

Система моніторингу урожайності сільськогосподарських культур

Сучасне сільськогосподарське виробництво вимагає отримання оперативної інформації про наявну врожайність сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим виникає необхідність використання систем моніторингу їх урожайності.

Ключові слова: точне землеробство, моніторинг, урожайність.

Вступ. Досліджувана проблема та її значення.

Точне землеробство — впровадження технологій у сільське господарство на основі ґрунтових картографічних одиниць.

В основі наукової концепції точного землеробства лежать уявлення про існування неоднорідностей в межах одного поля. Ця концепція вимагає обов'язково брати до уваги локальні особливості ґрунту, кліматичні умови. В окремих випадках це може дозволити легше встановити локальні причини хвороб або ущільнень [1, 2].

Технологія точного землеробства дозволяє побудувати роботу на основі інформації, зібраної в полі. Точне землеробство являє собою спосіб активнішого ведення господарства на полях з різними характеристиками [3, 4].

Найбільш поширеним елементом технологій точного землеробства (ТЗ) можна вважати операцію картографування (моніторингу) урожайності сільськогосподарських культур. Саме факт створення спеціалізованого обладнання для реєстрації кількості зібраної сільськогосподарської продукції з кожної елементарної ділянки поля обумовив поширення ідеї місцевизначеного менеджменту. Сьогодні існують технічні засоби картографування врожайності для багатьох культур: від зернових до цитрусових та бавовни (рис. 1).

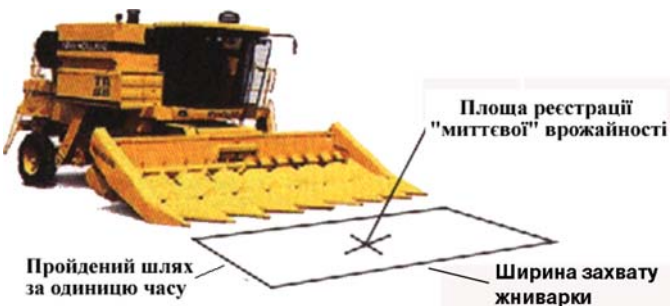


Рис. 1 – Принцип роботи системи картографування зернозбирального комбайна

Сучасні методи та засоби реєстрації властивостей ґрунту. Принцип роботи більшості систем досить простий: врожайність обчислюється як відношення потоку матеріалу до добутку швидкості руху і ширини захвату збирального комбайна.

Схему розміщення датчиків та обладнання для моніторингу врожайності наведено на рис. 2.

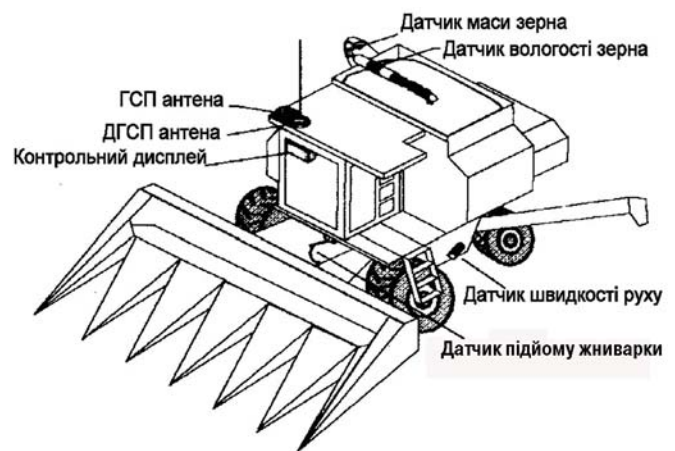


Рис. 2 – Мінімальний комплект обладнання для картографування врожайності

У будь-якому випадку кожен з установлених датчиків працює з певною похибкою, що в кінцевому результаті суттєво зменшує надійність вимірів в окремих точках поля. Так, на збиранні зернових похибку слід очікувати під час визначення таких параметрів, як інтенсивність потоку зерна, швидкість руху комбайна, дійсна ширина захвату комбайна, вологість зерна (використовується для компенсації нерівномірного вмісту вологи у зерні) тощо. Додатково існують об'єктивні фактори спотворення картограм урожайності, серед яких – непостійний час руху зерна від жнивarki до бункера (враховуючи повторний обмолот), втрати врожаю і похибка датчика координат ГСП при визначенні положення комбайна в полі. Для більшості зернозбиральних комбайнів час проходження зерна від зрізування рослини до вивантаження зерна в бункер становить 8-12 секунд. При цьому лише 30% зерна досягають датчика потоку матеріалу в зазначений час [5, 6, 7].

