

Міністерство аграрної політики та продовольства України

Державна наукова установа
«Український науково-дослідний інститут прогнозування та
випробування техніки і технологій для сільськогосподарського
виробництва імені Леоніда Погорілого»
(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ

Монографія

*За редакцією Кравчука В. І.,
доктора технічних наук, професора,
академіка НААН України*

Дослідницьке
2020

УДК 631.3:631.17:620.95:621.548:662.997

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого
протокол № 4 від 15.12.2020 р.*

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Шатковський А. П., доктор сільськогосподарських наук, чл.-кор. НААН,
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Писаренко П. В., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник, *Інститут зрошувального землеробства НААН*

КОЛЕКТИВ АВТОРІВ:

від *ДНУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування та
випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва
імені Леоніда Погорілого»:*

Кравчук В. І., Митрофанов О. П., Сидоренко В. В., Новохацький М. Л.,
Таргоня В. С., Мігальов А. О., Малярчук В. М., Бабинець Т. Л., Майданович Н. М.,
Бондаренко О. А., Литовченко О. В.

від *Національного університету біоресурсів і природокористування України:*
Войтюк Д. Г., Братішко В. В., Гуменюк Ю. О.

М34 **Машини і обладнання для зрошення : монографія** / [Колектив авторів]; за
ред. В. І. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України;
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,
2020. – 279 с. – (Серія «Сільськогосподарська техніка ХХІ: моніторинг, випро-
бування, прогнозування»).

ISBN 978-617-95192-1-5

У монографії розглянуто тенденції розвитку машин та обладнання для зрошення, наведено їхню класифікацію, технічний опис і конструкційні ознаки, основні агротехнічні вимоги до дощувальних машин і систем поливу, алгоритм вибору зрошувальної техніки стосовно умов конкретного агропідприємства, а також проаналізовано системи крапельного зрошення, надано результати випробувань машин та обладнання для зрошування.

Розраховано на фахівців аграрного виробництва та сільськогосподарсько-го машинобудування, науковців, викладачів, аспірантів і студентів аграрних навчальних закладів.

ISBN 978-617-95192-1-5

© Колектив авторів, 2020
© УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2020

ВСТУП

Глобальні зміни клімату, як відомо є однією з найгостріших екологічних проблем, які стоять перед людством. Ці зміни виявляються передусім у підвищенні середньорічної температури на поверхні планети, особливо в останні кілька десятиріч, що призводить до зростання посушливості клімату, все частіших посух та процесів опустелювання. За цих умов слід відмітити, що 10 найбільш спекотних років у світовій історії, починаючи з 1856 року, були зафіксовані за останні 15-20 років [1].

За прогнозами Продовольчої сільськогосподарської організації ООН (ФАО), виробництво продовольства у світі до 2050 р. повинно зрости на 70 %, щоб забезпечити потреби дев'ятимільярдного населення [2]. Тому в умовах змін клімату продовольча безпека у довгостроковій перспективі залежить від того, як вдасться адаптувати сільське господарство до ймовірних погодних та кліматичних зрушень.

Забезпечення продовольством такої кількості людей, з огляду на несприятливі природно-кліматичні умови, є дуже складною проблемою. Рішення проблеми вбачається у стійкому підвищенні продуктивності існуючих сільськогосподарських угідь. Виходячи з цього, ФАО було запропоновано модель інтенсифікації рослинництва «Зберегти і примножити», що спрямована на підвищення врожайності і покращення якості сільськогосподарської продукції зі скороченням витрат на її вирощування та збереження екологічної збалансованості та безпеки.

Враховуючи те, що з усіх земель, що є у світовому сільськогосподарському обороті (1,5 млрд. га) 40 % знаходиться в зоні посушливого клімату, 15 % – в так званій зоні напіваридного клімату і 5 % – в аридній пустинній зоні (всього разом 60 %), одним з основних факторів інтенсифікації виробництва сільськогосподарської продукції в цих районах повинно бути зрошення (іригація), завдяки якому значною мірою знижується залежність агровиробництва від умов природного волого забезпечення [3].

Застосування зрошення сприяє зменшенню негативного впливу ґрунтової і повітряної посухи на продукційні процеси культур, оптимізації умов їхнього вирощування, максимальному використанню надходжень сонячної радіації, генетичних можливостей сортів, родючості ґрунтів, добрив та інших агресурсів.

