

УДК 681.785.55

## **ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ РОСЛИННИЦТВА**

**В. Г. Мироненко**, докт. техн. наук, проф. *Національний науковий центр «ІМЕСГ»*; **О. О. Броварець**, канд. техн. наук, *Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Обґрунтувало доцільність застосування комплексів технічних засобів оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для ціленаправленої дії на ґрунтове середовище робочих органів сучасних сільськогосподарських машин при забезпеченні належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві*

**Ключові слова:** *сенсор, система моніторингу, технічні системи, оперативне керування.*

**Проблема.** Сьогодні досягти істотного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва лише удосконаленням конструкції машинно-тракторних агрегатів неможливо. Тому вельми нагальною необхідністю є підвищення якості виконання технологічних операцій, шляхом оперативного керування якістю виконання технологічних операцій у рослинництві з використанням даних моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Реалізація цього багатообіцяючого напрямку вимагає удосконалення існуючих і розробки новітніх інформаційно-технічних систем моніторингу агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь перед сівбою, протягом вегетації та при збиранні врожаю.

Основою ефективного застосування сучасних технологій у рослинництві є знання динаміки зміни в часі та просторі рівня місцевизначених параметрів сільськогосподарського поля. Простіший спосіб вирішення такої задачі лежить у площині відбору чисельних проб ґрунту з наступним їх агрохімічним аналізом та побудовою відповідних картограм. На жаль, такий підхід має той великий недолік, що його продуктивність вельми низька, а

вартість достатньо висока. Саме тому в світі інтенсивно і широко ведуться наукові дослідження в напрямку пошуку можливостей отримувати достовірну інформацію про стан поля з високою продуктивністю та низькою собівартістю.

Саме застосування знань про змінний потенціал земельних ресурсів на місцевому рівні сприяє просуванню стратегії змінних норм внесення технологічного матеріалу. Стратегія спрямована на підвищення економічної ефективності і зменшення негативного впливу на виробництво продукції рослинництва шляхом диференціювання методів і норм застосування технологічних матеріалів (насіння, хімікатів тощо) відповідно до місцевих потреб та рекомендацій. Проте, однією зі слабких ланок цих технологій є дані про поле — карти поля, створення яких за допомогою існуючих методів на даному етапі займає значні витрати часу і коштів.

Для забезпечення належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві необхідно забезпечити виконання оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для ціленаправленої дії.

Пошук нових шляхів моніторингу — пріоритетний напрямок розвитку технологій сільськогосподарського виробництва [1]. Традиційні технічні фактори підвищення ефективності рослинництва практично вичерпано. Подальше збільшення швидкості руху та ширини захвату агрегатів призведе до втрати контролю за якістю виконання технологічного процесу з боку оператора, а складність техніки не дозволяє ефективно діагностувати її стан шляхом огляду та прослуховування.

Нова техніка в передових країнах світу сьогодні практично не випускається без тих, чи інших засобів оперативного (автоматизованого) контролю та управління технологічними операціями у рослинництві, а в деяких країнах (у тому числі і в Україні) інтенсивно закладаються основи екологічного та точного землеробства [2-5].

Безальтернативним напрямом подальшого підвищення ефективності механізованого рослинництва є забезпечення необхідної якості виконання технологічних операцій та зменшення витрат на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції.

Таким чином, розробка науково-технічних основ створення сільськогосподарської техніки з оперативним керуванням технологічними операціями у рослинництві є актуальною і своєчасною задачею.

Виходячи з викладеного, необхідно синтезувати концептуальні засади підвищення ефективності роботи сільськогосподарських машин шляхом оперативного керування якістю виконання технологічних операцій у рослинництві на основі даних моніторингу стану сільськогосподарських угідь

Тому виникає необхідність дослідження необхідності та доцільності використання певних класів інформаційних технологій та технічних засобів нового покоління для моніторингу та забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур [2-6]. Технічна суть реалізації новітніх технологій рослинництва пов'язана з принципово новим рівнем одержання інформації про параметри агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та оперативним прийняттям оптимальних рішень по управлінню технологічними процесами у рослинництві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У вітчизняному машинобудуванні використовуються лише прості засоби контролю і регулювання окремих параметрів технологічних процесів, які частково звільняють людину від функцій контролю і управління [2-9]. При цьому відсоток об'єму сільськогосподарських машин автоматизацією незначний і становить 1–3 %. Порівняно з промисловістю нашої країни це в 2–3 рази менше, а в порівнянні з розвинутими країнами маємо відставання на 10 років.

