

БІОДИНАМІЧНИЙ ДАТЧИК РІВНЯ ПРОГИНУ (ВИСОТИ) СТЕБЛОСТОЮ –«БІОДИНАМОМЕТР» КОНСТРУКЦІЇ ОЛЕКСАНДРА БРОВАРЦЯ

О. Броварець, канд. техн. наук, доц.,
e-mail: brovaretsnau@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4906-238X>
Київський кооперативний інститут бізнесу і права

Анотація

Визначення параметрів агробіологічного стану сільськогосподарських культур у вегетаційний період є важливим завданням сучасних технологій у рослинництві. Наявні методи і засоби не дають можливості ефективного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь у вегетаційний період. Саме тому виникає необхідність розроблення новітніх інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь у вегетаційний період. Для таких потреб доцільно використовувати біодинамічний датчик рівня прогину (висоти) стеблостою – «біодинамометр» конструкції Олександра Броварця (далі – біодинамометр), як засіб опосередкованого визначення параметрів сільськогосподарських угідь.

***Метою статті** є розроблення методики з використанням математичних моделей, алгоритмів та обладнання для диференційованого внесення мінеральних добрив і мікроелементів на етапі вегетації, одного з найважливіших екологічних та економічних аспектів сучасних технологій землеробства з використанням біодинамометра.*

Важливо відмітити, що така система може використовуватися одночасно з виконанням технологічної операції, наприклад, обприскування чи позакореневого внесення мікродобрив у вегетаційний період.

Технічним рішенням розробки є розроблення пристрою для локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, що дозволяє забезпечити диференційне внесення мінеральних добрив на основі даних моніторингу агробіологічного стану рослинного середовища опосередкованим вимірюванням стану рослинності для забезпечення оптимальної норми внесення технологічного матеріалу (добрив) з урахування просторової неоднорідності агробіологічного стану рослин та дозволяє зекономити 10-25 % технологічного матеріалу і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур у середньому на 10-20 ц/га.

***Ключові слова:** біодинамометр, датчик, прогин стебел, точне землеробство.*

Постановка проблеми. Розробка відноситься до галузі механізації сільськогосподарства, зокрема до пристроїв для моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь та посівів господарств різних форм власності і може бути використана для локально-стрічкового диференційованого внесення мінеральних добрив на машинах для внесення мінеральних добрив зі спеціальними пристроями індивідуального приводу робочих елементів машини для внесення мінеральних добрив та пристроями для моніторингу варіабельності параметрів

сільськогосподарського поля, на основі даних, отриманих опосередкованим вимірюванням стану рослинності, що дозволить проводити тестування великих площ сільськогосподарських угідь за короткий час під час виконання технологічної операції – внесення мінеральних добрив.

Диференційоване внесення мінеральних добрив та мікроелементів на етапі вегетації – один з найважливіших екологічних та економічних аспектів сучасних технологій землеробства. Використання цієї технології та відповідного обладнання дозволяє значно скоротити витрати та

підвищити ефективність удобрення внесенням, залежно від потреби рослини, забезпечуючи оптимальний вміст поживних речовин у ґрунті.

Аналіз досліджень і публікацій. Відома машина для одночасного розсіювання різних видів мінеральних добрив [1], яка містить бункер, встановлений на колесах, основний транспортер, який охоплює його днище, перегородки, розміщені у бункері паралельно напрямку руху транспортера, змішувальний транспортер з перемішувальними елементами, встановлений уперек руху основного транспортера, та розсівний орган. Під час роботи цієї машини завантажені у відсіки її бункера різні види мінеральних добрив основним транспортером виносяться з бункера і подаються на змішувальний транспортер, утворюючи багатошаровий пласт, який перемішується і надходить на розсівний орган, який широкою смугою розподіляє усі види добрив по поверхні ґрунту.

Однак, ця машина складна за конструкцією, має високу питому металомісткість, різні види мінеральних добрив незручно завантажувати у вузькі відсіки бункера та складно задавати дози внесення різних видів мінеральних добрив.

