

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ЗАМІНУ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ПОДАЧЕЮ ВОДИ У ВІДКРИТИХ ЗЕМЛЯНИХ КАНАЛАХ

О. Митрофанов,

<https://orcid.org/0000-0003-3046-8440>

В. Сидоренко,

e-mail: sid_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

Південно-Українська філія ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Анотація

Вступ. Серед великої кількості різних типів зрошувальних мереж та дощувальної техніки у минулі часи найбільшого поширення набули внутрішньогосподарські зрошувальні системи з агрегатами ДДА-100М.

До їхніх недоліків слід віднести великі питомі витрати палива, матеріальні витрати, неефективне використання води. До цього долучаються і такі недоліки зрошувальної мережі ДДА, як втрати води на інфільтрацію з каналів та низький коефіцієнт земельного використання.

Тому господарства ставлять перед собою за мету перехід з відкритих зрошувальних мереж ДДА, до використання сучасних багатоопорних машин, які експлуатуються на закритих зрошувальних мережах.

Метою дослідження є дослідження трансформації відкритих зрошувальних мереж ДДА у високопродуктивні та ресурсощадні зрошувальні комплекси та практики впровадження сучасних дощувальних машин на закритих мережах.

Методи досліджень: теоретичні – аналіз досліджуваних інформаційних ресурсів, лабораторно-польові – проведення випробувань для одержання інформаційних даних.

Результати. У статті наведені результати досліджень сучасних зрошувальних систем та трансформації відкритих мереж ДДА у високопродуктивні та ресурсощадні зрошувальні комплекси на закритих зрошувальних мережах.

Приведено загальний опис зрошувальної мережі ДДА, особливості технологічної схеми поливу, аналіз якісних показників.

Проведено дослідження та проаналізовано будову та особливості закритих зрошувальних мереж живлення багатоопорних машин.

Проаналізовано основні схеми застосування зрошувальних комплексів на закритих мережах. Наведено приклади розміщення кругових та фронтальних машин «Valley» на полях різної конфігурації.

Досліджено та проаналізовано використання багатоопорних машин на закритих мережах, їхні основні конструкційні елементи та використання у різних технологічних схемах поливу.

Досліджено практику впровадження інноваційних рішень, зокрема дистанційного моніторингу та управління роботою дощувальними машинами на закритих мережах та використання агрометеостанцій у плануванні режимів зрошення.

За результатами випробувань машин кругової та фронтальної дії «Valley» проведено порівняльне оцінювання вартісних та питомих показників цих машин з ДДА-100М у розрахунку на площу зрошення 100 га озимої пшениці зрошувальною нормою 1500 м³/га.

Встановлено, що використання багатоопорних дощувальних машин порівняно з машинами ДДА-100М призводить до економії поливної води у 1,5 раза, пального в середньому у 8-10 разів (без урахування витрат на подачу води), коштів на подачу води, витрати пального та оплату праці у 2,5-2,7 раза.

Висновки. Використання багатоопорних машин, які експлуатуються на закритих мережах суттєво підвищує та покращує як машинний, так і системний фактор їх застосування: висока якість виконання процесу зрошення, зниження витрат на зрошення (машинний фактор); відсутність витрат води у закритих мережах, високий ККД, сприятливий меліоративний стан зрошувального масиву, можливість автоматизації поливу (системний фактор).

Ключові слова: дощувальна машина, тиск, витрати води, структура дощу, рівномірність зрошування, поливна норма, продуктивність, інфільтрація, закриті зрошувальні мережі, питомі витрати на зрошення.

Постановка проблеми. Україна належить до держав, де зрошувані землі відіграють важливу роль у забезпеченні продовольством. Площі сухої й дуже сухої зони охоплюють понад 29,5 % території України, що становить 11,6 млн. га (37 %) орних земель [1].

У радянські часи в Україні було побудовано зрошувальні системи на площі приблизно 2,6 млн. га, а загальний парк дощувальних машин налічував близько 33 тис. одиниць.

Серед великої кількості різних типів зрошувальних мереж та дощувальної техніки найбільшого поширення набули внутрішньогосподарські зрошувальні системи з агрегатами ДДА-100М.

Технічна та технологічна модернізація с.-г. виробництва найбільшою мірою може бути реалізована завдяки зростанню ефективності використання зрошувальних земель. Однією з основних складових цього є застосування сучасної дощувальної техніки.

Однією з головних причин скорочення площ поливу є її незадовільний технічний стан та значне зменшення парку дощувальних машин.

Зрошувальні мережі під ДДА-100М в першу чергу вибули з експлуатації з причин суттєвих недоліків самих мереж та машин, під які вони були збудовані. Недоліками цих машин, окрім великої інтенсивності дощу, що призводило до розвитку ерозійних процесів ґрунту, є також великі питомі витрати палива, матеріальні та людські витрати, неефективне використання поливної води на одиницю вирощеної продукції та інше. Отже, потрібна повна заміна цієї техніки на сучасну і менш енергоємну.

До цього долучаються і такі недоліки зрошувальної мережі до машин такого типу як втрати води на інфільтрацію та випаровування води з каналів, низький коефіцієнт земельного використання.

