

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ДОЩУ ТА МІНІМІЗАЦІЇ ЙОГО ВПЛИВУ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СТРУКТУРУ ҐРУНТУ

Погорілий В.,

e-mail: pogoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Сидоренко В.,

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

УкпНДІПВТ ім.Л. Погорілого

Малярчук В., канд. с.-г. наук

e-mail: zemlerob_mvm@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1459-0956>

Південно-Українська філія УкпНДІПВТ ім. Л.Погорілого

Анотація

У статті представлені результати досліджень впливу якісних і структурних характеристик штучного дощу, створюваного дощувальними машинами, та способи і засоби мінімізації його негативно-го впливу на ґрунт шляхом застосування сучасних низьконапірних дощувальних спринклерів.

Мета дослідження – вивчити конструкційні особливості різних типів спринклерів, практики й ефективності їхнього застосування в умовах зрошувального землеробства України.

Методи та матеріали. Дослідження конструкційно-технологічних особливостей робочих органів дощувальних машин, практика їхнього застосування та визначення основних показників якості створюваного дощу проводилися у господарчих умовах їхньої роботи у ході випробувань. При оцінюванні якості роботи визначалися інтенсивність дощу, середній діаметр створюваних крапель, коефіцієнт ефективного поливу за дощувальним поясом випробуваних машин, питома потужність дощу та порівняння цих показників при застосуванні різних типів спринклерів згідно зі стандартизованими методами відповідних нормативних документів: СОУ 74.3-37-152, ДСТУ ISO 11545.

Результати. Сучасні дощувальні машини оснащуються високоефективними, з великою площею захвату та низькою енергетичною дією на ґрунт, спринклерами з урахуванням усіх складових впливу якості та структури штучного дощу. При невеликих значеннях тиску такі спринклери забезпечують низьку інтенсивність дощу за рахунок великої площі розпилу, добру рівномірність та оптимальні розміри крапель. Застосування цих робочих органів забезпечило вирішення завдання з мінімізації негативного впливу зрошування на екологію довкілля. Висока ефективність застосування сучасних спринклерів підтверджена проведеними випробуваннями машин, обладнаних подібними робочими органами, за результатами яких було відмічено зниження інтенсивності дощу та його енергетичного впливу на ґрунт за рахунок низького робочого напору, великої площі покриття, номінального спектру крупності крапель і швидкості їхнього падіння.

Висновки. Використання низьконапірних спринклерів дає змогу зменшити енергетичний вплив дощу на ґрунт, що забезпечує збереження його структури та зменшення ерозійних процесів, забезпечити при низькому тиску в зрошувальній мережі високу рівномірність поливу, зменшити втрати вологи від впливу температури повітря та вітру та витрати на зрошення за рахунок зниження тиску в поливній мережі.

Ключові слова: дощувальні машини, інтенсивність дощу, крупність крапель, спринклери, рівномірність поливу, водна ерозія ґрунту, напір.

Вступ. Одним із основних факторів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в районах із посушливим кліматом є зрошення, завдяки якому знижується залежність агровиробництва від умов природного вологозабезпечення [De Wrachien & Goli, 2015; Вожегова, 2016].

Важливим завданням у зрошувальному землеробстві при використанні дощувальних машин є мінімізація меліоративного навантаження штучного дощу на ґрунт, зокрема застосування протиерозійних заходів — використання ерозійно-допустимих поливних норм при використанні широкозахватних дощувальних машин [Ромашенко, 2012]. На сучасному етапі розвитку зрошувального землеробства на першу позицію виходить питання енергозберігаючої та екологічно безпечної технології поливу.

Однією з головних вимог, що висувуються до процесу зрошення, є необхідність створення дощу з інтенсивністю, що не перевищує швидкість усмоктування води ґрунтом у певних умовах. При зворотних умовах утворюються калюжі і відбувається поверхневий стік води, що призводить до порушення структури ґрунту, погіршення його водно-фізичних властивостей і розвитку ерозії поверхневого шару. Ерозія призводить до виносу з верхнього, найбільш родючого шару разом із ґрунтовими частинами живильних речовин, а отже, до зниження родючості ґрунту, його руйнуванню і випаданню площі із сільськогосподарського обороту [Murray & Grant, 2007].

Основним робочим органом дощувальної машини, що перетворює водяний струм на дощові краплі, є дощувальні насадки (спринклери). Незалежно від типу та конструкції машини вони є її неодмінною складовою частиною і виконують заключну операцію технологічного процесу — розподілення води у вигляді дощу зрошувальною площею. Зважаючи на це, забезпечення продуктивної роботи дощувальних машин при дотриманні ерозійно-безпечних технологій поливу на полях, що мають значну мінливість фізи-

ко-механічних властивостей ґрунтів і рельєфу з урахуванням великих довжин машин і зрошуваних площ, а також з умови особливостей динаміки і старт-стопного режиму руху багатоопорних конструкцій машин є досить складною технічною проблемою, вирішення якої може забезпечити екологічно безпечні умови поливу з точки зору впливу штучного дощу на ґрунт і поверхню рослин.

Основним рішенням питання забезпечення екологічно безпечних технологій поливу може бути оптимізація параметрів і конструктивне удосконалення пристроїв для створення дощу та схем їхнього розташування.

Сучасні дощувальні машини оснащуються високоефективними, з великою площею захвату та низькою енергетичною дією на ґрунт спринклерами. Вітчизняні машини ДМ «Фрегат» ДМУ, які займають велику частку у їхній загальній кількості, також переобладнуються такими спринклерами.

Постановка завдань. Застосування спринклерів нового покоління як на машинах закордонного виробництва, так і на вітчизняних дає змогу значно підвищити ефективність зрошування за рахунок більшої рівномірності та покращення якості дощу. В Україні аналогічне обладнання не виробляється. На ринку зрошувальної техніки пропонується достатньо велика номенклатура дощувальних робочих органів ряду провідних світових виробників технічних засобів аналогічного призначення. Метою роботи є дослідження конструкційних особливостей різних типів спринклерів, практики й ефективності їхнього застосування в умовах зрошувального землеробства України.

Методи і матеріали. Дослідження конструкційно-технологічних особливостей робочих органів дощувальних машин, практика їхнього застосування та визначення основних показників якості створеного дощу проводилися у господарчих умовах їхньої роботи у ході випробувань [Протоколи ...].

При оцінці якості роботи визначали-

ся інтенсивність дощу, середній діаметр створюваних крапель, коефіцієнт ефективного поливу за дощувальним поясом випробуваних машин, питома потужність дощу та порівняння цих показників при застосуванні різних типів спринклерів.

У ході проведення досліджень застосовувалися методи визначення показників згідно стандартизованих методик відповідних нормативних документів [COU, 2004; ДСТУ ISO, 2004].

Результати. Як уже зазначалося, для забезпечення екологічно безпечного зрошення однією з головних вимог є необхідність створення дощу з інтенсивністю, що не перевищує швидкість усмоктування води ґрунтом із метою недопущення утворювання калюж і поверхневого стоку (рисунок 1).