Відома машина для одночасного розсіювання різних видів мінеральних добрив [2], яка містить бункер, встановлений на колесах, перфорований транспортер, який охоплює його днище, перегородки розміщені у бункері перпендикулярно до напрямку руху транспортера і обладнані похилими щитками, регульовальні заслінки, закріплені над транспортером, вікна у днищі під похилими щитками, транспортну дошку під нижньою ланкою транспортера, змішувач і розсівний орган. Під час роботи цієї машини завантажені у відсіки бункера різні види мінеральних добрив виносяться в установлених регульовальними заслінками дозах верхньою ланкою транспортера і, проходячи через її перфорації і вікна у днищі, падають на нижню ланку транспортера, утворюючи багатошаровий пласт різних видів добрив, якою він переміщується по транспортній

дошці на змішувальні шнеки, якими після змішування подаються на розсівні органи і широкою смугою розподіляються по поверхні ґрунту. Ця машина має низьку питому металомісткість, відсіки її бункера зручні для механізованого завантаження різних видів добрив, а застосування заслінок спрощує регулювання заданих доз розсіювання.

Недоліком цієї машини є те, що вона забезпечує розсівання лише постійних, установлених регульовальними заслінками, доз азотних, фосфорних і калійних мінеральних добрив незалежно від фактичної наявності азоту, фосфору і калію у ґрунті, що знижує приріст урожайності сільськогосподарських культур від застосування добрив.

Відомий спосіб визначення стану посівів, який базується на картографічній основі планів землекористування та рекогносцирувального огляду полів. Проведення обстеження стану врожайності сільськогосподарських рослин звичайно проводиться візуальним спостереженням поля та наступним нанесенням ситуації на картографічну основу планів землекористування.

Недоліком такого способу є великі затрати на нього та наявність людського фактора, який приводить до значних помилок.

Відомі звичайні аерофотозйомки, які виконують для господарських потреб, але вони належать до складних технологічних процесів. Традиційно їх виконують за допомогою звичайних носіїв фотоапаратури, таких як сільськогосподарські літаки (АН-2), літаки-лабораторії аерофотозйомки (АН-26), гелікоптери (МІ-6) та інколи мотопаралани [3]. Аерофотозйомку у сільському господарстві виконують для виявлення стану ґрунтів та сільськогосподарських культур, інвентаризації земель тощо.

Однак, висока ціна цих робіт, необхідність наявності близько розташованого аеродрому і обмежена висота польоту (більше 200 м) таких засобів робить їх недоступними для більшості власників полів. Крім того, виконання польоту до міс-

ця знімання проводиться тільки в певних «коридорах» та зйомки проводять тільки у відведених для цього зонах на висоті більше 200 м, що призводить до зменшення роздільної здатності отриманого знімку.

Отже, вищезгадані недоліки підвищують вартість аерофотозйомки та знижують рентабельність. Зазначимо, що співвідношення якість-ціна у більшості випадків для аерофотозйомки є визначальною.

Відоме [4, 5] використання різних типів сенсорних датчиків, які встановлюються на агрегатах для внесення рідких мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Датчики в реальному часі визначають основні параметри ґрунтового покриву (або біомаси), які необхідно враховувати для регулювання росту рослин. За допомогою комп'ютера та відповідного програмного забезпечення визначається кількість добрив, необхідна для певної ділянки поля. Потім дані передаються в керівний орган агрегата, який вносять добрива.

Відомий N-Sensor фірми Yara (з системою YARA FieldScan) [6], який складається з транспортного засобу, сканувальної системи YARA FieldScan та машини для внесення мінеральних добрив, яка розміщується на транспортному засобі. Пристрій працює так: під час руху транспортного засобу по поверхні сільськогосподарського поля система YARA FieldScan видає дані про вміст поживних речовин у ґрунті. На підставі цих даних в реальному часі відбувається керування робочими органами машини, забезпечуючи локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив.

