

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ДОЩУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І РЕЖИМОМ ЗРОШЕННЯ

Сидоренко В.,

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

УкрНДІПВТ 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 УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Войновський В.,

e-mail: vladimir.voinovs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

У статті представлено результати досліджень системи для дистанційного контролю та управління роботою дощувальної техніки FieldNET, наведено результати випробувань обладнання системи в її застосуванні з круговою дощувальною машиною з визначенням основних показників роботи.

Мета роботи – дослідження конструкційно-технологічних особливостей системи FieldNET та аналіз її використання з визначенням основних показників, які характеризують її роботу у ході дистанційного керування круговими дощувальними машинами марки Zimmatic.

Методи досліджень: емпіричні - аналіз інформаційних матеріалів, лабораторно-польові - проведення випробувань для одержання інформаційних даних із використанням вимірів та експериментів.

Результати досліджень. Останнім часом на технологічні процеси зрошення впливають новітні рішення із застосуванням IT-інновацій, які забезпечують інтегрований контроль за роботою зрошувальних систем із упровадженням технологій бездротового (дистанційного) контролю та управління роботою дощувальної техніки і режимом зрошення. Нові технології автоматизації та комунікацій пропонують ряд рішень для збору й аналізу інформації, що зумовлюють прийняття рішень у сучасних системах сільськогосподарського зрошення. Упровадження сучасних ідей віддаленого доступу до управління дощувальними машинами, систем моніторингу за використання дощувальної техніки дає змогу не лише контролювати її рух, а й економно витратити енергетичні, водні та трудові ресурси. Компанія «Lindsay Corporation», виробник дощувальних машин Zimmatic як інноваційних інструментів керування зрошенням, розробила дистанційний засіб контролю та управління зрошувальними системами FieldNET. Ця система забезпечує комп'ютерний моніторинг і контроль роботи за круговими машинами в режимі реального часу, використовуючи смартфон чи планшет. Це дає змогу на будь-якому етапі аграрного циклу відслідковувати, які операції виконуються дощувальними машинами та управляти ними.

Під час досліджень і випробувань оцінювалася точність дистанційного визначення основних експлуатаційних показників роботи кругової машини Zimmatic.

Проведені випробування засвідчили, що за всіма основними показниками якості виконання технологічного процесу зрошення система FieldNET забезпечує точність дистанційного вимірювання цих показників – похибка становить від 0,9 до 1,8 %.

Висновки. Досягнення інформаційних технологій у зрошувальному землеробстві дають змогу застосовувати індивідуальний підхід до аналізу роботи кожної зрошувальної системи, дистанційно керувати машинами через веб-сторінки, маючи доступ із різних пристроїв (мобільних телефонів,

планшетів, комп'ютерів тощо), забезпечувати постійний моніторинг робочого стану цих машин.

Дослідження системи дистанційного моніторингу та керування дощувальними машинами FieldNET продемонструвало, що вони є універсальним засобом застосування у технологіях зрошування сучасних рішень віддаленого доступу й моніторингу.

Ключові слова. Кругові дощувальні машини, віддалений моніторинг, зрошувальні системи, бездротова технологія, система дистанційного контролю.

Вступ. Сучасні інформаційні технології, які входять у повсякденне життя та різні сфери діяльності людини, дали змогу широко охопити глобальними комп'ютерними мережами величезні групи користувачів.

Масове використання мережі Інтернет із застосуванням моделей, які ґрунтуються на платформах «клієнт-сервер», сприяло виникненню високих інформаційних технологій. Їхніми основними ознаками є досягнення універсальності методів комунікацій, підтримка систем мультимедіа і максимальне спрощення інтерфейсу «людина-ПК», відкритість стандартів, тобто використання протоколів і програмних інтерфейсів, що гарантували б створення єдиного інтерфейсу для всіх взаємодій з персональним комп'ютером [Вожегова та ін., 2014].

Аграрна галузь економіки теж не стоїть осторонь новітніх технологій, адже успішний розвиток аграрного виробництва потребує високо ефективної системи землеробства.

Ці технології активно застосовуються українськими сільгоспвиробниками практично у всіх технологічних операціях: у вирощуванні с.-г культур під час обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, обприскування. Їхнє застосування обумовило можливість розвитку та впровадження основних принципів точного землеробства — підвищення ефективності й продуктивності на кожному етапі с.-г. робіт, оптимізація обсягів матеріалів, які вносяться, зниження витрат, підвищення врожайності.

На основі даних, які збираються, зберігаються та обробляються, аналізується врожайність і визначаються різні фактори впливу на неї - тип ґрунту, обсяг посів-

ного матеріалу, внесених добрив і засобів хімічного захисту, поливів тощо.

Відповідно, упровадження інноваційних технологій у сільському господарстві ефективно й раціонально керує процесами росту рослин на основі до їхніх потреб у волозі та поживних речовинах.

Не є виключенням і зрошувальне землеробство. Упровадження сучасних рішень віддаленого доступу до управління цими машинами, систем моніторингу з використання дощувальної техніки дає змогу не лише контролювати її рух, а й економно витрачати енергетичні, водні та трудові ресурси, а також підвищити врожайність вирощуваних культур. [Кравчук та ін., 2020].