Припинення випуску технічно і морально застарілих дощувальних агрегатів ДДА-100М створило попит на заміщення машинами нового покоління, які на базі окремих секцій самохідних багатоопорних машин (один або два прольоти) представили на ринок України закордонні виробники: «Bauer» (Австрія) та «Valley» (США), а також вітчизняні виробники – ПрАТ «Завод Фрегат», ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод».

Однак експлуатація цих машин, незважаючи на кращі питомі показники витрат палива, кращі характеристики штучного дощу, все одно не призвела до загального ефекту успішності їхнього використання (наприклад споживання палива залишилося в рази більше порівняно з багатоопорними машинами з живленням водою із закритої мережі). До того ж, технологічна схема їхньої роботи та відкрита зрошувальна мережа під них залишилася тією самою зі всіма недоліками, які стосувалися і машин ДДА. Тому господарства зараз ставлять перед собою за мету перехід з відкритих зрошувальних мереж ДДА до використання сучасних багатоопорних машин, які експлуатуються на закритих зрошувальних мережах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі розвитку зрошувального землеробства поряд з технічними та економічними аспектами особливу актуальність набуває екологічна складова застосування дощувальних машин.

Найбільш небезпечним екологічними

наслідками штучного дощування є ерозійний змив ґрунту. Основними показниками, які характеризують структуру штучного дощу, є його інтенсивність, крупність крапель, енергетична дія на ґрунт, рівномірність розподілу по площі зрошення.

Відомо, що для підвищення ефективності поливу і запобігання іригаційної ерозії, зрошення слід здійснювати поливними нормами, ерозійно-допустимими для конкретного типу ґрунту. Їхнє значення перебуває у безпосередній математичній залежності від інтенсивності дощу, крупності крапель та його енергетичного впливу на структуру ґрунту.

Якщо ці вимоги розглянути з точки зору застосування агрегата ДДА-100М, то можна відмітити недоліки, відмічені у багатьох дослідних працях різних авторів.

Наприклад, використання ДДА-100М з інтенсивністю 2,5 мм/хв. на типових середньосуглинкових чорноземах протягом 4 років призвело до значного руйнування структури, щільності верхнього шару ґрунту, зниження водопроникності, швидкості вбирання води порівняно з іншими дощувальними машинами [2]. В інших дослідженнях було визначено, що використання ДДА-100М з інтенсивністю дощу 2-5 мм/хв. на типових чорноземах призводить до зменшення вмісту ґрунтових агрегатів розміром 10-1 мм і збільшення розміром 1-0,25 мм [3].

Відомо, що тривале зрошення чорноземів південних дощувальним агрегатом ДДА-100М призводило до додаткового ущільнення шару ґрунту на глибині 0-20 см від 6,4 до 23 % [2,3]. Збільшення ущільнення ґрунту зменшує його водопроникність, внаслідок чого показник швидкості вбирання ґрунту погіршується [4].

Структура дощової хмари, яку створює ДДА-100МА (крупність та щільність крапель) також створює негативний вплив на водопроникну спроможність ґрунту, виникнення ерозії, призводить до втрат води на випаровування. Тож застосування агрегата ДДА-100МА призводить до ерозійних явищ ґрунту, зважаючи на високу інтенсивність дощу та неякісні показники його структури.

Одним з основних факторів якості штучного дощу є рівномірність зрошення, яка характеризується коефіцієнтом ефективного поливу. Згідно з агротехнічними вимогами коефіцієнт ефективного поливу не повинен бути менше 0,75. Але у дощувального агрегата ДДА-100МА він становить від 0,74 за швидкості вітру 0-1,0 м/с до 0,37 за швидкості 6,0 м/с. А середня швидкість на півдні України становить 4-5 м/с, що значно знижує ефективність застосування ДДА-100МА.

Мета досліджень – дослідження та розробка комплексних техніко-технологічних рішень з перетворення наявних відкритих зрошувальних мереж в ресурсоощадні закриті водорозподільні системи із застосуванням на них сучасних широкозахватних дощувальних машин.

Виклад основного матеріалу. На сучасному етапі розвитку істотно зросли вимоги с.-г. виробництва та раціонального природокористування до способів і техніки поливу. Вони повинні бути насамперед ресурсоощадними і екологічно безпечними. Тому є необхідність застосування на зрошувальних системах екологічно безпечних водоощадних технологій зрошення.

У сучасних умовах як ніколи гостро стоїть питання пошуку шляхів економії води, збереження родючості ґрунту, зменшення енерговитрат, трудових ресурсів. Одним із способів ресурсозбереження під час поливів є підвищення якості і структури дощу під час застосування дощувальної техніки.

Меліоративні вимоги, які висуваються до якості штучного дощу, повинні забезпечити високі товарні показники с.-г культур. І однією з головних вимог є необхідність створення дощу з інтенсивністю, яка не перевищує швидкості всмоктування води ґрунтом у певних умовах.

Однією з основних складових впливу зрошення на стан і родючість ґрунту є також тип зрошувальних мереж, призначених для доставки води до дощувальних машин.

Тому є необхідність розглядати задачі з трансформації внутрішньогосподарських відкритих зрошувальних мереж та

впровадження сучасних зрошувальних систем у комплексі, враховуючи дві складові: як застосування ресурсощадних та екологічно безпечних для ґрунту машин, так і зрошувальних мереж з приведенням до мінімуму втрат поливної води на шляху доставки її до дощувальної машини.

