

УДК 636.3(084.3)

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ – ЗА ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУВАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

В. Кравчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,
В. Погорілий, Л. Шустік, канд. техн. наук,
С. Любченко, В. Гусар, канд. техн. наук,
УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого

Викладено результати досліджень розвитку сільськогосподарських машин із застосуванням інформаційно-керівних систем.

Ключові слова: сільськогосподарські машини, інформаційно-керівні системи, інноваційні агротехнології.

Актуальність проблеми. Людство наблизилось до стану, який характеризується збільшенням кількості населення, зменшенням виробництва продовольства на душу населення, зростанням кількості енергії, що витрачається на виробництво одиниці продуктів харчування і щораз численнішими екологічними проблемами, викликаними його життєдіяльністю. Тому сьогодні основним завданням є забезпечення населення безпечними продуктами харчування за мінімального впливу на довкілля і за обмежених ресурсів виробництва.

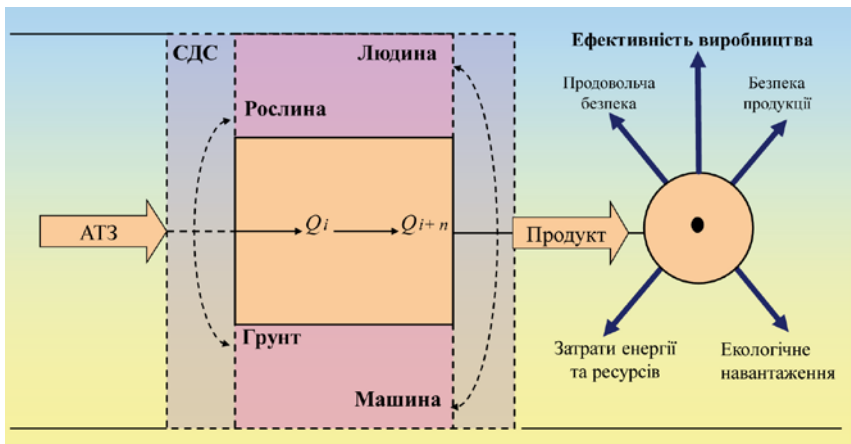






Рисунок 1 – Структурно-функціональна схема виробництва продукції рослинництва з адаптацією технологій (Q) в системі «ґрунт-рослина-людина-машина-навколишнє середовище» [2]

Викладення основного матеріалу. З інженерної точки зору базовим питанням виробництва сільськогосподарської продукції є вирішення триєдиного завдання: підвищення ефективності виробництва на основі раціонального використання машин і агрегатів, зниження витрат енергії (ресурсів) і зниження екологічного навантаження [1]. Збільшити виробництво безпечної сільськогосподарської продукції можливо тільки за умови впровадження інноваційних агротехнологій з урахуванням результатів функціонально-структурного аналізу системи «грунт-рослина-людина-машина-навколишнє середовище» (рис. 1).

Сьогодні в Україні найбільшого поширення набули чотири системи обробітку ґрунту (табл. 1): традиційна – на базі оранки; консервувальна – на базі глибокого безполицевого розпушування; мульчувальна – на базі дрібного розпушування і система обробітку ґрунту з елементами mini-till [3].

Таблиця 1 – Застосування технологічних операцій в різних системах обробітку ґрунту

Технологічні операції (Qі) Система обробітку ґрунту	Збирання і подрібнення рослинних решток	Моніторинг ґрунтів	Внесення добрив	Мульчування	Хімічна обробка	Основна обробка ґрунту	Сієва	Диференційоване внесення добрив	Захист рослин у процесі вегетації
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
З елементами mini-till (Mт) На базі поверхнево-розпушування 	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Мульчувальна (М) На базі мілкового розпушування 	+	+	+	+	-	Мульчування	+	+	+
Консервувальна (К) На базі глибокого розпушування 	+	+	+	-	-	Чізнавання	+	+	+
Традиційна (Т) На базі оранки 	+	+	+	-	-	Оранка	+	+	+
Дефрагментація МТП: - ранжування за показниками якості виконання технічних операцій і надійності машин; - універсализація - інтелектуалізація	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	-	-	+	+	+	3+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+

