

physical-mechanical and agro biological the condition of soil and plant environments allow you to save 10-25% of technological material subject to increase productivity of agricultural crops.

Key words: agricultural technologies, the differential application of fertilizers, operational monitoring, signal converters, technical systems.

УДК 631.3:528.8:681.518

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ

В. Г. Мироненко д.т.н., проф. . E-mail: mironenko1952@ukr.net - Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины

А. А. Броварец к.т.н - Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

РЕЗЮМЕ

Цель. Техническое обеспечение локально-полосного дифференцированного внесения минеральных удобрений на основе оперативного мониторинга изменчивости параметров сельскохозяйственного поля.

Методы. Анализ современных методов мониторинга состояния почвы. Синтез технических средств для оперативного мониторинга почв на основе данных регистрации электропроводных свойств почвы сенсор-электродами. Математическое моделирование процесса аналого-цифрового преобразования сигнала сенсор - электродов относительно электропроводных свойств почвы.

Результаты. Модель технической системы для оперативного контроля электропроводных

свойств почвенной среды. Классификация аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей информации.

Выводы. Технические средства дифференцированного внесения минеральных удобрений на основе данных мониторинга физико-механического и агробиологического состояния почвенной и растительной среды позволяют экономить 10-25% технологических материалов при условии повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: агротехнологии, дифференцированное внесение удобрений, оперативный мониторинг, преобразователи сигналов, технические системы.

Проблема. Істотно підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва можливе за рахунок оперативного та ціле-направленого керування якістю виконання технологічних операцій у рослинництві. Важливе значення при вирішенні цієї задачі має моніторинг стану сільськогосподарських угідь. Сучасна альтернатива традиційному агрохімічному обстеженню – контактні та безконтактні методи на основі електромагнітних явищ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з перспективних напрямків використання опосередкованої інформації про стан ґрунту з надійним алгоритмом перерахунку такої інформації в об'єктивно необхідні дані являються показники електричної провідності ґрунту та магнітні властивості.

Найчастіше це вимірювання, реєстрація, обробка, аналіз і тлумачення електропровідних та електромагнітних властивостей ґрунту, що дає

можливість визначити гранулометричний (механічний) склад ґрунту, вміст органічної речовини, солей, вологість, виділити ґрунтові контури і оцінити неоднорідність ґрунтових властивостей в цілому [1-7].

Недоліком існуючих способів моніторингу електропровідних властивостей ґрунтового середовища є значна похибка при визначенні, яка обумовлена складом робочого обладнання.

Мета дослідження. Технічне забезпечення локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив на основі оперативного моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля.

Результати досліджень. Локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив може бути здійснене за допомогою спеціального індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення

мінеральних добрив з використанням пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля. На основі даних вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті (реєстрація електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами, які розміщуються спереду на транспортному засобі під час виконання технологічної операції), забезпечується раціональна норма внесення поживних речовин у ґрунт.

Це можливо шляхом отримання достовірних даних про стан ґрунтового середовища шляхом зменшення похибки при визначенні величини електропровідних властивостей ґрунту та зменшення інтенсивності руйнування структури ґрунту, забезпечення стабільності електричного контакту електрода з ґрунтом, використання інтегруючих аналого-цифрових перетворювачів технічних системи локального моніторингу електропровідних властивостей ґрунтового середовища

Поставлене завдання досягається шляхом використання електродної пари, яка розміщується на рухомому транспортному засобі та постійно занурена у ґрунт (рис. 1).

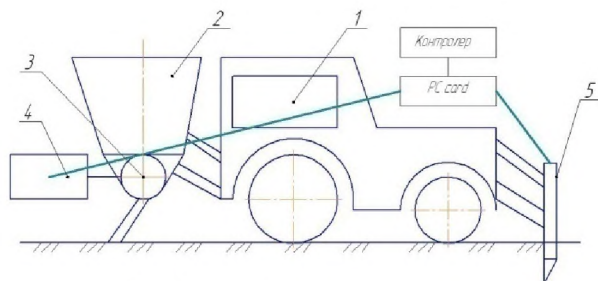


Рис.1. Схема машини для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив з пристроєм для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського.