Найбільш яскраво це підтверджує відомий висновок Експертної комісії ООН (1955 р.): «Зовсім недоцільно витрачати кошти на «зелену революцію» – поліпшення сортів, насіння, добрива, пестициди, сільськогосподарські кадри і на розширення систем зберігання та транспортування продукції, якщо її може звести нанівець відсутність дощу в необхідний час».

Отже, розв'язання продовольчої проблеми, яка загострюється внаслідок економічної, енергетичної й екологічної кризи за зростання чисельності населення у світі та змін клімату, потребує розробки нових і вдосконалення існуючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, зумовлює необхідність підвищення продуктивності рослин, зокрема завдяки збільшенню віддачі від зрошення й оптимізації витрат агресурсів.

Площа зрошуваних земель у світі нині складає близько 300 млн. га, або більше 18 %

земель, які перебувають в обробітку. На них виробляється понад 40 % загальної світової продукції рослинництва. За прогнозами фахівців ФАО ООН та Міжнародної комісії з іригації і дренажу, до середини цього століття площі зрошення зростуть до 400 млн. га, що становитиме чверть усіх посівів [4].

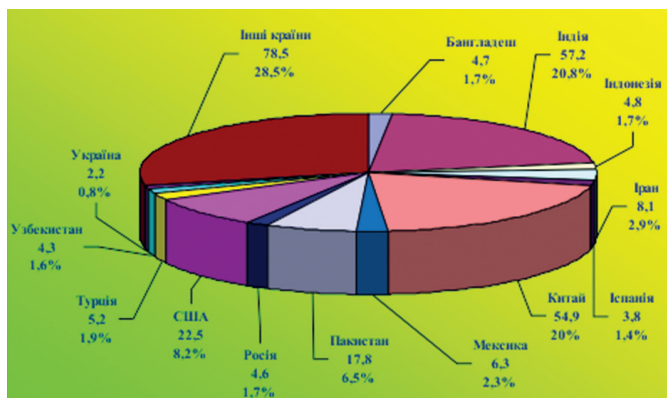


Рисунок 1 – Площі зрошувальних земель в провідних країнах світу (млн. га, % від загальної площі)

І тут слід привести ще одну цитату – слова Генерального секретаря ООН у 1992-1996 рр. Бутроса Галі: «Одна з найголовніших проблем людства – продовольча, – буде вирішена, якщо в світі площа зрошувальних земель буде щорічно збільшуватись на 0,5 %».

Нині зрошення, як головний чинник підвищення врожайності та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, застосовується у 110 країнах світу (рис. 1).

Слід також звернути увагу на те, що подальший розвиток зрошення призводить до витрат все більших об'ємів води для поливу (60 % річних витрат прісної води на планеті споживається у сільському господарстві, в основному, на зрошення), що призводить до щодалі зростаючого дефіциту водних ресурсів у державах з розвинутим зрошувальним землеробством.

Не менш важливою проблемою є погіршення екологічного стану ґрунтів та навколишнього середовища – водна та вітрова ерозія, гострий дефіцит природного вологозабезпечення, внаслідок чого зменшуються ресурси земель, придатних для сільськогосподарського виробництва.

Отже, роль зрошення, за умов глобального потепління, продовольчої кризи та інших чинників, буде постійно підвищуватись і його подальший розвиток як у світі, так і в Україні з огляду на зростання потреб води для його застосування, необхідності забезпечення екологічної безпеки, а також ресурсо- й енергозбереження повинен здійснюватися виключно за інноваційною моделлю, а саме – оптимізація водокористування завдяки використанню досконаліших режимів зрошення, новітніх технологій і систем управління ним (комп'ютеризація, інформаційні й локальні технології, інші складові точного землеробства).

Багаторічний досвід використання та розвитку зрошення як у світі, так і в нашій державі, зважаючи як на цілком переконливі докази його переваг перед богарним землеробством (збільшення врожайності та якості сільськогосподарської продукції), так і негативні чинники (збільшення витрат на вирощування, погіршення екологічного стану агрофітоценозів – ущільнення ґрунтів, знеструктурування, зростання їхньої мінералізації, зниження вмісту гумусу тощо), зумовив розуміння того, що використання зрошення необхідно здійснювати у комплексі з іншими складовими технологічного ланцюга вирощування сільськогосподарської продукції.