Найбільші світові виробники зрошувальної техніки, представлені і на українському ринку, - «Lindsay», «Valmont», «Reinke». Вони впроваджують свої найновіші розробки у технології точного зрошення - дистанційного моніторингу і керування дощувальними системами, зрошення змінними поливними нормами, диференційного внесення норми поливу та добрив із поливною водою, точного керування режимом зрошення с.-г. культур [Сидоренко та ін., 2018].

Компанія «Lindsay Corporation», виробник дощувальних машин марки Zimmatic як інноваційних інструментів управління зрошенням, розробила дистанційний засіб контролю та керування зрошувальними системами FieldNET. Система дає змогу встановити інструмент на більшість смартфонів та планшетів (рис.1), який на будь-якому етапі аграрного циклу відслідковує операції, що виконуються дощувальними машинами та керує ними.

Додаткові дистанційні пристрої системи FieldNET (датчики та станції моні-



Рисунок 1 – Розташування групи кругових дощувальних машин на планшеті з використанням системи управління зрошенням FieldNET

торингу вологості ґрунту, метеостанції, датчики планування встановленого дощового порогу й обмеження дії швидкості вітру) моніторять вологість ґрунту та погодних умов для забезпечення об'єктивних критеріїв, прийняття рішень у ході зрошення зокрема визначення часу, норми та кількості поливів для конкретної культури.

Постановка завдань. В Україні аналогічне обладнання дистанційного управління дощувальними машинами та режимом зрошення не виробляється, а практика його застосування поки ще недостатньо вивчена й оцінена.

Метою роботи є дослідження конструкційно-технологічних особливостей системи FieldNET та аналіз практики застосування з визначенням основних показників, які характеризують її роботу на

основі дистанційного керування круговими дощувальними машинами марки Zimmatic.

Методи і матеріали. Конструкційно-технологічні особливості системи FieldNET досліджені під час використання системи дистанційного керування та моніторингу FieldNET з групою кругових дощувальних машин, обладнаних панеллю управління Vision.

У ході оцінювання якості роботи визначалися такі показники технологічного процесу зрошення: тиск на вході в машину, витрати води, швидкість руху зрошувальної системи, норма внесення (шар дощу) за визначений проміжок часу, пройдений шлях по кінцевому візку, значення центрального кута повороту машини порівняно з позицією на початку дослідів та площі поливу.

Результати. Обладнання системи FieldNET складається з віддаленого телеметричного блоку RTU, який встановлюється у панель керування дощувальної машини, й антени, встановленої на шафі панелі керування (рис. 2).

Блок RTU має вбудований бездротовий стільниковий модем, який під'єднується до мережі Інтернет практично з будь-якої точки розташування машини, і є передавачем / приймачем, що використовується для під'єднання панелі керування дощувальної машини до порталів FieldNET.

GSM стільниковий зв'язок у системі FieldNET.



Рисунок 2 – Панель управління «Vision», розміщення блоку RTU в панелі керування кругової дощувальної машини Zimmatic

FieldNET отримує доступ до моніторингу та контролю в будь-якому місці двома способами під'єднання:

- FieldNETWeb: веб-портал FieldNET надає повний доступ з будь-якого пристрою веб-браузером;

- FieldNETMobile: мобільний додаток для смартфонів і планшетів забезпечує повний контроль та керування зрошувальними системами та їхнім обладнанням з будь-якої географічної точки.

Веб-портал FieldNET є Інтернет-сервісом, який адаптується до конкретних потреб клієнтів і в якому реалізовані чотири основні принципи: налаштування, персоналізація, інтеграція та підтримка.

Для користування системою FieldNET, необхідно авторизуватися. Доступ для входу на сайт FieldNET, а також створення облікового запису клієнта здійснює дилер «Lindsay Corporation» в Україні.

На головній сторінці системи FieldNET розміщена панель інструментів зі списком меню і посиланнями на різні інформаційні сторінки системи (рис. 3).

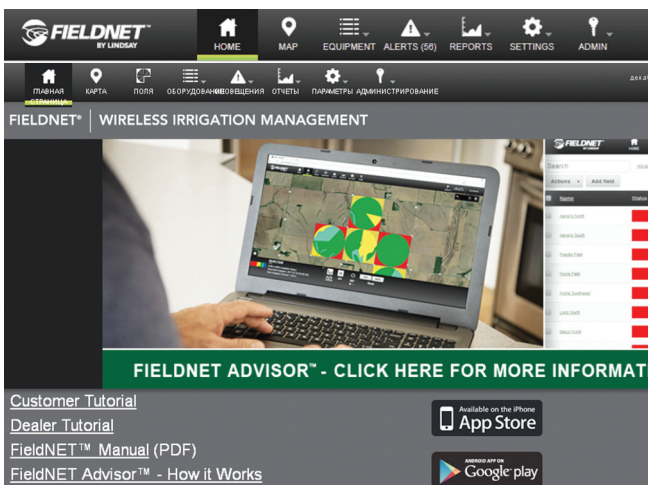


Рисунок 3 – Головна сторінка системи FieldNET, вигляд панелі інструментів

На панелі інструментів доступні такі меню: «Карта», «Поля», «Обладнання», «Оповіщення», «Звіти», «Параметри», «Адміністрування». Цими інструментами здійснюється огляд, пошук і моніторинг зрошувального обладнання на супутниковій карті (можливий вибір простої дорожньої карти).