Допустиме значення інтенсивності дощу визначається всмоктувальною здатністю ґрунту, яка в свою чергу залежить від його типу, вологості, структурного стану, нахилу місцевості, рослинного покриття тощо і в ході поливу поступово знижується. Інтенсивність дощу, що дорівнює швидкості усмоктування ґрунтом, називається допустимою, що в свою чергу формулює поняття допустимої поливної



Рисунок 1 – Приклад проведення поливу з високою інтенсивністю дощу

норми без утворення поверхневого стоку і розвитку ерозійних процесів [Ромашенко, Гринь, 2012].

Залежно від типу ґрунту й нахилу місцевості, а також наявності на полі с.-г. культур допустима інтенсивність із умови недопущення стоку води й розвитку ерозійних процесів повинна відповідати таким значенням, приведеним у таблиці 1 [Murray & Grant, 2007].

Виходячи з визначення інтенсивності дощу, можна зробити висновок, що для її зменшення необхідно або зменшувати витрати води машиною, або збільшувати площу одночасного зрошення. Таким чином, значення інтенсивності дощу сут-

Таблиця 1 – Допустима інтенсивність дощу, мм/хв.

Тип ґрунту	Нахил місцевості			
	0...0,05	0,05...0,08	0,08...0,12	>0,12
Піщані	0,85/0,85	0,85/0,64	0,64/0,44	0,42/0,21
Піщані, що підстилаються більш щільним підґрунтям	0,74/0,64	0,53/0,42	0,42/0,32	0,32/0,17
Легкі супіщані	0,74/0,42	0,53/0,34	0,42/0,25	0,32/0,17
Легкі супіщані, що підстилаються більш щільним підґрунтям	0,53/0,32	0,42/0,21	0,32/0,17	0,21/0,13
Середньосуглинкові	0,42/0,21	0,34/0,17	0,25/0,13	0,17/0,09
Середньосуглинкові, що підстилаються більш щільним підґрунтям	0,25/0,13	0,21/0,11	0,17/0,07	0,13/0,04
Важкі суглинки та глини	0,09/0,07	0,07/0,04	0,05/0,034	0,04/0,025

Примітка: значення в чисельнику – для ділянок, зайнятих с.-г. культурами, в знаменнику – без культури

тево впливає на техніко-технологічні та конструктивні показники дощувальних машин. Чим більше витрати води машиною, тим більшими повинні бути площа одночасного зволоження та робоча швидкість руху дощувальної машини із метою недопущення стоку.

Тому важливим є суміщення параметрів дощу, які в свою чергу визначаються конструктивними параметрами спринклерів, із техніко-економічними й конструктивними показниками дощувальних машин та агрономічними і фізичними вимогами з боку культури та типу ґрунту.

Другим важливим чинником, що характеризує структуру штучного дощу, є крупність крапель. Поріг переходу від безерозійного до ерозійно-небезпечного поливу значною мірою визначається розмірами крапель дощу та його структурою. Крупність крапель значно впливає на руйнування ґрунтових агрегатів і як наслідок – на усмоктування води ґрунтом. Вимоги до крупності крапель обумовлюються також як культурами, що зрошуються, так і фазами їхнього розвитку.

Характеристика дощу за його крупністю сама собою ще не визначає його вплив на ґрунт і рослини, оскільки одні й ті ж краплі при падінні з різними швидкостями по-різному впливають на нього. Для ґрунту і рослин має значення не просто розмір крапель, які падають, а їхній динамічний вплив або сила удару.

Таким чином, якість штучного дощу, окрім його інтенсивності та крупності крапель, ще характеризується і енергетичною, крапельно-ударною характеристикою, яка в свою чергу залежить від інтенсивності та діаметру крапель. Крупні краплі дощу, що володіють великою силою удару, руйнують структурні окремість ґрунту на більш дрібні, які заповнюють проміжки між іншими її частками. У зв'язку з цим зменшується всмоктувальна здатність ґрунту [Гаврилица, 1990].

У штучному дощі швидкості крапель не визначаються однозначно їхнім діаметром, а залежать також від типу дощувальних струменів (типу дощувального

апарату). Для одного й того ж діаметра крапель можуть бути меншими або набагато більшими швидкості падіння крапель природного дощу. Тому при визначенні динамічного впливу крапель штучного дощу враховується як розмір крапель, так і швидкість їхнього падіння. Розміри крапель природного та штучного дощу коливаються у значних межах: перших – від 0,1 мм до 7 мм, других – від 0,4 мм до 4 мм.

Для повної оцінки енергетичної характеристики штучного дощу, яка враховує як вплив його інтенсивності, так і крупність крапель, використовується показник питомої потужності дощу (Вт/м^2), який виражається формулою $N_{\text{ср.}} = 0,085 \sigma v^2$, де σ – середня інтенсивність дощу, мм/хв., v – швидкість падіння крапель середньої розрахункової крупності, яка залежить від крупності та висоти падіння, м/с [Чорний, Пилипенко, 2011]. Показник характеризує роботу, що здійснюється дощем, який випадає на одиницю площі за одиницю часу. Звідси випливає, що питома потужність дощу визначає його здатність руйнувати структуру ґрунту. Вона достатньо повно розкриває взаємодію штучного дощу з ґрунтом і дає змогу визначити його ерозійно-безпечну структуру для різних типів ґрунту.

Деякі значення швидкості падіння крапель наведені у таблиці 2.

При розробці вітчизняної дощувальної техніки в 70-90 рр. ХХ ст. не завжди приділялася належна увага збереженню родючості ґрунтів. Вважалося, що руйнування структури ґрунту не є вирішальним фактором при встановленні допустимих параметрів штучного дощу, бо з часом вона відновлюється.

Тому технічні рішення з конструювання дощувальних машин та їхніх робочих органів були спрямовані на підвищення продуктивності, яка досягалася за рахунок збільшення витрат води за машиною та підвищення потужності і радіуса дії струменя дощувальних пристроїв.

Така концепція призвела до створення високоінтенсивних дощувальних машин із відповідними робочими органами.

Таблиця 2 – Залежність швидкості падіння крапель дощу від їхнього ефективного діаметру та висоти падіння (опрацьовано з [Гаврилица, 1990])

Висота падіння крапель, м	Швидкість падіння крапель, м/с					
	Діаметр крапель, мм					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,5	1,76	2,55	2,87	2,93	2,97	3,00
1,0	1,76	3,18	3,74	3,89	3,99	4,06
2,0	1,76	3,65	4,55	4,89	5,12	5,28
3,0	1,76	3,79	4,95	5,39	5,74	5,99
4,0	1,76	3,79	5,06	5,66	6,10	6,44
5,0	1,76	3,79	5,14	5,81	6,33	6,73
7,0	1,76	3,79	5,19	5,94	6,56	7,06
10	1,76	3,79	5,20	6,00	6,63	7,26
15	1,76	3,79	5,20	6,01	6,71	7,34
20	1,76	3,79	5,20	6,01	6,72	7,36

У результаті цього мала місце незадовільна якість створюваного дощу, його екологічна невідповідність стосовно впливу на структуру ґрунту, що викликала його деградацію – погіршення водно-фізичних властивостей та ерозію.

На вітчизняних дощувальних машинах, які використовувалися раніше і які досі є частиною парку дощувальної техніки, застосовано середньоструменеві дощувальні апарати («Фрегат» ДМУ високонапірної модифікації), короткоструминні секторні насадки («Фрегат» ДМУ низьконапірної модифікації, ЕДМФ «Кубань») та дефлекторні ДДА.