До цих складових слід віднести агротехнологічні, техніко-меліоративні та організа-

РОЗДІЛ 4

ДОЩУВАЛЬНА ТЕХНІКА У ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ

4.1 ДОЩУВАЛЬНІ МАШИНИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ ОЗНАКИ

За конструкцією, способом зрошення та технологічною схемою роботи, дощувальні машини і установки діляться на чотири основні групи [40]:

- багатоопорні широкозахватні дощувальні машини з поливом у русі;
- багатоопорні широкозахватні дощувальні машини позиційної дії;
- мобільні дощувальні агрегати, включаючи – шлангово-барабанні дощувальні машини;
- переносні та пересувні дощувальні установки

За способом водозабору дощувальні машини розподіляються на машини з живленням водою від гідрантів закритої зрошувальної мережі та із забором води з відкритих каналів.

Зараз машини другої і четвертої групи в Україні вже не використовуються. До машин другої групи відносилися ДФ-120 «Дніпро» та ДКШ-64 «Волжанка», які раніше широко використовувалися в господарствах півдня України.

У аграрному виробництві як нашої країни, так і інших держав, використовуються дощувальні машини першої та третьої груп.

Найбільш поширеними у свій час в Україні були такі дощувальні машини цих груп, як «Фрегат» ДМУ та ДМ «Кубань», а також дощувальні агрегати ДДА-100МА. З цих машин в господарствах України найбільше лишилися, як вже відзначалося, «Фрегат» ДМУ, ДДА-100МА та ДМ «Кубань» у невеликій кількості.

«Фрегат» ДМУ номінально і зараз виробляється, але дуже в обмеженій кількості через відсутність попиту з боку сільгоспвиробників. Господарства відновлюють ці машини, закупаючи запасні частини на них як на заводі-виробнику, так і в інших організаціях, які ці запчастини виготовляють або іншим способом.

Багатоопорні дощувальні машини за технологічною схемою поливу поділяються на машини фронтального переміщення водопровідного трубопроводу з дощувальними насадками та машини кругового переміщення (машини фронтального і кругового поливу) (рис. 4.1).

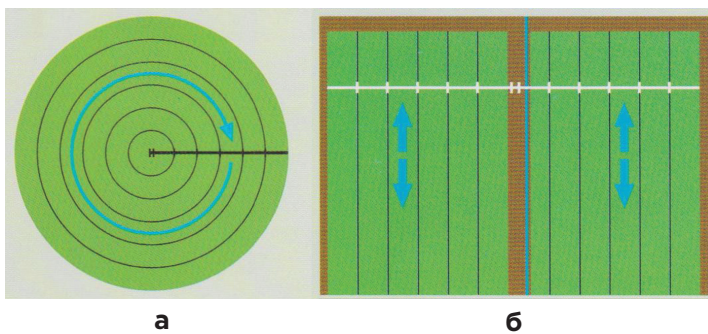


Рисунок 4.1 – Технологічна схема роботи кругової (а) та фронтальної (б) дощувальних машин

У конструкції сучасних дощувальних машин також широко застосовується і комбінована схема поливу – лінійний та круговий режими переміщення. Це дає змогу зрошувати поля з овальною конфігурацією, по колу або в секторі.

У фронтальних машинах воду забирають шлангом від гідрантів закритої зрошувальної мережі (рис. 4.2), або з відкритих каналів (рис. 4.3). Дощувальні машини з подачею води шлангом (діаметр шланги – 150 мм, довжина шланга від 70 до 120 м) мають витрати води машиною до 90 л/с і довжину до 500 м. Машини з діаметром шланга 200 мм мають витрати води до 140-160 л/с і більшу продуктивність. Довжина машини до 600 м.

Продуктивність (за витратами води) сучасних машин із забором води з каналу досягає до 250 л/с, ширина захвату до 1200 м.

У кругових машинах вода забирається від гідранта, який є центром обертання всієї машини (рис. 4.4).

Для забору води з відкритих каналів на машинах використовується відцентровий насос. Він приводиться або безпосередньо від дизельного двигуна, або від електродвигуна, який живиться від дизель-генератора, встановленого на центральному візку машини.

Машини із забором води від гідрантів не мають у своїй конструкції відцентрового насоса, тому на них використовуються дизель-генератори невеликої потужності для привода опорних візків.