У меню «Обладнання» вказано всі пристрої, налаштовані в обліковому за-

писі FieldNET, наведено список усього зрошувального обладнання (кругові й фронтальні машини, дані метеостанцій, датчиків вологості, насосне обладнання) та їхній статус (наявність живлення, рух / зупинка машини, полив / поливу, температура повітря, вологість ґрунту за наявності датчиків, інше).

Меню «Оповіщення» дає змогу завдяки текстовим повідомленням завжди отримувати інформацію про будь-які зміни в роботі дощувальних машин або іншого обладнання.

Меню «Звіти» створює індивідуальні й шаблонні діаграми, графіки для контролю роботи всього зрошувального обладнання, яке відслідковується.

Відкриваючи меню «Карта» на панелі системи FieldNET (екрані комп'ютера, смартфона), бачимо значки статусу дощувальних машин. Кожен значок позначає певний стан системи зрошення або насоса і показує поточне місцезнаходження, технологічну операцію, яка виконується, напрямок руху машини.

Стан кожної машини представлений кольором (синій – машина зрошує, зелений – машина рухається без поливу, сірий – машина зупинилася, червоний – несправність / тривога, помаранчевий – проводиться фертигація) (рис. 4).

Для інформації про поточний стан будь-якої дощувальної машини достатньо клацнути мишкою на значок машини.

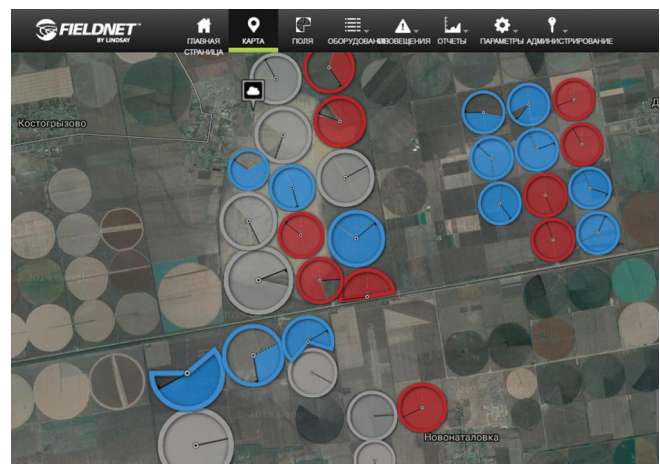


Рисунок 4 – Варіант Інтерфейсу головної панелі FieldNET - загальний вигляд групи машин на карті

Відкривається Інтерфейс основної панелі FieldNET, який є центральним пультом управління і становить собою системну панель приладів, яка працює в режимі реального часу і в режимі перегляду карти забезпечує швидкий моніторинг стану зрошувального обладнання та контроль усього процесу зрошення (рис. 5).



Рисунок 5 – Варіант інтерфейсу головної панелі FieldNET - статус вибраної машини

У лівому нижньому кутку панелі є система швидких повідомлень, з інформацією про машину, площу поливу, поточний стан роботи вибраної для моніторингу машини — вид роботи (полив / відсутність поливу), інформація про наявність руху машини, режим роботи (ручний / автоматичний), значення кута, на який пройшла кругова машина з поливом (або шлях із поливом фронтальної машини), загальний час роботи, поточні дата та час, встановлений шар дощу, тиск, витрати води (опція за наявності датчика), інформація про потребу в обслуговуванні.

Ділянка швидких повідомлень керує вибраною дощувальною машиною без виходу з режиму перегляду карти.

Входячи у швидкі повідомлення (клацнути мишкою на назву машини) відкриваємо інтерфейс зведеної панелі приладів (рис. 6), яка є основною для дистанційного керування та моніторингу вибраної зрошувальної системи.

Користуючись інтерфейсом панелі, можна отримати таку інформацію: номер поля, ширина захвату машини, площа зрошення, інформація про наявність руху

з поливом, дата та час, режим управління, швидкість руху у відсотках процент-таймеру, значення шару дощу у мм, тиск води на вході в машину, витрати води (опція за наявності датчика), напруга електричної мережі, температура повітря, наявність роботи кінцевого апарата, значення центрального кута поливу, час поливного циклу, графічне зображення місця перебування машини порівняно з початковою позицією поливу, напрямок поливу, статус RTU.

Зі зведеної панелі також здійснюється дистанційне управління дощувальною машиною: встановлення норми поливу, швидкість руху, завдання різних режимів роботи (активація насосів, внесення хімікатів, автореверс, активація різних аксесуарів), пуск і зупинка машини, подача та закриття поливної води.

У лівій половині зведеної панелі розташована бокова панель моніторингу.

До меню панелі моніторингу входять такі операційні підменю (рис. 6): «Відповідне обладнання», «Водяні пушки», «Плани», «Властивості», «Журнали», «Звіти».