Основна частина. До комплекту обладнання для визначення координат комбайна в полі та реєстрації місцевизначеної врожайності входять (рис. 3): бортовий і два робочих комп'ютери, приймальна антена ГСП- та ДГСП-сигналу, контрольний дисплей (термінал), принтер, датчик маси зерна і датчик швидкості руху комбайна. Антену встановлюють на кабіні комбайна. Сигнали супутникової ГСП приймаються антеною і обробляються бортовим комп'ютером комбайна у складі контрольного дисплея і системного блока. Інформація про місцезнаходження комбайна в полі у

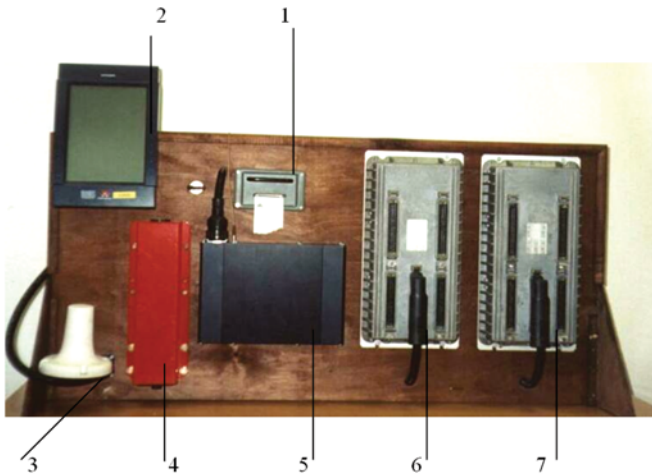


Рис. 3 – Обладнання системи картографування урожайності: 1 – принтер; 2 – контрольний дисплей (термінал); 3 – приймальна антена ГСП; 4 – датчик маси зерна; 5 – бортовий комп'ютер; 6, 7 – робочі комп'ютери

світових координатах (широта, довгота) виводяться на екран контрольного дисплею, а також записуються на магнітний носій – флеш-карту.

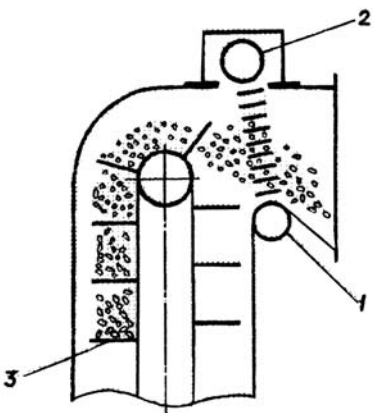


Рис. 4. Схема робочого процесу датчика маси зерна обладнання: 1 – джерело випромінювання; 2 – детектор; 3 – зерновий елеватор

Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовують датчик маси зерна, який складається з джерела γ -випромінювання 1 і детектора 2 (рис. 4).

Джерелом γ -випромінювання є контейнер з радіоактивним елементом Americium - 241. Контейнер має екран, який дає змогу утворювати необхідний потік променів лише в напрямку детектора.

Випромінювання в усіх інших напрямках виключається. Рівень радіаційного випромінювання при застосуванні такого датчика не шкодить здоров'ю людини. Детектор реєструє потік радіаційного випромінювання, який проходить через горловину зернового елеватора. Визначення маси зерна базується на вимірюванні величини потоку радіоактивного вимірювання з урахуванням того, що ослаблення цього потоку пропорційне масі зерна, яке проходить між джерелом γ -випромінювання і детектором.

На рис. 5 показано один з проходів зернозбирального комбайна (освітлена смуга АВ) на фоні картограми поля з урожайності озимої пшениці.