Однак ці машини мали ряд недоліків, що стосувалися якості дощу, екологічної безпеки, енергозатрат на проведення поливу [Сидоренко, 2015]. Так, у ході роботи машин «Фрегат» ДМУ високонапірної модифікації в умовах інтенсивного вітрового режиму коефіцієнт ефективного поливу знижувався до 0,53-0,45 (за агровимогами – не менше 0,75). Це було пов'язано з великою висотою підйому дощової хмари над поверхнею ґрунту (5-8 м), складністю налаштування на необхідну витрату води, слабкою стійкістю до вітру. Інший недолік – формування всередині і в кінці трубопроводу дощу з великої крупністю крапель (до 3,5 мм) при середній інтенсивності дощу 0,6-0,8 мм/хв. і миттєвій до 3,0 мм/хв, який

мав велику енергетичну дію на ґрунт і рослини, що унеможливлювало видачу оптимальних поливних норм без стоку.

Машини низьконапірної модифікації, утворюючи дрібну краплю при порівняно великому тиску, також мали великі втрати води на знос і випаровування, які в середньому становили 10-15%, а в денні години могли досягати 30% і більше. Висока миттєва інтенсивність дощу сприяла ущільненню ґрунту, утворенню кірки та випаровуванню поливної води внаслідок її стікання поверхнею ущільненого ґрунту.

Окрім того, на високонапірних модифікаціях дощувальні апарати не здатні забезпечити однаковий тиск води за всією довжиною машини (біля гідранта тиск вищий, на кінці машини – нижчий), у результаті чого збільшувалася нерівномірність поливу. При цьому високонапірна зрошувальна мережа з тиском води до 0,7 МПа потребує більших витрат енергії на подачу води до гідрантів порівняно з низьконапірною.

Недоліки дощувальних агрегатів ДДА з короткоструминними дефлекторними дощувальними насадками такі: великі інтенсивність (до 4,1 мм/хв.) і середній розмір крапель (до 1,35 мм), низька рівномірність зрошення залежно від швидкості вітру (значення коефіцієнту ефективного поливу 0,74-0,37) [Звіт..., 2019].

Таким чином, забезпечення продуктивної роботи дощувальних машин при дотриманні енергозберігаючих та ерозійно-безпечних технологій поливу на полях із різними фізико-механічними властивостями ґрунтів та рельєфу, значно залежить від якості роботи їхніх дощувальних пристроїв.

Враховуючи всі складові впливу якості та структури штучного дощу на ґрунт, сучасні багатопорні дощувальні машини оснащуються високоефективними, з великою площею захвату та низькою енергетичною дією на ґрунт дощувальними насадками (спринклерами) (рисунк 2).

Згідно з прийнятою кваліфікацією, їх можна віднести до короткоструменевих, дефлекторних кругової дії. При цьому розроблені і пропонуються конструкції спринклерів як із нерухомими (фіксованими), так і з рухомими дефлекторами-відбивачами, які є робочими органами низького тиску.

Їхня особливість полягає в тому, що при невеликих значеннях тиску вони забезпечують, окрім менших енерговитрат, низьку інтенсивність дощу за рахунок великої площі розпилу, добру рівномірність та оптимальні розміри крапель.

При цьому конструкція насадок дає змогу з урахуванням умов застосування варіювати розмір крапель — від дрібної до крупної — за рахунок зміни дефлекторів. Завдяки різноманітним конструкціям дефлекторів-відбивачів спринклери мають змогу створювати різноманітні контури площі зрошення й різний діаметр краплин залежно від ґрунтово-кліматичних умов, культур і стадій їхнього розвитку. Конструкція насадок також дає змогу регулювати витрату ними води за рахунок швидкої зміни сопла з різними значеннями витрат.

Насадки використовуються разом із регуляторами тиску, які вирівнюють перепади тиску на вході дощувальної насадки до робочого, при якому вона працює



Рисунок 2 – Робота дощувальної машини із застосуванням сучасних спринклерів (i-Wob «Senninger»)

незалежно від гідравлічних умов у водопровідному трубопроводі, зміни висоти подачі, напору тощо. При постійній роботі насадок у діапазоні робочих тисків, які забезпечує регулятор, забезпечується надійність і довговічність самої насадки та дощувальної машини в цілому.

На водопровідному трубопроводі машини спринклери можуть розташовуватися зверху або знизу. У більшості машин застосовується розташування насадок на гнучких шлангах, які за їхньою допомогою наближені до поверхні ґрунту на відстань 0,9-1,8 м, тим самим зменшуючи вплив вітру та випаровування на дощовий факел, а також питому потужність штучного дощу.

На ринку іригаційного обладнання в Україні представлені дощувальні робочі органи трьох основних світових виробників — «Senninger Irrigation», «Nelson Irrigation» (США) та «Komet GmbH» (Австрія). Нижче наведено їхні основні типи та характеристики.

Дощувальні насадки «Senninger». Лінійка спринклерів «Senninger» представлена такими моделями: «Spray» («Super Spray»), «LDN», «i-Wob», «Xi-Wob» (рисунк 3).

Модель «Spray» була першою базовою моделлю. Вона становить собою дощувальний пристрій із фіксованим дефлектором. Ширина захвату залежно від діаметру сопла та тиску — від 4 до 12 м. Рекомендується використовувати на ґрун-

тах із високою всмоктувальною здатністю ґрунту.

Спринклери типу «LDN» (рисунок 4) теж мають фіксований дефлектор, але більшого діаметру та з більшою кількістю направляючих канавок. Призначені спеціально для роботи при низькому тиску – від 0,41 бар. Конструкція відбивача (33 канавки, відповідно 33 струменя води периметром кола на 360°) дає змогу створювати постійний діаметр крапель за шириною захвату всієї машини і зберігати його при вітряних умовах.

Конструкція спринклера може бути з одним, двома та трьома дефлекторами, які мають увігнуту, плоску й опуклу форми, що розташовуються відповідно зверху, посередині та знизу. Це дає змогу використовувати більші витрати води через сопло насадки і водночас забезпечувати більшу площу поливу та відповідно меншу інтенсивність дощу.

Змінні дефлектори можуть використовуватися у різних комбінаціях для забезпечення необхідного кута розприскування та розміру крапель, найбільш придатних для конкретних ґрунтів і посівів.

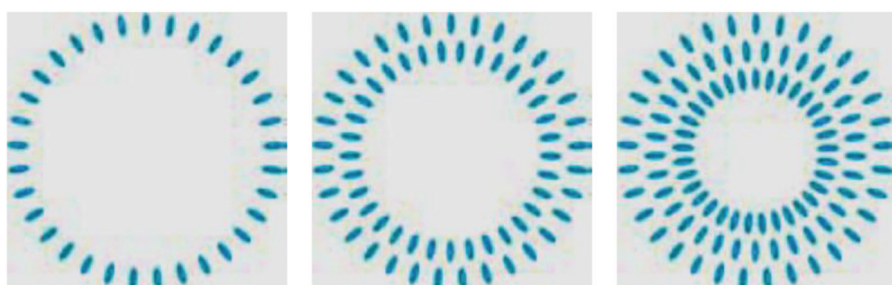
Застосування декількох дефлекторів у складі спринклерів у кругових машинах, де витрати води через них збільшуються від центру машини до кінцевих прольотів, дає змогу усунути головну проблему для цих машин – велику інтенсивність дощу в кінці машини. Інтенсивність поливу зни-



Рисунок 3 – Дощувальні насадки «Senninger»



Рисунок 4 – Спринклер «LDN» «Senninger», загальний вигляд та в роботі



33 струменя один дефлектор 66 струменів подвійний дефлектор 99 струменів потрійний дефлектор

Рисунок 5 – Схема роботи спринклеру «LDN» «Senninger»

жується при збільшенні площі поливу окремої насадки і розподілу потоку в соплах на більшу кількість струменів. Так, при застосуванні всіх трьох дефлекторів можна отримати 99 струменів від однієї насадки, при цьому, за даними виробника, інтенсивність дощу знижується на 20-25% порівняно з насадкою з одним відбивачем (рисунок 5).

