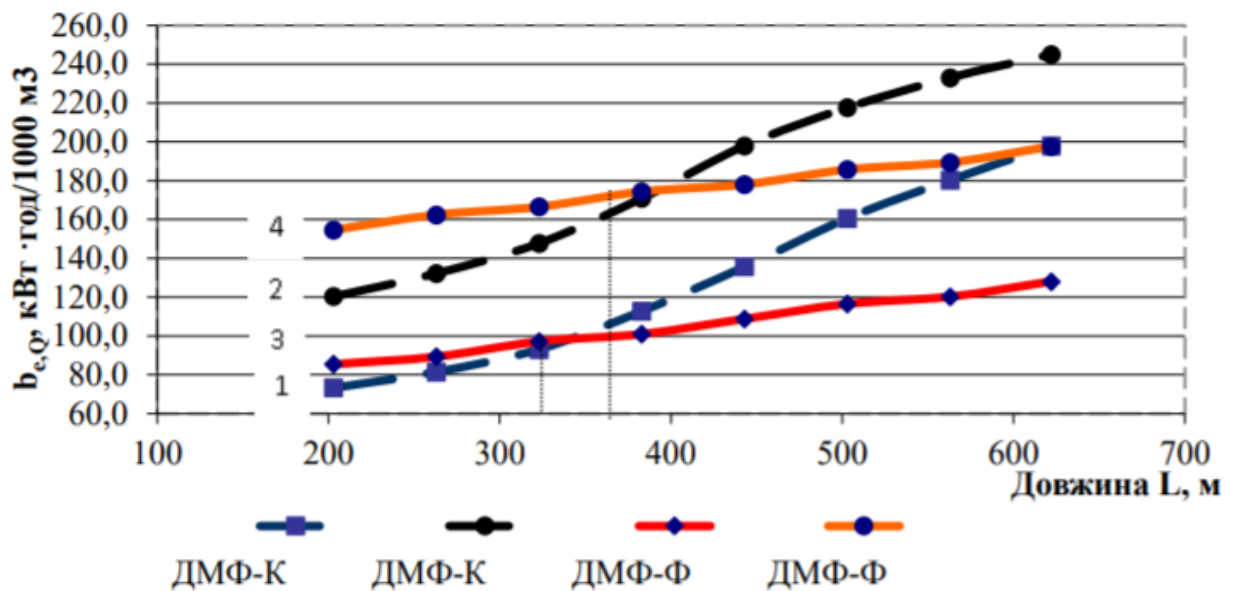


Рис. 3.2. Графіки залежності питомих витрат електроенергії на подавання 1000 м^3 поливної води модифікаціями сучасних машин ДМФ кругової та фронтальної дії від довжини машини:

- 1 - ДМФ-К без кінцевого ДА; 2 - ДМФ-К із кінцевим ДА;
- 3 - ДМФ-Ф без кінцевого ДА; 4 - ДМФ-Ф із кінцевим ДА.

З графіків, наведених на рисунку 3.2 видно, що точка оптимальності, тобто рівнозначна величина питомих витрат електроенергії на подавання 1000 м^3 поливної води ДМ фронтальної та кругової дії при використанні кінцевого дощувального апарата становить $175 \text{ кВт}\cdot\text{год}/1000 \text{ м}^3$ при довжині машини 380-

400 м, без нього - 100 кВт·год/1000м³ при довжині машини 350 м. Таким чином, питомі витрати електроенергії на полив менші, а енергоефективність вітчизняних БДМ кругової дії, порівняно з машинами фронтальної дії, вища при довжині машини до 380-400 м за умови використання кінцевого дощувального апарата. При відсутності кінцевого дощувального апарата питомі витрати електроенергії менші для машин кругової дії довжиною до 350 м.

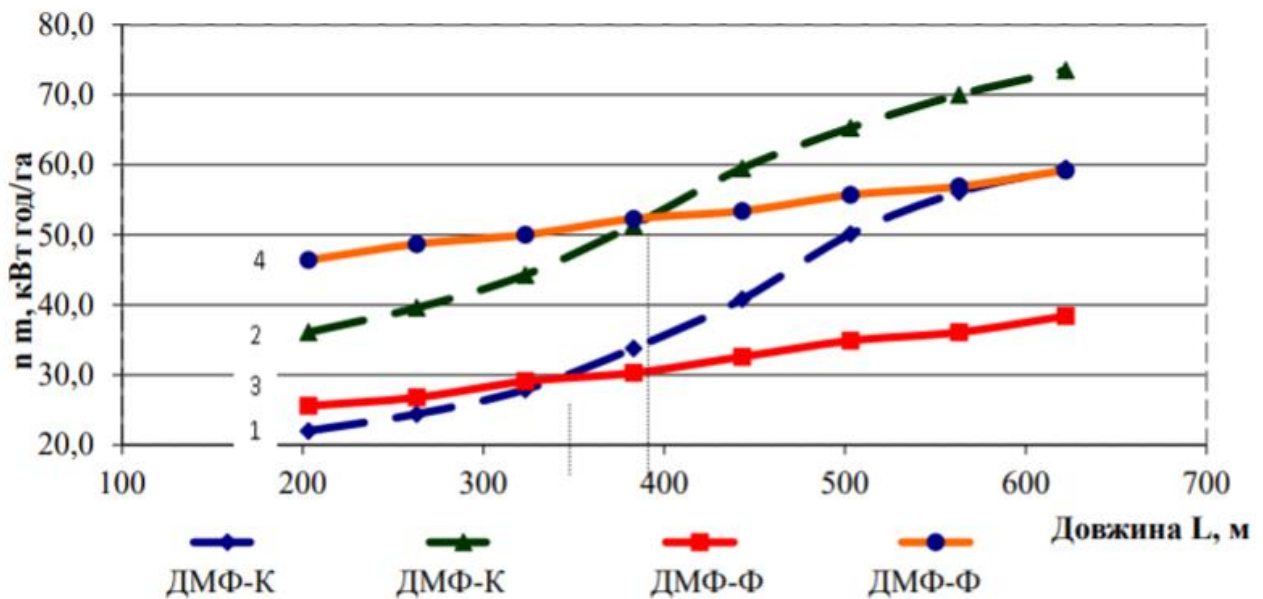


Рис. 3.3. Графіки залежності питомих витрат електроенергії для поливу 1 га площі модифікаціями сучасних машин ДМФ кругової та фронтальної дії від довжини машини (за норми поливу 300 м³/га):

- 1 - ДМФ-К без кінцевого ДА; 2 - ДМФ-К із кінцевим ДА;
- 3 - ДМФ-Ф без кінцевого ДА; 4 - ДМФ-Ф із кінцевим ДА.

Збільшення довжини ДМ кругової дії з кінцевим дощувальним апаратом до 622 м призводить до збільшення значення питомих витрат електроенергії у 1,4 рази і досягає 245 кВт·год/1000 м³. Питомі витрати електроенергії ДМ фронтальної дії у цьому випадку збільшується у 1,12 рази і досягає значення 196 кВт·год/1000 м³.

Питомі витрати електроенергії ДМ кругової дії без кінцевого дощувального апарата довжиною більше ніж 350 м, стосовно рівнозначної

точки, збільшується в 2 рази, а при довжині машини 622 м досягає значення 200 кВт·год/1000 м³. Машини фронтальної дії без кінцевого дощувального апарата довжиною 622 м мають значно меншу питому енергоємність - 120 кВт·год/1000 м³.

Аналогічний характер мають залежності питомих витрат електроенергії модифікаціями ДМ кругової та фронтальної дії (для варіантів з кінцевим дощувальним апаратом та без нього) на подавання води для зрошення в розрахунку на 1 га политої площі від довжини ДМ за норми поливу 300 м³/га (див. рис. 3.3).

Проведені розрахунки дають можливість зробити висновок, що при виборі модифікацій сучасних електрифікованих вітчизняних БДМ без кінцевого дощувального апарата довжиною більше 350 м, оптимальним для витрат електроенергії буде застосування машин фронтальної дії, ніж кругової; а у разі застосування кінцевого дощувального апарату оптимальним буде застосування машин фронтальної дії при довжині більше ніж 400 м.

3.2. Обґрунтування гідравлічних і енергетичних параметрів багатоопорних дощувальних машин з різними типами приводу

Для ефективного використання БДМ необхідно особливу увагу приділити вибору оптимального типу приводів коліс візків, провести порівняльний аналіз параметрів потужності, надійності, довговічності електродвигунів, гідротурбін, гідромоторів і редукторів, які виготовляються в Україні та за кордоном.

Обґрунтування гідравлічних і енергетичних параметрів силових приводів багатоопорних модифікацій ДМ здійснювалося на основі мінімальних витрат електроенергії, води та дизельного палива.

Розглянуто варіанти мінімізації енерговитрат при розподілянні води водопровідним трубопроводом ДМ з постійним внутрішнім діаметром $d_{вн} = 162$ мм. Окрім цього, враховувалися втрати тиску та енергії за наявності кінцевого дощувального апарата й без нього.

При обґрунтуванні типорозмірів ДМ за базові було прийнято модифікації, які наведено в розділі 3.1.

Енергетичні й експлуатаційні параметри модифікацій електрифікованих ДМ кругової дії, на яких у першу чергу можливо застосування гідротурбінного приводу, наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Енергетичні й експлуатаційні параметри модифікацій електрифікованих ДМ кругової дії без кінцевого дощувального апарата

Довжина ДМ, м	Площа зрошення на одній позиції, га	Тиск на вході, МПа	Витрати води, л/с	Середня інтенсивність дощу, мм/хв	Питомі витрати електроенергії, кВт год/1000 м ³
1	2	3	4	5	6
503,1*	82,1	0,43	88	0,64	116,9
443,2*	64,0	0,35	77	0,64	95,2
383,4	48,1	0,29	67	0,64	78,8
323,4	34,5	0,24	57	0,64	65,3
263,5	23,2	0,21	46	0,64	57,1
203,6	14,1	0,19	36	0,63	51,6

Примітка* - модифікації ДМ з двома діаметрами водопровідного трубопроводу машини.

Аналіз різних конструкцій і типів дощувальної техніки показав, що найбільш надійні й ефективні в експлуатації БДМ кругової дії, що працюють за рахунок електроенергії, яка подається по силовому кабелю з перерізом 4x16, який розрахований на потужність 10-15 кВт і силу струму до 25 А, від електрифікованої НС.

Така схема подачі електроенергії вимагає додаткових капітальних витрат на прокладання кабелю, тому її доцільно застосовувати в тому випадку, коли НС й ДМ розміщені компактно, на невеликих відстанях. Більшість зрошувальних систем має розгалужену мережу з значними відстанями між підкачувальною станцією й ДМ, тому для роботи ДМ доцільно

використовувати тільки енергію води, тобто замість дизель-електричного застосовувати турбоелектричний привод. Тому нами досліджено принципові схеми використання гідротурбіни і дизельного двигуна для приводу ЕГ.

На БДМ провідних фірм світу для живлення електродвигунів приводу опорних візків, залежно від модифікації машини, застосовують дизель-генератори потужністю від 5 до 30 кВт. Вода для поливу подається від гідранта ЗМ, тиск в якій створюється НС.

Необхідний напір НС з врахуванням втрати тиску при транспортуванні води трубопроводами ЗМ розраховували за формулою [25]:

$$H_{\text{ДМ}} = H_{\text{дощ}} + \Delta h_T + \Delta h_{\text{тр}}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

де $H_{\text{дощ}}$ - робочий напір дощувальних насадок, м;

Δh_T - втрати напору для приводу гідротурбіни, м;

$\Delta h_{\text{тр}}$ - гідравлічні втрати напору по довжині трубопроводу ДМ з врахуванням геодезії поля, м.

При використанні для пересування ДМ дизель-генератора, робочий тиск ДМ $H_{\text{ДМ}}$ складається з тиску, який необхідний для якісної роботи дощувальних насадок, геодезичних втрат та гідравлічних втрат по довжині трубопроводу машини.

Якщо живлення електродвигунів або гідромоторів приводу візків здійснюється відповідно від ЕГ або ГН, який приводиться в дію ГТ й з'єднується з нею за допомогою механічної передачі, при розрахунках робочого тиску ДМ необхідно враховувати додаткові втрати тиску на гідротурбіні.

Аналіз формули (3.5) показує, що необхідний робочий тиск на вході ДМ з гідротурбінним приводом відрізняється від необхідного робочого тиску на вході ДМ з приводом від дизель-генератора на величину втрат тиску на ГТ.

Таким чином, для порівняння техніко-економічних показників існуючих конструкцій ДМ з приводом від дизель-генератора й запропонованої конструкції гідротурбінного приводу, необхідно визначити витрати дизельного палива або електроенергії, при проведенні визначеної кількості поливів.

Потужність на валу гідротурбіни, яка необхідна для пересування ДМ, залежно від діючого напору і витрати води визначали за формулою:

$$N_T = 9,81QH\eta_T, \text{ кВт}, \quad (3.6)$$

де Q - витрата води через гідротурбіну, $\text{м}^3/\text{с}$;

H - діючий напір, м;

η_T - коефіцієнт корисної дії гідротурбіни і механічної передачі, $\eta_T = 0,7 - 0,75$.

У нашому випадку витрата води Q дорівнює витраті ДМ і є сталою величиною для визначеної модифікації ДМ, а величина діючого напору H визначається різницею величин напору на вході і виході ГТ (ця різниця напору - гідравлічні втрати напору на ГТ Δh_T).

Втрати напору води на ГТ дорівнюють її гідравлічному опору та втраті енергії на привод ЕГ чи ГН, при проходженні води через робоче колесо турбіни. Відповідно, при зростанні навантаження на валу турбіни - зростає втрата тиску Δh_T

Виходячи з формули (3.6), якщо витрата води для даної модифікації ДМ є величиною сталою, то для отримання різних значень потужності на валу гідротурбіни необхідно змінювати величину діючого напору (або втрата напору Δh_T) у досить широких межах.

Залежність втрат напору на гідротурбіні від потужності на її валу визначають за формулою:

$$\Delta h_T = \frac{N_T}{9,81Q \cdot \eta_T}, \text{ м}, \quad (3.7)$$

де η_T - коефіцієнт корисної дії гідротурбіни з механічною передачею, $\eta_T = 0,7$.

Результати розрахунків наведено у таблиці 3.5, а графіки залежності втрати напору від потужності гідротурбіни за сталих значень витрати води наведено на рисунку 3.4.

Залежність втрати тиску від потужності гідротурбіни N
(за сталих значень витрати води Q)

$Q, \text{ л/с}$	$N, \text{ кВт}$	$\Delta h_T, \text{ м}$							
		1	2	3	4	5	6	7	8
50		2,9	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2
60		2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2
65		2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6
70		2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
90		1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8
100		1,4	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7	10,2	11,6
110		1,3	2,6	3,9	5,3	6,6	7,9	9,3	10,5

Аналізуючи залежності на рисунку 3.5, бачимо, що для отримання необхідної потужності гідротурбіни при заданій витраті води, втрати напору повинні бути досить значними. Але для пересування ДМ різних модифікацій, відповідно, різної довжини і маси, необхідна різна потужність приводу.