За способом привода опорних візків дощувальні машини поділяються на машини з електричним приводом та машини з гідростатичним приводом. У перших колісні редуктори приводяться від електричних мотор-редукторів, у других – від гідромоторів.

Особливою групою стоїть дощувальна машина «Фрегат» ДМУ (рис. 3.6), опорні віз-



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд силового візка дощувальної машини з забором води шлангом від гідрантів марки «Reinke»



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд силового візка дощувальної машини із забором води з каналу марки «Valley»



Рисунок 4.4 – Дощувальна машина кругової дії марки «Zimmatic»

ки якої приводяться гідроприводом, що працює від напору води водопровідного пояса машини.

Полив дощуванням полягає в подачі води на поверхню ґрунту і рослини у вигляді крапель штучного дощу, який створюється спеціальними дощувальними машинами. Оптимальне поєднання структури дощу і технології його подачі з основними характеристиками зрошуваного поля (тип ґрунту, його стан, мікрорельєф поля, метеорологічні умови, культура, стадія її розвитку і т. д.) визначає елементи техніки поливу дощуванням.

Основним робочим органом, який перетворює водяний потік в дощові краплі, є різного типу дощувальні насадки та апарати.

За дальністю (радіусом дії) і швидкістю струменя води, та напору на вході вони розподіляються на: короткоструминні дощувальні насадки – значення радіусу дії та напору відповідно до 20 м та 0,05-0,25 МПа; середньоструминні та далекоструминні дощувальні апарати – відповідно 20-50 м та 0,25-0,40 МПа і більше 50 м та 0,40-1,0 МПа.

У дощувальних насадках (інша назва насадок – спринклери) сучасних машин для створення штучного дощу найчастіше використовуються дефлектори (відбивачі різної форми і конструкції). Під час роботи спринклера компактний струмінь води, який витікає з отвору з деякою швидкістю, вдаряючись у дефлектор (або обтікаючи його), створює тонку водяну плівку, або тонкий струмінь води (рис. 4.5), котрі у повітрі розпадається на окремі краплі. За таких умов сучасні дощувальні насадки мають як нерухомі, так і рухомі відбивачі, про що буде сказано нижче.

У дощувальних апаратах вода з отвору сопла, яка витікає з великою швидкістю у атмосферу, зустрічає спротив повітря і поступово розпадається на краплини. Більш рівномірне розподілення дощу по площі поливу виходить під час обертання ствола апарата навколо вертикальної осі. За таких умов його кругове обертання забезпечується завдяки реактивній силі струменя води.

На сучасних дощувальних машинах середньо-струминні апарати використовуються як кінцеві засоби поливу для збільшення ширини захвату фронтальних машин та поливу кутів у кругових машинах (рис. 4.6).

Далекоструминні апарати використовуються у складі шлангово-барабанних дощувальних машин (рис. 4.7).



Рисунок 4.5 – Дефлекторна дощувальна насадка з рухомим відбивачем



Рисунок 4.6 – Кінцевий середньо-струминний апарат дощувальної машини



Рисунок 4.7 – Далекоструминний дощувальний апарат шлангово-барабанної дощувальної машини

ДОДАТОК А — ДОЩУВАЛЬНІ МАШИНИ КРУГОВОЇ ДІЇ

Дощувальна машина кругової дії марки «Reinke»



Країна-походження: США
Виробник: «Reinke Manufacturing Company, Inc.»

Призначення і технічний опис

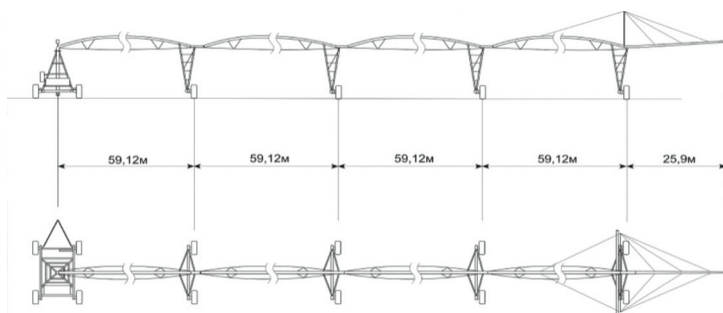
Дощувальна машина кругової дії марки «Reinke» призначена для поливу дощуванням зернових, кормових, технічних та овочевих культур, включаючи високостеблі.