З рис. 5 видно, що врожайність сільськогосподарської культури по площі поля варіює в широких межах. Навіть у напрямку одного проходження комбайна по полю врожайність може змінюватись в кілька разів. З рисунка видно, що навіть на одному проході комбайна врожайність змінюється від 9 до 33 ц/га. Саме в таких випадках важко забезпечити рівномірне (в діапазоні раціональних режимів роботи) завантаження робочих

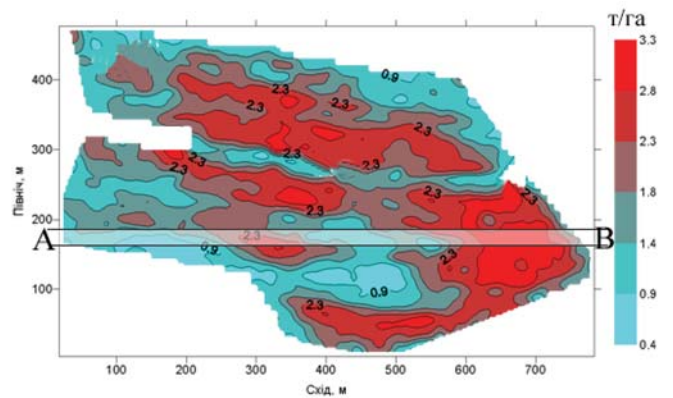


Рис. 5 – Один з проходів (освітлена смуга АВ) комбайна, що накладений на картограму врожайності (т/га) поля

систем комбайна. Значні зміни інтенсивності потоку зернового вороху (особливо пікові навантаження) негативно позначаються на витратах палива, якісних показниках збирання врожаю, зношенні деталей і вузлів машини та надійності зернозбирального комбайна в цілому, а також систем приводу внаслідок істотних силових збурень на робочих органах. Тобто, істотні коливання врожайності сільськогосподарських культур у напрямку руху збиральної машини негативно позначаються на роботі комбайна, якщо при цьому не змінювати відповідним чином кінематичні та технологічні режими функціонування. Нівелювати подібні явища можливо шляхом застосування систем автоматичного регулювання потоку вороху, що подається на робочі органи.

Ще в 60-х роках минулого сторіччя була запропонована система автоматичного регулювання завантаження молотарки зернозбирального комбайна хлібною масою з метою підвищення якості отриманого врожаю і уникнення пікових завантажень робочих органів, що може призвести до забивання пристроїв і зупинення їх роботи. Така система складається із датчика товщини шару хлібної маси полозкового типу, який встановлюється в похилій камері, а також низки додаткових елементів. Якщо товщина хлібної маси в похилій камері змінювалася, це викликає переміщення чутливого елемента датчика, сигнал з якого обробляється і кінцево шляхом дії на гідроциліндр керування варіатором швидкості руху комбайна змінюється швидкість комбайнування і одночасно з цим – інтенсивність подачі хлібної маси до комбайна.

Пізніше були запропоновані інші системи автоматичного завантаження робочих органів збиральних машин, зокрема спосіб регулювання режимами функціонування робочих органів і швидкості руху зернозбирального комбайна, який полягає у застосуванні ультразвуку для визначення рівня врожайності зернової культури безпосередньо перед жнивваркою комбайна. Отримана від датчика інформація обробляється в бортовому комп'ютері, в результаті чого видаються команди на зміну швидкості руху зернозбирального комбайна і відповідних регулювань робочих органів.

Недоліком наведених та інших існуючих способів регулювання режимами функціонування робочих органів та швидкості руху збиральної машини є сповільнений час реакції системи регулювання і виконавчих механізмів на зміну інтенсивності завантаження

молотарки комбайна (як показують дослідження, на це витрачається не менше 6-8 секунд). Це пояснюється тим, що збиральні машини складаються з технологічних вузлів (двигуна, молотарки, системи очищення тощо) з великими масо-габаритними характеристиками і моментами інерції. Тому, для переходу машини на інший режим роботи необхідний час, неврахування якого призводить до нерівномірної подачі вороху сільськогосподарської культури на молотильні, очищувальні та інші робочі органи комбайна.

В деяких випадках подібні системи автоматичного регулювання режимів функціонування робочих органів і швидкості руху комбайна не покращують, а навіть погіршують рівномірність завантаження силових агрегатів комбайна, і саме тому такі системи регулювання не знайшли широкого застосування. Необхідно мати такі системи автоматичного завантаження робочих органів комбайна, які б дозволяли завчасно (за 6-8 і більше секунд) передавати на регулювальні системи комбайна необхідні значення параметрів і режимів функціонування з тим, щоб забезпечити чітке відпрацьовування перехідних процесів, які відбуваються в механізмах комбайна.