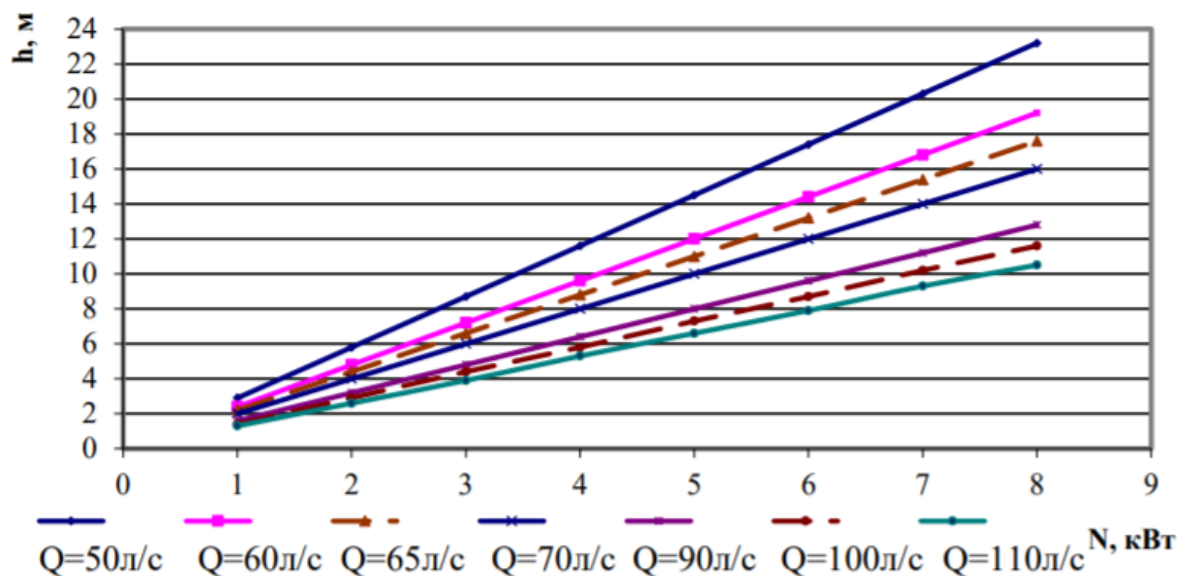


Рис. 3.4. Графік залежності втрат напору від потужності ГТ, за сталих значень витрати води.

Тому для визначення оптимального ряду модифікацій БДМ кругової дії з гідротурбінним електроприводом необхідно визначити діапазон потужностей,

які можливо отримати на валу гідротурбіни за заданої сталої витрати води та різних втратах тиску на гідротурбіні. Порівняти його з діапазоном потужностей, які необхідні для пересування ДМ цих модифікацій.

Прототипом для розрахунків потужності приводу для пересування обрано існуючі моделі та їх модифікації ДМ вітчизняного й зарубіжного виробництва, конструкції ферми й опорних візків яких аналогічні й мають однакові параметри.

Загальну потужність приводу, необхідну для пересування ДМ, визначають за рівнянням балансу тягового зусилля, яке враховує сили, що діють на машину під час руху:

$$F_T = F_K + F_{\Pi} , \quad (3.8)$$

де F_T - загальна сила тяги опорних візків;

F_K - сила опору перекочуванню коліс опорних візків;

F_{Π} - сила опору підйому залежно від похилу поля.

Загальну потужність, необхідну для пересування ДМ, визначали за формулою [25]:

$$N_{зп} = \frac{F_T V}{102 \cdot 9,81} , \text{кВт}, \quad (3.9)$$

де $N_{зп}$ - загальна потужність приводів опорних візків;

V - швидкість пересування ДМ, м/с.

Силу опору перекочуванню коліс опорних візків визначали за формулою:

$$F_K = k m g \cos \alpha , \quad (3.10)$$

де k - коефіцієнт опору перекочуванню (приймаємо найбільше значення 0,2);

m - маса ДМ з водою;

α - кут повздовжнього похилу поля в напрямку руху ДМ.

Силу опору підйому при наявності похилу поля визначали за формулою:

$$F_{\Pi} = m g \sin \alpha , \quad (3.11)$$

Необхідну силу тяги для пересування ДМ визначали за формулою:

$$F_T = m g (0,2 + 0,02) = 0,22 m g, \quad (3.12)$$

У формулі (3.12) враховано, що кут позовжнього похилу поля i має малі значення, тому прийняли, що $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{l} = i$, де h - висота підйому ділянки поля; l - довжина ділянки.

Результати розрахунків потужності електроприводу, необхідної для пересування ДМ кругової дії різних модифікацій, наведено у таблиці 3.6. Розрахунки проводили виходячи з умов, що максимальний похил поля $i = 0,02$, а швидкість руху, яка відповідає поливній нормі $m = 100 \text{ м}^3/\text{га}$, становить $2,0 \text{ м/хв}$.

Аналіз результатів розрахунків показує, що найбільше значення потужності відповідає найменшому значенню поливної норми (найбільшій швидкості пересування ДМ), і, навпаки, при збільшенні поливної норми (зменшенні швидкості пересування) необхідна потужність зменшується. Практика використання БДМ показує, що машини виконують зрошення поливною нормою в межах $100\text{-}600 \text{ м}^3/\text{га}$.

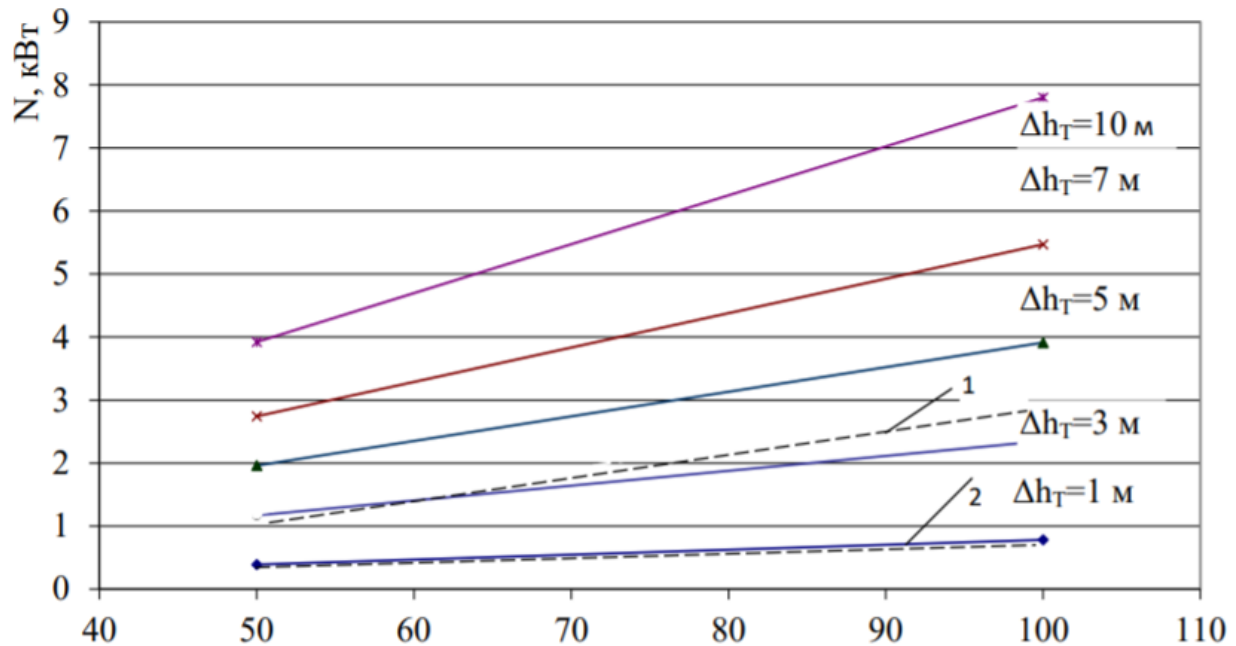
Використовуючи вищевикладені розрахунки втрати тиску на турбіні Δh_T залежно від потужності на валу N і витрати води Q (табл. 3.5), побудовано діапазони зміни потужностей, які можна отримати на валу гідротурбіни й потужностей, необхідних для пересування ДМ різних модифікацій за норми поливу $100\text{-}600 \text{ м}^3/\text{га}$ (рис. 3.6).

Таблиця 3.6.

**Максимальна загальна потужність електроприводу ДМ
різних модифікацій за поливної норми $100 \text{ м}^3/\text{га}$**

Довжина ДМ L , м	Зрошувана площа S , га	Витрата води Q , л/с	Робочий тиск p , МПа	Маса m , кг	Потужність N , кВт
503	82,1	88	0,43	34100	2,63
443,2	64	77	0,35	30000	2,06
383,4	48,1	67	0,29	25900	1,89
323	34,5	57	0,24	21900	1,74
263,5	23,2	46	0,21	17900	1,46
203,6	14,1	36	0,19	13800	1,20

Як бачимо з рис. 3.5, енергія зрошувальної води всіх модифікацій ДМ з витратами від 50 до 100 л/с достатня для отримання потужності, необхідної для пересування машини за допомогою гідротурбінного приводу (при цьому найбільші втрати тиску на гідротурбіні складають 4 м).



1 - $m = 100 \text{ м}^3/\text{га}$; 2 - $m = 600 \text{ м}^3/\text{га}$;

Q - витрата води ДМ л/с; Δh_T - втрата напору на гідротурбіні, м

Рис. 3.5. Діапазон зміни потужностей, які можливо отримати на валу гідротурбіни, і потужностей, необхідних для пересування ДМ:

— дані розрахунку N_1 за формулою (3.6);

- - - дані розрахунку N_2 за формулою (3.9).

Таким чином, використання енергії зрошувальної води в трубопроводі на вході ДМ з гідротурбінним приводом як джерела живлення електроприводу або гідроприводу для переміщення опорних візків за допомогою гідротурбінного приводу чи ГН потребує мінімального підвищення тиску в ЗМ до 4 м, а з врахуванням можливих втрат тиску на з'єднаннях і забезпечення запасу енергії води - до 10 м. У цьому випадку гідротурбінний привод при витраті води від 50 до 100 л/с може забезпечити потужність у межах 4-8 кВт.

Використання різних видів енергоресурсів призводить до зниження

надійності й екологічної безпеки ДМ, ускладнює розрахунок і контроль за використанням електроенергії та дизельного палива.

Для роботи однієї ДМ з дизельним двигуном протягом поливного сезону потрібно у середньому три тонни дизельного палива, вартість якого значна і щорічно зростає, що призводить до зменшення ефективності зрошення. Тому доцільно замість дизельного палива використовувати альтернативні джерела енергії, зокрема, енергію руху й тиску зрошувальної води, яка здатна забезпечити роботу гідротурбінного привода.

Гідротурбінний привод доцільно використовувати на сучасних вітчизняних БДМ, конструктивно-технологічні параметри яких наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

**Параметри модифікацій ДМ кругової дії ДМФ-К-А
без кінцевого дощувального апарата**

Модифікація	Довжина, м	Кількість прольотів, шт.	Витрата, л/с	Тиск на вході в машину, МПа	Площа поливу на позиції, га	Витрати енергії на зрошення при заданому тиску на вході, кВт·год/1000 м ³	Потужність генератора або гідравлічного насоса *, кВт
ДМФ-К-А 3	203,6	3	36	0,19	14,1	51,7	4,5 [1]
ДМФ-К-А 4	263,5	4	46	0,21	23,2	57,1	6,0 [2]
ДМФ-К-А 5	323,4	5	57	0,24	34,5	65,3	7,5 [2]
ДМФ-К-А 6	383,3	6	67	0,29	48,1	78,9	9,0 [3]
ДМФ-К-А 7	443,2	7	77	0,35	64,0	95,2	10,5 [3]
ДМФ-К-А 8	503,1	8	88	0,43	82,1	117,0	12,0 [4]
ДМФ-К-А 9	563,0	9	90	0,48	102,4	130,5	13,5 [4]
ДМФ-К-А10	622,9	10	90	0,51	125,0	138,7	15,0 [5]

* - у дужках наведено фактичну потужність, яка використовується на переміщення машини

При використанні гідротурбіни, яка приводиться в дію енергією руху й напором води у трубопроводі ЗМ, немає потреби у використанні дизельного двигуна. Але при цьому виникають додаткові втрати напором води на вході у трубопровід ДМ, де встановлено гідротурбіну. Тому на НС, яка подає воду до ЗМ, необхідно створити додатковий напір за тих же витрат води. Як свідчать попередні розрахунки, цей додатковий напір не повинен перевищувати 10-15 м, що досягається використанням повнопрохідної турбіни, гідравлічні й механічні характеристики якої мають узгоджуватися з аналогічними характеристиками ГН або ЕГ, які встановлені на сучасних БДМ.

Потужність НА, необхідну для створення робочого тиску на ДМ, визначають за формулою [108]:

$$N = 9,81 Q(H_{НС} + H_{\Delta})/\eta_n, \text{ кВт}, \quad (3.13)$$

де Q - витрата води утворювана НА, м³/с;

$H_{НС}$ - напір на НС, необхідний для поливу ДМ, м;

H_{Δ} - додатковий напір, який повинен створити НА для роботи гідротурбінного приводу, м; η_n - коефіцієнт корисної дії НА.

Величина $H_{НС}$ враховує місцеві втрати тиску, втрати тиску по довжині в трубопроводах ЗМ, а також необхідний робочий тиск на вході ДМ.

Витрати електроенергії розраховано за формулою:

$$E = (N_{\Delta} + N_n) \cdot t, \text{ кВт} \cdot \text{ год}, \quad (3.14)$$

де N_{Δ} , N_n - потужність, яка необхідна відповідно на пересування машини та для зрошення, кВт ;

t - тривалість роботи насосного агрегата протягом поливного періоду, год.

Розрахунок витрат електроенергії на пересування ДМ з гідротурбінним приводом виконано за умов: гідротурбіна повнопрохідна; витрата води, що проходить через гідротурбіну, дорівнює витраті ДМ; додатковий тиск для привода гідротурбіни прийнято $H_{\Delta} = 10$ м, або 0,1 МПа.

Результати розрахунку корисної потужності для поливу і пересування основних модифікацій електрифікованої ДМ кругової дії довжиною до 503,1 м з гідротурбінним приводом наведено у таблиці 3.8.

**Потужність, яка забезпечується енергією зрошувальної води
для поливу і пересування модифікацій ДМ кругової дії**

Довжина модифікацій ДМ, м	Витрата води, л/с	Робочий тиск на вході в машину, МПа	Тиск на НС, м		Корисна потужність, кВт	
			дизельний двигун	турбінний привод	на полив	на пере- сування
1	2	3	4	5	6	7
203,6	36	0,19	0,34	0,44	8,3	2,4
263,5	46	0,21	0,36	0,46	11,2	3,1
323,4	57	0,24	0,39	0,49	15,1	3,8
383,4	67	0,29	0,44	0,54	20,0	4,5
443,2	77	0,35	0,50	0,60	26,2	5,2
503,1	88	0,43	0,58	0,68	34,7	5,9

Як бачимо, робочий тиск на НС вищий на 0,1 МПа, що необхідно для роботи турбінного привода. Визначено витрати енергії при роботі ДМ кругової дії при використанні гідротурбінного привода з електрогенератором (турбогенератором) та дизельного двигуна з електрогенератором (дизельгенератором).

Для цього розглянуто полив відповідних площ модифікаціями ДМ зрошувальною нормою 1000 м³/га.

Результати розрахунку витрат енергії НС на подавання води для зрошення ДМ з турбо-генератором і дизель-генератором наведено у таблиці 3.9.