1 - транспортний засіб; 2 - машина для внесення мінеральних добрив; 3 - пристрій для внесення технологічного матеріалу; 4 – індивідуальний привід; 5 – електродна пара

Fig. 1. General view of the machine locally-belt differentiated fertilization with a device for monitoring the variability of agricultural options. 1 - transport vehicle; 2 - machine for entering mineral fertilizers; 3 - a device for introducing of technological material; 4 - individual drive; 5 - electrode pair

Пристрій складається з транспортного засобу 1, машини для внесення мінеральних

добрив 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, пристрою для внесення технологічного матеріалу 3, спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив 4 та електродної пари 5, які розміщуються спереду на транспортному засобу 1, контролера, PC card з магнітним носієм.

Пристрій працює наступним чином: при переміщенні транспортного засобу 1 з машиною для внесення мінеральних добрив 2, що розміщується позаду транспортного засобу 1, відбувається локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив за допомогою пристрою для внесення технологічного матеріалу 3 та спеціального пристрою індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив 4 з використанням даних від пристрою для моніторингу електропровідних властивостей ґрунтового середовища 5. Пристрій для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля працює шляхом вимірювання вмісту поживних речовин у ґрунті – реєстрацією електропровідних властивостей ґрунту сенсор-електродами. Контролер отримує дані від пристроїв для моніторингу варіабельності параметрів сільськогосподарського поля та керує спеціальним пристроєм індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив. Дані отримані від пристроїв для моніторингу записуються у вигляді електронної карти на PC card з магнітним носієм з прив'язкою до координат місцезнаходження за допомогою системи DGPS. На PC card з магнітним носієм електронної карти можливий запис даних від пристроїв для моніторингу (картограма завдання) та реалізації змінних норм внесення мінеральних добрив (технологічного матеріалу) – електронна карта (картограма реалізація).

Важливою складовою є контролер, основою якого є аналого-цифрові підсилювачі-перетворювачі. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) це пристрої, які приймають вхідні аналогові сигнали та генерують відповідні до них цифрові сигнали, які придатні для обробки мікропроцесорами та іншими цифровими пристроями.

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) це пристрої, котрі приймають вхідні аналогові сигнали та генерують відповідні до них цифрові сигнали, які придатні для обробки мікропроцесорами та іншими цифровими пристроями.

Принципово не виключена можливість безпосереднього перетворення різних фізичних величин в цифрову форму, однак це завдання вдається розв'язати рідко, через складність таких перетворювачів. Тому, зараз найраціональнішим вважається спосіб перетворення різних за фізичною природою величин спочатку в функціонально пов'язані з ними електричні, а потім уже за допомогою перетворювачів напруга – код – в цифрові. Саме ці перетворювачі і мають на увазі, коли говорять про АЦП.

Процедура аналого-цифрового перетворення неперервних сигналів, яку реалізують за допомогою АЦП, це перетворення неперервної функції часу $U(t)$, яка описує вхідний сигнал, у послідовність чисел $\{U(t_j)\}$, $j = 0, 1, 2, \dots$, що віднесені до деяких фіксованих моментів часу. Цю процедуру можна розділити на дві самостійні операції: дискретизацію і квантування.

Найпоширенішою формою дискретизації, як зазначалось, є *рівномірна дискретизація*, в основі якої лежить теорема відліків. Згідно з цією теоремою, як коефіцієнти a_j потрібно використовувати миттєві значення сигналу $U(t_j)$ в дискретні моменти часу $t_j = j\omega t$, а період дискретизації вибирати з умови:

$$t = 1/2F_m \quad (1)$$

де F_m – максимальна частота спектра сигналу, що перетворюється.

Тоді отримаємо відомий вираз теореми відліків:

$$U(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} U(j\omega\Delta t) \frac{\sin[2\pi F_m(t - j\Delta t)]}{2\pi F_m(t - j\Delta t)} \quad (2)$$

Для сигналів із суворо обмеженим спектром цей вираз є тотожністю. Однак

спектри реальних сигналів прямують до нуля тільки асимптотично. Застосування рівномірної дискретизації до таких сигналів викликає виникнення в системах обробки інформації специфічних високочастотних спотворень, які зумовлені вибіркою. Для зменшення цих спотворень необхідно або збільшувати частоту дискретизації, або використовувати перед АЦП додатковий фільтр нижніх частот, який обмежуватиме спектр вхідного сигналу перед його аналого-цифровим перетворенням.