Для мінімізації ерозійного впливу запропонована конструкція дощувальної насадки ротаційної дії з рухомим дефлек-

тором — застосування струменів, створюваних нею, що обертаються навколо вертикальної осі спринклера, тим самим збільшуючи одночасну площу поливу. До таких відносяться спринклери типу «i-Wob». Вони найбільше застосовуються українськими агровиробниками і добре себе зарекомендували при експлуатації багатьох дощувальних машин.

Принцип дії такий: вода, що поступає з водопровідного трубопроводу через регулятор тиску, проходить через сопло форсунки і попадає на відбивач — плоску шайбу з радіальними канавками (в кількості 6 або 9 шт.), які розташовані на ній під відповідним кутом.

Відбивач розташований ексцентрично до напрямку струменя води, яка, проходячи через сопло, відбивається від нього і тим самим приводить його в обертально-коливальний рух. Завдяки цьому руху вода розсіюється у вигляді крапель на відносно велику відстань (до 16-18м) при низькому тиску — 0,69-1,38 Бар. Сполучення обертального руху відбивача та геометрії його канавок забезпечує постійний розмір крапель і рівномірність зрошення (рисунк 6).

Конструкція «i-Wob» має чотири види відбивачів для створення крапель різного діаметру: 6 канавок зі стандартним кутом (за кольором сірий, краплі малого діаметру); 9 канавок зі стандартним кутом (за кольором чорний, краплі середнього діаметру); 9 канавок із малим кутом (за кольором синій, краплі середнього розміру); 6 канавок із малим кутом (за кольором білий, краплі великого розміру).

Підбором відбивачів і рівня робочого тиску (застосування відповідного регулятора) можна досягнути потрібного розміру крапель залежно від ґрунту, культури та вітряних умов.

Ротаційні насадки забезпечують більш м'яке, однорідне зрошення та максимальну площу миттєвого покриття при низькому тиску, мінімально впливаючи



Рисунок 6 – Дощувальні насадки «i-Wob» в роботі

на поверхню ґрунту і посівів. Чим більше площа поверхні, над якою розсіюється вода, тим менший вплив здійснює вона на структуру ґрунту, що дає йому змогу зберегти здатність вбирати воду. При зниженні швидкості вбирання і збільшенні його часу значно зменшується ймовірність стоку, запобігаючи тим самим ерозії ґрунту.

Витрати води через насадку залежать від діаметру сопла форсунки та характеристики регулятора тиску, з яким вона працює. При цьому форсунки мають відповідну нумерацію залежно від діаметру сопла та кольорового кодування. Розміри сопла у форсунках спринклерів «Senninger» базуються на 64-дюймовій шкалі (діаметр вихідного отвору дорівнює відношенню номера сопла до 64 дюймів) і проставлені на його боковій поверхні. Так, наприклад, спринклер із номером форсунки #12 має діаметр сопла 12/64 дюйма $\times$ 25,4 мм = 4,76 мм.

Модель «Xi-Wob» (рисунк 7) аналогічна «i-Wob», але відрізняється конструкцією відбивача та його розташуванням на насадці, має три види відбивачів для створення крапель різного діаметру: 6 канавок із кутом розташування для створення траєкторії вихідного струменя 15° (краплі великого розміру, чорний колір дефлектора); 6 канавок із кутом 10° (краплі середнього розміру, синій колір); 9 канавок із кутом 10° (краплі малого розміру, сірий колір). «Xi-Wob» створює краплі дещо

меншого розміру, вона рекомендується при поливі важких ґрунтів, при цьому оптимальний діапазон тиску цієї моделі становить 0,69-1,03 бар.

Дощувальні насадки «Nelson». Лінійка спринклерів «Nelson» представлена моделями серії 3000 системи 3TN: з нерухомим дефлектором – «D3000 Sprayhead», «O3000 Orbitor»; «T3000 Trashbuster»; ротаційні (з рухомим дефлектором) – «R3000», «R3030 (система 3NV) Rotator», «A3000 Accelerator», «S3000 Spinner» (рисунок 8).

Моделі «D3000 Sprayhead» і «R3000», «R3030 Rotator» є найбільш уживаними робочими органами дощувальних машин в українському зрошуваному землеробстві. «D3000 Sprayhead» – спринклер із нерухомим дефлектором (рисунок 9), діаметр розбризкування – 4,9-12,2 м, робочий тиск – 0,4-2,8 бар.

Знімна двостороння кришка спринклера дає змогу легко змінювати структуру дощу за допомогою підбирання відповідного дефлектора (11 типів дефлекторів із різною конфігурацією), вона застосовується для поливу при пророщуванні насіння, поливу овочів, внесенні хімікатів, рекомендується використовувати на різного типу ґрунтах.

Модель «O3000 Orbitor» забезпечує високу однорідність та оптимальний розмір крапель при застосуванні тиску 0,7-1,4 бар, діаметр розбризкування – 14,3-17,7 м. Вона розрахована на тривалий термін ек-



Рисунок 7 – Загальний вигляд дощувальної насадки ротаційного типу «Xi-Wob»



Рисунок 8 – Номенклатура спринклерів «Nelson»



Рисунок 9 – Спринклер «Nelson D 3000 Sprayhead»

плуатації в умовах використання поливної води з високим рівнем забруднення.

Спринклер «T3000 Trashbuster» розроблений для використання з поливом стічних вод. Відкрита конструкція сприн-

клера дає змогу сміттю легко проходити через нього, зменшуючи накопичення включень на дефлекторі та корпусі. Конструкцією також передбачена його переконфігурація на ротаційний спринклер. Ротаційна дощувальна насадка моделі «R3000 Rotator» має

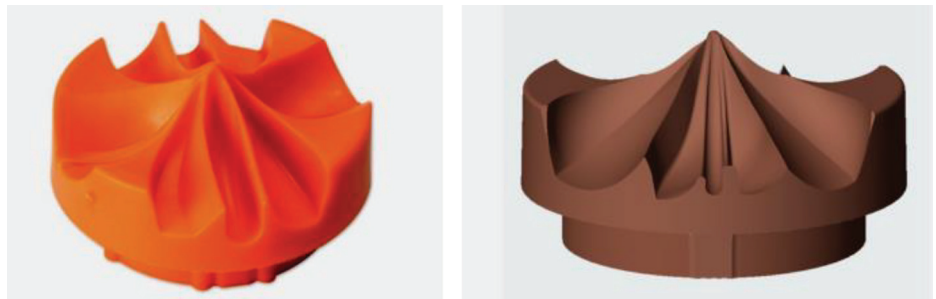


Рисунок 10 – Приклади дефлекторів-відбивачів ротаційних спринклерів моделі «R3000 Rotator»

найбільший діаметр розбризкування порівняно з іншими – 15,2-22,6 м при робочому тиску 1,0-3,4 бар, що зменшує інтенсивність дощу та підвищує тривалість усмоктування води у ґрунт.