Одним з шляхів вирішення задачі відпрацьовування необхідних перехідних процесів під час роботи збиральної машини є застосування прогностичних картограм врожайності поля як картограм-завдань на збирання сільськогосподарської культури.

Картографування прогнозованої врожайності поля може бути виконане за допомогою:

- моделі продуктивності поля, яка забезпечує прогноз врожаю на поточний вегетаційний період із застосуванням інформації про сорт сільськогосподарської культури, норми сівби, баланс вологості та поживних речовин;

- моделі врожаю, яка забезпечує прогноз процесів росту і розвитку рослин відповідно до фактичних агрономічних та метеорологічних умов з урахуванням процесів, що відбуваються у ґрунті, атмосфері і в самій рослині.

Основою для побудови зазначених математичних моделей слугують сучасні знання фізіологічних процесів, які впливають на формування врожаю.

В навчально-дослідному господарстві "Велико-снітинський" НУБіП України на полі № 1 (яра пшениця, сорт – Стависька) були проведені дослідження з реєстрації місцевизначеної врожайності пшениці у стадіях молочної та повної стиглості. Результати досліджень показали, що картограма врожайності пшениці у стадії молочної стадії стиглості (рис. 6) може слугувати прогностичним завданням для зернозбирального комбайна на виконанні операції збирання зернових на конкретному полі. На підставі цього був розроблено і сформульовано прогностичний спосіб управління механізованим процесом збирання зернових.

Суть цього способу пояснюється схемою (рис. 7) системи контролю і регулювання технологічними

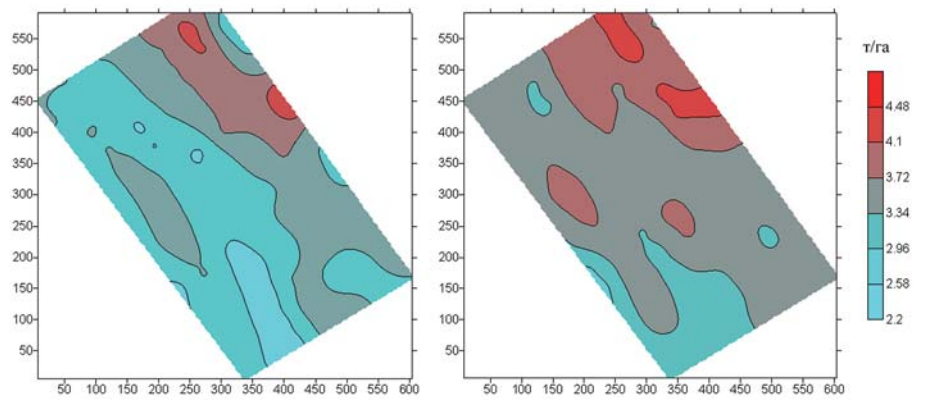


Рис. 6. Картограми врожайності зернових у стадії молочної (зліва) та повної стиглості

режимами роботи комбайна.

На борту машини є обладнання супутникової глобальної системи позиціонування (ГСП), бортовий комп'ютер, в який перед збиранням завантажується електронна картограма-завдання на збирання, отримана на підставі обробки даних з моніторингу процесів формування врожайності сільськогосподарської культури на конкретному полі, і це дозволяє керувати параметрами і режимами функціонування робочих органів зернозбирального комбайна шляхом вироблення бортовим комп'ютером сигналу оптимальних керуючих дій з випередженням ΔT (6-8 секунд) і передачею цих сигналів на систему регулювання технологічними режимами роботи комбайна.

В процесі роботи комбайна 1 за допомогою системи датчиків 2 визначаються в реальному часі такі параметри і режими роботи комбайна, як частота обертання молотильного барабана, кінематичні параметри функціонування системи очищення тощо, а також швидкість V руху машини. За допомогою глобальної системи позиціонування 3 обчислюються координати, в яких знаходиться комбайн у даний момент часу, а бортовий комп'ютер 4 розраховує координати точки поля, в якій збиральна машина буде через проміжок часу, що дорівнює ΔT . Для цих координат з електронної картограми-завдання 5 зчитуються дані про рівень і стан врожайності сільськогосподарської культури, далі проводиться (на підставі моделі оптимального регулювання) обробка комплексу навігаційної та телеметричної інформації про стан функціонування комбайна і випрацьовується сигнал оптимальної керуючої