У загальному випадку вибір частоти дискретизації буде залежати від вигляду функції $f_j(t)$, що використовується в першій формулі розділу та допустимого рівня похибок, які виникають при відновленні початкового сигналу за його відліками. Усе це необхідно враховувати при виборі частоти дискретизації, яка визначає необхідну швидкодію АЦП. Часто цей параметр задають розробнику АЦП.

Розглянемо докладніше місце АЦП при виконанні операції дискретизації.

Для досить вузькосмугових сигналів операцію дискретизації можна виконувати за допомогою самих АЦП і суміщати таким чином з операцією квантування. Основною закономірністю такої дискретизації є те, що за рахунок скінченного часу одного перетворення та невизначеності моменту його закінчення, який, у загальному випадку, залежить від параметрів вхідного сигналу, не вдається отримати однозначної відповідності між значеннями відліків та моментами часу, до яких їх потрібно віднести. В результаті при роботі із сигналами, які змінюються в часі, виникають специфічні похибки, динамічні за своєю природою, для оцінки яких вводять поняття апертурної невизначеності, яка переважно характеризується апертурним часом.

Апертурним часом t_a називають час, протягом якого зберігається невизначеність між значенням вибірки та часом, до якого вона відноситься. Ефект апертурної невизначеності проявляється або як похибка миттєвого значення сигналу при заданих моментах вимірювання, або як похибка моменту часу, в який проводиться вимірю-

вання при заданому миттєвому значенні сигналу. При рівномірній дискретизації наслідком апертурної невизначеності є виникнення амплітудних похибок, які називаються апертурними та чисельно рівні приростові сигналу протягом апертурного часу.

Якщо використовувати іншу інтерпретацію ефекту апертурної невизначеності, то її наявність викликає "тремтіння" істинних моментів часу, в які беруться відліки сигналу, відносно моментів, які рівновіддалені на осі часу. В результаті замість рівномірної дискретизації зі строго постійним періодом проводиться дискретизація з флюктуючим періодом повторення. Це викликає порушення умов теореми відліків та появи уже розглянутих апертурних похибок в системах цифрової обробки інформації.

Таке значення апертурної похибки можна визначити, розклавши вираз для вхідного сигналу в ряд Тейлора в околі точок відліку, який для i -ї точки має вигляд:

$$U(t) = U(t_j) + t_a U'(t_j) + \frac{t_a^2}{2} U''(t_a) + \dots \quad (3)$$

та в першому наближенні дає апертурну похибку:

$$\Delta U_a(t_j) \approx t_a U'(t_j) \quad (4)$$

де t_a – апертурний час, який для розглянутого випадку в першому наближенні є часом перетворення АЦП.

Зазвичай для оцінки апертурних похибок використовують синусоїдальний випробувальний сигнал $U(t) = U_m \sin \omega t$.

Якщо прийняти, що для N -розрядного АЦП з роздільною здатністю 2^{-N} апертурна похибка не повинна перевищувати кроку квантування (рис. 2), то залежність між частотою сигналу ω , апертурним часом t_a та відносною апертурною похибкою буде такою:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^N = \omega t_a.$$

Для забезпечення дискретизації синусоїдального сигналу частота якого 100 кГц з похибкою 1%, час перетворення АЦП повинен бути рівним 25 нс. У той же час за допомогою такого швидкодіючого АЦП

принципово можна дискретизувати сигнали, які мають ширину спектра біля 20 МГц. Таким чином, дискретизація за допомогою АЦП викликає суттєве розходження вимог між швидкодією АЦП та періодом дискретизації. Це розходження досягає 2...3 порядків та дуже ускладнює і здорожує процес дискретизації, оскільки навіть для порівняно вузькополосних сигналів потребує досить швидкодіючих АЦП.