Вона складається з центрального візка, водопровідного трубопроводу з дощувальними насадками, самохідних опорних візків, системи управління рухом, сигналізації та захисту від аварійних ситуацій. Мотор-редуктори опорних візків живляться електроенергією від трансформаторної підстанції

Органи управління і контролю технологічного процесу поливу винесені на панель шафи управління, яка розміщена на боці центральної опори.

панель шафи управління, яка розміщена на боці центральної опори.

Особливості конструкції



Конструкційна схема дощувальної машини марки «Reinke»



Шарнірне з'єднання прогонів «крюк-кільце»

Технічна характеристика

Показники призначення	
Тип машини	багатоопорна, електрифікована, кругової дії, з забором води від гідрантів
Робоча ширина захвату, м	292
Середня швидкість руху останнього візка, м/хв.	2.49-0.25
Продуктивність, за годину, га/год.: основного часу/ змінного часу	0.27/0.26
Показники транспортабельності	
Габаритні розміри, м: довжина / ширина / висота	262,4/5,50/6,5
Показники якості роботи	
Коефіцієнт ефективного поливу	0.87
Коефіцієнт рівномірності зрошення, %	86
Середня інтенсивність дощу, мм/хв.	0,62
Середній діаметр краплі, мм	0,90
Показники надійності	
Щозмінний оперативний час технічного обслуговування, год.	0,32
Коефіцієнт готовності	1,00
Енергетичні показники	
Питомі витрати електроенергії ($m=600 \text{ м}^3/\text{га}$), л/га	2,03-8,1
Максимальне значення струму, яка споживається з електромережі, А	6,0
Економічні показники	
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	701,14
Затрати праці, люд.-год./га	3,85
Кількість о персоналу, осіб	1

Коротка інформація про технологічний процес, в якому застосовується машина

Технологічний процес, який виконує дощувальна машина марки «Reinke», складається з таких основних операцій: підготовка до пуску, пуск, робота на заданому режимі, зупинка.

Підготовка машини до пуску полягає у відкритті гідранта та заповненні водою водопровідного трубопроводу машини. Пуск машини здійснюється безпосередньо з панелі шафи управління машиною.

Електричний струм, який виробляється генератором, подається кабельними з'єднаннями на пульт управління та прилади управління центрального візка і далі на прилади

управління мотор-редукторів опорних візків.

Конструкцією дощувальної машини передбачена можливість її переїзду на інше поле буксируванням машини трактором у напрямку руху вздовж водопровідного трубопроводу з боку центрального візка.

Коментарі до результатів випробувань

Агрегаткування. Дощувальна машина транспортується на іншу позицію буксирувальним пристроєм, розташованим на центральному візку в агрегаті з трактором.

Елементи конструкції. Елементи конструкції (опорні візки, водопровідний трубопровід дощувальної ферми та ін.) відповідають вимогам експлуатаційної документації.

Конструкційні особливості. З'єднання прогонів дощувальної ферми типу «крюк-кільце» експлуатує машину на місцевості зі змінними схилами і забезпечує її надійну роботу. Вузол під'єднання до гідранта змонтований на чотириколісному візку, колеса опорних візків швидко і без ускладнень повертаються на 90 градусів у транспортне положення, який буксируванням транспортує машину на іншу позицію (інше поле).

Якість роботи. Надійно виконує технологічний процес з хорошими показниками якості. Відповідає вимогам технології зрошування способом дощування.

Показники надійності. Надійність конструкції машини достатньо висока та відповідає вимогам НД. Коефіцієнт готовності – 1,00.

Експлуатаційні показники. Експлуатаційно-технологічні показники машини відповідають агротехнічним вимогам.

Енергетичні показники. За енергетичними показниками дощувальна машина стабільно виконує технологічний процес, маючи низькі питомі енерговитрати (2,03-8,1 кВт-год./га).

Економічні показники. Прямі експлуатаційні витрати становлять 701,14 грн/га.

Висновки за результати випробувань

За результатами випробувань дощувальної машини марки «Reinke» визначено, що вона має достатньо високий технічний рівень. Машина стабільно виконує технологічний процес з показниками призначення, якості роботи і надійності, які відповідають вимогам до широкозахватних дощувальних машин кругового переміщення з забором води від гідрантів закритої зрошувальної мережі.