Система YARA FieldScan має 2 спектрометри на основі діодних лінійок (diode array spectrometers) з 2-ма вхідними оптико-волоконними системами, а також мікропроцесорну систему з програмним забезпеченням, з терміналом управління та зчитувачем з карти зберігання даних, з'єднану з GPS- або DGPS-системою і електронним контролером, зв'язаним з виконавчим механізмом машини. Перша вхідна оптико-волоконна система, яка складається з оптико-волоконного джгута,

розділеного на 2 або 4 оптико-волоконні частини (ліву і праву), вводить у перший спектрометр світлові потоки, відбиті від поверхні рослин сільськогосподарського поля, а друга вхідна оптико-волоконна система (п'яте оптичне волокно) вводить в другий спектрометр світловий потік від датчика освітленості, який розташований на верхній частині транспортного засобу.

Прилад YARA FieldScan представляє собою мультиспектральну сканувальну систему для транспортного засобу з можливістю віддаленого (дистанційного) спектрометричного зондування сільськогосподарських культур та видання керівних сигналів на виконавчі системи, встановлені на транспортному засобі. У своїй базі вона має карти полів та спектральних індексів, таких як NDVI та SAVI на основі співвідношень коефіцієнтів відбивання в інфрачервоній та червоній ділянках спектра.

Серйозною проблемою використання традиційного підходу є одержання інформації про стан рослинності в незімкнутих посівах через сильний спотворювальний ефект відбиття ґрунту [7, 8].

Недоліком цього пристрою є складність конструкції та неможливість забезпечити локально-стрічкове диференційоване внесення мінеральних добрив, що знижує якість виконання технологічної операції, а як наслідок, неможливість точної реалізації диференційних норм внесення. Також цей пристрій не враховує вмісту поживних речовин у ґрунті, що не дає можливості точно визначити необхідну норму внесення мінеральних добрив.

Відомий причіпний пристрій для моніторингу стану ґрунтового середовища компанії Veris [9], основним робочим органом якого є система електродів, якими є плоскі диски з горизонтальною віссю обертання на стояку, жорстко прикріпленому до рами вимірювального пристрою так, що опорні колеса пристрою визначають глибину ходу дисків-електродів у ґрунті.

Недоліком подібного пристрою є розділення технологічної операції та моніторингу, значна похибка обумовлена розді-

ленням цих операцій та конструкційними особливостями пристрою для визначення електропровідних властивостей ґрунту, яка обумовлена тим, що під час виконання робочого процесу порушується стабільність контакту диска-електрода з ґрунтом, що викликано поперечними відхиленнями вимірювального пристрою відносно прямолінійного напрямку руху. При цьому змінюється площа контакту диска-електрода з ґрунтом, оскільки під час поперечних коливань плоскі диски-електроди одним боком можуть взагалі не контактувати з ґрунтом.

Найбільш близький аналог, який доцільно взяти за прототип – машина для диференційованого розсіювання доз різних видів мінеральних добрив залежно від вмісту їхніх аналогів у ґрунті, яка складається з транспортного засобу з машиною для внесення мінеральних добрив, обладнана контролером з пристроєм інформації про вміст аналогів мінеральних добрив у ґрунті, який включає дискету з попередньо записаною інформацією про вміст аналогів мінеральних добрив у ґрунті поля та приладу, встановленому на передній частині агрегату для визначення вмісту аналогів мінеральних добрив у ґрунті поля, на якому працює машина, який функціонально з'єднаний з комп'ютером, та датчик реєстрації обертів, а регульовальні заслінки обладнані виконавчими механізмами, причому датчик реєстрації обертів колеса і виконавчий механізм функціонально з'єднані з комп'ютером [10].

Недоліком цієї машини є те, що вона забезпечує розсіювання азотних, фосфорних і калійних мінеральних добрив залежно від фактичної наявності азоту, фосфору і калію у ґрунті та не враховує вміст поживних речовин у рослині. Це знижує приріст урожайності сільськогосподарських культур від застосування добрив.

Метою статті є розроблення методики з використанням математичних моделей, алгоритмів та обладнання для диференційованого внесення мінеральних добрив і мікроелементів на етапі вегетації,

одного з найважливіших екологічних та економічних аспектів сучасних технологій землеробства з використанням біодинамометра.