Застосування дефлекторів складної геометрії (6 типів дефлекторів із різною конфігурацією, рисунок 10) дає змогу досягти високої рівномірності розбризкування завдяки перекриттю струменів води один одним під час обертання відбивача. При цьому їхня траєкторія дає змогу застосовувати спринклер «R3000» близько до поверхні ґрунту, що зменшує знос крапель вітром і випаровування. Рекомендується до застосування на всіх типах ґрунту, у тому числі і на важких, з низькою всмоктувальною здатністю.

Ротаційний спринклер «S3000 Spinner» забезпечує м'яке дощування при тиску 0,7-1,4 бар, ширина захвату – 12,8-16,5 м. Він рекомендується до застосування при поливі чутливих до енергетичної дії крапель культур і ґрунтів.

Спринклер «A3000 Accelerator» розроблений як гібрид технологій «Rotator» і «Spinner». Його особливістю є те, що у міру збільшення діаметру сопла, а значить, і більших витратах води через нього збільшується швидкість обертання дефлектора, що максимально збільшує площу розбризкування, зменшуючи відповідно інтенсивність поливу. У кругових машинах це дає змогу зменшити вплив більших витрат води через спринклери в кінцевих прольотах, що відповідно призводить до більшої інтенсивності дощу та крупності крапель.

Нова серія спринклерів «Nelson 3030»

системи 3NV дає змогу здійснювати обслуговування та керувати поливом кожної окремої насадки, не знімаючи її і не відключаючи подачу води до всієї дощувальної машини.

Ця перевага досягається шляхом використання нової конструкції форсунки та корпусу під неї. Сама форсунка спроектована так, що при її обертанні у корпусі спринклера на різні кути забезпечує чотири фіксованих положення: «робота», «відключення», «промивка сопла форсунки», «промивка всієї лінії». Цінною є опція швидкого відключення на дощувальній машині будь-якої окремої насадки, оскільки у практиці зрошення часто бувають випадки відключення декількох насадок або навіть декількох прольотів машини. Система 3NV може застосовуватися зі всіма типами спринклерів «Nelson», для чого необхідно тільки замінити форсунку та корпус під неї.

Розміри сопла у форсунках «Nelson», на відміну від «Senninger», засновані на 128-дюймовій шкалі (діаметр вихідного отвору дорівнює відношенню номера сопла до 128 дюймів) і проставлені на його боковій поверхні. Так, наприклад, спринклер із номером форсунки #12 має діаметр сопла $12/128$ дюйма $\times 25,4$ мм = 2,38 мм. Залежно від діаметру сопла форсунки мають відповідне кольорове кодування.

Третьою за використанням групою дощувальних робочих органів є спринклери виробництва австрійської компанії «Comet GmbH» моделі KPT (Comet Precision Twister) (рисунок 11). За принципом роботи вони є ротаційними і останнім часом набувають все більшої популярності. Діа-

пазон витрат води через сопла форсунок становить 0,028-1,346 л/с, діаметр розбризкування — 9,0-16,8 м. Конструкція «Comet КРТ» має чотири види рухомих дефлекторів для створення дощу з різними діаметром крапель і шириною захвату.

Високу ефективність застосування сучасних спринклерів підтвердили проведені випробування багатоопорних дощувальних машин різних типів і виробників [Протоколи ...].

Так, інтенсивність дощу за цими машинами залежно від витрат води становить 0,40-1,1 мм/хв. (за агрономогами — не більше 1,3 мм/хв.), середній діаметр крапель — 0,65-1,3 мм (за агрономогами — не більше 1,5 мм), коефіцієнт ефективного поливу — 0,80-0,90 (за агрономогами — не менше 0,75), питома потужність дощу залежно від інтенсивності та висоти падіння крапель — 0,042-0,11 Вт/м² [Кравчук та ін., 2020].

Зазначимо, що дощувальні машини типу «ДДА» з коротко струминними дефлекторними насадками мають значно гірші показники якості дощу (таблиця 3).



Рисунок 11 – Спринклер «Comet КРТ»

Обговорення. Глобальне потепління все більший вплив на продуктивність сільського господарства, тому за таких умов ефективність зрошення буде постійно зростати. Водночас сучасне виробництво вимагає особливої уваги до збереження родючості ґрунту, тому добрий агроекологічний стан зрошуваних земель є необхідною передумовою їхнього ефективного використання. Проведення відповідних заходів, спрямованих на його поліпшення, входить до числа пріоритетних, однією зі складових яких є забезпечення мінімізації негативного впливу штучного дощу на структуру та фізичні якості ґрунтів при використанні дощувальних машин.

Вирішення актуальних проблем виробництва продовольства не в останню

Таблиця 3 – Порівняльні показники якості створюваного штучного дощу

Тип дощувальної машини	Значення показника			
	Інтенсивність дощу, мм/хв.	Середній діаметр крапель, мм	Коефіцієнт ефективного поливу	Питома потужність дощу, Вт/м ²
Кругові та фронтальні дощувальні машини, застосування спринклерів «i-Wob Senninger»	0,4-1,1	0,65-1,3	0,80-0,90	0,042-0,11
ДМ «Фрегат» ДМУ, (середньострумеві дощувальні апарати)	0,4-0,6	0,95-1,3	0,65-0,75	0,1-0,25
Дощувальні агрегати «ДДА-100МА» (дефлекторні дощувальні пристрої)	4,1	1,1-1,35	0,74-0,37	1,1-1,4

чергу буде залежати від розумного поєднання економічних та екологічних інтересів людини, і такий підхід до поєднання цих пріоритетів необхідно виробити не тільки аграріям, а й усім суб'єктам, причетним до використання та охорони ґрунтів [Fitzpatrick et al., 2003].

Багаторічні дослідження засвідчили, що тривале зрошення прісними та мінералізованими водами негативно впливає на фізичні та хімічні властивості ґрунтів і зміну ґрунтоутворюючого процесу. Виявлення впливу зрошення на властивості ґрунтів базується на декількох основних факторах, одним із яких є застосована техніка і режими зрошення [Макарова, 2020].

У дослідженнях Херсонського національного технічного університету відзначено зниження природної родючості чорноземів через втрату первинної зернистої структури, утворення поверхневої кірки після поливу, появу глибистості та цементації орних горизонтів, зміну гумусного стану, збільшення щільності під час зрошення. Однією зі складових цих негативних явищ є фізичний вплив на ґрунт штучного дощу з невідповідними якісно-структурними показниками, зокрема застосування дощувальних насадок, що створюють таку структуру дощу [Малеєв та ін., 2016].