Головним фактором стримування розвитку автоматизації є відсутність багатьох необхідних датчиків і вимірювальних приладів. Так, для повного управління технологічними процесами в сільському господарстві необхідно вимірювати близько 2 тис. фізичних, хімічних, біологічних та інших величин, для чого потрібно до 200 типів приладів і датчиків.

Подальший розвиток автоматизації сільськогосподарських машин буде йти одночасно в наступних напрямках:

- створення і впровадження електронних систем контролю і сигналізації (різні монітори для посівних і збиральних машин);
- створення і впровадження систем автоматизованого управління окремими вузлами і робочими органами (електрогідравлічні системи копіювання рельєфу місцевості хедером зернозбиральних комбайнів, електронно-гідравлічні системи автоматичного управління навісним пристроєм, буксуванням трактора, електронні системи автоматизованого управління напрямком руху, дозою хімпрепаратів, стабілізацією штанг польових обприскувачів і т.д.);

- створення і впровадження інтегрованих систем управління на базі бортового комп'ютера [8].

Вирішальними факторами, що будуть визначати рівень впровадження систем контролю і сигналізації є економічність, надійність і вивільнення з технологічних процесів допоміжних працівників.

Системи автоматизованого управління окремими вузлами і робочими органами ефективніші, ніж системи контролю, але їх створення потребує значно більших затрат. Тому, нині можна вважати мало перспективною розробку таких пристроїв на серійну техніку. Доцільно розробляти ці засоби автоматизації лише разом з машинами, що перевищують зарубіжний рівень. Закупляти вказані засоби автоматизації за кордоном доцільно лише тоді, коли вони є органічно пов'язаною частиною, або їх вартість не перевищує 15 % вартості техніки, що закупляється [8].

Інтегровані системи автоматичного управління виконанням технологічних процесів є найбільш перспективними і мають забезпечити створення технологій з якісно новими економічними, соціальними та екологічними показниками. Важливе значення буде мати рівень інтеграції з спеціалістами розвинутих країн світу, в яких вирішення цих питань не має значного випередження, але де очікується інтенсивний розвиток науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт в цьому напрямі [8].

Узагальнення результатів попередніх досліджень [4, 5, 6] із впливу різноманітних факторів на ефективність рослинництва дозволили визначити технологічні (норма внесення, глибина обробітку та ін.), технічні (швидкість руху, навантаження двигуна і т.д.) та організаційні (строки виконання, завантаження машинно-тракторних агрегатів і т. д.) критерії якісної роботи сільськогосподарських машин, вагомість впливу цих факторів на кінцевий результат — величину зібраного урожаю, а також можливий рівень ефективності застосування відповідних технічних засобів механізації з керованим впливом на якість виконання технологічних операцій (табл.1).

Як видно із таблиці 1 використання технічних систем моніторингу сільськогосподарських угідь при певній технологічній операції дає можливість забезпечити належну якість технологічної операції.

*Таблиця 1. Основні показники технологічних процесів і фактори керованого впливу на якість їх виконання*