Виклад основного змісту дослідження. Розробкою ставиться завдання підвищення точності визначення агробіологічного стану рослинного середовища у вегетаційний період для забезпечення оптимального диференційованого внесення мінеральних добрив використанням опосередкованих методів вимірювання рівня прогину (висоти) стеблостою біодинамометром та подальшою обробкою результатів вимірювань необхідними алгоритмами для визначення вмісту поживних речовин у рослинах і забезпечення диференційованого внесення (наприклад, локально-стрічкового) мінеральних добрив, які ґрунтуються на даних моніторингу, отриманих з таких систем, що, зі свого боку, дає можливість забезпечити оптимальну норму внесення поживних речовин у ґрунт.

Поставлене завдання вирішується використанням біодинамічного датчика рівня прогину (висоти) стеблостою – біодинамометра, який містить розміщену попереду трактора триточкову систему кріплення на навісці трактора, хомут, штангу, розкос, маятник, планку, а вісь з'єднана з датчиком реєстрації обертів.

На рисунку 1 зображено загальний вигляд біодинамічного датчика рівня прогину – біодинамометра.

Біодинамічний датчик рівня прогину (висоти) стеблостою – біодинамометр складається з триточнової системи кріплення 1 на навісці трактора, хомута 2, штанги 3, розкосу 4, маятника 5, планки 6, осі 7 з датчиком реєстрації обертів 8.

Біодинамічний датчик рівня прогину (висоти) стеблостою – біодинамометр працює так: з триточновою системою кріплення 1, монтується конструкції спереду на навіску трактора. Хомутом 2, відбувається під'єднання конструкції до триточнової системи кріплення 1. До хомута 2 під'єднується штанга 3, яку підтримує розкос 4. На кінці штанги 3

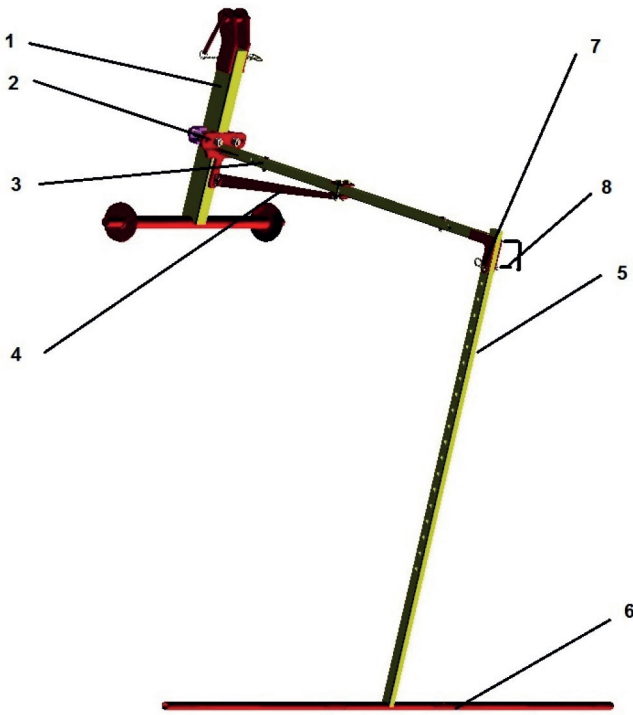


Рисунок 1 – Біодинамічний датчик рівня прогину (висоти) стеблостою – біодинамометр

кріпиться маятник 5 з перпендикулярно розміщеною планкою 6. Ця конструкція розміщується спереду на тракторі і дає можливість визначити кут відхилення маятника 5, який виникає внаслідок зусилля створюваного планкою 6 та зусилля опору рослин під час руху планки на певній висоті по рослинах. Внаслідок відхилення маятника 5 з планкою 6 відхиляється жорстко з'єднана з ним ось 7, до якої приєднано датчик реєстрації обертів 8. Це дає можливість визначити кут прогину рослин залежно від насичення їх поживними речовинами та фази вегетативного розвитку, а відповідно і загального агробіологічного стану.

