

УДК 631.347.2:631.67

СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ШТУЧНОГО ДОЩУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗРОШЕННЯ ДОЩУВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ КРУГОВОЇ ДІЇ

**В. Сидоренко, В. Кучеренко,
Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого**

Запропоновано спосіб зменшення інтенсивності штучного дощу та підвищення швидкості зрошування з використанням дощувальних машин кругової дії. Наведені схеми застосування допоміжного дощувального крила, що дозволяє зменшити середню інтенсивність зрошення, привести її у відповідність швидкості всмоктування води ґрунтом, зменшити час проходження машини по колу зрошування.

Ключові слова: дощувальна машина, інтенсивність дощу, час зрошування, витрати води, поливна норм, ерозія ґрунту

Постановка проблеми. Зрошення є одним з основних чинників інтенсифікації землеробства в районах з недостатнім та нестійким природним зволоженням.

Стійка тенденція до збільшення середніх температур, яка в останні роки спостерігається в цілому по Україні і особливо на її півдні, вимагає відповіді на це природне явище. І такою своєрідною відповіддю на нові виклики в сільському господарстві, що пов'язані зі зміною клімату і, як наслідок, все частішими засухами, є використання сучасної високопродуктивної широкозахватної дощувальної техніки.

З досвіду експлуатації дощувальних машин можна зробити висновок, що за основними експлуатаційними, енергетичними та економічними показниками найбільш ефективним є використання машин кругової дії. Так у США більше 50% складають землі, що зрошуються круговими машинами. В Україні ці машини складають долю близько 65% [1].

Дощування має низку переваг у порівнянні з іншими способами зрошення: близькість до природного випадання опадів, рівномірність поливу, зволоження не лише ґрунту, але й приземного шару повітря, поліпшення мікроклімату і створення більш сприятливих фізіологічних умов життя рослин, збереження структури ґрунту за відповідної якості дощу.

Водночас, дощування має й недоліки, одним з яких є небезпека розвитку ерозійних процесів ґрунту.

При застосуванні дощування на ґрунтах з низькою і середньою водопроникністю спостерігається невідповідність між інтенсивністю дощу та спроможністю ґрунту поглинати воду, що призводить до іригаційної ерозії його поверхні.

Структура дощу, що створює дощувальна машина, характеризується інтенсивністю штучного дощу, розміром крапель, шаром опадів за один цикл та рівномірністю розподілення по зрошуваній площі.

Меліоративні вимоги, що висуваються до якості штучного дощу, повинні забезпечувати високі товарні показники сільськогосподарських культур, що вирощуються у зрошуваному землеробстві.

І однією з головних вимог є необхідність створення дощу з інтенсивністю, що не перевищує швидкість всмоктування води ґрунтом у певних умовах.

За інтенсивності дощу, що перевищує всмоктувальну здатність ґрунту, утворюються калюжі і відбувається поверхневе стікання води, що призводить до порушення структури ґрунту, погіршення його водно-фізичних властивостей і розвитку ерозії його поверхневого шару.

Однією з головних вимог для забезпечення безерозійного поливу, є обмеження допустимої інтенсивності штучного дощу (0,1-0,8 мм/хв) в залежності від типу ґрунту. Такі показники дощувальні машини забезпечити не можуть – середня інтенсивність дощу $\rho_{сер.}$ сучасних дощувальних машин – часто більше 0,8 мм/хв.

Таким чином, структура та інтенсивність дощу є найбільш складними параметрами дощувальних машин. Для зменшення інтенсивності необхідне розміщення насадок на відкрilках (для збільшення площі розподілення опадів), або зменшення витрати води машиною, що призводить у першому випадку до ускладнення її конструкції і подорожчання машини в цілому, а в другому – до зменшення продуктивності.

Ще одна проблема. У спекотну пору необхідно якнайшвидше здійснити полив культур, щоб забезпечити вологою рослини в однаковій мірі на початку та в кінці круга зрошення. Або необхідно транспортувати дощувальну машину на іншу позицію, яка не забезпечена дощувальною технікою. У цьому випадку необхідно зменшити час проходження дощувальної машини по колу зрошення.

Тому виникає питання, як не знижуючи продуктивності дощувальної машини кругової дії і без зміни конструкції водопровідного поясу забезпечити ерозійну безпеку ґрунту та підвищити швидкість зрошення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідне створення оптимальних умов зростання рослин за допомогою направленої регулювання водного, повітряного і поживного режимів. Одним з ефективних прийомів сприятливого впливу на ці умови є застосування дощувальних машин.