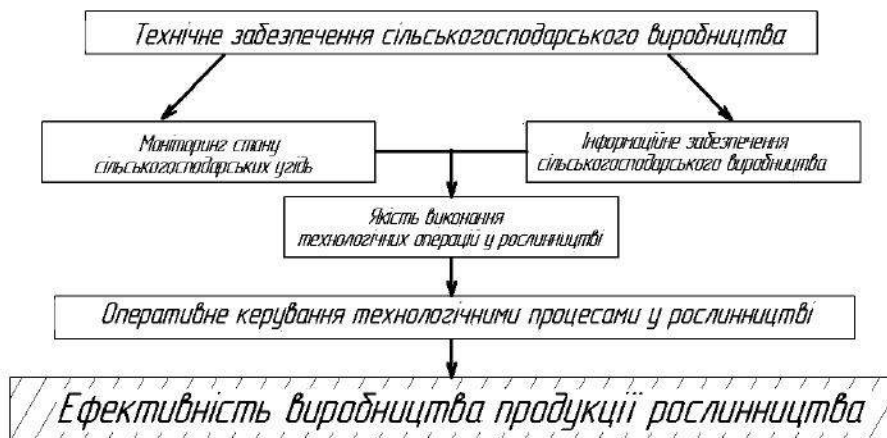
| Технологічний процес і його вагомість впливу на врожай | Показники якості  | Основні фактори керованого впливу на ефективність технологічного процесу                          | Вагомість впливу факторів на якість виконання | Потенційно можливий ефект             |
|--|---|---|---|---------------------------------------|
| Внесення добрив<br>0,09                                | Норма внесення<br>Рівномірність внесення                            | Положення дозатора<br>Напрямок руху МТА<br>Частота обертання робочих органів                      | 0,37<br>0,32<br>0,31                          | Зменшення витрат добрив на 50-70 %    |
| Оранка<br>0,07   | Глибина обробітку<br>Заорювання рослинних залишків                  | Положення робочих органів<br>Напрямок руху агрегату   | 0,51<br>0,23                                  | Зменшення на 5-30 % витрат пального   |
| Посів<br>0,20  | Глибина посіву<br>Норма висіву<br>Прямолінійність рядків<br>Просіви | Положення робочих органів<br>Положення дозатора<br>Напрямок руху агрегату<br>Відмови та порушення | 0,24<br>0,45<br>0,09<br>0,22                  | Збільшення урожаю до 15 %             |
| Внесення хімічних препаратів<br>0,09                   | Норма внесення<br>Рівномірність внесення                            | Положення дозатора<br>Напрямок руху агрегату<br>Відмови та порушення                              | 0,37<br>0,32<br>0,31                          | Зменшення загальних затрат на 10-30 % |
| Збір урожаю<br>0,22                                    | Втрати та пошкодження   | Відмови та порушення,<br>Напрямок руху комбайна<br>Положення робочих органів                      | 0,73<br>0,08<br>0,16                          | Зменшення до 25 % втрат зерна         |

Проте немає чітких рекомендацій та надійних датчиків для вимірювання агробіологічних параметрів сільськогосподарських угідь при виконанні технологічних операцій та зв'язку між собою принципово різних систем моніторингу

для їх подальшого використання у наступних технологічних операціях. Відсутні, а в багатьох випадках навіть не запропоновані принципи роботи систем для експрес-вимірювання багатьох специфічних агробіологічних параметрів для оперативного керування якістю виконання технологічної операції, а відповідно і ефективністю сільськогосподарського виробництва.

**Мета дослідження.** Обґрунтувати доцільність застосування комплексів технічних засобів оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для ціленаправленої дії на ґрунтове середовище робочих органів сучасних сільськогосподарських машин при забезпеченні належної якості виконання технологічних операцій у рослинництві.

**Результати дослідження.** Для реалізації поставленої мети на основі аналізу літературних джерел [1-10] і досліджень визначено існуючі методи і технічні засоби моніторингу стану сільськогосподарських угідь, які визначають якість виконання технологічних процесів у сучасних технологіях рослинництва, встановлено комплекси технічних засобів оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для ціленаправленої дії на ґрунтове середовище робочих органів сучасних сільськогосподарських машин (рис. 1).



**Рис. 1.** Вплив на ефективність виробництва продукції рослинництва шляхом забезпечення належної якості виконання технологічної операції

Таким чином, необхідна ефективність виробництва продукції рослинництва основних технологічних процесів у рослинництві (рис. 1) забезпечується за рахунок інтегрованого інформаційного забезпечення системи та моніторинг стану сільськогосподарських угідь, що дає можливість забезпечити належну якість виконання технологічних операцій у рослинництві шляхом оперативного керування технологічними процесами у рослинництві.

В результаті проведених досліджень створено цілий ряд дослідних зразків техніки нового рівня з керованою якістю виконання технологічних операцій.

Традиційно моніторинг угідь зводиться до аналізу проб ґрунту на хімічний склад та визначення властивостей ґрунту в лабораторних умовах [10]. Хімічне вимірювання в закритому режимі призводить до істотної затримки між взяттям проби та результатом аналізу. Обмежене число зразків, які можуть аналізуватися в будь-якому специфічному обладнанні, може призвести до некомплектності хімічного профілю і дає тільки часткове розуміння контрольованого процесу [10]. Проте на кінцеву врожайність сільськогосподарських культур значною мірою впливає їх розвиток протягом вегетаційного періоду, що не враховують традиційні системи моніторингу, основою яких є аналіз стану ґрунту [10].

Одним із шляхів підвищення ефективності моніторингу стану ґрунтів за традиційними технологіями є автоматизоване керування режимами відбору проб та аналіз їх хімічного складу, розробленого згідно з передовими технологіями.

На даному етапі найбільшого поширення набуває використання сенсорних оптичних та електричних систем для моніторингу стану сільськогосподарських угідь. У цьому аспекті важливе місце займає використання сенсорних систем моніторингу для дослідження електропровідних властивостей ґрунту та спектрометричний моніторинг стану сільськогосподарських угідь.