**Витрати енергії на зрошення ДМ з турбо- та
дизель-генератором (за зрошувальної норми 1000 м³/га)**

Довжина модифікацій ДМ, м	Витрата води, м ³ /год	Площа зрошення, га	Час зрошення <i>t</i> , год.	Машина з турбогенератором		Машина з дизель-генератором	
				загальні витрати на полив і пересування, кВт·год.	у тому числі пересування, кВт·год	на полив, (електро- енергія), кВт·год	на пересування (дизельне паливо), л
203,6	129,6	14,1	108,8	1164,2	261,1	903	108,8
263,5	165,6	23,2	140,1	2003,4	434,3	1569,1	140,1
323,4	205,2	34,5	168,1	3177,1	638,8	2538,3	168,1
383,4	241,2	48,1	199,4	4885,3	897,3	3988	299
443,2	277,2	64,0	230,8	7247,1	1200,2	6046,9	346,2
503,1	316,8	82,1	259,2	10523,3	1529	8994	388,8

Як бачимо з таблиці 3.9, машина з турбо-генератором має більші витрати електроенергії НС, але в цьому випадку для поливу та пересування ДМ використовується тільки електрична енергія. Для ДМ з дизель-генератором витрата електроенергії на полив НС має менші значення, але для пересування ДМ при зрошенні додатково витрачається дизельне паливо.

Наші дослідження у виробничих умовах показали, що при роботі ДМ машин з дизельним агрегатом, довжина яких становить 203,6-323,4 м, на пересування витрачається щонайменше 1,0-1,2 л дизельного палива за 1 годину, а машин довжиною 383,4-503,1 м - 1,5-2,4 л/год. За зрошувальної норми 1000 м³/га машина довжиною 503,1 м витрачає при зрошенні 8994 кВт електроенергії та 388,8 л дизельного палива. Така ж модифікація ДМ з турбогенератором не застосовує дизельне паливо, а витрачає на зрошення і пересування тільки електричну енергію - 10523,3 кВт·год.

У розділі 5 визначено економічну ефективність застосування гідротурбінного привода для переміщення БДМ кругової дії у процесі зрошення порівняно з дизельним двигуном.

3.3. Висновки до третього розділу

1. Визначено оптимальні значення і встановлено залежності питомих витрат електроенергії сучасних вітчизняних модифікацій БДМ, зокрема визначено, що ефективність використання машин фронтальної дії з кінцевим дощувальним апаратом, які мають довжину понад 380-400 м, вища в порівнянні з машинами кругової дії та без кінцевого апарата за довжини понад 350 м.

2. Обґрунтовано гідравлічні й енергетичні параметри гідротурбінного привода потужністю до 10 кВт і витратою води до 100 л/сек для модифікацій БДМ кругової дії, проведено порівняння витрат електроенергії та дизельного палива ДМ при застосуванні гідротурбінного привода й дизельного двигуна.

4. Результати експериментальних досліджень робочих органів багатоопорних дощувальних машин

4.1. Результати експериментальних випробувань гідротурбінного приводу

Енергетичний блок, який забезпечує роботу приводу візків сучасних ДМ кругової дії, має в складі дизельний двигун, механічно з'єднаний з ЕГ або ГН. У першому випадку ЕГ забезпечує подавання електроенергії напругою 380/220 V для роботи електричних двигунів опорних візків машини. У другому випадку ГН з бака об'ємом 100 літрів подає під тиском 8,0-10,0 МПа спеціальну гідравлічну рідину для роботи гідромоторів, встановлених на колесах опорних візків. Більшість фірм виготовляють енергетичний блок, укомплектований дизельним двигуном з генератором, і лише декілька фірм постачають енергетичний блок дизельного двигуна з ГН.

Перспективним напрямом розвитку сучасної дощувальної техніки є збереження водних ресурсів і енергетичних витрат при зрошенні, у першу чергу дизельного палива й електроенергії. Отже, застосування альтернативних джерел енергії замість дизельного палива при роботі систем зрошення, зокрема для приводу візків ДМ, є одним з перспективних шляхів заощадження енергоресурсів і підвищення ефективності зрошення при використанні ДМ.

Проведені дослідження гідротурбінного приводу ДМ кругової дії на макетних зразках та визначені його електричні та гідромеханічні параметри.

Дослідження гідротурбінного приводу були проведені на спеціальному лабораторному стенді, який забезпечував параметри робочого тиску і витрати води, наближені до реальних параметрів ДМ кругової дії.

Потужність на валу ГТ, яка необхідна приводу ЕГ або ГН для пересування ДМ залежно від діючого тиску і витрати води, визначається за відомою формулою 3.6.

Загальна потужність приводу $N_{зп}$, яка необхідна для пересування ДМ на визначеному рельєфі поля, визначається за формулою 3.9.

Результат розрахунку потужності, необхідної для пересування ДМ кругової дії різних модифікацій, наведено у таблиці 4.1. Розрахунки F_T проводили виходячи з умов, що максимальний похил поля $i = 0,02$, швидкість руху, яка відповідає поливній нормі $m = 100 \text{ м}^3/\text{га}$, становить $2,0 \text{ м/хв}$, коефіцієнт опору перекочуванню - $0,2$.

Таблиця 4.1.

Основні параметри гідротурбінного приводу з гідравлічним насосом

Основні вузли	Максимальний тиск, МПа	Максимальна витрата, л/с	Робоча рідина	Максимальна частота обертів, об/хв	Максимальна потужність, кВт	Маса, Кг	Типо-розмір, мм
Гідротурбіна	0,35	26,7	Вода	4800	6,3	-	50
Гідравлічний насос НШ-10М	16	0,22	олива М-10В	1500	7	2,5	25
Водомір	20	1,5	мастило М-10В	-	-	16	25

Наприклад, визначено, що для пересування ДМ довжиною до 503 м достатньо мати потужність 2,63 кВт. Це пов'язано з тим, що на приводах візків машини встановлені двигуни, які для роботи потребують невелику потужність 0,5-1,0 кВт. У той же час одночасно спрацьовують лише 2-3 двигуна в залежності від довжини машини. Машинам довжиною 203,6 м для роботи необхідна потужність 1,46 кВт.

У розділі 3.3 проведено обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів електрифікованих ДМ кругової дії, на яких можна застосувати замість дизельного агрегату ГТ з генератором або з ГН, відповідно до розробленої принципової схеми використання джерел енергії наведеної на рис.

3.7. д, е. Для експериментальної перевірки і визначення енергетичних параметрів гідротурбінного привода у відділі зрошення КДДС ІВПіМ НААН розроблено і виготовлено його макетний зразок і експериментальний стенд для випробувань гідротурбінного привода з ГН і ЕГ з метою визначення технічних вимог при застосуванні його на БДМ кругової дії замість дизельного двигуна.

Основними елементами схеми є насос шестеренчастий, гідротурбіна, гідромотор і вимірювальний прилад КИ-5473. Основні параметри гідротурбінного привода з ГН представлені в таблиці 4.1.

Загальний вигляд макетного зразка гідротурбінного привода з гідравлічним насосом при випробуваннях на стенді наведено на рис. 4.1.



Рис. 4.1 Загальний вигляд макетного зразка гідротурбінного привода з гідравлічним насосом.

Принципову схему експериментального стенда для випробувань гідротурбінного привода з гідравлічним насосом наведено на рис. 4.2.

Попередньо, окремо було проведено дослідження з використанням ЕД який дозволяв плавно регулювати навантаження для визначення робочих характеристик насоса НШ-10М.

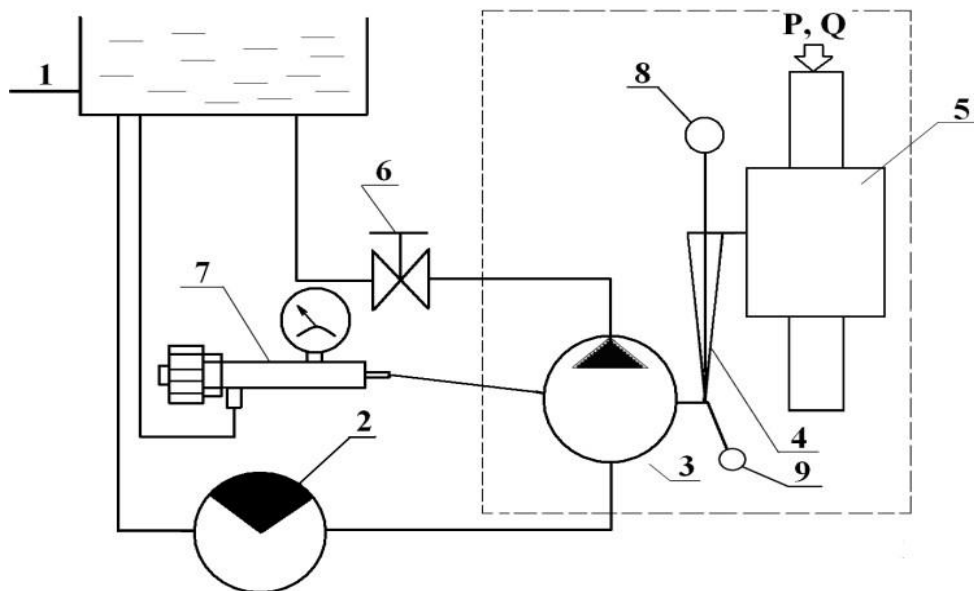


Рис. 4.2 Схема гідротурбінного привода з гідравлічним насосом:

1 - ємкість з робочою гідравлічною рідиною; 2 - гідромотор Г15-23Р; 3 - насос НШ-10, 4 - клиноремінна передача; 5 - гідротурбіна; 6 - кран; 7 –КІ-5473; 8, 9 - тахометри; P, Q - відповідно тиск та витрата води на вході в гідротурбіну.

Для цього за допомогою клиноремінної передачі з'єднали насос з ЕД і, згідно з номінальною характеристикою насосів даного типу, проводили заміри витрати оливи відповідно до тиску в магістралі при постійних обертах валу двигуна (25 с^{-1}). Вимірювання тиску оливи здійснювалося манометром МТИ 1232 класу точності 1,0 з діапазоном вимірювань 0-16 МПа. Найбільша абсолютна похибка для цього манометру становить $16 \times 1 / 100 = 0,16 \text{ МПа}$. Згідно з отриманими даними та розрахунками побудовано характеристики даного насосу (рис. 4.3).

Потім на стенді встановили насос НШ-10М і з'єднали з ГТ. Це дозволило визначити характеристики ГТ.

Враховуючи, що в Україні ГТ потужністю до 30 кВт не виробляють, для гідротурбінного привода було застосовано ГТ, яка забезпечувала намотування шланга на барабан закордонної дощувальної установки «Сігма», паспортна потужність якої не перевищувала 10 кВт. Гідротурбіну через ремінну передачу з'єднано з ГН НШ-10М, який має робочий тиск до 16 МПа і витрату

гідравлічної рідини (оливи) 0,22 л/с (табл. 4.2). Ще один з основних елементів схеми - витратомір гідравлічної рідини КИ-5473, який має робочий тиск до 20 МПа і витрату гідравлічної рідини до 1,5 л/с.

Таблиця 4.2.

Результати вимірювання характеристик насоса НШ-10М

Тиск p , МПа	Витрата гідравлічної рідини, Q , л/с	Потужність насоса, N , кВт	η насоса, ККД(довідково)
1	0,281	1,41	0,2
4	0,281	2,25	0,5
7	0,280	3,27	0,6
10	0,264	3,77	0,7
13	0,260	4,22	0,8
16	0,222	4,44	0,8

Тиск гідравлічної рідини 6,3 МПа у системі приводив у дію гідромотор марки Г15-23Р, який призначений для моделювання тягового зусилля на пересування візка ДМ.

На рисунку 4.3 видно, що потужність N насоса в значній мірі залежить від величини робочого тиску p і ККД, а при найбільшій витраті Q оливи значення ККД, мінімальне.

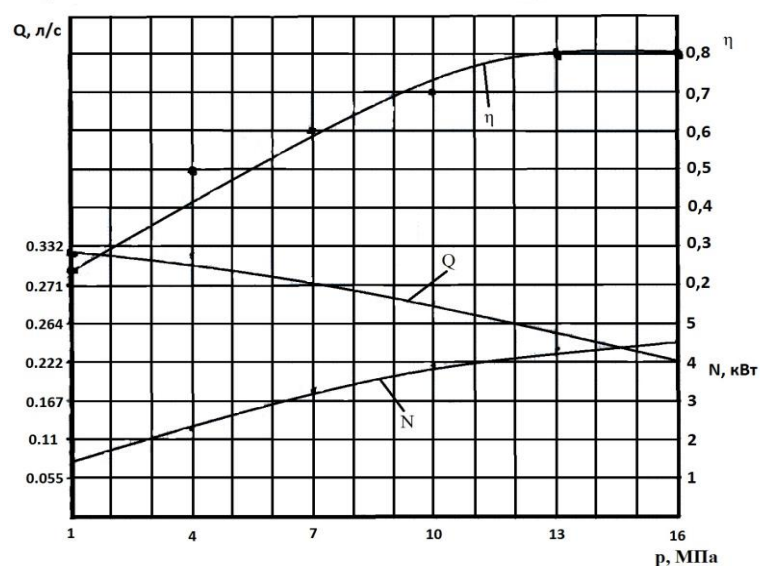


Рис. 4.3 Характеристика насоса типу НШ 10-М:

η - ККД насосу; Q - витрати мастила; N - потужність на приводі насосу.

Основними елементами принципової схеми цього стенду є ГТ та ЕГ 960.3701, здатний забезпечити стабільну напругу до 28 В і потужність 1,26 кВт та прилади для вимірювання електричних параметрів.

Принципову схему гідротурбінного привода з ЕГ наведено на рис. 4.4.

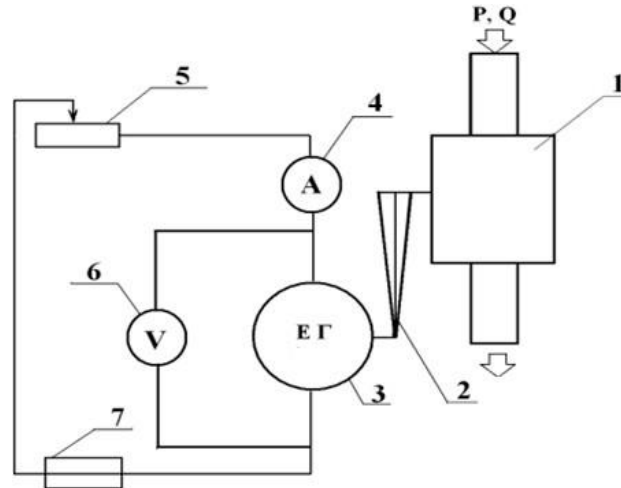


Рис. 4.4 Схема гідротурбінного привода з використанням ЕГ:

1 - ГТ; 2 - клиноремінна передача; 3 - ЕГ ; 4 - амперметр; 5 - регулятор навантаження; 6 - вольтметр; 7 - запобіжник; P , Q - відповідно тиск та витрата води на вході в ГТ.

За результатами досліджень отримано гідравлічну характеристику ГТта її потужність за різних витрат води (див. рис. 4.5).