З початком використання нових дощувальних машин з'являється ряд факторів, які вимагають додаткових досліджень. За висновками науковців Миколаївського національного аграрного університету, при поливі дощуванням головними причинами ерозії є енергетичні параметри штучного дощу, його тривалість, а також протиерозійні властивості ґрунту і проекційного покриття рослинності.

За результатами проведених досліджень впливу енергетичних характеристик штучного дощу та впливу на структуру ґрунту за різного проекційного покриття рослинністю встановлено, що ерозія ґрунту при поливі виникає саме через подачу води з інтенсивністю, більшою, ніж вбирна здатність ґрунту. Істотний вплив

на руйнування ґрунтових агрегатів надають удари великих крапель. Такий поливний режим призводить до руйнування агрономічно цінних ґрунтових агрегатів і прояву процесів ерозії при поливах. Відмічено позитивний вплив проектованого покриття рослин на водостійкість структури ґрунту, що пов'язано зі зменшенням сили удару крапель у результаті зміни швидкості падіння і розміру краплі [Гамаянова та ін., 2017].

При вивченні впливу крапельно-ударних характеристик штучного дощу на ґрунт і рослини деякими дослідниками відзначався негативний вплив збільшення діаметру крапель на верхній шар ґрунту, а сила дії крапель діаметром (3-5) мм в (4-5) раз більше, ніж крапель діаметром 1 мм. Так, впливу крапель діаметром 3 мм не витримують, наприклад, листя люцерни [Митрофанов та ін., 2013].

Дослідники Чорний В., Пилипенко О. (Миколаївський національний аграрний університет) у своїх дослідженнях на південних середньосуглинкових чорноземах указують на певну невідповідність характеристик штучного дощу, в тому числі й енергетичних, водним і фізичним властивостям ґрунтів, що призводить до щонайменше двох наслідків — руйнації агрономічно цінної ґрунтової структури (яка, як правило, передують утворенню калюж і формуванню поверхневого стоку) та виникненню процесів ерозії при поливах. Під дією поливів у верхньому шарі ґрунту зменшується вміст агрономічно цінних фракцій і погіршується його вітростійкість [Чорний, Пилипенко, 2011].

Аналогічні висновки випливають і з досліджень Херсонського державного аграрного університету, за результатами яких запропоновані шляхи підвищення якості поливу дощуванням, зокрема способом зниження інтенсивності дощу до швидкості вбирання води ґрунтом за рахунок удосконалювання конструкції робочих органів дощувальних машин і забезпечення тим самим оптимальної структури дощу [Булаєнко, 2014].

Вплив опадів на фізичні властивості

сірого лісового ґрунту, зокрема основні причини утворення кірки на таких ґрунтах досліджені в Національному науковому центрі «Інститут землеробства УААН». Відмічено, що найвагомішими причинами, які зумовлюють процеси кіркоутворення, є інтенсивне перезволоження ґрунту, спричинене дощем великої інтенсивності, який призводить до руйнації структури ґрунту і при підсиханні утворює на своїй поверхні кірку [Драган, Шевченко, 2010].

Застосування робочих органів (спринклерів) сучасних дощувальних машин із відповідними (для забезпечення екологічно безпечного для ґрунту дощу) характеристиками — низькі робочий напір та інтенсивність, велика площа покриття, номінальний спектр крупності дощу — є однією з важливих складових мінімізації негативного впливу зрошування [Сидоренко, 2015].

Провідними закордонними компаніями розроблені спринклери з фіксованою розпилювальною пластиною (FSPS) і ротаційною розпилювальною пластиною (RSPS), які сприяли значному поліпшенню продуктивності зрошення і зниженню вимог до тиску порівняно з попередніми спринклерами ударної дії, якими оснащувалися дощувальні машини. Зараз вони є найбільш поширеними при використанні в самохідних дощувальних машинах [Faci et al., 2001; Playbn et al., 2004; Wang et al., 2022].

На основі експериментальних даних розроблено низку імітаційних моделей із метою вдосконалення конструкцій спринклерного зрошення. Характеристика та моделювання моделей просторового розподілу води, втрат енергії, розподілу крапель за розмірами, вітрового зносу та втрат на випаровування для FSPS спринклерів [Ouazaa et al., 2014; Zhang et al., 2018] та RSPS спринклерів [Robles Rovelo et al., 2019; Wang, 2022] були предметом численних досліджень [Hua, 2022].

Зокрема, науковцями досліджені питання розподілу крапель за розмірами для зрошувальних форсунок у системах низького тиску [Solomon et al., 1985] та моде-

лювання просторового розподілу води під спринклерами кругової дощувальної машини [Gat & Molle, 2000; Tang & Chen, 2022].

Ряд досліджень із визначення експериментальних характеристик спринклерів із ротаційною розпилювальною пластиною RSPS, зокрема «Nelson» 3TN серії 3000, проведених у широкому діапазоні метеорологічних умов, розмірів форсунок і робочого тиску, засвідчили їхню високу ефективність та якість розпилювання [Robles Rovelo et al., 2019].

Значні переваги при застосуванні сучасних спринклерів із ротаційною пластиною (типу «Xi-Wob Senninger») порівняно зі звичайними дощувальними насадками при використанні на ДМ «Фрегат» визначені у дослідженнях українських науковців [Байрак, Поливода, 2022], Зокрема зазначено, що при роботі в однакових умовах за тиском, висотою розташування, витратами води спринклер «Xi-Wob» розбризкує такий же об'єм води, що і звичайний розпилювач, зрошуючи майже вп'ятеро більшу площу.

Висновки. Мінімізація негативного впливу зрошення на ґрунт для забезпечення екологічних вимог, що передбачає запобігання руйнуванню агрономічно цінних ґрунтових агрегатів та ерозійних процесів при поливах, є однією з головних умов для безпечного використання сучасних дощувальних машин. Розвиток і ведення сучасного зрошувального землеробства все більше базується на екологічному спрямуванні, що включає в себе насамперед збереження ґрунту, підвищення його родючості й оптимальних фізичних і хімічних властивостей.

За результатами досліджень встановлено, що однією з головних складових ефективного застосування зрошення є дотримання ерозійно-допустимих поливних норм із відповідною якістю і структурою створюваного штучного дощу. Дослідження його енергетичних характеристик засвідчили, що основними негативними впливами є полив з інтенсивністю, більшою за усмоктувальну здатність ґрунту, при цьому значний вплив на руйнування

грунтових агрегатів має структура дощу (крупність крапель і швидкість їхнього падіння), що обумовлює його енергетичний вплив.

Використання низьконапірних спринклерів на сучасних машинах дає змогу зменшити енергетичний вплив штучного дощу на ґрунт, що забезпечує збереження його структури та зменшення ерозійних процесів, забезпечити при низькому тиску в зрошувальній мережі рівномірність поливу за всією довжиною машини і, як наслідок, високу якість зрошення, зменшити вплив температури повітря та вітру і відповідно втрати вологи від впливу цих факторів, зменшити витрати на зрошення за рахунок зниження тиску в поливній мережі.