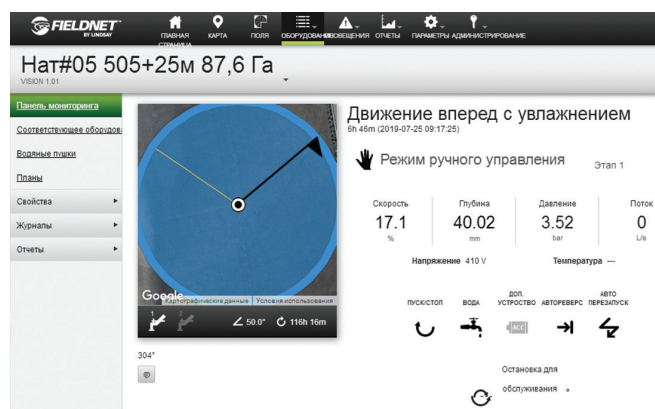


Рисунок 6 – Інтерфейс зведеної панелі приладів машини, яка працює

У підменю «Відповідне обладнання» є інформація про всі зрошувальні системи відповідної групи машин можна вибрати для перегляду їхні окремі панелі моніторингу.

Підменю «Водяні пушки» програмує сектори роботи кінцевих апаратів (до двох апаратів) для кожної дощувальної машини. Інтерфейс кінцевого апарата склада-

ється з карти поля із зазначеними секторами поливу та таблиць для визначення секторів активації апарата.

Підменю «Плани» призначено для програмування зон кругового зрошення дощувальною машиною. При цьому є можливість використання двох типів планів - плану площ поливу та плану напрямків поливу.

Плани площ поливу встановлюють зони (сектори) зрошення в межах повної площі поливу. Можна запрограмувати до 10 секторів індивідуально для різних планів зрошення. Кожний сектор поливу може бути сконфігурований (від початкової до кінцевої точки) стосовно різного значення норми поливу чи, наприклад, активації хімічного насосу. Плани напрямку поливу — ідентичні планам площ.

Підменю «Загальні властивості» встановлює і змінює загальну інформацію про машину. У ньому перераховано номер поля, довжину та площу поливу, тип панелі керування, версію кругової системи (за тиском води на кінцевому спринклері), часовий пояс, наявність системи VRI, параметри карти (широта, довгота місце перебування центральної опори машини), встановлені витрати та тиск води, час роботи машини.

Підменю «Властивості системи» встановлює та змінює налаштування для компонентів зрошувальної системи: контрольний показник витрат води, тривалість повного оберту машини, ширина захвату дощем, час циклу у відсотках, встановлення так званого м'якого бар'єру (діапазон у градусах, коли машина не буде здійснювати зрошення), відхилення показника процент-таймера у визначений проміжок часу, встановлення таких змінних у роботі зрошувальної системи, як вимкнення по низькій і високій напрузі, затримка у часі перед початком роботи після перезапуску машини.

Підменю «Сповіщення» визначає види сповіщень і попереджень, які застосову-

ються у цій зрошувальній системі, та рівні їхнього пріоритету.

Перелік основних сповіщень і попереджень: помилка вирівнювання, автоматична зупинка, внесення хімікатів, збій у роботі обладнання, здійснення зрошення, рух вперед, максимально / мінімально допустима напруга, максимально / мінімально допустимі витрати води, попередження про досягнення мінімального тиску, полив із зупиненою машиною тощо (всього до 37 сповіщень). Рівень пріоритету сповіщень (від 1 до 3) встановлює сам клієнт.

Сповіщення, налаштовані на рівень пріоритету 1, при появі значка машини стають червоними.

Підменю «Журнали» надає користувачу минулу інформацію про роботу машини: статус (рух / стоянка машини з поливом / без поливу, наявність мінімально допустимого тиску, швидкість руху, встановлений шар дощу, тривалість операції, кут розташування машини, увімкнення / вимкнення подачі води, активація кінцевого апарата й додаткового обладнання, дата і час запису статусу, загальний час роботи машини та кінцевого апарата).

Підменю «Звіти» надає графічну інформацію у вигляді діаграм про використання води (л або м³), внесеного шару дощу у мм, витрат води у л/с, використання хімікатів (л або м³) за вибраний проміжок часу конкретною дощувальною машиною (рис.7).

Як уже зазначалося, другим способом підключення системи FieldNET є використання мобільного додатку - FieldNETMobile для смартфонів і план-

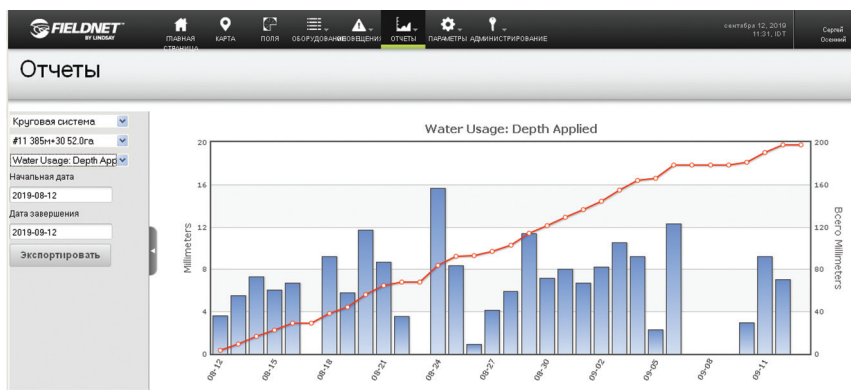


Рисунок 7 – Діаграма внесеного шару дощу у мм

шетів, оснащених інтернет-доступом.