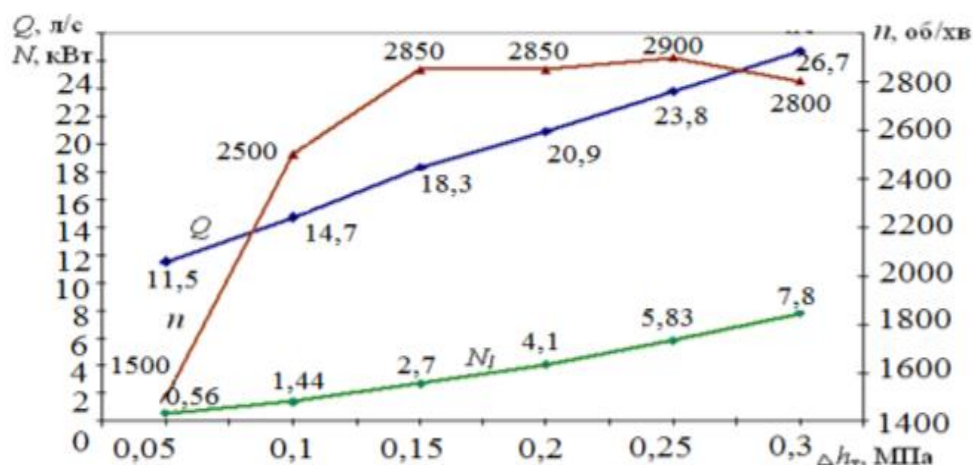


Рис. 4.5 Робочі характеристики ГТ:

Q - витрата води через ГТ, л/с; n - кількість обертів, об/хв; N_1 - корисна потужність, кВт; Δh_T - втрата тиску на ГТ, МПа.

Як бачимо з рис. 4.5, ГТ стабільно працює за втрати тиску від 0,1 до 0,3 МПа, має максимальну витрату води 26,7 л/с і корисну потужність до 7,8 кВт.

Для даного типу турбіни отримано функціональні залежності, у яких співвідношення потужності та витрати води є прямопропорційне, але ККД цієї турбіни низький, що обумовлено конструкцією її робочого колеса (невелика площа поверхні лопаток). Також встановлено, що дана турбіна розрахована для роботи при тиску зрошувальної води в межах 0,5-0,8 МПа і при обертах 3000-5000 об/хв, тому для застосування турбіни з таким типом робочого колеса було використано знижуючий редуктор (клиноремінну передачу), що призвело до зменшення ККД.

У результаті проведених випробувань гідротурбінного привода з ГН визначено фактичні параметри гідравлічного насоса НШ-10: витрату гідравлічної рідини Q_H (л/с), корисну потужність гідротурбіни N_1 (кВт), ККД η_T за зміни робочого тиску гідравлічної рідини та різних обертах гідротурбіни n (об/хв) (табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Параметри гідравлічного насоса з приводом від гідротурбіни

Тиск гідравлічної рідини насоса p_H , МПа	Витрата гідравлічної рідини насоса Q_H , л/с	Витрата води через гідротурбіну Q , л/с	Кількість обертів гідротурбіни/насоса n , об/хв	Втрата тиску на гідро-турбіні Δh_t , МПа	Корисна потужність гідро-турбіни N_1 , кВт	Коефіцієнт корисної дії, η_T
1,2	0,142	11,5	1500/848	0,05	0,170	0,3
2,5	0,195	14,7	2500/1325	0,1	0,555	0,38
3,8	0,222	18,3	2850/1510	0,15	0,847	0,31
4,1	0,226	20,9	2850/1510	0,20	0,914	0,22
4,5	0,258	23,8	2900/1537	0,25	1,161	0,20
4,9	0,263	26,7	2800/1484	0,30	1,22	0,16

Як видно з таблиці 4.3, гідротурбіна забезпечує роботу насоса НШ-10М, у межах витрати рідини насоса 0,142-0,263 л/с і тиску 1,2-4,9 МПа. При цьому, загальний ККД змінюється від 0,3 до 0,16, що дуже мало. Це пов'язано з тим,

що гідротурбіна, на якій проводились дослідження має максимальну корисну потужність 7,8 кВт (рис 4.5), а з врахуванням низького ККД насоса НШ-10М за тиску до 4,9 МПа і клиноремінної передачі при навантаженнях може забезпечити фактичну потужність 1,22 кВт. Тобто, параметри потужності та число обертів гідротурбіни й гідравлічного насоса повинні бути узгодженими.

При випробуваннях гідротурбінного привода з використанням ЕГ визначено:

- витрату води через ГТ, тиск, крутні моменти за різної кількості обертів ГТ, її потужність (табл. 4.4);

- електричні параметри ЕГ залежно від зміни тиску води на ГТ (табл. 4.5).

Під час випробувань було встановлено, що при використанні енергетичної установки як із ЕГ, так і з ГН потрібен регулятор тиску води на вході в ГТ для забезпечення стабільних обертів турбіни.

В таблиці 4.4, видно, що найбільшу потужність було досягнуто при витраті води 26,7 л/с, але значення ККД у цьому випадку склало лише 0,17. Це пов'язано з тим, що прохідні отвори ГТ розраховані на максимальну витрату води 10 л/с, тому при збільшенні витрати води гідравлічний опір збільшується, а ККД зменшується.

Таблиця 4.4.

Гідромеханічні параметри, отримані під час випробувань гідротурбінного привода з електрогенератором

Витрата води через гідротурбіну Q , л/с	Втрата тиску на гідротурбіні Δh_T МПа	Крутний момент M , Н/м $n = 500$ об/хв.	Крутний момент M , Н/м $n = 1500$ об/хв	Корисна потужність гідротурбіни N_1 , кВт	Загальний ККД гідротурбінного привоу η_T
11,5	0,05	3,26	1,08	0,170	0,30
14,7	0,10	3,8	1,26	0,198	0,14
18,3	0,15	9,05	3,0	0,472	0,17
20,9	0,20	17,6	5,86	0,921	0,22
23,8	0,25	20,3	6,7	1,06	0,18
26,7	0,30	26,1	8,6	1,36	0,17

Таблиця 4.5.

**Електричні параметри, отримані під час випробувань
гідротурбінного привода з електрогенератором**

Втрата тиску на гідротурбіні Δh_T , МПа	Кількість обертів валу гідротурбіни/генератора n , об/хв.	Сила струму, А	Напруга, В	Потужність генератора N_G , кВт
0,05	1600/848	6,5	26,1	0,170
0,10	2450/1298	7,0	26,1	0,198
0,15	2850/1510	18,1	26,1	0,472
0,20	3600/1908	35,3	26,1	0,921
0,25	4100/2173	40,8	26,1	1,06
0,30	4750/2530	52,1	26,1	1,36
0,35	5000/2540	52,3	26,1	1,37

Експериментальні дослідження гідротурбінного привода показали достатню надійність роботи та можливість використання для пересування візків БДМ при умові застосування спеціальних ГТ потужністю до 20 кВт.

За кордоном в останні роки такі ГТ почали виготовляти для створення електроенергії на малих гідроелектростанціях, яка призначена для встановлення на трубопроводі діаметром 250-375 мм можна використовувати на схемах живлення ДМ, які пропонувалися раніше.

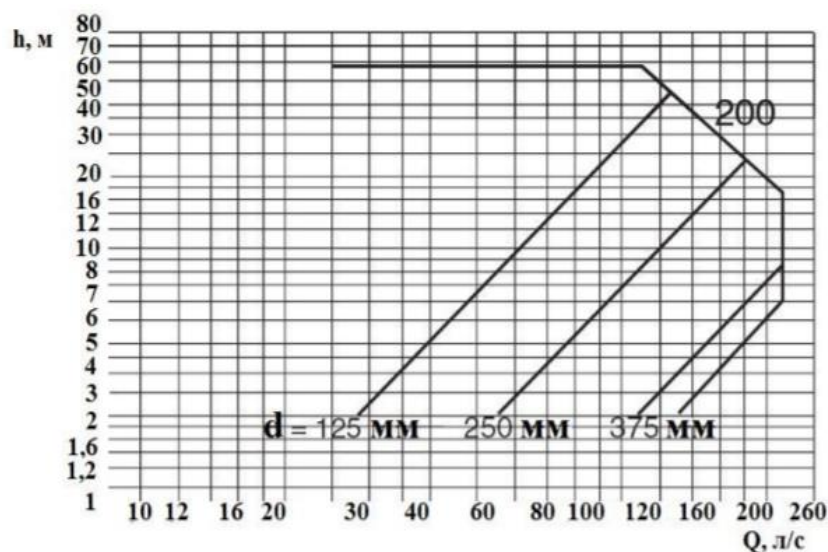


Рис. 4.6 Характеристика турбіни Microcross ГТ.

Наприклад, турбіна Microcross, характеристика якої зображена на рис 4.6,

працює в діапазоні робочого тиску і витрат води, які близькі до роботи зрошувальних систем і мають необхідну потужність та високий рівень ККД, тому доцільно її використання з ГН та ЕГ для пересування БДМ.

4.2. Дослідження параметрів процесу запуску багатоопорних дощувальних машин

При обґрунтуванні параметрів витрати зрошувальної води, робочого тиску й потужності гідротурбінного привода з електрогенератором для БДМ, треба враховувати перехідний процес запуску ЕГ зі стану спокою в стан рівномірного обертання.

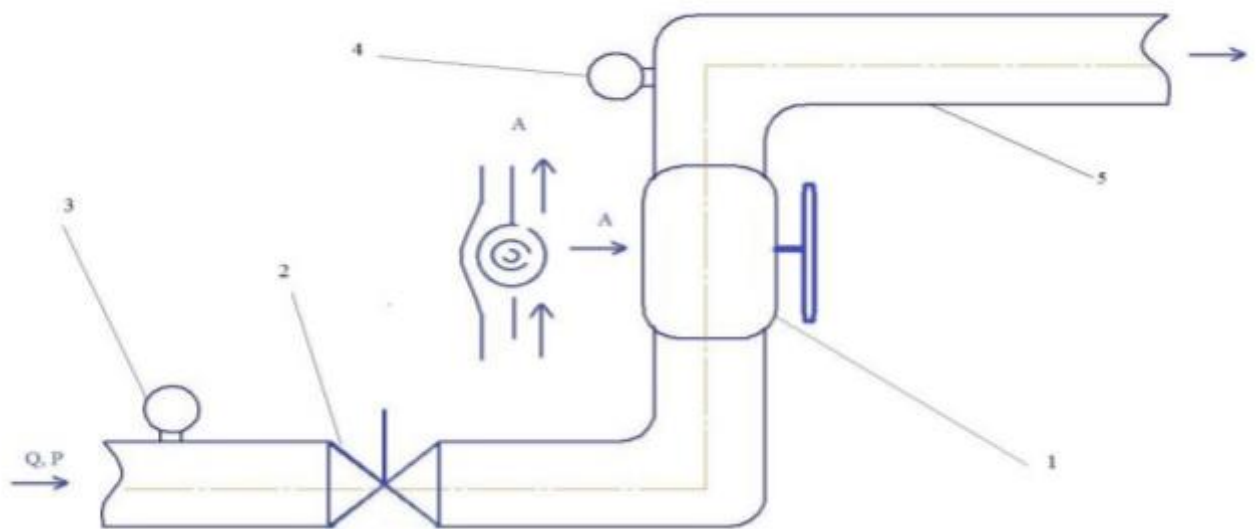


Рис.4.7. Схема розміщення датчиків тиску на нерухомій опорі ДМ:

1 - місце встановлення ГТ; 2 - гідрозасувка; 3 - датчик тиску перед гідрозасувкою; 4 - датчик тиску на вході в ДМ; 5 - водопровідний трубопровід, на якому встановлені короткоструминні дощувальні насадки.

У цьому випадку потрібно на валу ЕГ розвинути максимальний крутний момент, який повинен перевищувати номінальний крутний момент у 1,1-2 рази. Відповідно потужність гідротурбінного привода при запуску ЕГ повинна

збільшуватися. Таким чином, при включенні БДМ шляхом відкриття гідрозасувки й подачі потоку води на ГТ остання повинна для запуску ЕГ розвинути в перші секунди максимальну потужність $N_{\max} = 2N_n$, а потім при заповненні трубопроводу БДМ - номінальну потужність N_n для забезпечення рівномірного обертання в робочому режимі. Схема розміщення датчиків тиску при проведенні досліджень процесу запуску БДМ наведена на рис 4.7.

Дослідження гідравлічних характеристик при запуску сучасних БДМ (Zimmatic) з різною довжиною і витратою води проводили у виробничих умовах Вінницької обл.

У результаті досліджень визначено закономірності зміни тиску перед гідрозасувкою, на вході в ГТ p_1 і після ГТ p_2 на вході у трубопровід БДМ, графіки яких для модифікації машини з витратою води 77 л/с і довжиною 450 м наведено на рис. 4.8.

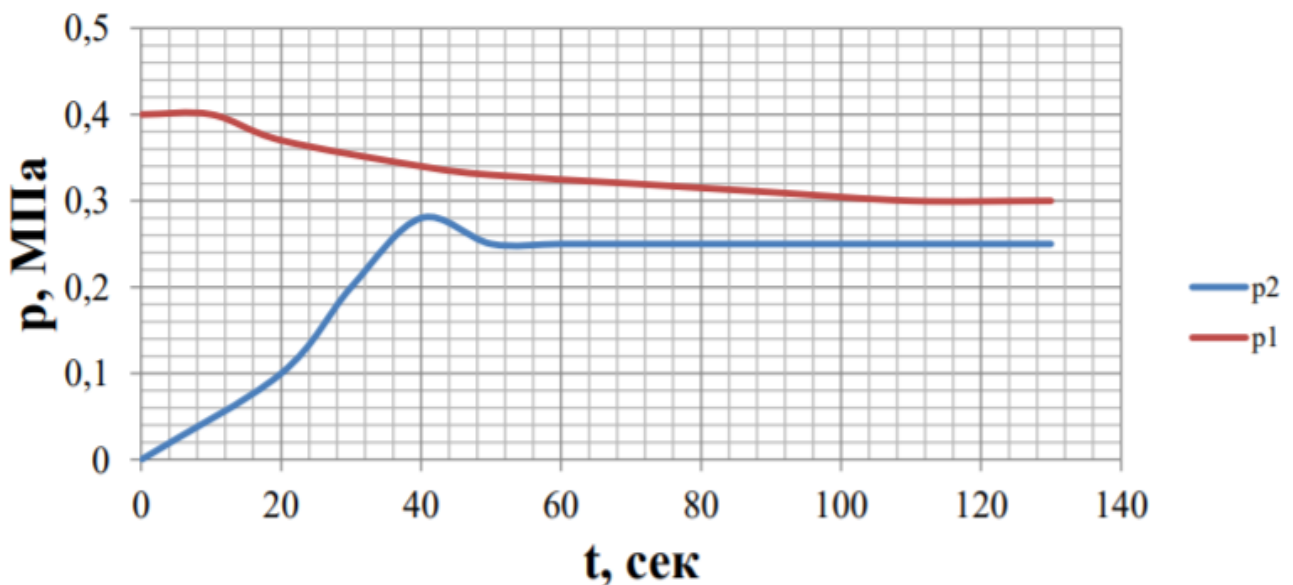


Рис 4.8. Графік зміни тиску при запуску ДМ:

p_1, p_2 - відповідно тиск на вході та виході в ГТ.

Як бачимо, перехідні процеси зміни тиску проходять протягом 120 сек. При відкритті гідрозасувки протягом 45 сек виникає невеликий гідравлічний удар з перевищенням усталеного робочого тиску на 0,05 МПа. При цьому різниця тиску $p = p_1 - p_2$ змінюється від 0,4 МПа до 0,27 МПа протягом 20 сек та

від 0,27 МПа до 0,05 МПа протягом 100 сек. (рис. 4.8).