Задано такі параметри системи:

α_M – кут нахилу штанги, град;

a_1, a_2, a_3 – робочі розміри приладу, м;

H_P – висота рослини, м,

H_M – монтажна висота штанги приладу, залежно від висоти рослини та періоду вегетації, м,

F_{PP}^P, F_{PP} – жорсткість пружини, Н/м.

Під час регулювання потрібно враховувати залежність кута відхилення від швидкості руху.

Також ширина планки 6 залежить від вегетаційного періоду. На ранніх періодах вона ширша, на пізніших – вузча.

$$l_{\text{вих}} = \sqrt{a_1^2 + a_2^3}; \quad (1)$$

$$l_{\text{max}} = \sqrt{a_1^2 + a_2^3 - 2 \cdot a_3 \cdot a_1 \cdot \cos(90^\circ + \alpha_M)}; \quad (2)$$

$$\Delta l = l_{\text{max}} - l_{\text{вих}} = \sqrt{a_1^2 + a_2^3 + 2 \cdot a_3 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_M} - \sqrt{a_1^2 + a_2^3}; \quad (3)$$

Отже, пружина видовжується на Δl :

$$\Delta l = \sqrt{a_1^2 + a_2^3 + 2 \cdot a_3 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_M} - \sqrt{a_1^2 + a_2^3}; \quad (3')$$

Максимальне значення пружної сили:

$$F_{\text{max}}^{\text{np}} = c \cdot \Delta l, \quad (4)$$

де c – коефіцієнт жорсткості пружини, $[c] = \text{н/м}$, тому маємо:

$$F_{\text{max}}^{\text{np}} = c \cdot (\sqrt{a_1^2 + a_2^3 + 2 \cdot a_3 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_M} - \sqrt{a_1^2 + a_2^3}); \quad (5)$$

Знайдемо висоту H^* , на якій рейка «зривається» з рослини.

Зрозуміло, що H^* є величиною, яка лежить у межах:

$$H_M < H^* < H_P. \quad (6)$$

Позначимо: $H^* - H_M = \Delta H$.

Тоді з геометричних міркувань маємо:

$$(a_2 - \Delta H) = a_2 \cdot \cos \alpha_M \Leftrightarrow a_2 \cdot (1 - \cos \alpha_M) = \Delta H = H^* - H_M. \quad (7)$$

Отже,

$$H^* = H_M + a_2 \cdot (1 - \cos \alpha_M). \quad (8)$$

Оскільки $H^* < H_P$, то маємо такі обмеження:

$$H_M + a_2 \cdot (1 - \cos \alpha_M) < H_P. \quad (9)$$

Звідси

$$H_P - H_M > a_2 \cdot 2 \cdot \sin^2 \left(\frac{\alpha_M}{2} \right). \quad (10)$$

Тоді:

$$\sin^2 \left(\frac{\alpha_M}{2} \right) < \frac{H_P - H_M}{2 \cdot a_2}. \quad (11)$$

Звідси:

$$\sin \left(\frac{\alpha_M}{2} \right) < \sqrt{\frac{H_P - H_M}{2 a_2}}. \quad (12)$$