Так, зі збільшенням інтенсивності дощу зменшуються глибина промочування та ступінь зволоження ґрунту після поливу, а також число структурних водостійких ґрунтових агрегатів більше 1 мм.

Припустиме значення інтенсивності визначається всмоктувальною здатністю ґрунту. Вона в свою чергу залежить від типу ґрунту, його вологості, структурного стану, ухилу місцевості, рослинного покриття і в процесі поливу поступово знижується.

Інтенсивність дощу, що дорівнює швидкості усмоктування води ґрунтом називається допустимою, що в свою чергу формує поняття допустимої поливної норми без утворення поверхневого стоку і розвитку ерозійних процесів.

За даними багаторічних досліджень вчених, структура ґрунту, виходячи з його механічного складу зберігається за інтенсивності дощу: для важких ґрунтів – (0,1-0,2) мм/хв.; середніх – (0,2-0,3) мм/хв.; легких – (0,3-0,8) мм/хв [2, 3, 6]. Такі ж вимоги встановлені і Державними будівельними нормами України [4].

Значення інтенсивності дощу суттєво впливає на техніко-технологічні та конструкційні показники дощувальних машин. Чим більше витрати води машиною, тим більшими повинні бути площа одночасного зволоження та робоча швидкість руху дощувальної машини, з тим щоб не допустити стоку.

Як вже зазначалося вище, зі значенням інтенсивності дощу пов'язано поняття допустимої норми поливу без утворення стоку.

Оскільки водопроникність ґрунту під час поливу з часом знижується, причому тим швидше, чим менш структурований ґрунт, інтенсивність дощу зі збільшенням поливної норми слід зменшувати.

У той же час, зниження інтенсивності дощу призводить до великих втрат енергії на його створення, збільшення випаровування води в повітрі і розтягнутості строків поливу. Тому важливим є суміщення параметрів дощу з техніко-економічними і конструкційними показниками дощувальних машин та агрономічними і фізичними вимогами з боку культури та типу ґрунту.

Крім того, висока інтенсивність дощу та негативний вплив її на поверхневий стан ґрунту призводять до нерівномірності кількісного розподілу опадів, що в свою чергу впливає на розвиток та стиглість сільськогосподарських культур [5].

Таким чином, для зменшення негативного впливу штучного дощу на структуру ґрунту при застосуванні дощувальних машин кругової дії виникає питання зменшення інтенсивності штучного дощу, не зменшуючи при цьому продуктивності цих машин.

Постановка завдання. Як вже зазначалося, застосування дощувальних машин, в тому числі і кругових має цілу низку недоліків:

- невідповідність інтенсивності штучного дощу, яку створює дощувальна машина, швидкості всмоктування води ґрунтом;

- швидкість зрошення при внесенні запланованих поливних норм може призвести в спекотну пору до невідповідності строків поливу потребам вегетаційного розвитку с.-г. культур у певний проміжок часу через збільшене випаровування води в повітрі та на поверхні ґрунту;

- велику поливну норму для зменшення інтенсивності дощу необхідно вносити за декілька разів, при цьому збільшується кількість проходжень дощувальної машини та енерговитрати на процес дощування.

Тому основним завданням є створення штучного дощу круговими дощувальними машинами з інтенсивністю, що не перевищує швидкість усмоктування води ґрунтом та підвищення швидкості зрошення за рахунок зменшення часу повного оберту дощувальної машини по колу зрошення.

Внаслідок цього виконати рівномірний полив рослин, зменшити випаровування води в повітрі та на поверхні ґрунту, забезпечити відповідність інтенсивності штучного дощу агротехнічним вимогам, що дозволить уникнути ерозійних процесів у ґрунті, уникнути стоку води та в кінцевому результаті підвищити рентабельність вирощування сільськогосподарської продукції.

Виклад основного матеріалу. Поставлене завдання виконується тим, що для зменшення інтенсивності штучного дощу та підвищення швидкості зрошення дощувальними машинами кругової дії використовується два поливних крила, які мають однакову довжину і одну вісь обертання, яка співпадає з віссю гідранта.

Допоміжне крило рухається по колу зрошування за ведучим крилом по колі ведучого крила під кутом α_c , утворюючи сектор. Середню інтенсивність штучного дощу визначається по формулі:

$$\rho_{\text{ср.}} = \frac{120Q}{R^2 \alpha_c}, \quad (1)$$

де, $\rho_{\text{ср.}}$ – середня інтенсивність дощу, мм/хв;

Q – витрати води дощувальною машиною, л/с;

R – радіус поливу, м;

α_c – кут сектору захвату дощу в даний момент часу.