Також визначали різницю тиску p при перехідному процесі для інших модифікацій БДМ, які працюють і мають параметри Q і p такі ж, як і нові вітчизняні БДМ.

Для різних значень різниці тиску p потужність ГТ, яка встановлюється на вході в ДМ визначали за формулою:

$$N = 9,81 \cdot Q \cdot p \cdot k, \quad (4.3)$$

де N - потужність, яку може забезпечити гідротурбінний привод, кВт;

Q - витрата води ДМ, л/с,

p - різниця тиску p_1-p_2 , МПа;

k - ККД гідротурбінного привода.

Одержані значення N для ДМ із різними витратами і довжиною наведені в таблицях 4.6 - 4.10.

Таблиця 4.6.

**Зміна потужності ГТ при різних значеннях тиску
за певний проміжок часу N, p, t при витраті води БДМ 88 л/с**

№ п/п	Потужність ГТ, N , кВт	Тиск на вході в ДМ, p , МПа	Час роботи, t , сек
1	24,0	0,40	0
2	21,0	0,35	10
3	15,6	0,26	20
4	9,6	0,16	30
5	3,6	0,06	40
6	4,8	0,08	50
7	4,2	0,07	60
8	3,6	0,06	70
9	3,0	0,05	80

Таблиця 4.7.

**Зміна потужності ГТ при різних значеннях тиску
за певний проміжок часу N, p, t при витраті води БДМ 77 л/с**

№	Потужність ГТ, N , кВт	Тиск на вході в ДМ, p , МПа	Час роботи, t , сек
1	18,5	0,35	0
2	16,4	0,31	10
3	11,7	0,22	20
4	7,4	0,14	30
5	4,2	0,08	40
6	4,2	0,08	50
7	3,7	0,07	60
8	2,65	0,05	100

Таблиця 4.8.

**Зміна потужності ГТ при різних значеннях тиску за певний
проміжок часу N, p, t при витраті води БДМ 67 л/с**

№ п/п	Потужність ГТ, N , кВт	Тиск на вході в ДМ, p , МПа	Час роботи, t , сек
1	13,3	0,29	0
2	11,9	0,26	10
3	9,2	0,20	20
4	6,4	0,14	30
5	3,2	0,07	40
6	2,3	0,05	50
7	1,8	0,04	60

Таблиця 4.9.

**Зміна потужності ГТ при різних значеннях тиску
за певний проміжок часу N, p, t при витраті води БДМ 57 л/с**

№ п/п	Потужність ГТ, N , кВт	Тиск на вході в ДМ, p , МПа	Час роботи, t , сек
1	9,36	0,24	0
2	7,8	0,20	10
3	4,7	0,12	20
4	3,1	0,08	30
5	2,3	0,06	40
6	1,9	0,05	50
7	1,5	0,04	60

Таблиця 4.10.

**Зміна потужності ГТ при різних значеннях тиску
за певний проміжок часу N, p, t при витраті води БДМ 46 л/с**

№ п/п	Потужність ГТ, N , кВт	Тиск на вході в ДМ, p , МПа	Час роботи, t , сек.
1	6,5	0,21	0
2	5,6	0,18	10
3	3,4	0,11	20
4	2,2	0,07	30
5	1,55	0,05	40
6	1,2	0,04	50
7	1,2	0,04	60

Аналіз значень потужностей, наведених у табл. 4.6 - 4.10 показує, що їх величина достатня для пересування БДМ при максимальній швидкості за поливної норми $100 \text{ м}^3/\text{га}$. Значення цих потужностей були визначені в розділі 3.3. Порівняння потужностей, необхідних для пересування БДМ за допомогою гідротурбінного привода показує, що для модифікацій машини з витратами води 88 л/с, 77 л/с, 67 л/с, 57 л/с і 46 л/с достатній перепад тиску p на ГТ 0,05 МПа. рис 4.9 та 4.10.

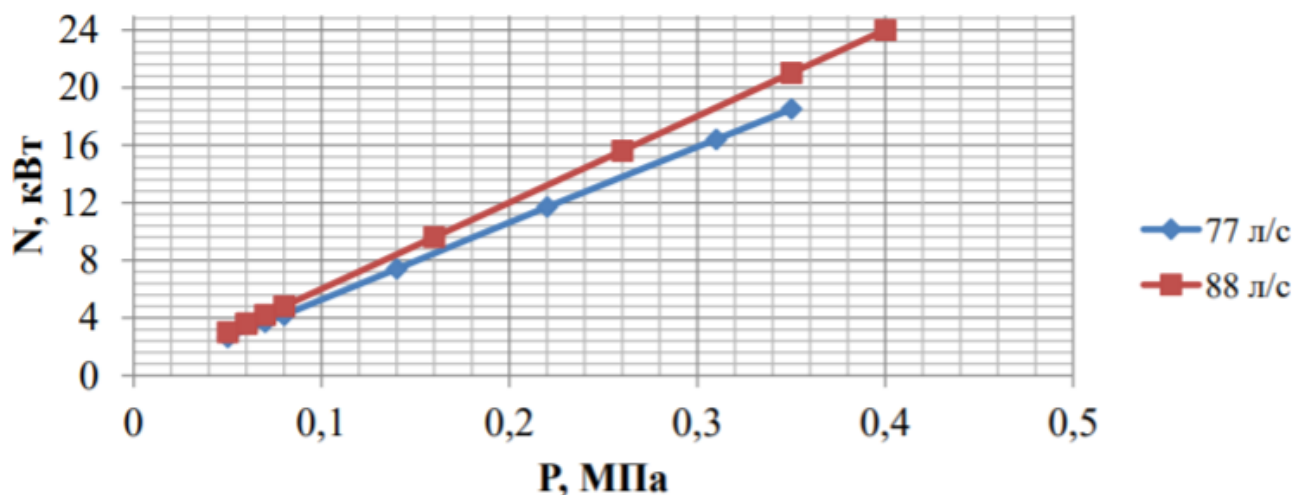


Рис. 4.9. Графік залежностей потужності ГТ від тиску $N-f(p)$ для БДМ з витратами води 88 л/с та 77 л/с.

Одержані значення й побудовані графіки потужностей $N-f(p)$, які можна використовувати для вибору ЕГ при налагодженні вітчизняного виробництва сучасних модифікацій БДМ із гідротурбінним приводом. При цьому, робочий діапазон тиску $p = 0,05 \div 0,4$ МПа при витраті води 88 л/с, та $p = 0,05 \div 0,35$ МПа при витраті води 77 л/с.

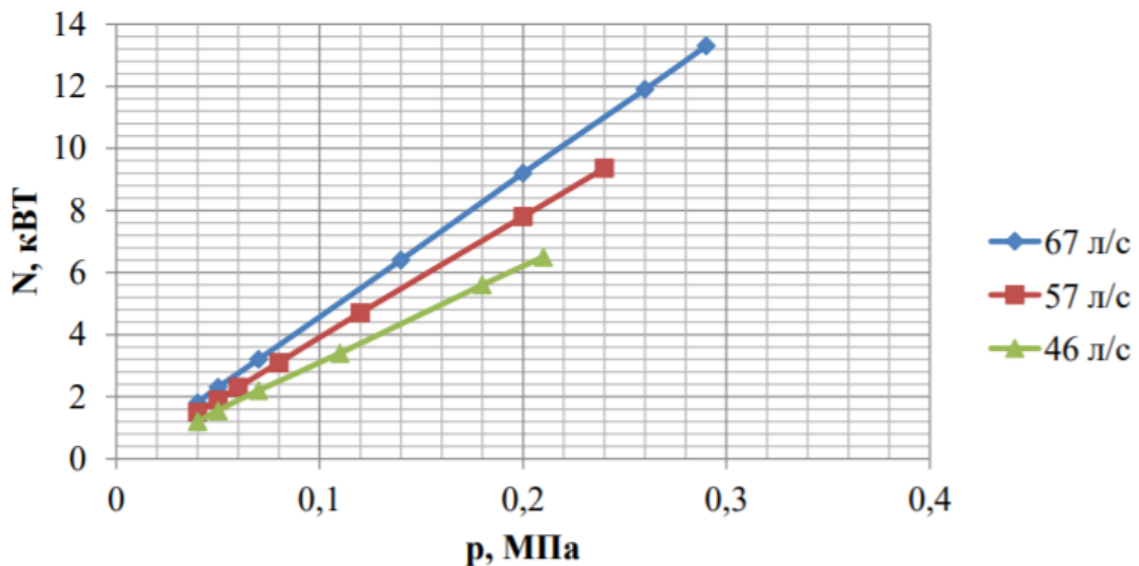


Рис. 4.10. Графік залежностей потужності ГТ від тиску $N-f(p)$ для БДМ з витратами води 67 л/с, 57 л/с та 46 л/с.

Математичні залежності $N-f(p)$ в результаті апроксимації і спрощення мають вигляд лінійних залежностей, табл. 4.11.

Таблиця 4.11.

**Математичні залежності потужності від тиску $N-f(p)$
при різній витраті води БДМ**

Модифікації машини кругової дії	Витрата води Q , л/с	Довжина машини L , м	Залежність $N-f(p)$
ДМФ-К-А8-503-88	88	503,1	$N = 60p$
ДМФ-К-А7-443-77	77	443,2	$N = 53,7p$
ДМФ-К-А6-383-67	67	383,4	$N = 45,9p$
ДМФ-К-А-5-323-57	57	323,4	$N = 39,6p$
ДМФ-К-А-4-263-46	46	263,5	$N = 32,4p$

ДМ з різною витратою і довжиною мають різну швидкість заповнення трубопроводу зрошувальною водою, внаслідок чого перехідні процеси зміни тиску перед гідрозасувкою і в трубопроводі машини проходять по-різному. Як показують наші дослідження, у виробничих умовах на існуючих зрошувальних системах заповнення водопровідного трубопроводу БДМ повинно бути не менше 45 сек для запобігання виникнення гідравлічного удару. Необхідно відмітити, що наявність ГТ дозволяє зменшити гідродудар внаслідок зменшення швидкості потоку води при проходженні через робоче колесо турбіни.

Тому важливо знати, для забезпечення надійного запуску ЕГ, як може змінюватися потужність гідротурбіни протягом перехідного процесу заповнення водопровідного трубопроводу.

Враховуючи наведене, побудовано графіки перехідного процесу зміни потужності привода при запуску $N-f(t)$ ДМ різної довжини, рис. 4.11-4.12 і визначено їх математичні залежності.

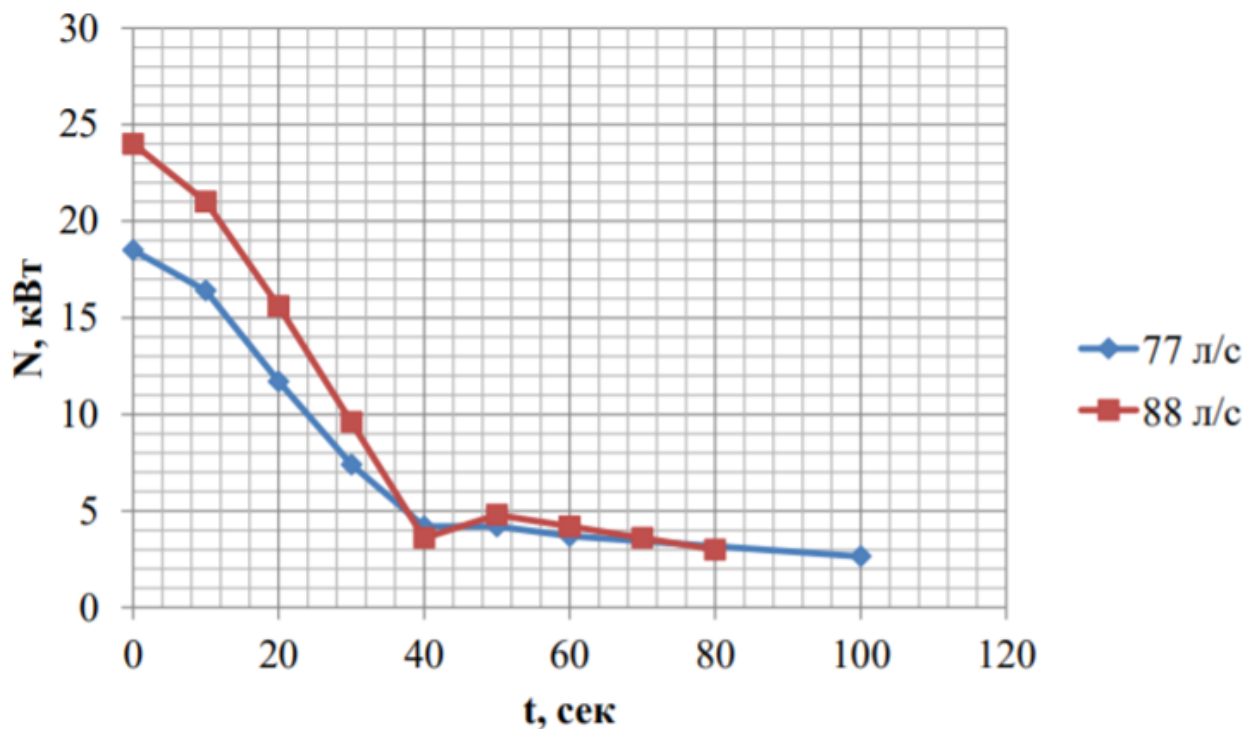


Рис. 4.11. Графік перехідного процесу зміни потужності привода від часу роботи $N-f(t)$ для БДМ з витратами води $Q = 88$ л/с та 77 л/с.

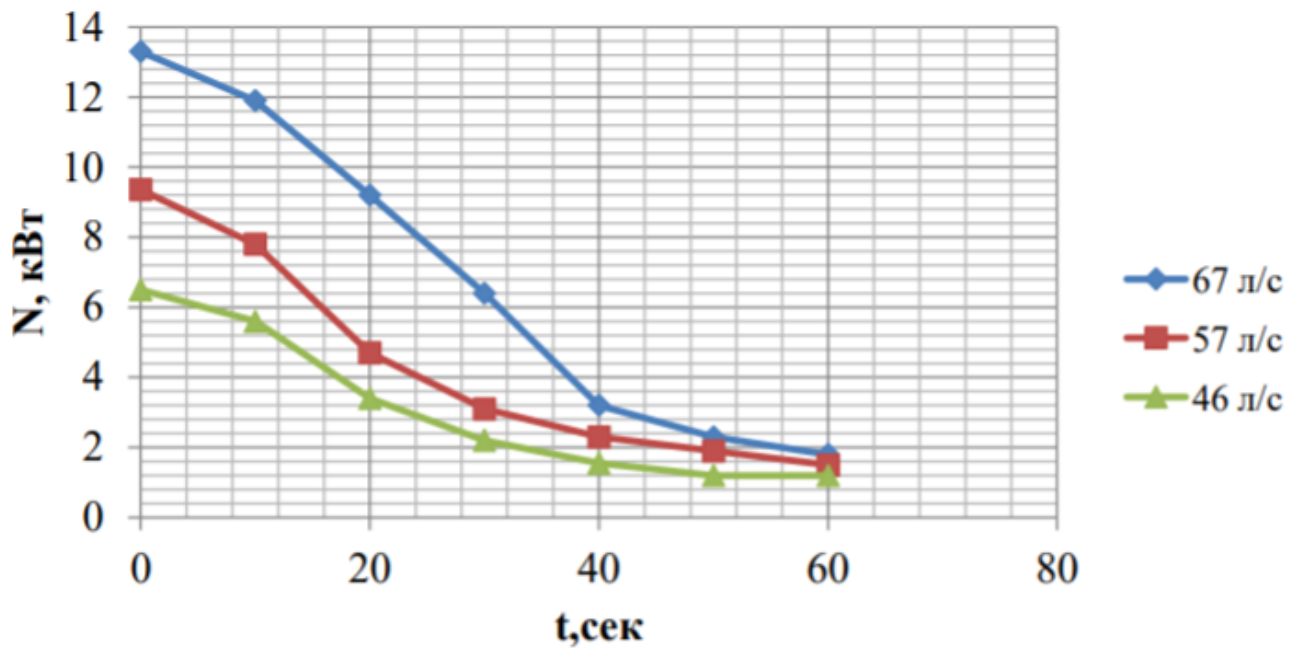


Рис. 4.12. Графік переходного процесу зміни потужності привода від часу роботи $N-f(t)$ для БДМ з витратами води $Q = 67$ л/с, 57 л/с, 46 л/с.