На основі цих систем формуються агротехнології з набором відповідних технологічних операцій (Q_і):

$$\{ T, Do, M, Mk \bigcup_{i} Q_i \} \subset СДС$$

У процесі підбору складу машинно-технологічних комплексів необхідно забезпечити ранжування за показниками якості виконання технологічного процесу і надійності машин, а також універсализацію та інтелектуалізацію (у нашому випадку цей процес визначено як дефрагментація машинно-

тракторного парку). Задекларовані вимоги до елементів агротехнологій знаходять свої підтвердження в процесі додаткових досліджень агрономічних показників у процесі виконання технологічних операцій.

Зокрема, результати вимірювання щільності орного шару ґрунту (на прикладі озимої пшениці) свідчать, що консервувальна і традиційна технології обробітку ґрунту в період сівби і кушіння призводять до його надмірного ущільнення, наслідком чого є несприятливі ґрунтові умови для висіву і проростання насіння (рис. 2). Забезпечити допустиму щільність ґрунту в процесі його обробітку можна з використанням інформаційно-керувальних систем (ІКС).

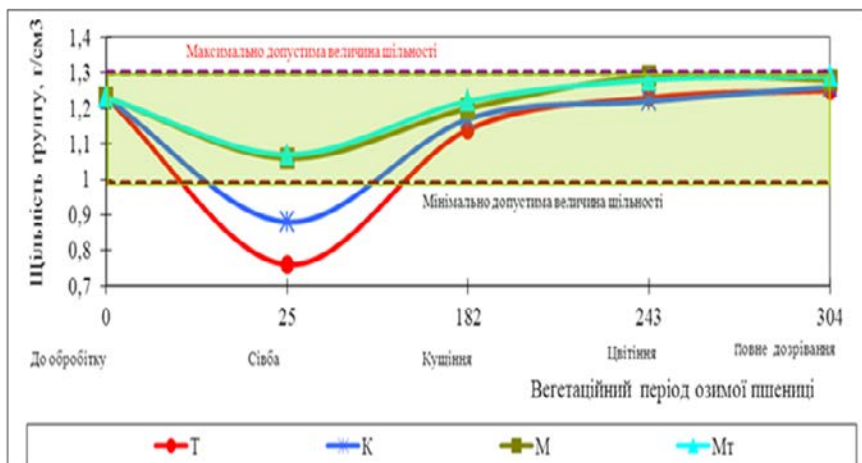


Рисунок 2 – Динаміка щільності в орному шарі ґрунту за різних систем його обробітку (на прикладі озимої пшениці), г/см

Аналогічні результати отримані в процесі досліджень динаміки забур'яненості посівів (рис. 3). Пік забур'яненості відзначено в стадії кушіння за використання мульчувальної системи і системи обробітку ґрунту з елементами mini-till, що призводить до додаткових витрат на засоби боротьби з бур'янами і, як наслідок, посилює негативний вплив на навколишнє середовище. Таким чином, технічні засоби повинні бути укомплектовані ІКС для моніторингу росту бур'янів і диференційованого внесення пестицидів.