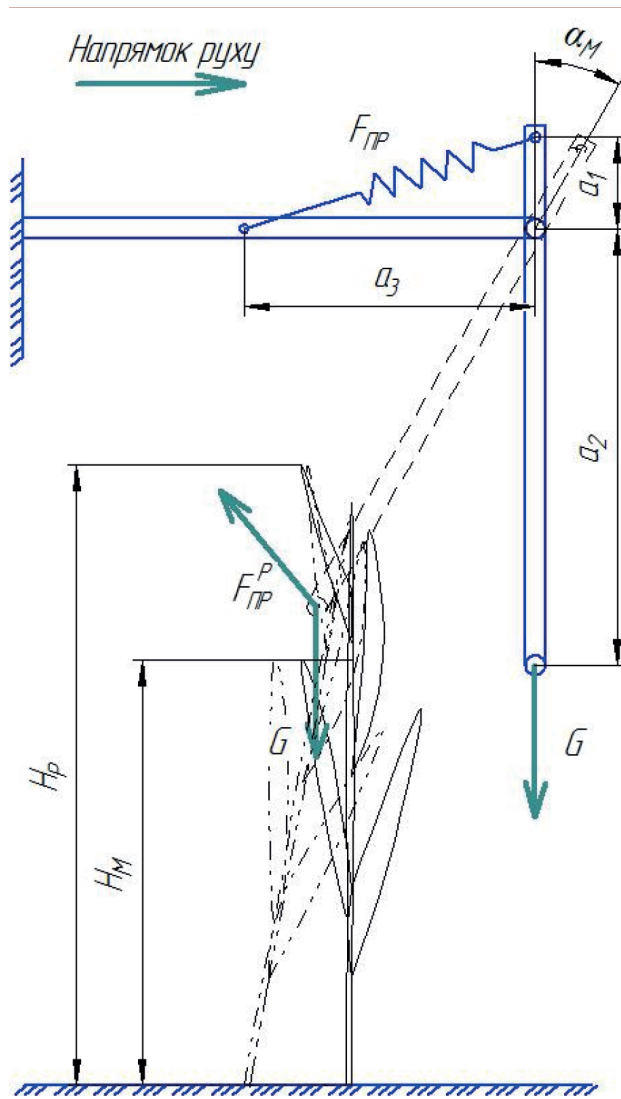


Рисунок 2 – Схема біодинамічного датчика рівня прогину (висоти) стеблостою – біодинамометра

Ця нерівність виражає обмеження кута α_M :

$$0 < \alpha_M < 2 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{H_P - H_M}{2a_2}}\right) \quad (13)$$

Зрозуміло, що $0 < H_M < H_P$.

Далі знайдемо умови рівноваги системи відносно точки (0) обертання вертикальної штанги довжиною $(a_2 + a_1)$.

$$M \downarrow = M \uparrow \quad (14)$$

У системі діє 3 сили:

1) $F_{пр}$ (пружини c);

2) $F_{пр}^{рослини} \equiv F_{пр}^{(p)} \rightarrow$ ця сила визначається експериментально;

3) G - сила ваги вертикальної тканини.

Сумарний момент за годинниковою стрілкою:

$$M \downarrow = F_{пр}^{рослини} \cdot a_2 + G \cdot \frac{a_1}{(a_1 + a_2)} \cdot \left(\frac{a_1}{2}\right) \cdot \sin \alpha_M; \quad (15)$$

Сумарний момент проти годинникової стрілки:

$$M \uparrow = G \cdot \frac{a_1}{(a_1 + a_2)} \cdot \left(\frac{a_1}{2}\right) \cdot \sin \alpha_M + F_{пр}^{(max)} \cdot h. \quad (16)$$

Плече h знаходимо з міркувань такого типу:

$$\begin{cases} S_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot \sin \alpha_M} \cdot h; \Leftrightarrow \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot \cos \alpha_M}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 \cdot a_2 \cdot \sin \alpha_M}}; \\ S_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot \sin(90^\circ + \alpha_M) = \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot \cos \alpha_M. \end{cases} \quad (17)$$

З виразів (6), (7), (8) та умови рівноваги остаточно маємо:

$$H^* = H_M + a_2 \cdot (1 - \cos \alpha_M) \Leftrightarrow H^* = H_M + a_2 \cdot 2 \sin^2 \frac{\alpha_M}{2}; \quad (18)$$

$$\sin^2 \frac{\alpha_M}{2} = \frac{H^* - H_M}{2 \cdot a_2}; \quad (19)$$

$$\frac{\alpha_M}{2} = \arcsin \sqrt{\frac{H^* - H_M}{2a_2}}; \quad (20)$$

$$\alpha_M = 2 \cdot \arcsin \sqrt{\frac{H^* - H_M}{2 \cdot a_2}}; \quad (21)$$

$$\alpha_M = 2 \cdot \arcsin \sqrt{\frac{\Delta H}{2 \cdot a_2}}; \quad (22)$$

$$\Delta H = H^* - H_M; \quad (23)$$

$$\frac{H_M + a_2(1 - \cos \alpha)}{H_P} = \cos \alpha; \quad (24)$$

$$\frac{H_M}{H_P} + \frac{a_2}{H_P} - \frac{a_2}{H_P} \cos \alpha = \cos \alpha; \quad (25)$$