Для застосування та експлуатації дощувальних агрегатів ДДА-100М (рис.1) використовуються відкриті зрошувальні мережі, які складаються з розподільчої мережі та тимчасових зрошувачів у земляному руслі (мережі живлення), які нарізуються на зрошувальному масиві за певною схемою.



Рисунок 1 - Дощувальний агрегат ДДА-100М в роботі

Найслабше місце розподільчих каналів як лоткових, так і облицьованих — стики між окремими лотками, плитами. Тому для мінімізації втрат води через стики необхідно щорічне їх обслуговування — перевірка та ремонт.

До одного з головних недоліків відкритої мережі слід також віднести замулення каналів — об'єм очищення за рік досягає 800-900 м³ на 1 км довжини каналу [5]. Очищення каналів потребує великих затрат праці та коштів.

Середня сезонна площа обслуговування дощувального агрегата ДДА-100МА складає близько 100 га. Враховуючи схему зрошувальної мережі ДДА, 100 га площі, яку обслуговує машина, займають канали та дороги вздовж них для руху дощувального агрегата, що складає 5-7 % загаль-

ної площі зрошення. Істотним недоліком зрошувальної мережі ДДА є втрати води на фільтрацію та випаровування. У середньому ці втрати складають 5-10% [5].

Зрошувачі, які нарізуються через 120 м, заважають механізації с.-г. робіт. Також вони заростають бур'янами, що вимагає великих затрат часу та праці на їх очищення. Насіння бур'янів у відкритих каналах та зрошувачах з поливною водою попадає на зрошувальне поле і сприяє його значній забур'яненості.

Досить трудомісткою є операція установки в зрошувачах підпорних щитів для створення б'єфів. Під час цієї операції, яка виконується вручну і не відповідає сучасним вимогам до умов праці, досить важко синхронізувати подачу води в зрошувач. Через непередбачувані технологічні зупинки дощувального агрегата відбувається переповнення б'єфів, що веде до втрат води.

Враховуючи всі недоліки відкритих мереж живлення дощувальних машин та розподільчих відкритих систем доставки до них води, зараз найбільшого поширення набули трубопровідні (так звані закриті) зрошувальні мережі для забезпечення водою дощувальних машин і розподільчих систем її доставки, зокрема і на зрошувальних мережах ДДА.

Закриті зрошувальні системи та мережі являють собою підземні стаціонарні трубопроводи різного діаметру залежно від необхідної пропускної спроможності. Закрита мережа характеризується відсутністю втрат воли, високим ККД, що забезпечує економне використання ресурсів джерела зрошення, сприятливий меліоративний стан зрошуваного масиву та збільшує коефіцієнт земельного використання в середньому на 10-15 %.

Трубочаста мережа проектується напірною. Необхідний напір води створюється насосними станціями — стаціонарними або пересувними (дизельними, з електричним приводом) залежно від джерела поливної води, зрошувального масиву, типу дощувальної техніки, технологічної схеми поливу та інших факторів.

Стационарні електрифіковані насосні станції забезпечують подачу води в напірні басейни, канали, або трубопроводи для забезпечення роботи групи дощувальних машин.

Для вирішення оперативних завдань зрошення використовуються пересувні насосні станції. Вони можуть бути пристосовані до забору води практично з будь-якого водного джерела, можуть бути переміщені від одного зрошувального поля до іншого, за потребою.

Особливості закритих систем зрошення та сучасних машин, спосіб подачі та доставки води в них дають змогу, переходячи від відкритих мереж ДДА на закриті, застосовувати різні схеми взаємного розташування як зрошувальних мереж із насосними станціями, так і дощувальних машин різної конфігурації та площі обслуговування.

Конструкція дощувальних машин та їхні технологічні схеми поливу дозволяють зрошувати поля різної площі та конфігурації.

Водночас виникають задачі, вирішення яких дозволяє використати ту чи іншу схему застосування зрошувального комплексу — джерело води, насосна станція, розподільча та поливна система подачі води, дощувальна машина (декілька дощувальних машин), беручи до уваги площу поля, сівозміни, зрошувальний масив.

У випадку розташування зрошувальної ділянки в зоні дії розподільчого каналу застосовується проста схема: біля каналу встановлюється пересувна насосна станція (рис. 2), від напірної лінії якої монтується трубопровід подачі води до дощувальної машини.



Рисунок 2 – Варіанти розташування насосних станцій на розподільчих каналах



Рисунок 3 – Робота групи дизельних насосних станцій на басейні-накопичувачі

Коли зрошують великі сівозмінні площі, які знаходяться на різній відстані від джерела води і мають різну конфігурацію, створюють басейни (рис. 3) як джерело води для накопичування відповідного об'єму (залежно від площі та режиму зрошення, витратних характеристик дощувальних машин).

Подаючи воду з каналів пересувними насосними станціями, важливо очищати її від рослинних залишків, механічних домішок і т.п. Для цього використовуються сітчасті пристрої, які встановлюються на всмоктувальній лінії насоса або на каналі. Але вони не забезпечують достатнього ступеня очищення поливної води.

Останнім часом для цього використовуються водозабірні пристрої активного типу, які монтуються на всмоктувальній лінії насоса (рис.4).

Пристрій являє собою сітчастий барабан, який приєднується до всмоктувального трубопроводу насоса і розташовується на спеціальному плоту з легких металевих труб. Барабан занурений у воду на відповідну глибину, що дозволяє насосу всмоктувати воду без зриву потоку.