За показниками безпеки і ергономічності праці дощувальна машина відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Мобільний трубоукладальник краплинного підземного зрошення серії «Титан»



Країна-походження: Україна

Виробник: ТОВ «НВУЦ Підземметалозахист»,
м. Нова Каховка

Призначення і технічний опис

Трубоукладальник являє собою навісну машину і складається з рами зі стелажми, чотирьох трубоукладальних ножів, чотирьох прикочувальних секцій, двох опорних коліс, тримачів катушок.

Рама являє собою зварну конструкцію з кронштейнами для триточкового навішування на задню гідронавісну систему трактора і призначена для встановлення на ній всіх основних вузлів. Стелаж розміщений на задній частині рами і призначений для технологічного обслуговування пристрою

та транспортування запасних барабанів з крапельною стрічкою.

Трубоукладальний ніж призначений для прорізання в ґрунті щілини і укладання в неї крапельної лінії. Ніж представляє собою плоский, перпендикулярно спрямований до ґрунту робочий орган в передній частині якого знаходиться підривальнорізальна конструкція, а ззаду – напрямна труба для спрямування крапельної трубки на дно щілини. Прикочувальні котки розташовані за укладальними секціями і призначені для загортання борозни і ущільнення ґрунту над нею.

Опорні колеса оснащені талрепами для регулювання глибини укладання крапельної трубки. Тримачі катушок встановлені над ножами і призначені для кріплення та розмотування барабанів з крапельною стрічкою під час роботи.

Особливості конструкції



Загальний вигляд трубоукладального ножа



Розташування прикочувального котка

Технічна характеристика за результатами випробувань

Показники призначення	
Тип машини	навісна
Агрегується з трактором тягового класу	30-50 кН
Робоча ширина захвату, м	2,0
Швидкість руху робоча, км/год.	6,0
Продуктивність, за годину, га/год.: основного часу / змінного часу	1,20 / 0,68
Показники транспортабельності	
Габаритні розміри в транспортному положенні, мм: довжина / ширина / висота	3820 / 6450 / 2360
Швидкість руху транспортна, км/год.	13,33
Показники якості роботи	
Відхилення від робочої ширини захвату, см	2,0
Коефіцієнт варіації глибини укладання, %	5,53
Показники надійності	
Коефіцієнт готовності	1,0
Коефіцієнт технічного використання	0,98
Енергетичні показники	
Питомі енерговитрати, кВт•год/га	101,2
Коефіцієнт використання експлуатаційної потужності двигуна	0,49
Економічні показники	
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	3277,48
Питома витрата палива, л/га	48,0

Коротка інформація про технологічний процес, в якому застосовується машина

Технологічний процес машини здійснюється так: агрегат заїжджає на початок гону, в тримачі котушок встановлюють барабани з крапельною трубкою і заправляють її в напрямні труби ножів так, щоб кінець виходив з труби.

Кінець крапельної трубки закріплюють на поверхні ґрунту з урахуванням необхідної довжини для під'єднання трубки до розподільчого трубопроводу крапельного зрошення. Під час руху агрегата трубоукладальні ножі заглиблюються в ґрунт на задану глибину, а крапельні трубки, які змотуються з барабанів, проходять через напрямні труби ножів і укладаються на дно утвореної в ґрунті щілини.

У кінці гону, перед зупинкою агрегата, трубоукладальні ножі разом з крапельною

трубкою поступово піднімають, а після повної зупинки і підйому пристрою трубки обрізають. Далі, під час заходу агрегата на наступний гін, технологічний процес повторюється.

Замінюючи барабан з крапельною трубкою в середині гону, агрегат зупиняється без виводу трубоукладацьких ножів з ґрунту, кінців крапельної трубки з'єднуються, руху продовжується. Заміна та перевезення запасних барабанів з крапельною трубкою виконується на стелажі пристрою.

Коментарі до результатів випробувань

Агрегативання. Агрегатується з тракторами класу 30-50 кН.

Транспортабельність. Транспортування пристрою утруднень не викликає.

Елементи конструкції. Елементи конструкції (трубоукладацькі ножі, тримачі котушок) відповідають вимогам експлуатаційної документації.

Конструкційні особливості. Пристрій зручний в обслуговуванні та застосуванні.

Якість роботи. Задовольняє вимоги технології підземного крапельного зрошення.

Показники надійності. Надійність конструкції достатньо висока та відповідає вимогам НД. Коефіцієнт готовності – 1,0.