Для дослідження електропровідних властивостей ґрунту використовують наступні способи:

- контактно-руйнівний спосіб моніторингу електропровідних властивостей сільськогосподарських угідь;
- безконтактний спосіб моніторингу електропровідних властивостей ґрунту.

У відповідності до запропонованого набору сучасних систем моніторингу виникає необхідність їх використання на певних технологічних операціях для забезпечення належної якості виконання технологічних операцій (таблиця 2).

**Таблиця 2.** Сучасні технології моніторингу для забезпечення сучасних технологій рослинництва

| Технологічний процес         | Новітня технологія                                  | Системи моніторингу   |
|------------------------------|---|---|
| Внесення добрив              | Локально-дозоване внесення добрив                   | Технічні системи моніторингу електропровідних властивостей ґрунту, спектрометричний моніторинг  |
| Ґрунтообробіток              | Технологія Strip-till                               | Моніторинг глибини обробітку, режими роботи робочих органів сільськогосподарської техніки, датчик вологості ґрунту, датчик щільність ґрунту |
| Сівба                        | Диференційована сівба сільськогосподарських культур | Технічні системи моніторингу електропровідних властивостей ґрунту, спектрометричний моніторинг  |
| Внесення хімічних препаратів | Локально-дозоване внесення хімічних препаратів      | Системи технічного зору   |
| Збір урожаю                  | Моніторинг урожайності                              | Об'ємні датчики зерна, датчик вологості   |

Суттєве покращення ефективності рослинництва може бути досягнуто при переході від суцільного до локально-дозованого обробітку або диференційованого ґрунту і рослин. При цьому кожна технологічна операція виконується згідно оперативної отриманої інформації, або відповідної картограми, яка розробляється попередньо на основі різнопланової інформації. Загальна схема реалізації програмного локально-дозованого обробітку ґрунту і рослин інтегрованими засобами механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів наступна. Під час збирання урожаю або виконання технологічної операції мікропроцесорними бортовими засобами комбайна, який рухається за заданою маршрутною картою, знімається інформація про урожайність



поля із зазначенням відповідних координат. Ця інформація переноситься в комп'ютер, де за спеціальною програмою будується картограма з виділенням характерних певних ділянок поля. На реальних характерних ділянках поля проводять необхідні агрохімічні, агрофізичні, біологічні і інші дослідження. Результати заносять в комп'ютерну базу даних конкретного поля та за спеціальними програмами розробляють рекомендації з подальшого обробітку ґрунту і рослин на цьому полі у вигляді відповідних тематичних картограм.

Дозований обробіток визначених ділянок поля проводиться комплексом машин з керованою якістю виконання технологічних операцій за заданим маршрутом руху і відповідною програмою змінних параметрів обробітку.

Розрахунковий ефект від комплексного впровадження машин з керованою якістю виконання технологічних процесів при вирощуванні зернових культур може становити понад 20 % [8].

За способом одержання оперативної інформації системи з керованою якістю роботи системи поділяються на on-line (дані збираються одночасно з виконанням технологічної операції) та off-line (дані зібрані попередньо до виконаної технологічної операції).

Визначені показники якості виконання технологічних операцій, фактори і вагові коефіцієнти керованого впливу на якість та можливий ефект при її додержанні (таблиця 1).

За результатами проведеного аналізу визначені основні задачі, які необхідно вирішити для забезпечення якісного виконання технологічних операцій:

- інформаційне забезпечення оператора;
- оперативне керування положенням робочого органу машини;
- технічне забезпечення точності водіння.

Результати проведених досліджень дають змогу створити цілий ряд дослідних зразків техніки нового рівня з керованою якістю виконання технологічних операцій.

На даному етапі у сільськогосподарському виробництві поширення набуває використання мобільних автоматизованих сенсорних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Характерними рисами таких конструкцій самохідного шасі є міцна алюмінієва рама і незалежна підвіска кожного з опорних коліс з масляними амортизаторами. Двигун внутрішнього згоряння

розміщений над задніми ведучими колесами, що покращує тягові характеристики шасі, призводить до зниження центра тяжіння і поліпшення загальної керованості. Все це дає змогу застосовувати мобільні автоматизовані сенсорні системи для вимірювання електропровідних властивостей ґрунту на різних агрофонах.