Після перетворення і спрощення для розрахунку можливо використовувати залежності, які наведені в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12.

Математичні залежності потужності від часу роботи $N-f(t)$ при різній витраті води БДМ

Модифікації машини кругової дії	Витрата води, Q , л/с	Довжина машини, L , м	Залежність $N-f(t)$
ДМФ-К-А8-503-88	88	503,1	$N = 0,0049 \cdot t^2 - 0,6652 \cdot t + 25,429$
ДМФ-К-А7-443-77	77	443,2	$N = 0,0029 \cdot t^2 - 0,4499 \cdot t + 19,181$
ДМФ-К-А6-383-67	67	383,4	$N = 0,0015 \cdot t^2 - 0,3039 \cdot t + 14,024$
ДМФ-К-А-5-323-57	57	323,4	$N = 0,0025 \cdot t^2 - 0,2842 \cdot t + 9,6719$
ДМФ-К-А-4-263-46	46	263,5	$N = 0,0018 \cdot t^2 - 0,2009 \cdot t + 6,8214$

Одержані залежності дають можливість визначати необхідну потужність гідроприводу для сучасних модифікацій ДМ кругової дії вітчизняного виробництва.

4.3 Висновки до четвертого розділу

1. Досліджено макетний зразок гідротурбінного приводу з максимальною пропускною спроможністю ГТ 26,7 л/с і робочим тиском до 0,35 МПа та визначено спроможність стабільної роботи ГН з корисною потужністю 1,22 кВт і ЕГ з корисною потужністю 1,36 кВт.

2. Встановлено, що для застосування гідротурбінного приводу на модифікаціях ДМ кругової дії довжиною до 500-600 м необхідно використовувати спеціальну повнопрохідну турбіну з пропускною спроможністю 40-100 л/с і робочим тиском до 0,67 МПа, які мають максимальну потужність до 30 кВт.

3. Дослідження одиночної роботи дощувальних насадок I-Wob показали, що вони забезпечують хорошу рівномірність та якість зрошення в межах робочого тиску 0,1-0,4 МПа і забезпечують, в межах робочого тиску 0,1-0,3 МПа, стабільну витрату води насадками діаметром отвору 2,98 мм, 6,15 мм і 7,74 мм з середньою інтенсивністю дощу 0,50, 0,33 та 0,60 мм/хв.

4. Досліджено процес запуску БДМ кругової дії та визначено перехідні функції зміни тиску води на вході у водопровідний трубопровід машини, що дозволяє збільшити потужність ГТ для запуску ЕГ протягом 20 сек. при витраті води 46- 88 л/с та потужності в межах 3,4 -15,6 кВт.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. 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.

5.2. 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 причепа 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:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (5.1)$$

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

$$K_{\text{ч}} = \frac{2}{128} \cdot 1000 = 15,63$$

Коефіцієнт важкості травматизму визначаємо так:

$$K_{\text{д}} = \frac{D}{T}, \quad (5.2)$$

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

$$K_{\text{м}} = \frac{105}{2} = 52,5$$

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$K_{\text{в.м.}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{м}} = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (5.3)$$

$$K_{\text{в.м.}} = 15,63 \cdot 52,5 = 820,6$$

Втрата робочого часу визначаємо за такими показниками:

$$B_{\text{р.ч.}} = \frac{D}{8} \cdot 40, \quad (5.4)$$

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

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

Втрата коштів на оплату лікарняних:

$$B_{грн.} = B_{р.ч.} \cdot 12,5, \quad (5.5)$$

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 2019 - 2023 роки заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристичні показники травматизму в ТОВ «Зоря» за 2019 -2023 р

Показники	Роки				
	2019	2020	2021	2022	2023
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

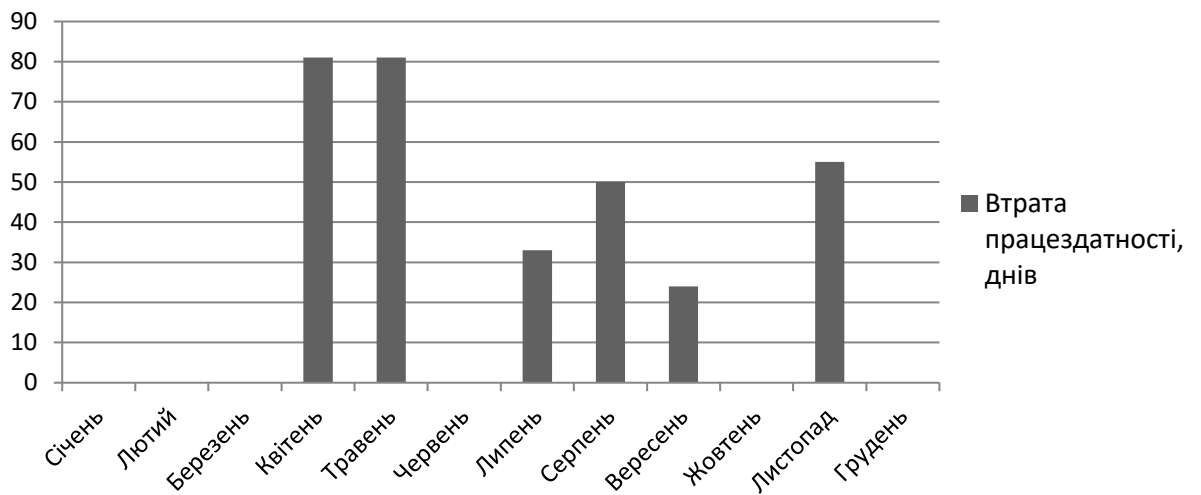


Рис.5.1 Рівень виробничого травматизму та втрати працездатності по місяцям за 5 років

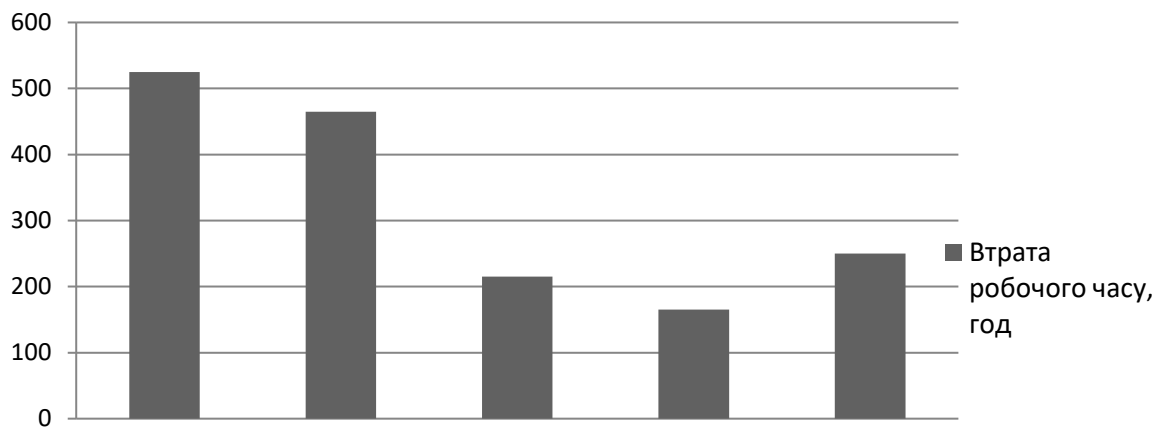


Рис.5.2 Втрата робочого часу внаслідок виробничого травматизму за 5 років

Висновок: Підсумовуючи цей розділ, можна сказати, що за період з 2019 – 2023 року в господарстві зменшилось кількість виробничого травматизму, але причини залишилися. З рис.5.2 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.

5.3. 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 5.2

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 5.2

1	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 діляниць 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 ділянки 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.

6. Дослідження техніко-експлуатаційних параметрів сучасних багатоопорних дощувальних машин, оцінка економічної ефективності

6.1. Оцінка ефективності використання сучасних дощувальних машин

6.1.1. Ефективність за рахунок підвищення рівномірності дощу.

Аналіз витрат на відновлення зрошувальних систем показує, що при використанні сучасних машин витрати електроенергії на пересування ДМ різної довжини відрізняється не багато. Найбільше впливає на величину витрат електроенергії режим роботи машини за визначеною поливною нормою. питомі капітальні витрати збільшуються на 8 тис. грн/га або становлять у середньому 800 тис. грн. на одну машину. Тому замінити близько 4 тисяч БДМ, які наразі працюють в Україні на зрошуваній площі 588,3 тис. га на нові - практично неможливо. Потрібна модернізація окремих типів роботоспроможних машин із метою підвищення їхньої енергоефективності й рівномірності зрошення. Це, насамперед, стосується автоматизованих високонапірних ДМ «Фрегат», які мають високу ремонтоспроможність та з невеликими капітальними витратами можуть бути переобладнані в низьконапірні модифікації з використанням сучасних дощувальних апаратів і насадок, що мають високу рівномірність та якість дощу.

Визначення техніко-економічних показників зрошення при використанні існуючих, модернізованих та нових типів ДМ здійснювали із врахуванням енерговитрат (електроенергія, дизельне паливо) на подавання води для зрошення та рівномірності та якості зрошення, яка характеризується коефіцієнтом ефективного поливу та структурою крапель штучного дощу, що діє на поверхню ґрунту.

Енерговитрати на подавання води для зрошення залежать від робочих параметрів витрати води й робочого тиску та вартості електроенергії й дизельного палива, за яких ДМ повинна автоматично переміщуватися і

забезпечувати відповідну рівномірність та якість екологічно безпечного зрошення з мінімальними витратами води на поверхневий стік та випаровування.

Розрахунки економічної ефективності проводили на основі існуючих методик визначення ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво [126].

Річний економічний ефект від виробництва та використання нової дощувальної техніки, порівняно з існуючою при вирощуванні сільськогосподарських культур, розраховували за формулою:

$$E = [(A_2 - B_2) - (A_1 - B_1) + (\Delta e_e \cdot C_e + \Delta e_d \cdot C_d) + \Delta W \cdot C_v] \cdot S, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

де B_1 та B_2 - приведені витрати на одиницю роботи, виконаної за допомогою існуючої та нової дощувальної техніки, грн/га;

A_1 та A_2 - урожайність продукції сільського господарства, при використанні існуючої та нової дощувальної техніки, т/га;

e_e - економія енергетичних носіїв при зрошенні новою дощувальною технікою порівняно з існуючою (кВт год/га);

e_d - додаткові витрати дизельного палива при зрошенні новою дощувальною технікою (кг/га);

C_e та C_d - відповідно вартість електроенергії (грн/кВт год) та дизельного палива (грн/кг);

ΔW - економія зрошувальної води, одержаної при вирощуванні сільськогосподарських культур, м³;

C_v - вартість води, грн/м³;

S - загальна площа зрошення, га.

Приведені витрати B_1 та B_2 на одиницю роботи, виконаної існуючою та новою технікою, практично однакові, внаслідок здійснення зрошення переважно ДМ «Фрегат», які також працюють у автоматичному режимі, але мають меншу рівномірність і більшу енергоємність зрошення.

Економія води при використанні нових та існуючих зрошувальних машин відсутня, тому що зрошувальна норма, яка подається на поле існуючими та

новими типами ДМ однакова, але за рахунок кращої рівномірності та якості дощу нові машини забезпечують вищу урожайність сільськогосподарських культур. Існуюча роботоспроможна дощувальна техніка, а це 3751 ДМ «Фрегат», має у середньому коефіцієнт ефективного поливу не більше ніж 0,7, що відповідає нормативній рівномірності зрошення. Сучасні електрифіковані БДМ з саморегулюючими дощувальними апаратами мають коефіцієнт ефективного поливу 0,87, що вище ніж нормативний.

Річний економічний ефект від підвищення рівномірності та якості поливу визначали за існуючою методикою, відповідно до якої величина нормативного коефіцієнту ефективного поливу 0,7 відповідає стовідсотковому рівню урожайності, збільшення коефіцієнта ефективного поливу, зокрема до 0,87, відповідає рівню урожайності - 103,1 %.

Ефективність використання нової дощувальної техніки порівняно з існуючою технікою, із врахуванням формули (6.2.1), розраховували за формулою:

$$E = [(A_2 - A_1)Ц + (\Delta e_e \cdot C_e - \Delta e_d \cdot C_d)] \cdot S, \text{ грн} \quad (6.2)$$

де C - закупівельна ціна сільськогосподарської продукції, грн/т.

Результати розрахунку економічного ефекту наведено у таблиці 6.14

Таблиця 6.1.

Прибуток від підвищення урожайності сільськогосподарських культур за рахунок кращої рівномірності та якості дощу

Культура	Урожайність, т/га		Прибавка урожаю, т/га	Прибуток, грн/га
	існуючі ДМ	нові ДМ		
Озима пшениця	7,27	7,5	0,23	483
Кукурудза на зерно	8,72	9,0	0,28	532
Соя	3,4	3,5	0,1	430
Озимий ріпак	3,88	4,0	0,12	504
Люцерна	14,54	15,0	0,46	368

6.1.2. Оцінка ефективності використання на ДМ гідротурбінного приводу. Дослідження різних принципових схем подачі води й електроенергії від НС до ДМ (розділ 3) показали, що найбільш поширеною є принципова схема з використанням для пересування машини дизельного двигуна з ЕГ, однак значна вартість дизельного палива призводить до зменшення ефективності зрошення, тому нами пропонується альтернативне рішення з використанням гідротурбінного приводу. Розглянемо ефективність зрошення при застосуванні гідротурбінного приводу в порівнянні з дизельним двигуном на модифікації дощувальної машини довжиною 443,2 м, витратою води 77 л/с при сезонному навантаженні 1000 годин на площі зрошення 64 га.

В розрахунках капітальні витрати на придбання ДМ не враховуємо, тому що вартість дизельного двигуна і гідротурбінного приводу відрізняються несуттєво і складають не більше 5% від загальної вартості машини. Тому, приймаємо вартість ДМ з дизель-генератором і гідротурбінного приводу з ЕГ однаковою. В розрахунках враховували найбільш суттєві експлуатаційні витрати електроенергії НС на подавання води до ДМ і витрати дизельного палива дизель-генератором на її пересування.