Експлуатаційні показники. Експлуатаційно-технологічні показники пристрою відповідають агротехнічним вимогам.

Енергетичні показники. Пристрій в агрегаті з трактором Massey Ferguson 8690 стабільно виконує технологічний процес.

Економічні показники. Прямі експлуатаційні витрати становлять 3197,04 грн/га.

Висновки за результатами випробувань

Загалом, за результатами випробувань можна зробити висновок, що технічна надійність трубоукладача нормальна, якість виконання технологічного процесу хороша, експлуатаційні якості і технічний рівень роблять цю машину ефективною в галузі крапельного зрошення.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ЗРОШУВАНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО В УКРАЇНІ.....	10
1.1 Агрокліматичні умови України, необхідність та ефективність застосування зрошення.....	10
1.2 Сучасний стан зрошення.....	13
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЇ ПОЛИВУ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ	18
2.1 Особливості технології зрошення дощуванням та крапельного поливу	18
2.2 Показники якості зрошення та їхнє визначення.....	21
2.3 Вихідні вимоги на техніко-технологічні операції зрошення	24
РОЗДІЛ 3 РИНОК ЗРОШУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	28
3.1 Стан забезпечення технікою для зрошення, наявність на ринку нової дощувальної техніки іноземного та вітчизняного виробництва.....	28
3.2 Потреба у різних типах дощувальних машин та прогноз технічного забезпечення АПК машинами та обладнанням для іригації.....	36
РОЗДІЛ 4 ДОЩУВАЛЬНА ТЕХНІКА У ЗРОШУВАНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ	39
4.1 Дощувальні машини. Класифікація та конструкційні ознаки	39
4.2 Багатоопорні широкозахватні дощувальні машини.....	42
4.3 Багатоопорні дощувальні машини із забором води із закритої зрошувальної мережі	50
4.4 Дощувальні машини з забором води з відкритої зрошувальної мережі	59
4.5 Дощувальні машини з гідростатичним приводом опорних візків	61
4.6 Шлангово-барабанні дощувальні машини	65
РОЗДІЛ 5 ЗРОШУВАЛЬНІ МЕРЕЖІ	77
5.1 Внутрішньогосподарські відкриті зрошувальні мережі під дощувальні машини типу ДДА	77
5.2 Закриті (трубопровідні) зрошувальні мережі живлення широкозахватних багатоопорних дощувальних машин	82
РОЗДІЛ 6 СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ.....	87
6.1 Сучасний стан розвитку крапельного зрошення в Україні.....	87
6.2 Застосування фільтраційного обладнання в системах крапельного зрошення.....	89
6.3 Обладнання для застосування фертигації у системах крапельного зрошення.....	92
6.4 Крапельні лінії як основний елемент систем крапельного зрошення.....	98

РОЗДІЛ 7 РЕГІСТР ДОЩУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ. АЛГОРИТМ ВИБОРУ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ СТОСОВНО УМОВ КОНКРЕТНОГО АГРОПІДПРИЄМСТВА.....	109
РОЗДІЛ 8 ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ	123
8.1 Застосування технологій точного зрошення для поливу кутів у кругових зрошувальних системах	124
8.2 Мобільне крапельне зрошення – майбутнє технології точного зрошення для вирішення проблеми економії водних ресурсів	128
8.3 Використання польових метеостанцій у технологіях точного зрошення.....	130
8.4 Застосування штучного інтелекту для управління режимом зрошення сільськогосподарських культур	136
ВИСНОВКИ	138
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	141
ДОДАТКИ Результати випробувань машин та обладнання для іригації.....	145
Додаток А — Дощувальні машини кругової дії.....	146
Додаток Б — Дощувальні машини фронтальної і фронтально-кругової дії (універсальні комбіновані).....	169
Додаток В — Дощувальні машини з забором води з відкритої зрошувальної мережі. Дощувальні машини з гідростатичним приводом опорних візків.....	202
Додаток Г – Іригаційне обладнання	214
Додаток Д – Шлангово-барабанні дощувальні машини. Пересувні насосні станції	224
Додаток Е – Дистанційний контроль та управління роботою дощувальної техніки. Застосування технології внесення мінеральних добрив з поливною водою на зрошенні багатоопорними дощувальними машинами	241
Додаток Ж – Системи та обладнання для крапельного зрошення.....	253