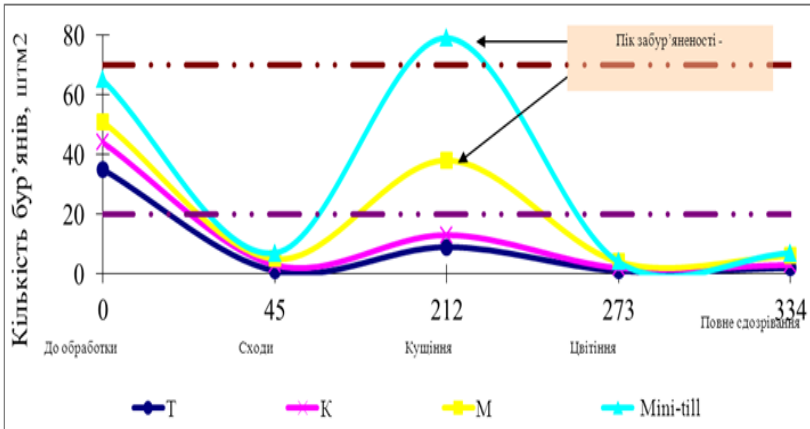


Рисунок 3 – Динаміка з забур'яненості озимої пшениці за різних систем обробітку ґрунту, шт./м²

Використовуючи такі підходи, в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розроблено раціональну систему технологічних операцій і комплексів адаптованих машин - проєкт «АгроОлімп», в якому відібрані машини за надійністю та універсалізацією, укомплектовані відповідними ІКС, що дозволяє на кожній операції отримувати певний економічний ефект (табл. 2) [4]. У перспективі для формування системи машин і технологічних операцій необхідно використовувати багатокритеріальну оптимізацію.

Таблиця 2 – Раціональна система технологічних операцій і адаптованих комплексів машин (проєкт «АгроОлімп»)

№	Назва операції	Перелік машин	Інформаційно –керівні засоби	Ефективність системи
1	2	3	4	5
Q ₁	Збирання, подрібнення і розподіл поживних залишків на полі	Комбайн зернозбиральний CLAAS TUCANO 430 Комбайн зернозбиральний КЗС-9-1 Комбайн зернозбиральний ACROS 530	Бортова система CEBIS CLAAS	Визначення проблемних ділянок; Об'єктивний контроль рівня урожайності по полю; Оцінка адаптованості складових технологій до ґрунтових умов
Q ₂	Моніторинг стану ґрунту	Навісний пробовідбірник НПГ-1,0 Пробовідбірник AgriLand	Программно - апаратний комплекс «Унава»	Зниження витрат добрив на 15%; Підвищення урожайності на 10%

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
Q ₃	Внесення добрив за результатами моніторингу ґрунту	Розкидач мінеральних добрив МВД-900 Розкидач мінеральних добрив МРД-4	Програмно - апаратний комплекс «Сула»	Зниження витрат добрив на 15%; Підвищення якості продукції на 20% Підвищення ефективності праці на 20%
Q ₄	Мульчування ґрунту	Борона дискова легка причіпна БДВП-8 Лушпильник дисковий гідрофікований ЛДГ-10М	Навігаційне обладнання TeeJet Centerline, CLAAS Copilot TS	Усунення перекрить і огрівів; Зниження затрат технологічних матеріалів на 15% Підвищення продуктивності праці на 15%
Q ₅	Хімічна прополка бур'янів у системі з елементами MINI-TILL	Причіпний обприскувач PRIMUS 25	Навігаційне обладнання TeeJet Centerline, CLAAS Copilot TS	Усунення перекрить і огрівів; Зниження затрат технологічних матеріалів на 15% Підвищення продуктивності праці на 15%
Q ₆	Оранка в традиційній системі	Плуг обертовий ПО-5	Навігаційне обладнання TeeJet Centerline, CLAAS Copilot TS	Усунення перекрить і огрівів; Зниження затрат технологічних матеріалів на 15% Підвищення продуктивності праці на 15%
	Чизелювання в консервувальній системі	Чизель дископак навісний ЧД-40-2		
	Мілкий обробіток у мульчувальній системі	Культиватор лемішно-дисковий КЛД-3		
Q ₇	Сівба з передпосівною культивацією	Сівалка рядкова «Рапид» RD Сівалка Horsch Pronto 4DC Посівний комплекс Компакт Солітер 9/400HD	Навігаційне обладнання Outback S3 Базова станція RTK BASELINE HD	Підвищення продуктивності праці на 10% Підвищення урожайності на 10%
Q ₈	Диференційоване забезпечення рослин поживними речовинами в процесі вегетації	Распределитель минеральных удобрений МВД-900 Распределитель минеральных удобрений Axis 30.1	Обладнання для диференційованого внесення добрив N-sensor	Зниження витрат добрив на 15%; Підвищення якості продукції на 20%
Q ₉	Захист рослин у процесі вегетації	Причіпний обприскувач PRIMUS 25 Причіпний обприскувач Pilmet Europa 2500	Навігаційне обладнання TeeJet Centerline, CLAAS Copilot TS	Усунення перекрить і огрівів; Зниження затрат технологічних матеріалів на 15% Підвищення продуктивності праці на 15%