Рисунок 4 – Водозабірні пристрої насосних станцій з фільтрами активного типу



1 – дощувальні машини кругової дії; 2 - дощувальні машини кругової дії секторного поливу; 3 - дощувальні машини фронтальної дії; 4 - розподільчий канал Інгулецької зрошувальної системи Р-1

Рисунок 5 – Зрошуваний масив АТФ «Агро-Діло», с. Баратівка, Снігурівський район, Миколаївська область

Сітку барабана очищують форсунками, розташованими на валу фільтра, через які вода під тиском подається на внутрішню сторону сітки, тим самим змиваючи бруд. Водночас барабан обертається завдяки реактивній силі струменя форсунок, розташованих на зовнішній стороні барабана.

Задача «вписування» широкозахватних машин (захват 300-800 м) в контури полів, які поливалися дощувальним агрегатом ДДА (захват 120 м) нерідко є досить складною і докорінно відрізняється від проектно-планувальних рішень зрошення в зоні Каховського каналу.



Рисунок 6 – Багатоопорні дощувальні машини марки Valley (А - кругової дії, Б - фронтальної дії)

Як приклад розташування сучасних зрошувальних комплексів на внутрішньогосподарських зрошувальних мережах ДДА, були проаналізовані космічні знімки території Інгулецької зрошувальної системи (рис. 5).

Представлено зрошуваний масив площею 409,7 га. Для поливу цієї площі задіяні машини марки Valley (США) (рис.6) – дві машини кругової дії площею обслуговування 81,7 га та 34,2 га; три машини фронтальної дії площею поливу 64,8 га, 93,2 га, 73,2 га; дві кругові машини секторного поливу площею 36,2 га та 26,4 га.

Воду на ці машини подають трьома дизельними насосними станціями марки Idrofoglia (Італія) з розподільчого каналу Р-1 (рис. 4).

Дослідження і випробування проведені на базі Агро-торгівельної фірми «Агро-Діло», сільськогосподарського підрозділу компанії «ED&Man». У планах компанії до 2020 р. вкласти в програму зрошення в Херсонській та Миколаївській областях більше 60 млн. доларів на зрошення 20 тис. га сільгоспугідь.

На сьогодні зрошення реалізоване на площі майже 10 тис. га, де застосовуються дощувальні машини кругової і фронтальної дії Valley та Zimatic (США). Інвестиції в реалізацію зрошення (дощувальні машини, насосні станції, трубопровідні мережі) складають приблизно 3,0 тис. дол./га.

Сучасні багатоопорні дощувальні машини призначені для роботи на закритих мережах низького тиску, що зменшує енергозатрати на подачу води до машини,

а також зменшує вартість будівництва закритої мережі, за необхідності [6].

Технологічний процес таких машин повністю автоматизований і може комплектуватися різноманітними системами управління. Рух машин здійснюється автоматично, за допомогою системи управління, сигналізації та захисту від аварійних ситуацій.

За технологічною схемою поливу багатоопорні машини з забором води з закритої мережі поділяються на машини фронтального та машини кругового переміщення (рис.6).

Подальший розвиток зрошення не може здійснюватись без урахування сучасних наукових розробок з оптимізації водокористування на зрошуваних землях із застосуванням більш досконалих режимів та новітніх технологій і систем управління зрошенням.

В сучасних умовах ведення с.-г. виробництва найбільш дійовим заходом є перехід на застосування екологічнобезпечних режимів зрошення.

Головною ознакою таких режимів зрошення є проведення поливів екологічно безпечними поливними нормами, величина яких є достатньою для покриття поточного дефіциту водоспоживання культури, але водночас зводить до мінімуму втрати води на інфільтрацію за межі кореневого шару ґрунтів.

Застосування таких режимів вимагає значно вищої культури зрошення, насамперед застосування більш досконалих способів поливу, зрошувальної техніки та систем управління поливами.

Ефективне впровадження водоощадних та екологічнобезпечних режимів зрошення потребує організації постійного контролю за вологістю ґрунту, кількістю опадів, рівнем ґрунтових вод, станом та розвитком культур, якістю проведення поливів. Все це досягається впровадженням у сучасне зрошувальне землеробство інноваційних рішень та інформаційних технологій, що забезпечують інтегрований контроль витрат зрошувальної води, добрив та внесення хімікатів.

До таких технологій, використання яких зумовлює саме використання багатоопорних машин, які експлуатуються на закритих мережах, слід віднести технології точного зрошення – дистанційного моніторингу, управління дощувальними системами та контролю зрошення – від традиційного поливу до зрошування змінними поливними нормами та диференційного внесення добрив і хімікатів з поливною водою, точного управління режимом зрошення [7].

В основі систем дистанційного управління та контролю зрошення використовуються цифрові стільникові технології для дистанційного спостереження, управління та контролю зрошувальних систем (рис.7) . Ці системи дають можливість встановлення цього інструменту на більшість смартфонів та планшетів, що дозволяє на будь-якому етапі аграрного циклу за їх допомогою відслідковувати, які операції виконуються дощувальними машинами, а також управляти ними [8].