Розрахунок економічної ефективності E розраховували з використанням формули 6.3 та її енергетичних складових, а саме витрат електроенергії й дизельного палива.

$$E = Z_1 - Z_2 = (D \cdot C_d + N_1 \cdot C_e)T - N_2 \cdot C_e \cdot T, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

де Z_1 - загальна вартість ДП на пересування і електроенергії для зрошення машини з дизель-генератором протягом поливного сезону, грн;

Z_2 - загальна вартість електроенергії для зрошення і пересування машини з гідротурбінним приводом генератора протягом поливного сезону, грн;

D - середньозважена витрата дизельного палива за 1 годину дизель-генератором при зрошенні заданою нормою поливу, л/год;

C_d - вартість дизельного палива, грн/л;

N_1 - потужність подавання води на зрошення для ДМ з дизель-генератором, кВт;

T - сезонне напрацювання машини, год;

N_2 - потужність подавання води на зрошення і переміщення для ДМ з гідротурбінним приводом генератора, кВт;

C_e - вартість електроенергії, грн/кВт год.

Для ДМ з дизель-генератором тиск на вході прийнято 0,30 МПа, для машини з гідротурбінним приводом генератора - 0,42 МПа (додатковий тиск для роботи турбіни - 0,12 МПа.

Таблиця 6.2.

Вартість енерговитрат на зрошення ДМ (сезонна площа зрошення - 64 га)

Типи приводу ДМ	Витрати енергоджерел		Витрати ДП (л) та електро-енергії кВт·год за сезон*	Вартість ДП і електроенергії за сезон, грн.	Всього витрат за сезон, грн.
	На пересування машини. ДП, л, додатковий тиск води, Δp - МПа	НС для зрошення. Електроенергія N , кВт			
Дизельний двигун з електрогенератором	ДП 2,2 л/год	$N_1 = 32,3 \text{ кВт}$ ($p = 0,30 \text{ МПа}$)	2200 л 32300 кВт·год	35200 45220	80420
Турбінний привод з електрогенератором	$\Delta p = 0,12 \text{ МПа}$	$N_2 = 45,3 \text{ кВт}$ ($p = 0,42 \text{ МПа}$)	45300 кВт·год	63420	63420
-Вартість електричної енергії за 1 кВт год - 1,4 грн. -Вартість дизельного палива за 1 л - 16 грн. *сезонне навантаження $T = 1000$ год.					

Як видно з таблиці 6.15, найменші витрати за сезон - 63420 грн. має принципова схема подавання води на зрошення і на пересування машини за допомогою турбінного приводу з електрогенератором. Найбільші витрати за сезон - 80420 грн. має схема подавання води на зрошення і на пересування від дизельного двигуна з електрогенератором. Таким чином економія витрат енергоресурсів за поливний сезон при використанні гідротурбінного приводу з електрогенератором складе 17000 грн.

Модернізація дощувальних машин гідротурбінним приводом дозволить

отримати значний економічний ефект, якщо враховувати, що нагальна потреба в нових і модернізованих не менше 5 тис. машин. Отримання науково-технічного ефекту можна очікувати за рахунок поліпшення експлуатаційних параметрів, зменшення енергетичних затрат і застосування дизельного палива.

6.2. Висновки до розділу

1. Визначено, що зрошення доцільно проводити поливними нормами не більше 400 м³/га за роботи на одній позиції, висока рівномірність дощу 83 % досягається при використанні сучасних дощувальних насадок I-Wob, які забезпечують стабільну витрату води при поливі.

2. Визначено, що витрати дизельного палива й електроенергії на пересування ДМ у більшій мірі залежать від величини поливних норм, ніж від довжини машини, і складають відповідно в межах 2,1-2,5 л за годину і 2-9 кВт·год за добу.

3. Визначено, що сучасні ДМ мають високу рівномірність та якість дощу, що забезпечує підвищення урожайності зернових і технічних культур та річний економічний ефект 368-532 грн/га.

4. Встановлено, що використання гідротурбінного привода на БДМ кругової дії замість дизельного двигуна може підвищити їх енергоефективність і забезпечити річний економічний ефект 17 тис. грн на одну машину на сезонній площі 64 га, в природно-господарських умовах Півдня Вінницької області.

Загальні висновки

1. Аналіз існуючого стану зрошення в світі показав, що одним із перспективних способів зрошення є зрошення дощувальними системами з використанням БДМ. Основною причиною зменшення площ зрошуваних земель в Україні є незадовільний технічний стан внутрішньогосподарської меліоративної мережі та відсутність достатньої кількості сучасних енергоефективних ДМ у господарствах.

2. Визначені оптимальні значення і залежності питомих витрат електроенергії при зрошенні сучасними вітчизняними модифікаціями БДМ різних модифікацій, дали змогу з'ясувати, що енергоефективність використання машин фронтальної дії з кінцевим дощувальним апаратом, які мають довжину понад 350 м, вища в порівнянні з машинами кругової дії.

3. Обґрунтовано гідравлічні й енергетичні параметри гідротурбінного привода потужністю до 10 кВт і витратою води до 100 л/сек для модифікацій БДМ кругової дії, застосування яких суттєво зменшує вартість використання електроенергії. Проведено порівняння витрат електроенергії й дизельного палива ДМ при застосуванні гідротурбінного привода й дизельного двигуна.

4. Визначено, що макетний зразок гідротурбінного привода з максимальною пропускною спроможністю ГТ 26,7 л/с і робочим тиском до 0,35 МПа забезпечує стабільну роботу з ГН з корисною потужністю 1,22 кВт і ЕГ з корисною потужністю 1,36 кВт.

5. Встановлено, що для застосування гідротурбінного привода на модифікаціях ДМ кругової дії довжиною до 500-600 м необхідно використовувати спеціальну повнопрохідну ГТ з пропускною спроможністю 40-100 л/с і робочим тиском до 0,67 МПа, яка має максимальну потужність 20-30 кВт.

6. В ході комплексних досліджень сучасних ДМ кругової дії у виробничих умовах досліджено технології зрошення, які забезпечують удосконалення їх техніко-експлуатаційних параметрів. Визначено, що

зрошення доцільно проводити поливними нормами не більше 400 м³/га за роботи машини на одній позиції. Використання ДМ кругової дії довжиною більше 400 м і максимальною інтенсивністю дощу 1,2-1,6 мм/хв вимагає передполивної підготовки поверхні ґрунту для запобігання поверхневого стоку й ерозії ґрунту.

7. Визначено, що витрати дизельного палива й електроенергії на пересування сучасних ДМ кругової дії, яке забезпечує дизель-генератор, в більшій мірі залежать від величини поливних норм і складають відповідно 2,1 - 2,42 л/год та 1,7-6,5 кВт·год за добу. Витрати електроенергії на пересування електрифікованих машин складають 1,8 - 6,6 кВт·год за добу.

8. Встановлено, що сучасні БДМ мають високу рівномірність та якість дощу, що забезпечує в умовах півдня України підвищення урожайності зернових і технічних культур, при цьому річний економічний ефект збільшується на 368- 532 грн/га. Використання гідротурбінного привода на окремих модифікаціях БДМ кругової дії замість дизельного двигуна може підвищити їх енергоефективність і забезпечити річний економічний ефект у 17 тис. грн на одну машину на сезонній площі 64 га.

Список використаної літератури

1. Апарати дощувальні кругової дії. Частина 1. Вимоги до проектування та експлуатування (ISO 7749-1 : 1995, IDT) : ДСТУ ISO 7749 – 1: 2004. – [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2016. - 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: 2014 – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 8 с. – (Національний стандарт України).
3. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збурених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2016. С.5-9.
4. Гарькавий А.Д. Конкуренентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2013. 68 с.
5. 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., 2020. 42 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. Машины і установки дощувальні. Програми, методи випробувань і оцінок: ВНД 33-4.3-01-98. – Офіц. вид. – К.: Держводгосп України, 2018. 139 с.

11. Машины зрошувальні пересувні. Частина 1. Робочі характеристики та методи лабораторних і польових випробувань (ISO 8224-1 : 2003, IDT) : ДСТУ ISO 8224 – 1: 2014 – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. - 31 с. – (Національний стандарт України).

12. 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.

13. 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», 2015. 140 с.

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

15. Рекламні проспекти закордонних та вітчизняних фірм і підприємств.

16. 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. – 2014. – Вип. 91. С. 13 - 21.

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

18. Capital Investment. Irrigation youruni. 2017. vol. 28. P.28 - 29.

19. Gilley J. Suitability of Reduced Pressure Center-Pivots. – Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2014. Vol. 110. P. 22 - 34.

20. Journal of Applied Irrigation Science. Vol.31(2), October 2016, pp 155 - 163.

21. Pierce introduces three new systems. – Irrigation Age. – 2019. Vol. 13. P.6 - 8.

22. Sampas R. et al. Economic evaluation of on – farm water management projects // Water Resources Bulletin. – 2016. vol. 22. - № 2. P. 191 204

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України

Дніпровський державний аграрно -
економічний університет
Інженерно -технологічний факультет

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
БАГАТООПОРНОЇ ДОЩУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Магістерська кваліфікаційна робота на здобуття
освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: студент групи
МґАІ 1-22
Віталій ПОПОВ

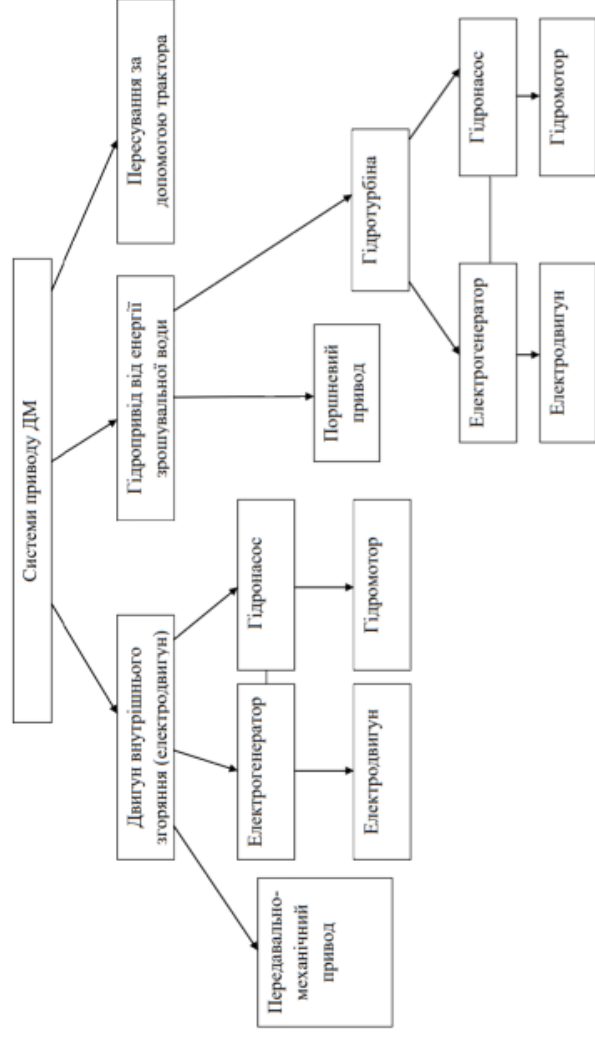
Керівник: к.т.н., доцент
Наталія ПОНОМАРЕНКО

Дніпро - 2023

Метою досліджень є визначення та удосконалення техніко-експлуатаційних параметрів сучасних багатоопорних дощувальних машин та їх робочих органів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення таких завдань:

1. Провести аналіз існуючого стану зрошення, способів використання багатоопорної дощувальної машини.
2. Провести аналіз витрат електроенергії і дизельного палива модифікаціями багатоопорної дощувальної машини.
3. Визначити енергетичні параметри різних типів приводів для переміщення дощувальної машини і способів їх удосконалення.
4. Провести дослідження техніко-експлуатаційних параметрів та визначити техніко-економічну ефективність використання удосконаленої дощувальної машини.



Системи приводу дощувальних машин



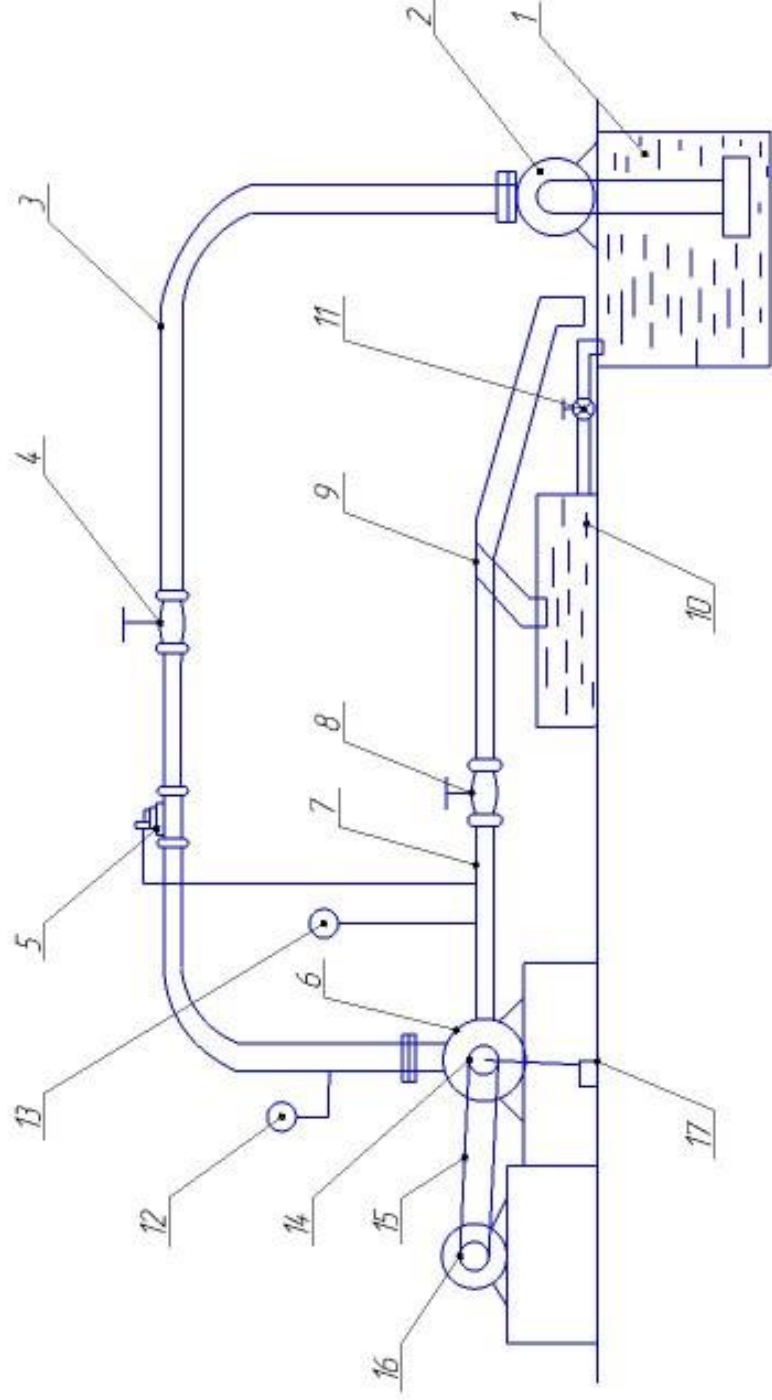
а - ротатійні;



б - фіксовані.

Дощувальні насадки «Senninger»:

Загальна схема експериментального стенда для визначення параметрів гідротурбінного приводу дощувальної машини



1 - резервуар; 2 - насос; 3 - напірний трубопровід; 4, 8 - засувки;

5 - регулятор тиску; 6 - модель турбіни; 7 - зливний трубопровід; 9 - кінцевий патрубок; 10 - вимірювальна ємкість; 11 - генератор; 12,13 - манометри; 14 - шків;

15 - пасова передача; 16 - генератор; 17 - датчик тахометра

Потужність насосу

$$N = \frac{p \cdot Q}{\eta_n} \cdot 10^{-3},$$

де N - потужність насосу, кВт;

Q - подача насоса (витрата оливи), л/с;

η_n - ККД механічної передачі;

p - тиск насоса, МПа.