Перелік літератури

- Байрак, І. В., Поливода, О. В., Рудкова, Г. В. (2022). Моделювання зміни вологості ґрунту в процесі роботи дощувальної машини «Фрегат». Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 2 (139). Дніпро, С.31-39.
- Булаєнко, Л. М. (2014). Особливості використання дощування в умовах півдня України. Зрошуване землеробство, (61), 88-91.
- Вожегова, Р. (2016). Перспективи використання зрошення для підвищення продуктивності с.-г. галузі на глобальному та локальному рівнях в умовах змін клімату. Зрошуване землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон. Випуск 65. С. 5-10.
- Гаврилица, А. О. (1990). Борьба с эрозией почв при дождевании. Обзорная информация. Кишинев. 35 с.
- Гамаюнова, В. В., Хоненко, Л. Г., Пилипенко, О. В. Хоненко, І. В. (2017). Вплив дощування на структуру чорноземів за вирощування овочевих культур. Матеріали регіональної науково-практичної інтернет-конференції “Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи” (2-3 листопада 2017 р.). Дніпро: ДДАЕУ. С. 60-65.
- Драган, М. І., & Шевченко, І. П. (2010). Кіркоутворення як фактор деградації фізичних властивостей сірого лісового ґрунту. Вісник аграрної науки, (9), 40-44.
- ДСТУ ISO 11545:2004 Іригаційне устаткування. Машини дощувальні кругової та фронтальної дії, обладнані дощувальними апаратами та насадками. Визначення рівномірності поливу.
- Звіт про НДР (2019). Дослідження та науково-технічна експертиза трансформації існуючих внутрішньогосподарських відкритих зрошувальних мереж в високоефективні та ресурсощадні зрошувальні комплекси. Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: №. 0117U001954, Херсон.
- Кравчук, В., Митрофанов, О., Сидоренко, В. (2020). Машини та обладнання для зрошення. Монографія. Дослідницьке. 279 с.
- Макарова, Т. К. (2020). Вплив зрошення на ґрунтовий покрив сільськогосподарських угідь. Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє: зб. наук. пр.: Вип. 3. Херсон: ХДАЕУ, 77 с.
- Малеєв, В. О., Лисюк, В. М., Безпальченко, В. М. (2016). Вплив зрошення на екологію чорноземів. Вісник Херсонського національного технічного університету. № 1(24). Т. 1. С. 71-75.
- Митрофанов, О., Сидоренко, В., Мігальов, А. (2013). Розробка вихідних вимог на техніко-технологічні операції зрошування. Звіт про НДР / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: №. 0111U009414, Херсон, 2013 р.
- Протоколи державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК №№ 1938/0601-03-2015, 2042/0601-03-2016, 2063/0607-03-2016, 2126/0604-03-2017, 2510/0605-03-2020, 2495/0608-03-2020, 2487/0606-03-2020.
- Ромашенко, М. І. (2012). Наукові застави розвитку зрошення земель в Україні. Київ. Аграрна наука. 16 с.
- Ромашенко, М. І., Гринь, Ю. І. (2012). Застосування дощувальної техніки. The Ukrainian Farmer. <http://www.agrotimes>.

net/magazines

Сидоренко, В. (2015). Ротаційні насадки. Ефективність застосування на дощувальних машинах. *The Ukrainian Farmer*. № 12 (72). С. 118-119.

СОУ 74.3-37-152:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машина і установки дощувальні та поливні. Методи випробувань.

Чорний, С. Г., & Пилипенко, О. В. (2011). Вплив енергетичних параметрів дощувальних машин на структуру ґрунту. *Наукові праці. Екологія*, 150(138).

De Wrachien, D., & Goli, M. B. (2015). Global warming effects on irrigation development and crop production: A world-wide view. *Agricultural Sciences*, 6(07), 734.

Faci, J. M., Salvador, R., Playón, E., & Sourell, H. (2001). Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 127(4), 224-233.

Fitzpatrick, R.W. Merry, R.H., Cox J.W and others. (2003). Assessment of physico-chemical changes in dry land saline soils when drained or disturbed for developing management options. Australia.: CSIRO Land and Water. 65 p.

Gat, Y. L., & Molle, B. (2000). Model of water application under pivot sprinkler. I: Theoretical grounds. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126(6), 343-347.

Hua, L., Jiang, Y., Li, H., & Qin, L. (2022). Effects of Different Nozzle Orifice Shapes on Water Droplet Characteristics for Sprinkler Irrigation. *Horticulture*. 8. 538.

Murray, R. S., & Grant, C. D. (2007). The impact of irrigation on soil structure. *Land and water Australia*, 1-31. URL: <https://library.dbca.wa.gov.au/static/FullTextFiles/070521.pdf>

Ouazaa, S., Burguete Tolosa, J., Paniagua Antyn, P., Salvador Esteban, R., & Zapata Ruiz, N. (2014). Simulating water distribution patterns for fixed spray plate sprinkler using the ballistic theory. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12(3): 850-863. DOI: 10.5424/sjar/2014123-5507

Playón, E., Garrido, S., Faci, J. M., & Galón, A. (2004). Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation ma-

chine. *Agricultural water management*, 70(3), 177-193.

Robles Roveló, C. O., Zapata Ruiz, N., Burguete Tolosa, J., Fñlix Fñlix, J. R., & Latorre, B. (2019). Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems. *Water*, 11(8), 1684.

Solomon, K. H., Kincaid, D. C., & Bezdek, J. C. (1985). Drop size distributions for irrigation spray nozzles. *Transactions of the ASAE*, 28(6), 1966-1974.

Tang, P., & Chen, C. (2022). An Investigation of the Frequency and Duration of a Drive Spoon—Dispersed Water Jet and Its Influence on the Hydraulic Performance of a Large-Volume Irrigation Sprinkler. *Agronomy*, 12(9), 2233.

Wang, J., Song, Z., Chen, R., Yang, T., & Tian, Z. (2022). Experimental study on droplet characteristics of rotating sprinklers with circular nozzles and diffuser. *Agriculture*, 12(7), 987.

Zhang, Y., Sun, B., Fang, H., Zhu, D., Yang, L., & Li, Z. (2018). Experimental and simulation investigation on the kinetic energy dissipation rate of a fixed spray-plate sprinkler. *Water*, 10(10), 1365.

References

Bayrak, I. V., Polyvoda, O. V., Rudakova, G. V. (2022). Modeling of changes in soil moisture during the operation of the sprinkler «Fregate». *System technologies. Regional interuniversity collection of scientific papers*. Issue 2 (139). Dnipro, pp. 31-39.

Bulaenko, L. M. (2014). Peculiarities of sprinkler use in southern Ukraine. *Irrigated agriculture*, (61), 88-91.

Chorny, S. G., & Pylypenko, O. V. (2011). Influence of energy parameters of sprinklers on soil structure. *Scientific works. Ecology*, 150(138).

De Wrachien, D., & Goli, M. B. (2015). Global warming effects on irrigation development and crop production: A world-wide view. *Agricultural Sciences*, 6(07), 734.

Dragan, M. I., & Shevchenko, I. P. (2010). Crick formation as a factor in the degradation of the physical properties of gray

forest soil. *Bulletin of Agrarian Science*, (9), 40-44.

DSTU ISO 11545:2004 Irrigation equipment. Sprinkler machines with circular and frontal action, equipped with sprinklers and nozzles. Determination of uniformity of watering.

Faci, J. M., Salvador, R., Playón, E., & Sourell, H. (2001). Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 127(4), 224-233.

Fitzpatrick, R.W. Merry, R.H., Cox J.W and others. (2003). Assessment of physico-chemical changes in dry land saline soils when drained or disturbed for developing management options. Australia.: CSIRO Land and Water. 65 p.