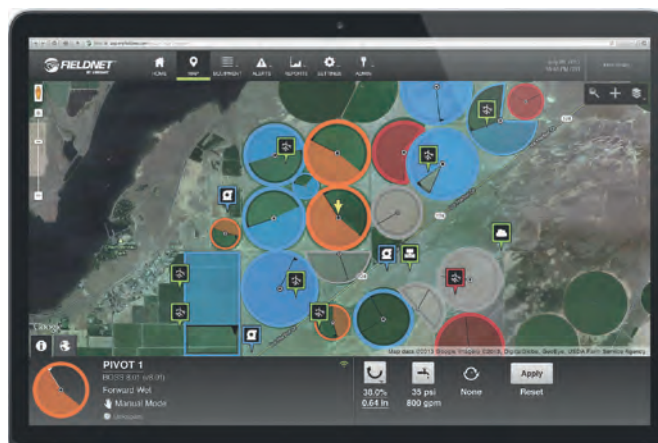


Рисунок 7 – Вигляд групи кругових дощувальних машин на планшеті з використанням системи управління зрошенням «FieldNET»

Важливим інструментом для прийняття конкретних та оптимальних рішень у зрошувальному землеробстві є використання польових метеостанцій (рис. 8). Вони стають все більш потрібними і незамінними пристроями, за допомогою яких в онлайн режимі можна оперативно впливати на конкретні ситуації залежно від погодних умов, які складаються на кожному окремому полі.



Рисунок 8 – Метеостанція Growsmart у складі дощувальної машини

показників проводився на середню сезонну площу обслуговування 100 га, яку забезпечує дощувальний агрегат ДДА-100М.

Експлуатаційно-технологічні та питомі показники дощувальних машин ДДА-100МА, Valley FP 624, Valley EHDLA 2x430x1380 наведені у таблиці 1.

Під час досліджень була також проведена порівняльна оцінка вартісних та питомих показників цих машин у розрахунку на площу поливу озимої пшениці 100 га.

Таблиця 1 – Експлуатаційно-технологічні та питомі показники дощувальних машин ДДА-100М, Valley FP 624, EHDLA 2x430x1380

Використання цього інструмента дозволяє: отримувати повний спектр кліматичних показників в режимі реального часу; контролювати зрошення, прогнозувати основні захворювання культур, раціонально використовувати добрива, пестициди, водні та енергоресурси, що важливо за зрослої необхідності в екологічно безпечних і економічних методах ведення сільського господарства [9].

Проводячи дослідження трансформації відкритих зрошувальних мереж ДДА у вископродуктивні та ресурсощадні зрошувальні комплекси та практики реалізації сучасних дощувальних машин на закритих мережах, було проведено порівняльне оцінювання дощувальної машини ДДА-100М з дощувальними машинами кругової дії Valley FP 624 та фронтальної дії Valley EHDLA 2x430x1380.

Визначення експлуатаційно-технологічних та розрахунок питомих

№ з/п	Показник	Значення показника		
		ДДА-100МА	FP 624	EHDLA 2x430x1380
1	Сезонна площа обслуговування, га	100	123	117
2	Витрати води, л/с	130	120	110
3	Ширина захвату, м	120	625	432
4	Продуктивність за годину основного часу, га (поливна норма 600 м ³ /га)	0,78	0,72	0,66
5	Коефіцієнт використання змінного часу	0,82	0,97	0,94
6	Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,80	0,96	0,93
7	Продуктивність за годину експлуатаційного часу, га (поливна норма 600 м ³ /га)	0,62	0,69	0,61
8	Коефіцієнт надійності технологічного процесу	0,98	0,99	0,99
9	Потужність двигуна дизель-генератора, кВт.	66,2	19,7	14,2
10	Витрати пального, л/год.	22,8	2,0	3,1
11	Питомі витрати пального за годину основної роботи, л/га	29,2	2,77	4,5
12	Питомі енерговитрати, кВт.год/га	84,9	27,4	21,5
13	Коефіцієнт ефективного поливу	0,67	0,85	0,82
14	Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	4,1	1,64	1,02
15	Коефіцієнт земельного використання	0,93-0,95	0,99	0,98
16	Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	2	1	1
17	Питома довжина каналів / труб, м/га	83	6,25	13,8
18	Питомі витрати пального на 1 м ³ поданої поливної води, гр.	40,2	3,8	6,5

Питомі витрати коштів (на паливо, поливну воду, електроенергію, оплату праці) визначалися під час проведення поливу озимої пшениці із середньою врожайністю на зрошенні 50 ц/га та зрошувальною нормою $M=1500 \text{ м}^3/\text{га}$ (три поливи по $500 \text{ м}^3/\text{га}$).

Щодо дощувальних машин із забором води від гідрантів закритої зрошувальної мережі (FP 624, EHDLSA 2x430x1380) визначалися витрати електроенергії на подачу води електричною насосною станцією.

Витрати електроенергії на подачу води для кругової дощувальної машини FP 624 розраховувалися під час роботи електричної насосної станції з параметрами напору та витратами води відповідно 60 м

та 120 л/с, під час поливу фронтальною машиною EHDLSA 2x430x1380 – з параметрами напору та витратами води 50 м та 110 л/с.

Питомі витрати розраховувалися на 1 т врожаю зерна озимої пшениці, беручи до уваги коефіцієнти земельного використання та ефективного поливу. Ураховували також чинник позитивного впливу на врожайність збільшенням значення коефіцієнта ефективного поливу – приріст урожайності від покращення якості розподілення дощу [10, 11].