Мобільні додатки FieldNET працюють на платформах iOS та Android.

Отже, маючи простий інтерфейс, FieldNETMobile контролює та керує зрошувальними системами й обладнанням практично з будь-якої географічної точки.

Дослідження і оцінка застосування системи FieldNET у технології зрошування як засобу віддаленого доступу до керування групою дощувальних машин і моніторингу їхньої роботи здійснювалася на випробуваннях кругової дощувальної машини Zimmatic 9500P на площі 327,42 м.

Показники якості роботи системи FieldNET наведено в таблиці 1.

Визначення показників проводилося з установленим шаром дощу 7,5 мм (установка таймера 80 %) за 60 хвилин і зняттям показників тиску й витрат води через кожні 10 хвилин (шість замірів кожного показника).

Норма внесення, швидкість руху кінцевого візка, пройдений шлях, значення центрального кута і площі поливу визначалися розрахунковим способом та замі-

рами за 60 хв дослідів.

Показники порівнювалися з показаннями мобільного додатку FieldNET із використанням смартфона [протокол випробувань № 2434 / 1301-03-2019].

Результати проведених досліджень засвідчують, що за всіма визначеними основними показниками якості виконання технологічного процесу зрошення система FieldNET забезпечує точність дистанційного вимірювання цих показників – відхилення у відсотковому відношенні становить 0,9 - 1,8 %.

Обговорення. Глобальне потепління зумовлює ряд викликів, і один із яких – гострий дефіцит водних ресурсів. Одним із суттєвих чинників використання водних ресурсів є іригація. На сьогодні у світі 80 % об'ємів споживання прісної води витрачаються у сільському господарстві.

Водночас сільське господарство є вирішальним і стратегічним сектором економіки України, тому раціональне й ефективне використання води та енергоносіїв у цій галузі є дуже актуальним. Дуже важливим із точки зору раціонального й

Таблиця 1 – Показники якості виконання технологічного процесу

Показник	Значення показника		Відхилення, %
	FieldNETMobile	випробувань	
Базові показники дощувальної машини:			
Довжина машини за кінцевим візком (радіус зрошувальної системи), м	327,42	327,42	-
Максимальна швидкість руху останнього візка (100 % таймера), м/год.	155,49	155,49	-
Довжина шляху по траєкторії руху останнього візка (довжина кола), м	2056,2	2056,2	-
Час дослідів, хв.	60	60	-
Оцінювані показники за даними замірів та розрахунків:			
Середній тиск на вході в машину, МПа	0,22	0,224	1,8
Середні витрати води машиною, л/с	42,5	42,9	0,9
Середня швидкість руху останнього візка (80 % таймера), м/год.	124,4	126,3	1,5
Пройдений шлях, м	124,4	126,3	1,5
Середній шар дощу за прохід, мм	7,5	7,4	1,3
Площа сектора поля, га	2,035	2,07	1,7
Значення кута повороту за визначений час (60 хв.), град.	21,7	22,1	1,8

ефективного використання води, з одного боку, та зрошувальних земель загалом є упровадження в зрошувальне землеробство сучасних інноваційних, систем керування зрошенням заснованих на інформаційних технологіях [Jimenez, 2011].

В УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого на основі результатів випробувань та аналітичних досліджень ринку с.-г. машин і обладнання, згідно з розробленим алгоритмом, сформовано основні тенденції розвитку за 15-ма групами технічних засобів. У групі машин для зрошення і меліорації визначені такі тенденції та пріоритети: створення систем аплікації з динамічними датчиками вологості й бездротовою (дистанційною) передачею інформації, упровадження систем Smart Irrigation System, дистанційного керування зрошувальними системами [Кравчук та ін., 2018]. Згідно з цим, у короткостроковій перспективі здійснюватиметься подальше вдосконалення технічних засобів для агропромислового комплексу.

Розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій зумовив розробку GPS та GSM для керування дощувальними машинами — систем глобального позиціонування та мобільного зв'язку. Вони дистанційно керують і контролюють роботу дощувальних машин, використовуючи комп'ютер або мобільний телефон.

Упровадження сучасних рішень віддаленого доступу до керування цими машинами, систем моніторингу з використання дощувальної техніки дає змогу не лише контролювати її рух, а й ощадливо витрачати енергетичні й водні ресурси, а також підвищувати врожайність культур, які вирощуються.

Отже, фермер може мати повний доступ до процесу, переглядаючи його на екрані комп'ютера, телефону чи планшету. Він може отримувати інформацію про процес і стан змінних умов та складових процесу вирощування урожаю у режимі реального часу. Система зберігає інформацію у відповідних записах, обробляє попередження та події, створює періодичні звіти та керує базами даних для

обробки інформації та ухвалення рішень [Navarro et al., 2016].

Нині стандартні зрошувальні машини, якими керує оператор, мають елементарний рівень автоматизації, типовий для їхніх робочих функцій. Вони мають панель керування, звідки здійснюється управління їхніми основними функціями, включаючи запуск і зупинку машини, вибір режиму роботи (ручний-автоматичний), а також вибір напрямку та швидкості обертання тощо.