За умови рівномірного розподілу поливної норми на два крила витрати води Q на кожне крило дощувальної машини будуть вдвічі меншими та становитимуть $\frac{Q}{2}$.

Отже, з встановленням на дощувальну машину додаткового крила середня інтенсивність дощу зменшиться. Її значення буде визначатимуть за формулою:

$$\rho_{\text{ср.}} = \frac{Q}{2} \frac{120}{R^2 a_c} = \frac{60Q}{R^2 a_c} \quad (2)$$

Це пояснюється кресленням (рис. 1).

Зв'язок між інтенсивністю дощу та тривалістю поливу до утворення калюж для безнапірної інфільтрації виражається гіперболічною залежністю:

$$t_{\text{доп.}} = C / \rho_c^\alpha, \quad (3)$$

де, $t_{\text{доп.}}$ – час дощування з даною інтенсивністю ρ_c до утворення калюж, тобто час дощування до збереження безнапірної стадії інфільтрації, год;

C – коефіцієнт, що характеризує всмоктувальну здатність ґрунтів, (постійне усмоктування), який не залежить від інтенсивності i , для даних структури дощу та ґрунту, залишається постійним;

α – показник степені, що характеризує криву всмоктування і залежить від типу ґрунту.

При цьому параметри C і α завжди визначають для конкретних ґрунтових умов при певній якості дощу.

Залежність (3) підтверджує, що зі збільшенням інтенсивності дощу скорочується час можливого дощування до початку утворення калюж.

Якщо прийняти до уваги, що $(\rho_c * t_{\text{доп.}})$ є норма поливу, то з формули (3) можна визначити допустиму норму поливу без утворення стоку:

$$m_{\text{доп.}} = C / \rho_c^{\alpha-1} \quad (4)$$

Визначення часу зрошування за формулою (6) досить складне, тому фактичну тривалість зрошування визначають за формулою:

$$T = \frac{0,1m\beta\omega}{60Q}, \text{хв.} \quad (5)$$

де, T – час повного оберту дощувальної машини по колу зрошування, год.;

m – норма поливу, мм;

β – коефіцієнт втрат поливної води на випаровування;

ω – площа зрошення з однієї позиції, м²;

Q – загальні витрати води дощувальною машиною, л/сек.

З формули (5) випливає, що тривалість зрошування T , для дощувальних машин кругової дії знаходиться в прямій залежності від норми поливу m .

Наприклад, для дощувальної машини “Фрегат” мінімальний час повного оберту навколо осі гідранта становить 50 год в залежності від норми поливу.

У формулі (5) m – поливна норма, яку забезпечує дощувальна машина з одним крилом. При установці допоміжного крила на дощувальну машину, поливна норма для кожного крила буде однаковою: $m_1 = m_2 = m$.

Для зменшення часу зрошування ведуче та допоміжне крило встановлюються на дощувальній машині під кутом 180 град. одне відносно одного. Це пояснюється кресленням (рис. 2).

Наприклад, ведуче крило починає рух по колу зрошування з точки В. Одночасно з початком руху ведучого крила починає рух з точки А по колу зрошення і допоміжне крило. Ведуче крило доходить до точки А, допоміжне крило доходить до точки В і зупиняються, виконавши полив усього кола зрошування. Кожне крило, при цьому, зрошує половину круга. Як видно з цього прикладу, час зрошування зменшується вдвічі.

Тоді час t – час зрошування круга зрошування двома крилами буде дорівнювати $\frac{T}{2}$, або з формули (5) одержуємо наступний вираз:

$$t = \frac{0,1m\beta\omega}{120Q} \quad (6)$$

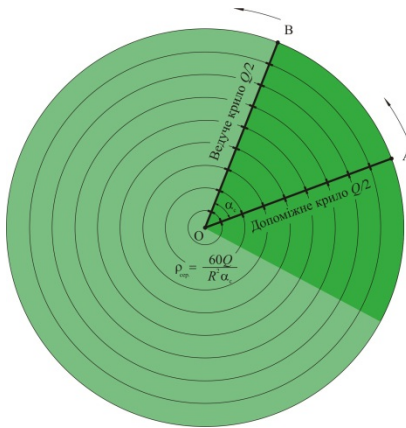


Рисунок 1 – Спосіб зменшення інтенсивності штучного дощу

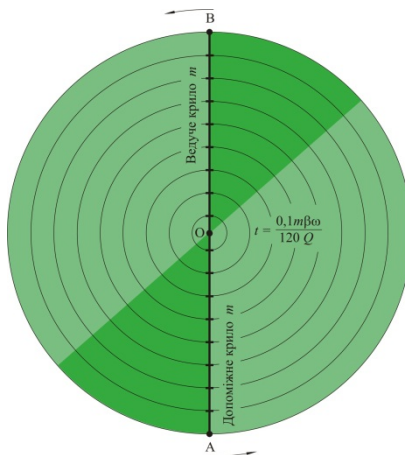


Рисунок 2 – Спосіб підвищення швидкості зрошення дощувальними машинами кругової дії

Висновки

Застосування запропонованого способу дозволяє досягнути наступних результатів:

- використання допоміжного крила на дощувальній машині кругової дії дозволяє виконати рівномірний полив рослин як на початку так і в кінці круга зрошення;

- зрошення двома крилами, які рухаються по одній колії, утворюючи сектор, дозволяє зменшити середню інтенсивність штучного дощу та забезпечити відповідність її агротехнічним вимогам (0,1 – 0,8 мм/хв);

- зрошення двома крилами, які встановлено під кутом 180 град один відносно другого, дозволяє зменшити вдвічі час проходження крил по колу зрошення – кожне крило здійснює півоберт, а в сумі два крила здійснюють повний оберт по колу зрошення та забезпечують задану норму поливу;

- зменшення часу проходження крил по колу зрошення дозволяє підвищити швидкість зрошення;

- розподіл поливної норми на два крила дозволяє зменшити тиск рушіїв на ґрунт та зменшити кількість проходів при зрошенні великими нормами поливу.

Спосіб дозволяє, застосовуючи дощувальну машину кругової дії з додатково встановленим крилом, зменшити середню інтенсивність зрошення, привести її у відповідність швидкості усмоктування води ґрунтом, зменшити час проходження крил по колу зрошення. Внаслідок цього виконується рівномірний полив рослин, забезпечується відповідність інтенсивності штучного дощу агротехнічним вимогам, забезпечується без ерозійний процес зрошення,

збільшується швидкість зрошення, в кінцевому результаті підвищується рентабельність вирощування сільськогосподарської продукції [6].

Література

1. В. Сидоренко. Спосіб рівномірного розподілу дощу при застосуванні дощувальної машини кругової дії “Фрегат” ДМУ. / В. Сидоренко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Випуск 17 (31). Книга 2. 2013. – С. 135-142.
2. Марков Е.С., та ін. – Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. Москва. “Колос”. 1981. – 375 с.
3. Фокин Б.П., Носов А.К. – Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин / Б.П. Фокин, А.К. Носов. Научное издание. Пятигорск, 2011. – 78 с.
4. ДБН В.2.4-1-99 Державні будівельні норми України. Меліоративні системи та споруди. – 174 с.
5. О. Музика. Ерозійно-допустимі поливні норми дощувальних машин / Збірник наукових праць / О. Музика // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Випуск 16 (30). Книга 2. 2012. – С. 236-244.
6. Розробка вихідних вимог на техніко-технологічні операції зрошення. Звіт про НДР / Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Херсон, 2013. – 119 с.
7. Пат. № 89048 UA, МПК A01G25/00. Спосіб зменшення інтенсивності штучного дощу та підвищення швидкості зрошення дощувальними машинами кругової дії / В.В. Сидоренко, О.П. Митрофанов, В.Г. Кучеренко, А.О. Мігальов; заявник та патентовласник Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – заявл. 29.10.13; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

Аннотація

Предложен способ уменьшения интенсивности искусственного дождя и повышения скорости орошения при использовании дождевальных машин кругового действия. Приведены схемы применения вспомогательного дождевального крыла, которое позволило уменьшить среднюю интенсивность орошения, привести ее в соответствие скорости всасывания воды почвой, уменьшить время прохода машины по кругу орошения.

Summary

A method is proposed for reducing the intensity of artificial rain and increase the speed of the irrigations using sprinkling machines circular action. Specified schemes of application of auxiliary sprinkler wing, which made it possible to reduce the average intensity of irrigation, to bring it in line the rate of absorption of water in the soil to reduce the time of passage of the machine in a circle irrigation.