Показники порівняльної характеристики дощувальних машин наведені у таблицях 2-3.

Таблиця 2 – Порівняльні вартісні та питомі показники витрат пального та поливної води для зрошення 100 га озимої пшениці зрошувальною нормою $M=1500 \text{ м}^3/\text{га}$

Марка машини	Час внесення зрошувальної норми, год.	Витрати поливної води на площу зрошення, тис. м^3	Витрати пального на площу зрошення, л	Витрати електроенергії на подачу води до машини, кВт.-год.	Затрати праці на площу зрошення люд.-год.	Вартість поливної води на площу зрошення, тис. грн. *	Вартість пального на площу зрошення, тис. грн. **	Вартість електроенергії на подачу води до машини, тис. грн.	Витрати на оплату праці, тис. грн.
Дощувальна машина ДДА-100МА	133,44	216,1	9125	-	313	163,2	246,4	-	8,56
Дощувальна машина кругової дії «Valley» FP 624	119,28	154,6	716	13305	143	116,7	19,3	30,27	3,91
Дощувальна машина фронтальної дії «Valley» EHDLSA 2x430x1380	134,4	159,7	1250	10644	161	120,5	33,8	24,06	4,40

* - вартість води 0,755 грн. за 1 м^3 ; ** - вартість пального – 27,00 грн. за 1 л

Таблиця 3 – Порівняльні питомі показники витрат на зрошення 100 га озимої пшениці зрошувальною нормою $M=1500 \text{ м}^3/\text{га}$

Марка машини	Валовий збір зерна з урахованням КЗВ та КЕП, т	Питомі витрати поливної води на 1 т врожаю, $\text{м}^3/\text{т}$	Питомі витрати пального на 1 т врожаю, л/т	Питомі витрати електроенергії на 1 т врожаю, кВт.-год./т	Питомі затрати коштів на 1 т врожаю, грн./т
Дощувальна машина ДДА-100МА	459,4	470	19,8	-	910,1
Дощувальна машина кругової дії Valley FP 624	508,9	304	1,4	26,2	334,5
Дощувальна машина фронтальної дії Valley EHDLSA 2x430x1380	499,3	320	2,5	21,3	366,0

Висновки. Використання багатоопорних машин на закритих зрошувальних мережах порівняно з машинами ДДА-100М з використанням на відкритих мережах призводить до економії води у 1,5 раза, пального в середньому у 8-10 разів (без урахування витрат на подачу води), коштів на подачу води, витрати пального та оплату праці у 2,5-2,7 раза.

Застосування інноваційних рішень у зрошенні дозволяє здійснювати індивідуальний підхід до використання кожної окремої машини з урахуванням реальних потреб рослин у волозі та поживних речовинах, підвищити ефективність використання зрошувальних систем та планування їхньої роботи.

Створюється можливість у режимі реального часу оперативно впливати на ситуацію на зрошувальній ділянці, підвищити продуктивність зрошувальної техніки, зменшити негативний вплив штучного дощу на ґрунт, ефективно використовувати енергетичні і водні ресурси, збільшити врожайність та рентабельність виробництва.

Література

1. Електронний ресурс. Постійного зрошення в Україні потребують 18,7 млн. га орних земель. <http://agravery.com/uk/posts/show/>
2. Ахтырцев Б. П., Лепилин И. А. Влияние интенсивности искусственного дождя на физические свойства и увлажнение черноземов // Гидротехника и мелиорация. – 1982. - № 3. – С. 42 – 43.
3. Иванов В. Д., Кузнецова Е. В., Попов В. Г. Эрозионная опасность как сопряженная функция интенсивности дождя и водопроницаемости почв // Почвоведение. – 1990. - № 8. – С. 106 – 117.
4. Алферов Ю. В., Алферова Е. В. Влияние изменения структуры дождя ДДА-100МА на почву и микроклимат орошаемого поля // Технология орошения и программирования урожая. – М: ВНИИГиМ, 1986. – С. 190-197.
5. Марков Е. С. та ін. – Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Москва. «Колос». 1981 г.

6. Розробка вихідних вимог на техніко-технологічні операції зрошування. Звіт про НДР / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: №. 0111U009414, Херсон, 2013 р.

7. Сидоренко В., Малярчук В., Бабицький В. Дистанційний контроль при зрошенні. // I FARMING. – 2018. - № 3 - С.54-58.

8. В. Сидоренко. Застосування інформаційних технологій у розвитку систем зрошення. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2018. - 182-192 с.

9. Сидоренко В., Жмак Д.. Погода на контролі. // I FARMING. – 2018. - № 4 - С.74-79.

10. Особливості використання сучасної дощувальної машини Quadrostar QS-100 на існуючих зрошувальних системах / В. В. Бабицький // Меліорація і водне господарство. – 2014. – Вип. 101. – С.293-300.

11. Фокин Б. П., Носов А. К. – Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин. Научное издание. Пятигорск, 2011.