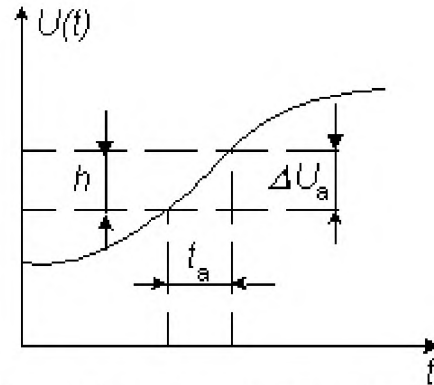


Рис. 2. Утворення апертурної похибки для випадку, коли вона дорівнює крокові квантування

Fig. 2. Formation Aperture of error when it is motors quantized

Результатами попередніх досліджень та проведених розрахунків встановлено, що перехід від суцільного до локально-дозованого або диференційованого внесення мінеральних добрив на основі оперативно отриманої інформації (в режимі on-line, коли дані збираються одночасно з виконанням технологічної операції) про агрофізичний та біологічний стан поля дозволяє зменшити на 10-25% витрати добрив при підвищенні урожайності сільськогосподарських культур.

Висновки

Запропонована технічна система дозволяє забезпечити диференційне внесення мінеральних добрив на основі даних моніторингу фізико-механічного та агробіологічного стану ґрунтового і рослинного середовища шляхом вимірювання електропровідних властивостей ґрунту, а також вимірювання спектрів відбиття рослинного покриву.

Забезпечення підбору оптимальної площі живлення рослин з врахування просторової

неоднорідності ґрунтового покриву дозволяє зекономити 10-25% технологічного матеріалу

і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур.

Бібліографія

1. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [Scientific WorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.

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., Мойсеєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: 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. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві. Монографія, НАУ – К., 2005. – 271с.

7. Броварець О.О. Модель реалізації прогностично - компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2014. – Ч.2, Вип. 196. – С. 111–122.

References

1. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED ; Wolcott MC; Hanson GP, The scientific world journal [ScientificWorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.

2. Maslo I.P., Mironenko V.G. The automated system of monitoring of the fertility of the soil and locally-dosed use himpreparativ//Bulletin of agricultural science. -1998. -No. 5. – P. 56-58.

3. Pastuchenko S.I. Optimizacya sel'skohozyajstvennyh technical systems // AGRICULTURAL Equipment. – 1999. - №8. – P. 12-15.

4. Adamchuk V.V., Mojseyenko V.K., Kravchuk V.I., Vojtyuk D.G. tehnika dlya zemlerobstva majbutnogo. / V zb.: Mexanizaciya ta elektryfikaciya sil'skogo gospodarstva. – Glevakha: NNC „IMESG”. – 2002. – Vyp.86. – P. 20-32.

5. Modern trends in the development of the structures of agricultural machinery/ ed. V. I. Kravchuk, M. Gricishina, S. M. Kovalya. – K.: Agricultural Science, 2004. – 398 S.

6. Mironenko V.G. Texnichni zasoby zabezpechennya yakosti vykonannya texnologichnyh procesiv u roslynnosti. Monografiya.- K.: NAU, 2005. – 202 s.

7. Brovarecz O.O. Model implementation of prognostic variables-technology category norms making technological material with the use of information technology systems, monitoring of agricultural lands//scientific Bulletin of National University of life and environmental sciences of Ukraine. -K., 2014. - Part 2, issue 196.- pp. 111-122.

References

1. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [Scientific WorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.

2. Maslo I.P., V.G. Mironenko Automated system monitoring soil fertility and the use of locally-dosed himpreparativ // Journal of Agricultural nauky.- 1998.-№5, s.56-58.

3. Pastushenko S.I. Optimization of agricultural technical systems // Tehnika agriculture. - 1999. - №8. - S. 12-15.

4. Adamchuk V.V., Moiseenko V.K., Kravchuk V.I., D.G. Voytyuk Machinery for agriculture of the future. / In Sat .: mechanization and electrification of agriculture. - Glevakha: NSC "IEAA" - 2002. - Pub.86. - Pp. 20-32.

5. Modern trends in agricultural machinery construction / Ed. V.I. Kravchuk, M.I. Grytsyshyn, S.M. Koval. - K .: Agricultural Science, 2004. - 398 p.

6. V.G. Mironenko Technical means of ensuring quality of performance in plant processes. The book, NAU - K., 2005. – 271p.

7. O.O. Brovarets Model prognostic implementation - variable compensation technology standards making process material using information technology systems for monitoring of agricultural land // Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. - K., 2014. - Part 2, Vol. 196. - P. 111-122.