Запропонований склад адаптованих машин дозволяє впровадити диференційовані і найбільш ефективні агротехнології вирощування зернових культур: пшениці – на базі консервувального обробітку ґрунту, ячменю – технології з елементами mini-till, гороху – мульчувальної, гречки – консервувальної, сої – традиційної технології.

Багаторічний досвід впровадження диференційованої системи обробітку ґрунту і агротехнологій на базі адаптованих машин підтверджує зниження капіталовкладень, збільшення валового виробництва зернових і підвищення його рентабельності (табл. 3).

Таблиця 3 – Ефективність використання систем обробітку ґрунту з адаптованим комплексом машин (господарство з площею 2500 га)

Назва показника	Системи обробітку				
	Традиційна	Консервувальна	Мульчувальна	Mini-till	Диференційована
Капіталовкладення на технічне переоснащення	15,8	14,0	13,9	11,9	14,0
Натуральні показники					
Витрата палива, л/га	72	61	53	44	58
Валовий збір, тис. тонн	10,0	9,5	9,3	8,8	10,5
Вартісні показники					
Валові витрати, млн. грн.	10,9	10,6	10,4	9,8	10,4
Валовий дохід, млн. грн.	16,1	15,2	14,8	13,9	16,9
Прибуток, млн. грн.	5,2	4,6	4,4	4,1	6,5
Рентабельність %	47,7	43,4	42,3	41,8	62,5

На основі результатів багаторічних польових досліджень в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого сформульована концепція адаптації сільськогосподарських машин із застосуванням інформаційно-керівних засобів (рис. 4).

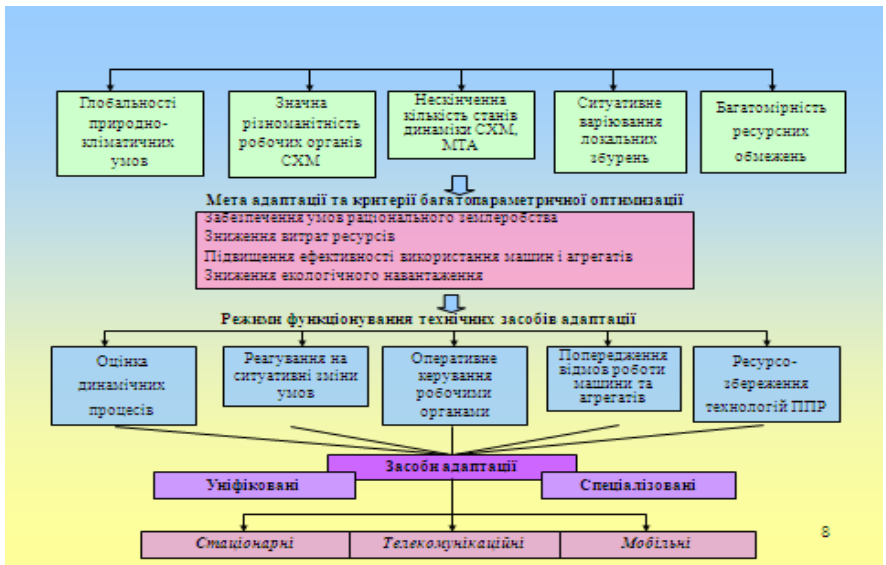


Рисунок 4 – Концепція адаптації сільськогосподарських машин із застосуванням інформаційно-керівних засобів [5]