Literature

1. Electronic resource. Permanent irrigation in Ukraine requires 18.7 million hectares of arable land. <http://agravery.com/en/posts/show/>
2. Akhtyrtsev B. P., Lepilin I. A. Influence of the intensity of artificial rain on the physical properties and moistening of chernozem // Hydrotechnics and Land Reclamation. - 1982. - № 3. - p. 42 - 43.
3. Ivanov V. D., Kuznetsova E. V., Popov V. G. Erosion hazard as a conjugate function of rain intensity and soil permeability // Soil science. - 1990. - № 8. - p. 106 - 117.
4. Alferov Yu. V., Alferova E. V. Effect of changes in the structure of rain DDA-100MA on the soil and microclimate of the irrigated field // Irrigation technology and programming of the crop. - M: VNNIIGiM, 1986. - p. 190-197.
5. Markov E. S., and that. - Agricultural hydrotechnical amelioration. Moscow. «Ear». 1981.

6. Development of initial requirements for technical and technological operations of irrigation. R & D Report / Southern Ukrainian Branch of UkrNDIPVT them L. Burned :: No. 0111U009414, Kherson, 2013.

7. Sidorenko V., Malyarchuk V., Babitsky V. Remote control during irrigation. // I FARMING. - 2018 - No. 3 - pp. 54-58.

8. V. Sidorenko. Application of information technologies in the development of irrigation systems. Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agricultural production in Ukraine. Collection of scientific works. L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Doslidnytske, 2018. - 182-192 pp.

9. Sidorenko V., Zhmak D. Weather on the control. // I FARMING. - 2018 - № 4 - P.74-79.

10. Features of the use of a modern Quadrostar QS-100 sprinkler on existing irrigation systems / VV Babitsky // Reclamation and water management. - 2014. - №. 101. - p.293-300.

11. Fokin B.P., Nosov A.K. - Modern problems of using multi-support sprinkler machines. Scientific publication. Pyatigorsk, 2011.

Literatura

1. Elektronnij resurs. Postijnogo zroshennja v Ukraïni potrebujut' 18,7 mln. ga ornih zemel'. <http://agravery.com/uk/posts/show/>

2. Ahtyrcev B. P., Lepilin I. A. Vlijanie intensivnosti iskusstvennogo dozhdja na fizicheskie svojstva i uvlazhnenie chernozemov . Gidrotehnika i melioracija. 1982. № 3. p 42 – 43.

3. Ivanov V.D., Kuznecova E.V., Popov

V.G. Jerozionnaja opasnost' kak soprzazhennaja funkcija intensivnosti dozhdja i vodopronicaemosti pochv. Pochvovedenie. 1990. № 8. pp. 106 – 117.

4. Alferov Ju. V., Alferova E. V. Vlijanie izmenenija struktury dozhdja DDA-100MA na pochvu i mikroklimat oroshaemogo polja .Tehnologija oroshenija i programirovanija urozha-ja. Moskva: VNNIIGiM, 1986. pp. 190-197.

5. Markov E.S., ta in. Sel'skohozjajstvennye gidrotehnicheskie melioracii. Moskva. «Kolos». 1981 .

6. Rozrobka vihidnih vimog na tehniko-tehnologichni operacii zroshuvannja. Zvit pro NDR Pivdenno-Ukraïns'ka filija UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. №. 0111U009414, Herson, 2013.

7. Sidorenko V., Maljarchuk V., Babic'kij V. Distancijni kontrol' pri zroshenni. I FARMING. 2018. № 3 pp.54-58.

8. V. Sidorenko. Zastosuvannja informacijnih tehnologij u rozvitku sistem zroshennja. Tehniko-tehnologichni aspekty rozvytku ta oprobuvannja novoi' tehniky i tehnologij dlja sil's'kogo gospodarstva Ukrai'ny: zb. nauk. pr. UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. Doslidnyc'ke, 2018. pp 182-192 .

9. Sidorenko V., Zhmak D. Pogoda na kontroli. I FARMING. 2018. № 4 pp.74-79.

10. Osoblivosti vikoristannja suchasnoi doshhuval'noi mashini Quadrostar QS-100 na isnujuchih zroshuval'nih sistemah. V.V. Babic'kij. Melioracija i vodne gospodarstvo. 2014. Vip. 101. pp.293-300.

11. Fokin B.P., Nosov A.K.. Sovremennye problemy primenenija mnogoopornyh dozhdjeval'nyh mashin. Nauchnoe izdanie. Pjatigorsk, 2011.

UDC 626.81/84:001.8

COMPARATIVE STUDIES OF MODERN IRRIGATION COMPLEXES TO REPLACE IRRIGATION SYSTEMS WITH WATER SUPPLY IN OPEN EARTHEN CHANNELS

V. Sydorenko, e-mail: sid_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

O. Mitrofanov, <https://orcid.org/0000-0003-3046-8440>

Southern-Ukrainian branch of SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

Summary

Introduction. Among the large number of different types of irrigation systems and sprinkler technology, in recent times the most widely used inter-farm irrigation systems with aggregates DDA-100M.

Their disadvantages should include large specific fuel costs, material costs, inefficient use of water. The drawbacks of the DDA irrigation network, such as water losses for channel infiltration, and low land use rates, are included in this.

Therefore, farms set the goal of switching from open irrigation networks to DDA, to use modern multipurpose machines operated on closed irrigation networks.

The purpose of the study is to investigate the transformation of open irrigation networks of DDA into highly productive and resource-saving irrigation complexes and practices for the introduction of modern sprinkler machines on closed networks.

Methods of research: theoretical - analysis of the investigated information resources, laboratory-field - carrying out of tests for the purpose of obtaining information data.