Крутний момент

$$M = N \cdot \omega,$$

де ω - кутова швидкість, об/хв;

M - крутний момент, Н·м.

Питомі витрати електроенергії на одиницю площі

$$b_{es} = N \cdot t / F, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{га},$$

де F - площа зрошення за t годин при поливній нормі 300 м³/га;

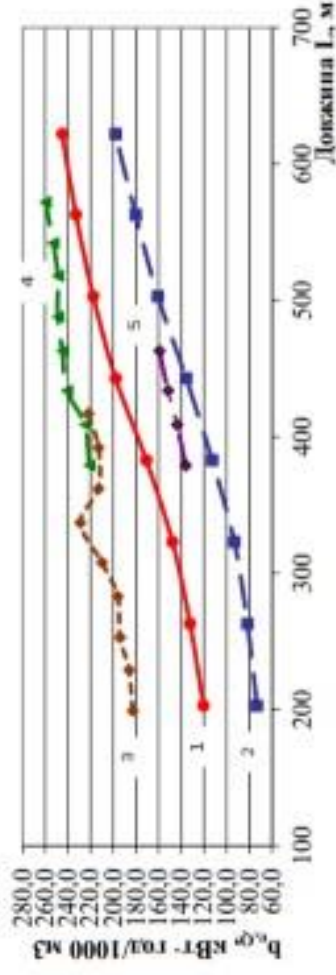
N - споживана потужність.

Витрати та вартість паливно-енергетичних ресурсів, які споживають багатоопорні дощувальні машини (БДМ), що використовуються в Україні 6

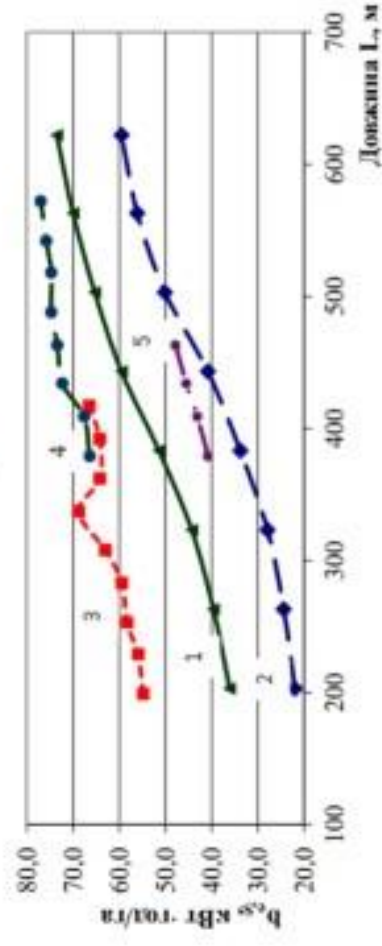
Тип ДМ	Витрата ДМ, л/с	Тиск на вході в ДМ, МПа	Довжина ДМ, м	Витрати електроенергії ДМ, кВт·год, у розрахунку на		Витрати дизельного палива ДМ, л, у розрахунку на		Загальна вартість ПЕР ДМ, грн, у розрахунку на	
				1000 м ³ води, поданої ДМ на полив	1 га зрошуваної площі	1000 м ³ води, поданої ДМ на полив	1 га зрошуваної площі	1000 м ³ води, поданої ДМ на полив	1 га зрошуваної площі
Zimmatic434M (США)	77	0,30	434	116,8	35	6,0	1,82	259,5	78,1
Zimmatic 354M	81,4	0,30	354	116,8	35	4,67	1,4	238,2	71,4
Centerliner 168CLS (Австрія)	64	0,35	340	136,0	40,8	4,68	1,4	265,3	79,5
«Фрегат» ДМ ФЕ (Україна)	75	0,35	454	136,0	40,8	5,92	1,8	285,1	85,9
«Фрегат» ДМ У- БНМ463-72 (Україна)	72	0,38	463	147,7	44,3	-	-	206,7	62

**Питомі витрати електроенергії на подачу 1000 м³ води (а)
та полив 1 га площі нормою поливу 300 мм (б) залежно
від модифікації дощувальних машин кругової дії**

7



а)



б)

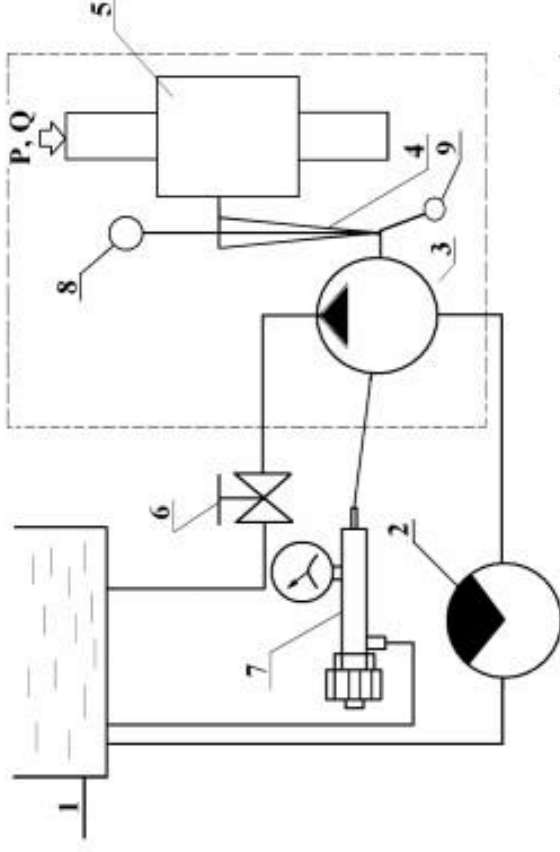
- 1 - ДМФ-К із кінцевим ДА; 2 - ДМФ-К без кінцевого ДА;
3 - ДМУ-А високонапірні модифікації; 4 - ДМУ-Б високонапірні модифікації;
5 - ДМУ-Б_{нм} низьконапірні модифікації

Потужність, яка забезпечується енергією зрошувальної води 8
для поливу і пересування модифікацій дощувальних машин кругової дії

Довжина модифікацій ДМ, м	Витрата води, л/с	Робочий тиск на вході в машину, МПа	Тиск на НС, м		Корисна потужність, кВт	
			дизельний двигун	турбінний привод	на полив	на пере-сування
1	2	3	4	5	6	7
203,6	36	0,19	0,34	0,44	8,3	2,4
263,5	46	0,21	0,36	0,46	11,2	3,1
323,4	57	0,24	0,39	0,49	15,1	3,8
383,4	67	0,29	0,44	0,54	20,0	4,5
443,2	77	0,35	0,50	0,60	26,2	5,2
503,1	88	0,43	0,58	0,68	34,7	5,9

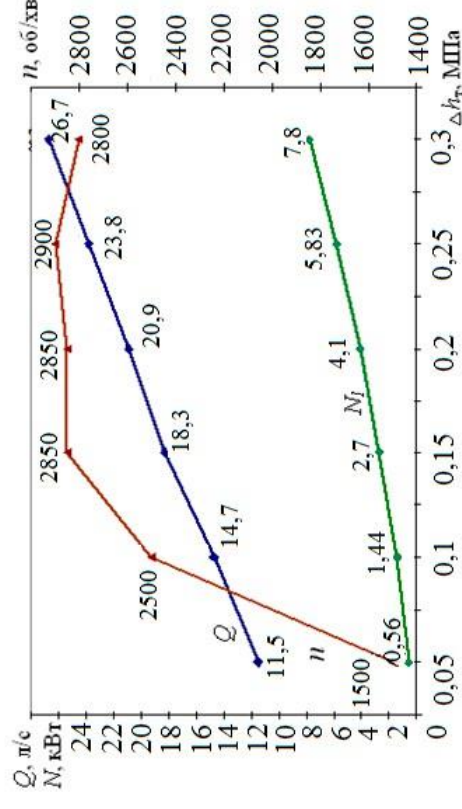
Результати експериментальних досліджень робочих органів БДМ 9

Схема гідротурбінного привода з



гідравлічним насосом:

- 1 - ємкість з робочою гідравлічною рідиною;
 - 2 - гідромотор Г15-23Р;
 - 3 - насос НШ-10;
 - 4 - клиноремінна передача;
 - 5 - гідротурбіна;
 - 6 - кран;
 - 7 - КИ-5473;
 - 8, 9 - тахометри;
- P, Q - відповідно тиск та витрата води на вході в гідротурбіну.



Робочі характеристики гідротурбіни :

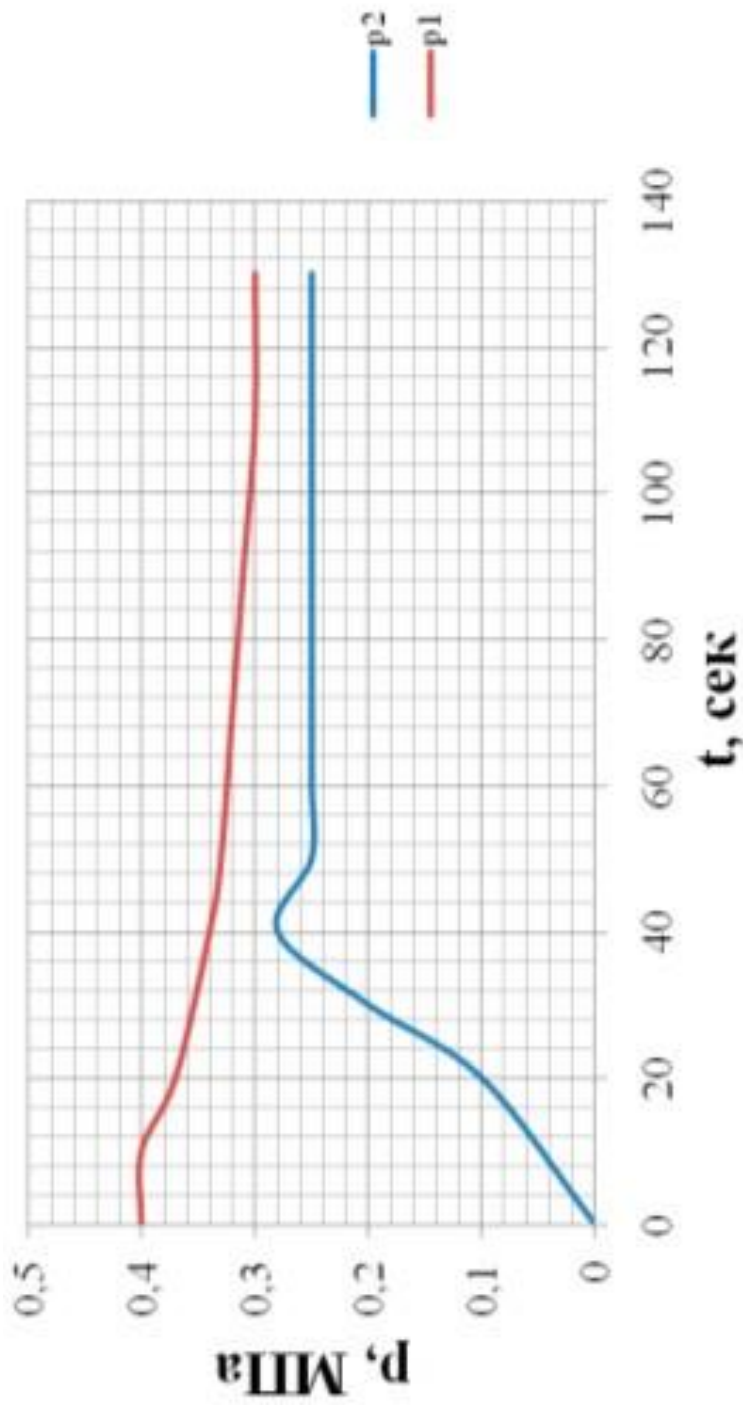
Q - витрата води через гідротурбіну , л/с;

n - кількість обертів об/хв ;

N_1 - корисна потужність , кВт;

Δh_t - втрата тиску на гідротурбіні , МПа.

Результати експериментальних досліджень робочих органів БДМ 10



Графік зміни тиску при запуску дощувальної машини:
 p_1, p_2 - відповідно тиск на вході та виході в гідротурбінну

1. Аналіз існуючого стану зрошення в світі показав, що одним із перспективних способів зрошення є зрошення дощувальними системами з використанням БДМ. Основною причиною зменшення площ зрошуваних земель в Україні є незадовільний технічний стан внутрішньої мережі та відсутність достатньої кількості сучасних енергоефективних ДМ у господарствах.
2. Визначено оптимальні значення залежності витрат електроенергії при зрошенні сучасними виточивними модифікаціями БДМ різних модифікацій дали змогу з'ясувати, що енергоефективні створення машин фронтальної дії з кінцевим дощувальним апаратом, які мають довжину понад 350 м, вища в порівнянні з машинами кругової дії.
3. Обґрунтовано гідравлічній енергетичній параметри гідротурбінного привода потужністю 10 кВт і витратою води до 100 л/сек для модифікації БДМ кругової дії, застосування яких суттєво зменшує вартість використання електроенергії. Проведено порівняння витрат електроенергії дизельного палива ДМ при застосуванні гідротурбінного привода й дизельного двигуна.
4. Визначено, що макетний зразок гідротурбінного привода з максимальною пропускною спроможністю $26,7$ л/с і робочим тиском до $0,35$ МПа забезпечує стабільну роботу з ГН з корисною потужністю $1,22$ кВт і ЕГ з корисною потужністю $1,36$ кВт.
5. Встановлено, що для застосування гідротурбінного привода модифікації ДМ кругової дії довжиною до 500-600 м необхідно використовувати спеціальну валову прохідну ГТ з пропускною спроможністю $40-100$ л/с і робочим тиском до $0,67$ МПа, яка має максимальну потужність $20-30$ кВт.
6. В ході комплексних досліджень сучасних ДМ кругової дії у виробничих умовах досліджено технологічне зрошення, які забезпечують удосконалення їх технікоексплуатаційних параметрів. Визначено, що зрошення доцільно проводити поливними нормами не більше 400 м³/га за роботи машини на одній позиції. Використання ДМ кругової дії довжиною більше 400 м і максимальною інтенсивністю дощу $1,2-1,6$ мм/хв вимагає передполівної підготовки поверхні ґрунту для запобігання поверхневого стоку й ерозії ґрунту.
7. Визначено, що витрати дизельного палива й електроенергії на пересування сучасних ДМ кругової дії, яке забезпечує дизель-генератор більшої міри залежать від величини поливних норм і складають відповідно $2,1 - 2,42$ л/год та $1,7-6,5$ кВт-год за добу. Витрати електроенергії на пересування електрифікованих машин складають $1,8 - 6,6$ кВт-год за добу.
8. Встановлено, що сучасні БДМ мають високу рівномірність якості дощу, що забезпечує в умовах півдня України підвищення урожайності зернових і технічних культур, при цьому річний економічний ефект збільшується на $368-532$ грн/га. Використання гідротурбінного привода на окремих модифікаціях БДМ кругової дії замість дизельного двигуна може підвищити їх енергоефективність за безпечити річний економічний ефекту 17 тис. грн на одну машину на сезонній площі 64 га.