Її мета визначається критеріями багатопараметричної оптимізації і полягає в забезпеченні умов раціонального землеробства, зниженні затрат ресурсів, збільшенні ефективності використання машин і агрегатів, зниженні екологічного навантаження з урахуванням зміни природно-кліматичних умов, значної різноманітності робочих органів сільськогосподарських машин, множинності станів динаміки машинно-тракторних агрегатів, ситуативного варіювання локальних впливів і багатовимірності ресурсних обмежень. Ця мета визначає режими функціонування технічних засобів, оцінку динамічних процесів, реагування на ситуативні зміни умов, оперативне управління робочими органами, попередження відмов роботи машин і агрегатів, а також ресурсозбереження. Концепція є першим етапом застосування ІКС на сільськогосподарських машинах, накопичення бази даних і знань, переходу на другий, більш складний етап наукових досліджень – етап програмування, управління, експертизи і багатокритерійного оцінювання агробіотехнологій.

Іншим прикладом практичної реалізації описаних підходів є інтегрована система керованого землеробства, розроблена в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (рис. 5):



Рисунок 5 – Алгоритм системи керованого землеробства
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Відповідно до наведеного алгоритму, система керованого землеробства будується на принципах моніторингу агоресурсних систем, адаптації агротехнологій на базі машинно-тракторного парку і системи екологічного керування, яка включає програмування, гарантовано-адаптивне керування і багатокритерійну експертизу [5]. Усі елементи інтегрованої схеми об'єднуються інформаційно-керувальною системою.

В УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого впродовж ряду років проводиться моніторинг агоресурсних систем з використанням засобів дистанційного зондування Землі. Використовуючи базу даних про стан навколишнього середовища (яка описується більше ніж 20-ма показниками на глибину до 30 років), а також інформацію поточних спостережень, співробітники інституту проводять дослідження, пов'язані з прогнозуванням врожайності основних сільськогосподарських культур у кожній області України.

Принципи дефрагментації машинно-тракторних агрегатів базуються на розробленій в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого науково-практичній методології ранжування, універсалізації та інтелектуалізації сільськогосподарської техніки.

Ранжування передбачає визначення і вибір кращої машини типорозмірного ряду шляхом аналізу показників призначення, якості виконання нею технологічного процесу, економії палива, надійності, технологічності, ергономічності та безпеки. Універсалізація передбачає вибір машини за її придатністю до використання на декількох технологічних операціях, а також пристосованості до здійснення декількох функцій. Інтелектуалізація передбачає використання засобів автоматизованого контролю якості та керування технологічним процесом, пов'язаних з системами просторово-часового позиціонування.

Використовувати елементи системи слід з урахуванням функцій ґрунту, рослин і мікроорганізмів, а також максимального використання їх потенціалу в процесі виробництва продуктів харчування. З урахуванням викладеного, в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого розроблено і реалізовано проект «Біотехнологія» [6] (рис. 6).



Рисунок 6 – Структурно-логічна схема проекту «Біотехнологія»

Техніко-технологічне забезпечення проекту «Біотехнологія» припускає реалізацію восьми окремих технологічних операцій (табл. 4).

Матриця дефрагментованого парку машин має три альтернативні варіанти техніко-технологічних рішень. Перший з них базується на одноопераційних машинах, другий і третій – на впровадженні технічних рішень, що об'єднують дві операції в одну, чим досягається комплексний ефект, який має агротехнічну, економічну і біотехнологічну складові. Пропоновані два інших суміщених варіанти – «одночасне внесення біодеструктора + загорання стерні» або «загорання стерні + висів сидерата» є альтернативними прийомками.