Results. The article presents the results of the research of modern irrigation systems and transformation of open networks of DDA in high-performance and resource-saving irrigation complexes on closed irrigation networks.

The general description of the DDA irrigation network, features of the technological scheme of irrigation, analysis of qualitative indicators is given.

The research was carried out and the structure and features of closed irrigation networks of power supply of multipoint machines were analyzed. The basic schemes of application of irrigation complexes on closed networks are analyzed. Examples of the placement of Valley circular and front-end machines on the fields of different configurations are given.

Exploited and analyzed the use of multi-reference machines on closed networks, their main structural elements and use in various technological schemes of watering.

The practice of introducing innovative solutions, in particular remote monitoring and operation of sprinkler machines on closed networks, is explored. Use of agrometeorological stations in the planning of irrigation regimes.

According to the results of tests of machines of circular and frontal action Valley, a comparative estimation of the value and specific characteristics of these machines with DDA-100M was performed on the irrigation area of 100 hectares of winter wheat with an irrigation rate of 1500 m³/ha.

It was established that the use of multi-purpose sprinkler machines in comparison with the machines of DDA-100M, leads to an increase in the saving of irrigation water by 1.5 times, an average of 8-10 times the fuel consumption (without taking into account the costs of water supply), water supply, fuel consumption and labor remuneration is 2.5-2.7 times

Conclusions: The use of multipurpose machines operated on closed networks significantly improves and improves both machine and system factors of their application: high quality of the irrigation process, reduction of irrigation costs (machine factor); lack of water losses in closed networks, high efficiency, favorable reclamation state of the irrigated array, possibility of watering automation (system factor).

Key words: sprinkler, pressure, water flow, rain structure, uniform irrigation, irrigation rate, productivity, infiltration, closed irrigation networks, specific irrigation costs.

УДК 626.81/.84:001.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ЗАМЕНУ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПОДАЧЕЙ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ЗЕМЛЯНЫХ КАНАЛАХ

В. Сидоренко, e-mail: sid_vladimir@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5988-2904>

О. Митрофанов, <https://orcid.org/0000-0003-3046-8440>

Южно-Украинский филиал ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л.Погорелого»

Аннотация

Вступление. Среди большого количества различных типов оросительных сетей и дождеваль-ной техники в прошлые времена наибольшее распространение получили внутривладельческие оросительные системы с агрегатами ДДА-100М.

К их недостаткам следует отнести большие удельные расходы топлива, материальные затра-ты, неэффективное использование воды. К этому добавляются и такие недостатки ороситель-ной сети ДДА, как потери воды на инфильтрацию из каналов, низкий коэффициент земельного использования.

Поэтому хозяйства ставят перед собой цель переход из открытых оросительных сетей ДДА, к использованию современных многоопорных машин, эксплуатируемых на закрытых оросительных сетях.

Целью исследования является исследование трансформации открытых оросительных сетей ДДА в высокопроизводительные и ресурсосберегающие оросительные комплексы и практики внедрения современных дождевальных машин на закрытых сетях.

Методы исследований: теоретические - анализ исследуемых информационных ресурсов, ла-бораторно-полевые - проведение испытаний с целью получения информационных данных.

Результаты. В статье приведены результаты исследований современных оросительных сис-тем и трансформации открытых сетей ДДА в высокопроизводительные и ресурсосберегающие оросительные комплексы на закрытых оросительных сетях.

Приведено общее описание оросительной сети ДДА, особенности технологической схемы полива, анализ качественных показателей.

Проведены исследования и проанализированы строение и особенности закрытых ороситель-ных сетей питания многоопорных машин. Проанализированы основные схемы применения ороси-тельных комплексов на закрытых сетях. Приведены примеры размещения круговых и фронталь-ных машин Valley на полях различной конфигурации.

Исследованы и проанализированы использования многоопорных машин на закрытых сетях, их основные конструкционные элементы и использования в различных технологических схемах полива.

Исследовано практику внедрения инновационных решений, в частности дистанционного мо-ниторинга и управления работой дождевальных машин на закрытых сетях. Использование агро-метеостанций в планировании режимов орошения.

По результатам проведенных испытаний машин круговой и фронтальной действия Valley, про-ведена сравнительная оценка стоимостных и удельных показателей этих машин с ДДА-100М в расчете на площадь орошения 100 га озимой пшеницы оросительной нормой 1500 м³/га.

Установлено, что использование многоопорных дождевальных машин по сравнению с маши-нами ДДА-100М, приводит к экономии поливной воды в 1,5 раза, горючего в среднем в 8-10 раз (без учета расходов на подачу воды), средств на подачу воды, расход топлива и оплату труда в 2,5-2,7 раза

Выводы. Использование многоопорных машин, эксплуатируемых на закрытых сетях суще-ственно повышает и улучшает как машинный так и системный факторы их применения: высокое качество исполнения процесса орошения, снижение затрат на орошение (машинный фактор); от-сутствие потерь воды в закрытых сетях, высокий КПД, благоприятный мелиоративное состояние орошаемого массива, возможность автоматизации полива (системный фактор).

Ключевые слова: дождевальная машина, давление, расход воды, структура дождя, равно-мерность орошения, поливная норма, производительность, инфильтрация, закрытые ороситель-ные сети, удельные затраты на орошение.