Gamayunova, V. V., Khonenko, L. G., Pylypenko, O. V. Khonenko, I. V. (2017). The influence of irrigation on the structure of chernozems for cultivating vegetable crops. Materials of the regional scientific and practical internet conference «Irrigated agriculture: present, problems, prospects» (November 2-3, 2017). Dnipro: DDAEU. P. 60-65.

Gat, Y. L., & Molle, B. (2000). Model of water application under pivot sprinkler. I: Theoretical grounds. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126(6), 343-347.

Havrylytsa, A. O. (1990). Combating soil erosion during irrigation. Overview information. Chisinau. 35 p.

Hua, L., Jiang, Y., Li, H., & Qin, L. (2022). Effects of Different Nozzle Orifice Shapes on Water Droplet Characteristics for Sprinkler Irrigation. *Horticulture*. 8. 538.

Kravchuk, V., Mitrofanov, O., Sydorenko, V. (2020). Machines and equipment for irrigation. Monograph. Doslidnytske. 279 p.

Makarova, T. K. (2020). The influence of irrigation on the soil cover of agricultural lands. Hydrotechnical construction: past, present, future: coll. of science pr.: Issue 3. Kherson: KhSAEU, 77 p.

Maleev, V. O., Lysyuk, V. M., Bezpalchenko, V. M. (2016). The influence of irrigation on the ecology of chernozems. *Bulletin of the Kherson National Technical University*. No. 1(24). T. 1. P. 71-75.

Mitrofanov, O., Sydorenko, V., Migalov, A. (2013). Development of initial requirements for technical and technological irrigation operations. Report. Southern Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT: no. 0111U009414, Kherson.

Murray, R. S., & Grant, C. D. (2007). The impact of irrigation on soil structure. *Land and water Australia*, 1-31. URL: <https://library.dbca.wa.gov.au/static/Full-TextFiles/070521.pdf>

Ouazaa, S., Burguete Tolosa, J., Paniagua Antyn, P., Salvador Esteban, R., & Zapata Ruiz, N. (2014). Simulating water distribution patterns for fixed spray plate sprinkler using the ballistic theory. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12(3): 850-863. DOI: 10.5424/sjar/2014123-5507

Playón, E., Garrido, S., Faci, J. M., & Galón, A. (2004). Characterizing pivot sprinklers using an experimental irrigation machine. *Agricultural water management*, 70(3), 177-193.

Protocols of state acceptance tests of technical equipment for the agricultural sector No. 1938/0601-03-2015, 2042/0601-03-2016, 2063/0607-03-2016, 2126/0604-03-2017, 2510/0605-03-2020, 2495/0608-03-2020, 2487/0606-03-2020.

Report (2019). Research and scientific and technical examination of the transformation of existing intra-farm open irrigation networks into highly productive and resource-saving irrigation complexes. Southern Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT: no. 0117U001954, Kherson.

Robles Roveló, C. O., Zapata Ruiz, N., Burguete Tolosa, J., Félix Félix, J. R., & Latorre, B. (2019). Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems. *Water*, 11(8), 1684.

Romaschenko, M. I. (2012). Scientific principles of land irrigation development in Ukraine. Kyiv. *Agrarian science*. 16 p.

Romaschenko, M. I., Gryn, Yu. I. (2012). Application of sprinkler equipment. *The Ukrainian Farmer*. <http://www.agrotimes.net/magazines>

Solomon, K. H., Kincaid, D. C., &

Bezdek, J. C. (1985). Drop size distributions for irrigation spray nozzles. Transactions of the ASAE, 28(6), 1966-1974.

SOU 74.3-37-152:2004. Testing of agricultural machinery. Sprinkler and irrigation machines and installations. Test methods.

Sydorenko V. (2015). Rotary nozzles. Effectiveness of application on sprinkler machines. The Ukrainian Farmer. No. 12 (72). P. 118-119.

Tang, P., & Chen, C. (2022). An Investigation of the Frequency and Duration of a Drive Spoon–Dispersed Water Jet and Its Influence on the Hydraulic Performance of a Large-Volume Irrigation Sprinkler. Agronomy, 12(9), 2233.

Vozhegova, R. (2016). Prospects of using irrigation to increase the productivity of rural areas. industry at the global and local levels under conditions of climate change. Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection. Kherson. Issue 65, pp. 5-10.

Wang, J., Song, Z., Chen, R., Yang, T., & Tian, Z. (2022). Experimental study on droplet characteristics of rotating sprinklers with circular nozzles and diffuser. Agriculture, 12(7), 987.

Zhang, Y., Sun, B., Fang, H., Zhu, D., Yang, L., & Li, Z. (2018). Experimental and simulation investigation on the kinetic energy dissipation rate of a fixed spray-plate sprinkler. Water, 10(10), 1365.

UDC 631.347.3/4

THE USE OF MODERN WORKING BODIES OF SPRINKLERS AS A MEANS OF RAIN QUALITY IMPROVING AND MINIMIZING ITS IMPACT ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF THE SOIL

Pohoriliy V.,

e-mail: pohoriliy@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6867-8120>

Sydorenko V.,

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

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Malyarchuk V., PhD in Agriculture

e-mail: zemlerob_mvm@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1459-0956>

South-Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The article presents the results of research on the impact of qualitative and structural characteristics of artificial rain created by sprinklers and ways and means of minimizing its negative impact on the soil by using modern low-pressure sprinklers.

The purpose of the research is to study the design features of different types of sprinklers, and the practice and effectiveness of their use in the conditions of irrigated agriculture in Ukraine.

Methods and materials. The study of structural and technological features of the working bodies of sprinklers, the practice of their application, and the determination of the main indicators of the quality of the generated rain were carried out in the economic conditions of their operation during the tests. When assessing the quality of work, the intensity of rain, the average diameter of the drops created, the coefficient of effective watering along the sprinkler belt of the tested machines, the specific

power of rain, and the comparison of these indicators when using different types of sprinklers were determined according to the standardized methods of the relevant regulatory documents: SOU 74.3-37-152, DSTU ISO 11545.

Results. *Modern sprinklers are equipped with highly efficient sprinklers with a large capture area and low energy impact on the soil, taking into account all components of the impact of the quality and structure of artificial rain. At low-pressure values, such sprinklers provide a low intensity of rain due to a large spray area, good uniformity, and optimal droplet sizes. The use of these working bodies provided a solution to the problem of minimizing the negative impact of irrigation on the ecology of the environment. The high efficiency of the use of modern sprinklers was confirmed by tests of machines equipped with similar working bodies, according to the results of which a decrease in the intensity of rain and its energy impact on the soil was noted due to the low-working pressure, large coverage area, a nominal spectrum of droplet size and speed of their fall.*

Conclusions. *The use of low-pressure sprinklers makes it possible to reduce the energetic impact of rain on the soil, which ensures the preservation of its structure and reduction of erosion processes, ensures high uniformity of irrigation at low pressure in the irrigation network, reduces moisture loss from the influence of air temperature and wind, and irrigation costs due to the reduction of pressure in irrigation network.*

Keywords. *sprinklers, intensity of rain, size of drops, sprinklers, uniformity of watering, water erosion of the soil, pressure.*