Решта операцій є загальними для всіх трьох альтернативних варіантів техніко-технологічних рішень. Комплекс цих технологічних операцій дозволяє закласти сидерат і збагатити орний шар органічною речовиною, провести глибоке розпушення для забезпечення оптимального водно-повітряного і теплового балансів ґрунту, а також прискорити розвиток мікроорганізмів і забезпечити надбавку урожаю.

Таблиця 4 – Дефрагментація машинно-тракторного парку –
вибір його прийнятної структури на принципах
ранжування, універсалізації та інтелектуалізації

Назва операції	Перелік машин			Засоби інтелектуалізації	Ефективність системи
Збирання зернових культур	Жниварка обчислююча ЖОН-8 із зернозбиральним комбайном «Акрос 530».			Бортова система CEBIS CLAAS	Об'єктивний контроль рівня врожайності на полі
Внесення біодеструктора стерні	Обприскувач ОП-2000	<i>Агрегат для внесення біодеструктора АГБЗ-4</i>	Обприскувач ОП-2000	Навігаційне устаткування Outback S3 Базова станція RTK BASELINE HD	Посадження операцій – економія ресурсів (капкладень, персоналу); усунення перекриття і огріхів; зниження витрат технологічних матеріалів на 15%; підвищення продуктивності праці на 15%; підвищення врожайності до 15%;
Загортання стерні	Борона дискова БДПП-8		Дископак Д-4 з посівним модулем Turbo-Jet		
Сівба сидерата	Сівалка зернотукова СЗМ-4 «Ніка»				
Дискування сидерата	Агрегат універсальний дисковий УДА-4,5				
Безвідвальний обробіток ґрунту	Чизель-глиборозпушувач ЧГ-40-02				
Посів культури	Сівалка механічна СЗМ-4 «Ніка», універсальна сівалка УПС-8/12				
Догляд за посівами	Обприскувач ОП-2000				

Результати застосування біотехнології на основі дефрагментованого машинно-тракторного парку з використанням ґрунтових і ендоефітних мікроорганізмів для прискореного розкладання поживних залишків і сидеральних добрив для прискореного залучення до кругообігу живильних речовин агробіоценозу свідчать про її ефективність, зокрема, з'являється можливість підвищувати вміст органічної речовини в ґрунті, збільшувати запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, підвищити врожайність і поліпшити показники економічної ефективності вирощування зернових культур.

Література

1. Кравчук В.І. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин. Монографія. – К.: НАУ, 2005. – 208 с.
2. Гуков Я.С., Дрінча В.М. Ресурси і пріоритети агроінженерної науки / Я.С.Гуков, В.М. Дрінча. – К.: Фенікс, 2012. – 536 с.

3. Кравчук В., Хомішинець В., Пономар Ю., Погорілій В., Шустік Л., Рожанський О. Ефективність диференційованої системи обробітку ґрунту в короткоротаційній польовій сівозміні // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 7 (34). – С. 11-15.

4. Кравчук В., Погорілій В., Шустік Л. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур: Проект «Агроолімп 150» // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 1. – С. 22-27.

5. Кравчук В., Любченко С., Козелков С., Баранов Г. Прогноз розвитку технологій виробництва продукції рослинництва з використанням інформаційно-керуючих засобів // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 4 (7). – С. 4-5.

6. Кравчук В.І., Новохацький М.Л., Нілова Н.П., Центіло Л.В. Досвід застосування біотехнологій у вирощуванні сільськогосподарських культур з використанням ендofітних та ґрунтових мікроорганізмів // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 7(34). – С. 19-22.

Аннотація

Изложены результаты исследований развития сельскохозяйственных машин с применением информационно-руководящих систем

Summary

The results of studies of agricultural machinery using information management systems are presented.