В автоматичному режимі передбачається умова недопущення роботи машини, якщо насосна станція не подає воду. Він також установлює припинення подачі води, якщо машина зупиняється.

Час роботи контролюється процентним реле, яке відповідає необхідному стандарту поливу. Є інші базові засоби автоматизації, наприклад налаштування реле тиску для певного діапазону його значень і вимірювання напруги, а також захист меж допустимої напруги живлення [Tarjuelo, 2005; Pérez, 2010].

Сучасні методи зрошення дають змогу використовувати інструменти для дистанційного збору, аналізу та передачі даних у режимі реального часу для полегшення ухвалення рішень щодо розвитку точного землеробства [Capraro et al., 2014].

У цьому контексті виділяються кругові дощувальні машини з високим рівнем автоматизації.

Отже, питання впровадження роботи й дистанційного моніторингу в кругових машинах є стратегією, якої слід дотримуватися у сільськогосподарському секторі, з метою отримання важливих економічних, екологічних та енергетичних переваг.

У сільськогосподарському контексті бездротовий зв'язок відіграє все більш важливу роль, оскільки він дистанційно передає інформацію на великі відстані, що неможливо реалізувати за допомогою кабелів [Smith et al., 2011]. Це залежить від місцевої та регіональної топографії, а також вартості технології, яка буде використовуватися, щоб гарантувати надійність системи спостереження [Pfitscher et

al., 2011].

Сенсорні мережі на основі радіочастотного зв'язку (RF, VHF, UHF) є одними з різних бездротових маршрутів передачі, що застосовуються в сільському господарстві.

Діапазони VHF (дуже висока частота) та UHF (надвисока частота) — технологія, яка забезпечує вищу швидкість передачі даних, ніж більшість звичайних радіомодемів, а також забезпечує більшу гнучкість щодо моніторингу та керування радіочастотними іригаційними системами, розташованими на великій відстані від контрольних пунктів.

Інші методи бездротової передачі — мережі WiFi, Bluetooth мобільні мережі GSM (глобальна система мобільного зв'язку) та GPRS (загальна служба пакетної радіопередачі). Ці типи мобільного зв'язку передають значні обсяги даних на високій швидкості.

Системи зв'язку на основі мобільної телефонії звертаються до головної панелі керування або базового комп'ютера з будь-якого місця та в будь-який час [Chávez et al., 2010; Dong et al., 2013; Pavithra, Srinath, 2014].

Останнім часом використання систем управління та нагляду SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) в автоматизації технологічних процесів зросло майже в усіх типах промисловості, де необхідний моніторинг і контроль змінних, пов'язаних із процесом, коли рішення ухвалюються дистанційно в режимі реального часу [Gurban, Andreescu, 2011].

Стосовно сільськогосподарських іригаційних систем зазначимо, що використання систем SCADA є світовою тенденцією, завдяки їй впровадженню можна контролювати й наглядати за системою зрошення на відстані.

Інша перевага полягає в тому, що системі нагляду можна легко інтегрувати з іншими системами на основі інтерактивних платформ і веб-сторінок через доступ до історії тривоги так, щоб у випадку будь-якої системної несправності, електричної чи комунікаційної, керівник міг швидко

зупинити процес і уникнути серйозних проблем [Alghazali, et al., 2013].

Загалом роботу систем зрошення та збору даних може контролювати програмованими логічними контролерами або іншими пристроями керування, пов'язаними зі SCADA [Joshi et al., 2016].

У науковій літературі є численні публікації де зазначено, що для керування зрошенням використовуються програмовані автомати. Ця технологія характеризується високою надійністю та міцністю, а також доступністю до дротового або бездротового промислового зв'язку [Maheshwari, Sindha, 2014].

Одним із таких виробників систем і пристроїв для дистанційного контролю та керування роботою дощувальної техніки й режимом зрошення є компанія «Lindsay», продуктом якої є система FieldNET.

Висновки. Останні досягнення інформаційних технологій у зрошувальному землеробстві полягають у застосуванні індивідуального підходу до аналізу роботи кожної зрошувальної системи, візуалізації і дистанційному керуванні машинами через веб-сторінки, з доступом із різних пристроїв, (мобільних телефонів, планшетів, комп'ютерів тощо), забезпеченні постійного моніторингу робочого стану цих машин.

Це, разом із використанням сучасних комп'ютерних програм, оптимізує режим зрошення, заощаджує воду, енергоносії, технічні засоби, трудові ресурси, що сприяє збільшенню економічної ефективності й підвищенню екологічної безпеки зрошувального землеробства.

Дослідження системи дистанційного моніторингу та керування дощувальними машинами FieldNET засвідчило, що вона є універсальним засобом застосування сучасних рішень віддаленого доступу та моніторингу у технологіях зрошування.