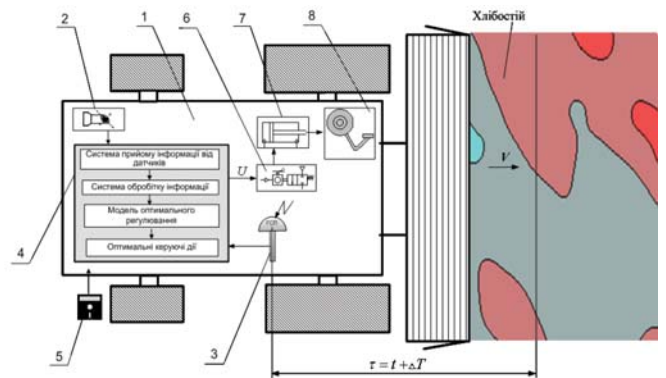


Рис. 7. Блок-схема системи прогностичного способу регулювання режимами функціонування комбайна

дії U , який передається на розподільник 6 (гідравлічного, пневматичного, електричного тощо типу). За допомогою виконавчого механізму 7 відбувається зміна режимів роботи об'єкта автоматичного керування 8 (наприклад, варіатора швидкості руху). Враховуючи те, що керування режимами роботи комбайна виконується з випередженням ΔT , досягається рівномірне завантаження комбайна хлібною масою, а значить, і підвищення надійності виконання технологічного процесу.

Висновки. Аналіз існуючих способів та технічних засобів для збору місцевизначених параметрів про стан сільськогосподарського поля, з точки зору ефективності їх застосування в інформаційному землеробстві, показує, що їх основними недоліками є великий проміжок часу на обробку та отримання даних, низька продуктивність проведення спостережень, зокрема при використанні контактних способів збору місцевизначених параметрів. Вадами також є високі затрати фізичної енергії і довгий період проведення постпроцесів, що призводить до старіння інформації та невідповідності її реальному стану поля.

Таким чином, для використання в СТЗ пріоритетним є прогностичний спосіб регулювання режимами функціонування комбайна. Запропонована блок-схема та реалізовано прогностичний спосіб регулювання режимами функціонування комбайна, що дозволяє оптимізувати та забезпечити оптимальні умови роботи комбайна.

Список літератури

1. Аніскевич Л.В. Технології точного землеробства/Л.В. Аніскевич, В.І. Адамчук//Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2006. – № 101. – С. 8–27.
2. Кравчук В. І. Місцевизначені технології в системі точного землеробства/ В.І. Кравчук, Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, Г.Л. Баранов//Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ, 2000. – № 29. – С. 194-201.
3. Кравчук В. Интегрированная система технологий керованого землеробства / В. Кравчук, С. Любченко, О. Ковтуненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13 (27). – С. 117–119.
4. Погорілий Л. До практичної реалізації моніторингу ґрунтів у системі точного землеробства / Л. Погорілий, В. Івасюк, О. Соломаха // Техніка АПК. – 2002. – № 10–11 – С. 8–9.
5. Oltean, Gh., Cramariuc, R., Oltean, M.I., Ianosi, M., Turcu C., Pamfi, Gh., Aldea, C. Using Soil Electrical Conductivity Maps in Improving the Potato Crop Technology in Precision Farming. Abstracts of papers and posters, 16th Triennial Conference of the EAPR 2005, July 17-22, Bilbao, BI-1.688-05, Spain, p. 544-556.
6. Pierce F. Aspects of precision Agriculture. Vol. 67/ F. Pierce, P. Nowak // Advances in Agronomy. – San Diego: Academic Press, 1999. – P. 81–85.
7. Кочубей С.М. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики / С.М. Кочубей, Н.Н. Кобец, Т.М. Шадчина. – К.: Наукова думка, 1990. – 135 с.

Анотация. Современное сельскохозяйственное производство требует получения оперативной информации об имеющейся урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим возникает необходимость использования систем мониторинга их урожайности.

Summary. Modern agricultural production requires the receipt of operative information about present productivity of agricultural cultures. For providing of receipt of operative information about productivity of agricultural cultures there is the necessity of conducting of the use of the systems of monitoring of productivity of agricultural cultures.

Стаття надійшла до редакції 22 березня 2014 р.