**Висновки.** Проведеними дослідженнями встановлено, що оперативне управління якістю виконання технологічних процесів не тільки забезпечує необхідні агротехнічні показники, але також збільшує продуктивність праці, зменшує витрату технологічних матеріалів і пального, покращує екологічний стан навколишнього середовища. В результаті збільшується вихід продукції з одиниці оброблюваної площі при зменшенні загальних витрат на виробництво цієї продукції.

Досягти принципового збільшення виходу сільськогосподарської продукції з одиниці оброблюваної площі можна при упровадженні нових прогресивних технологій виробництва на основі застосування машин нового покоління. В цьому випадку засоби оперативного контролю і управління стають органічною і невід'ємною складовою машин і без них реалізація технології просто неможлива. Серед перспективних напрямів можна виділити перехід до локально-дозованого обробітку сільськогосподарських культур.

Проведені дослідження дозволили відпрацювати структуру і конструктивні рішення, оптимізувати параметри і режими роботи засобів оперативного контролю і управління робочими процесами, сформулювати додаткові початкові вимоги до сільськогосподарських машин з керованою якістю виконання технологічних операцій, визначити можливу елементну базу для практичного вирішення поставленої задачі. Перспективний напрям подальшого підвищення ефективності механізованого рослинництва пов'язаний з підвищенням якості виконання технологічних операцій за рахунок оперативного контролю і управління робочими процесами машин.

Комплексне застосування машин з керованою якістю виконання технологічних операцій дозволяє переходити до прогресивних технологій локально-дозованої обробки поля дозволяє підвищити ефективність на 20 %.

Подальше зростання ефективності механізації рослинництва за рахунок традиційних чинників у значній мірі вичерпано і у перспективі пов'язане з підвищенням якості виконання технологічних процесів. Оснащення

машинно-тракторних агрегатів засобами оперативного контролю та керування має стати пріоритетним напрямком подальшого розвитку сільськогосподарського машинобудування.

## Бібліографія

1. *Мироненко В. Г., Масло І.П., Лободко М. М., Тютюнник Н. В.* Пристрій для визначення твердості ґрунту. Патент UA № 49932. 15.10.2002.
2. *Масло І.П., Мироненко В. Г.* Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів // Вісник сільськогосподарської науки. — 1998. — № 5. — С. 56-58.
3. *Пастушенко С. И.* Оптимизация сельскохозяйственных технических систем // Техніка АПК. — 1999. — № 8. — С. 12-15.
4. *Адамчук В. В., Мойсєєнко В. К., Кравчук В.І., Войтюк Д. Г.* Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільськогосподарства. — Глевах: ННЦ «ІМЕСГ», 2002. — Вип. № 86. — С. 20-32.
5. *Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки /* За ред. В.І. Кравчука, М.І.Грицишина, С. М. Ковалю. — К.: Аграрна наука, 2004. — 398 с.
6. *Гуков Я. С., Линник Н. К., Мироненко В. Г.* Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений: Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. — Рязань, 2001. — С. 48-50.
7. *Myronenko V., Dubrovin V.* Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky. Sbornik prednasek VUZT «Zemedelska technika a biomasa 2004». — Praha, 2004. — Том 5. — С.71-75.
8. *Мироненко В. Г.* Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві. Монографія. — К.: НАУ, 2005. — 271 с.
9. *Гром-Мазничевский Л. И., Коваль В. А., Мироненко В. Г. и др.* Разработать средства и системы автоматического контроля и управления мобильными сельскохозяйственными машинами с использованием микропроцессорной

техники. Научный отчет УНИИМЭСХ, 1990. — 124 с., № гос. регистрации 81096003.

10. Броварець О. О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О. О. Броварець // Научно-практический журнал «Хранение и переработка зерна». — 2013. — № 6 (171). — С. 37–42.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

*Обосновано целесообразность применения комплексов технических средств оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий для целенаправленного действия на грунтовую среду рабочих органов современных сельскохозяйственных машин при обеспечении надлежащего качества выполнения технологических операций в растениеводстве*

**Ключевые слова:** сенсор, система мониторинга, технические системы, оперативное управление.

### **TECHNICAL SYSTEMS OF MONITORING OF THE STATE OF AGRICULTURAL LANDS IN MODERN TECHNOLOGIES OF PLANT-GROWER**

*Expedience of application of complexes of hardwares of the operative monitoring of the state of agricultural lands is grounded for purposeful action on the ground environment of working organs of modern agricultural machines at providing of the proper quality of implementation of technological operations in the plant-grower*

**Key words:** sensor, system of monitoring, technical systems, operative management.