Перелік літератури

- Вожегова Р., Сташук В., Заришняк А., Ромашенко М. та ін. Системи землеробства на зрошуваних землях України // Інститут зрошувального землеробства НААН України – Київ, «Аграрна наука», 2014
- Кравчук В., Гусар В., Павлишин М. – Агроінженерія: Науково-випробувальні дослідження на сучасному етапі. - Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. – Збірник наукових праць. Випуск 22 (36). Дослідницьке. 2018. - С. 21-26.
- Кравчук В. І., Митрофанов О. П., Сидоренко В. В., (2020). Машина та обладнання для зрошення, : монографія. Дослідницьке, 278 с.
- Протокол випробувань Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорлого № 2434 / 1301-03-2019.
- Сидоренко В., Малярчук В., Бабицький В. Дистанційний контроль при зрошенні. // I FARMING. – 2018. - № 3 - С.54-58.
- Alghazali, N., Alkhaddar, R., & Hadi, H. (2013). The use of SCADA system in water resources management, management of Shatt Al-Hilla in Iraq as a case study. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 1(5), 237-247. doi:10.11648/j.ijema.20130105.19
- Capraro, F., Tosetti, S., & Vita-Serman, F. (2014). Supervisory control and data acquisition software for drip irrigation control in olive orchards: An experience in an arid region of Argentina. *Acta Horticulturae*, 1057, 423-429. doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1057.53
- Chóvez J. L., Pierce F. J., Elliott T. V., & Evans R. G. (2010). A remote irrigation monitoring and control system for continuous move systems. Part A: Description and development. *Precision Agriculture*, 11(1), 1-10. doi:10.1007/s11119-009-9109-1
- Dong X., Vuran M. C., & Irmak S. (2013). Autonomous precision agriculture through integration of wireless underground sensor networks with center pivot irrigation systems. *Ad-Hoc Networks*, 11(7), 1975-1987. doi:10.1016/j.adhoc.2012.06.012
- Gurban, E. H. & Andreescu, G.-D. (2011). SCADA element solutions using Ethernet and mobile phone network. In: *Intelligent Systems and Informatics*, 2011 IEEE 9th International Symposium on, (pp. 303-308). IEEE
- Jiménez, E. (2011). Parámetros de explotación y uniformidad de riego en la máquina de pivote central OTECH-IRRIMEC. *Revista Ingenieria Agrícola*, 1(1), 7-12
- Joshi G. S., Bhujbal N. V., & Kurkute S. M. (2016) Agriculture at a Click Using PLC & SCADA. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 3(5), 3928-3932. doi:10.18535/ijetst/v3i05.13
- Maheshwari C. V. & Sindha D. (2014). Water irrigation system using controller. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 2(1), 240-249.
- Navarro-Hellín, H., Martínez-del-Rincón, J., Domingo-Miguel, R., Soto-Valles, F. & Torres-Sánchez, R. (2016). A decision support system for managing irrigation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 121-131. doi:10.1016/j.compag.2016.04.003
- Pavithra D. S. & Srinath M. S. (2014). GSM based automatic irrigation control system for efficient use of resources and crop planning by using an Android mobile. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 11(4), 49–55.
- Pérez J. (2010). Diseno agronomico de un sistema de pivote central en la pequena propiedad los arenales [thesis]. Universidad Autonoma Agraria “Antonio Navarro”: Torreón, México
- Pfischer L. L., Bernardon D. P., Kopp L. M., Ferreira A. A. B., Heckler M. V. T., Thome B. A., Montani P. D. B., Fagundes D. R. (2011). An automated irrigation system for rice cropping with remote supervision. In: *2011 International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives. IEEE*. doi:10.1109/PowerEng.2011.6036452
- Smith R. J., Baillie J. N., McCarthy A. C.,

Raine S. R., & Baillie J. N. (2011). Review of precision irrigation technologies and their application [NCEA Publication 1003017/1]. Toowoomba, Australia: National Centre for Engineering in Agriculture University of Southern Queensland Toowoomba

Tarjuelo J. M. (2005). El riego por aspersiyn y su tecnologha. Madrid, Espaca: Mundi-Prensa.

References

Alghazali, N., Alkhaddar R., & Hadi H. (2013). The use of SCADA system in water resources management, management of Shatt Al-Hilla in Iraq as a case study. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 1(5), 237-247. doi:10.11648/j.ijema.20130105.19

Capraro F., Tosetti S., & Vita-Serman F. (2014). Supervisory control and data acquisition software for drip irrigation control in olive orchards: An experience in an arid region of Argentina. *Acta Horticulturae*, 1057, 423-429. doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1057.53

Chávez J. L., Pierce F. J., Elliott T. V., & Evans R. G. (2010). A remote irrigation monitoring and control system for continuous move systems. Part A: Description and development. *Precision Agriculture*, 11(1), 1-10. doi:10.1007/s11119-009-9109-1

Dong X., Vuran M. C., & Irmak S. (2013). Autonomous precision agriculture through integration of wireless underground sensor networks with center pivot irrigation systems. *Ad-Hoc Networks*, 11(7), 1975-1987. doi:10.1016/j.adhoc.2012.06.012

Gurban E. H. & Andreescu G. D. (2011). SCADA element solutions using Ethernet and mobile phone network. In: *Intelligent Systems and Informatics, 2011 IEEE 9th International Symposium on*, (pp. 303-308). IEEE

Jiménez E. (2011). Par6metros de explotaciyn y uniformidad de riego en la m6quina de pivote central OTECH-IRRIMEC. *Revista Ingenierha Agrhcola*, 1(1), 7-12

Joshi G. S., Bhujbal N. V., & Kurkute S. M. (2016) Agriculture at a Click Using PLC & SCADA. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 3(5), 3928-3932. doi:10.18535/ijetst/v3i05.13

Kravchuk V., Husar V., Pavlyshyn M. – Agricultural engineering: Scientific and experimental research at the current stage. - Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine. - Collection of scientific papers. Issue 22 (36). Doslidnitske. 2018. - pp. 21-26.

Kravchuk V. I., Mitrofanov O. P., Sydorenko V. V., (2020). Machines and equipment for irrigation: monograph. Doslidnitske, 278 p.

Maheshwari C. V. & Sindha D. (2014). Water irrigation system using controller. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 2(1), 240-249.

Navarro-Hellhn H., Martinez-del-Rincyn J., Domingo-Miguel R., Soto-Valles F. & Torres-S6nchez R. (2016). A decision support system for managing irrigation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 121-131. doi:10.1016/j.compag.2016.04.003

Pavithra D. S. & Srinath M. S. (2014). GSM based automatic irrigation control system for efficient use of resources and crop planning by using an Android mobile. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 11(4), 49–55.

Pérez J. (2010). Diseco agronymico de un sistema de pivote central en la pequena propiedad los arenales [thesis]. Universidad Autynoma Agraria “Antonio Navarro”: Torrey, M6xico

Pfitscher L. L., Bernardon D. P., Kopp L. M., Ferreira A. A. B., Heckler M. V. T., Thome B. A., Montani P. D. B., Fagundes D. R. (2011). An automated irrigation system for rice cropping with remote supervision. In: *2011 International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*. IEEE. doi:10.1109/PowerEng.2011.6036452

Sydorenko V., Malyarchuk V., Babytskyi V. Remote control of irrigation. // *I FARMING*. – 2018. - No. 3 - P.54-58.

Smith R. J., Baillie J. N., McCarthy A. C., Raine S. R., & Baillie J. N. (2011). Review of precision irrigation technologies and their application [NCEA Publication 1003017/1]. Toowoomba, Australia: National Centre for Engineering in Agriculture University of Southern Queensland Toowoomba

Tarjuelo J. M. (2005). El riego por aspersiyn y su tecnologna. Madrid, Espaca: Mundi-Prensa.

Test protocol of the Southern Ukrainian branch of L. Pogorilyy UkrNDIPVT No. 2434 / 1301-03-2019.

Vozhegova R., Stashuk V., Zaryshnyak A., Romaschenko M, and others. Agricultural systems on irrigated lands of Ukraine // Institute of Irrigation Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine - Kyiv, «Agrarian Science», 2014

UDC 631.347.3/4:004.9

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR REMOTE CONTROL AND MANAGEMENT OF SPRINKLER EQUIPMENT AND IRRIGATION REGIME

Sydorenko V,

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

L. Pogorily UkrNDIPVT

Malyarchuk V., Cand. Agr. Scs,

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

South-Ukrainian branch of. L. Pogorily UkrNDIPVT

Voynovskiy V,

e-mail: vladimir.voinovs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

L. Pogorily UkrNDIPVT

Summary

The article presents the results of research into the system for remote control and management of the work of sprinkler equipment FieldNET and the results of tests of the system's equipment when it is used with a circular sprinkler with the determination of the main performance indicators.

The purpose of the research is to study the structural and technological features of the FieldNET system and the analysis of the application practice with the determination of the main indicators that characterize its operation during the remote control of circular sprinklers of the Zimmatic brand.

Research methods: empirical - analysis of information materials, laboratory-field - conducting tests to obtain information data using measurements and experiments.

Research results. Irrigation technological processes have recently been influenced by the latest solutions using IT innovations that provide integrated control over the operation of irrigation systems with the introduction of wireless (remote) control technologies and management of sprinkler equipment and irrigation mode. New technologies of automation and communications offer a set of solutions for collecting and analyzing information that make possible decision-making in modern agricultural irrigation systems. The implementation of modern solutions for remote access to the control of

sprinkler machines, monitoring systems when using sprinkler equipment, makes it possible not only to control its movement, but also to save energy, water and labor resources. Lindsay Corporation, a manufacturer of Zimmatic sprinklers, has developed FieldNET, a remote control and management tool for irrigation systems, as an innovative irrigation management tool. This system makes it possible to monitor and control the work of circular machines in real time with the help of a computer, smartphone or tablet, which allows at any stage of the agricultural cycle with their help to monitor what operations are performed by sprinklers, as well as to control them .

During research and testing, the accuracy of remote determination of the main operating indicators of the circular machine Zimmatic was evaluated.

The conducted tests showed that the FieldNET system ensures the accuracy of remote measurement of these indicators for all the identified main quality indicators of the technological process of irrigation - the percentage deviation is from 0.9 to 1.8 %.

Conclusions. *The application of advances in information technology in irrigated agriculture allows for an individual approach to the analysis of the operation of each irrigation system, remote control of machines through web pages, with the ability to access from various devices such as mobile phones, tablets, computers, etc., to ensure constant monitoring of the working condition of these machines.*

The study of the system of remote monitoring and control of sprinklers FieldNET showed that it is a universal tool for applying modern remote access and monitoring solutions in irrigation technologies.

Keywords. *Circular sprinklers, remote monitoring, irrigation systems, wireless technology, remote control system.*