$$\frac{H_M + a_2}{H_P} = \cos \alpha \cdot \left[1 + \frac{a_2}{H_P}\right]; \quad (26)$$

$$\cos \alpha = \frac{\frac{H_M + a_2}{H_P}}{1 + \frac{a_2}{H_P}} = \frac{\frac{H_M}{H_P} + \frac{a_2}{H_P}}{1 + \frac{a_2}{H_P}} \quad (27)$$

Звідси

$$\cos \alpha = \frac{H_M + a_2 \cdot (1 - \cos \alpha)}{H_P} \quad (28)$$

З рівняння (22) знаходимо необхідну жорсткість пружини c , у н/м, для забезпечення вимірювання стану стеблостою сільськогосподарських культур у вегетаційний період.

Висновок. Технічним рішенням розробки є розроблення пристрою для локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, що дозволяє забезпечити диференційне внесення мінеральних добрив на основі даних моніторингу агробіологічного стану рослинного середовища опосередкованим вимірювання стану рослинності для забезпечення оптимальної норми внесення технологічного матеріалу (добрив) з врахування просторової неоднорідності агробіологічного стану рослин та дозволяє зекономити 10-25 % технологічного матеріалу і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10-20 ц/га.

Література

1. 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.
2. Броварець О. Від безплужного до глобального розумного землеробства Броварець О. Техніка і технології АПК. 2016. № 10 (85). С. 28 - 30.
3. Броварець О.О. Інформаційно-технічна система оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища конструкції Олександра Броварця. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження № 21. с. 9-29.
4. Гуков Я.С., Линник Н.К., Мироненко В.Г. Автоматизована система локально-дозированного внесення добрив, мелиорантов и средств защиты растений.: Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. Рязань, 2001. С.48–50.

5. Масло І.П., Мироненко В.Г. Автоматизована система локально-дозованого внесення добрив і хімічних засобів захисту рослин. УААН: Розробки-виробництву. К.: Аграрна наука, 1999. –С.348–349.

6. Медведев. В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть I. Введение в проблему. Харьков, 2007. – 296 с.

7. Ормаджи К.С. Контроль качества полевых работ. М.: Росагропромиздат. 1991. – 191с.

8. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. За ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.

9. Alexander, Chovniuk Yri. Modeling and analysis of efficient electromagnetic parameters of capillary system of electrical conductivity of agricultural soils i: method of analysis of non-stationary electromagnetic fields in dispersive and controlled environments. MOTROL. Vol. 19, No 4. p. 13- 18.

10. Quarterly journal.2017. Vol. 6. No. 3, 61-70.

11. Oleksandr Brovarets. Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freighting. Teka. Vol. 17, No 3. p. 49 - 53.

12. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production. Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. 1993. P. 218-231.

13. Ewart G.Y., Baver L.D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. Soil Scien. Soc. Amer. 1950. v. 15. pp. 56-63.

14. Rhoades J.D., Schifgaarde J. Van. Soil Scien. Soc. Amer. J.An electrical conductivity probe for determining soil salinity. 1976. № 5. pp. 647-651.

Literature

1. Adamchuk V.V., Moyseenko V.K., Kravchuk V.I., Voytyuk D.G. Engineering

for agriculture of the future. In: Mechanization and electrification of agriculture. – Glevakha: NSC «IMESG». 2002, p. 86. Pp. 20-32.

2. Brovarets O. From the Straightforward to the Global Smart Agriculture Brovaryts O. Machinery and Technology of the Agroindustrial Complex. 2016. No. 10 (85). Pp. 28-30.

3. Brovarets O.O. Information and technical system of operational monitoring of the soil environment of the design of Alexander Brovaryts. Visnyk of Lviv National Agrarian University. Agro-engineering research № 21. c. 9-29.

4. Gukov Ya.S., Linik N.K., Mironenko V.G. Automated system of locally-dosed introduction of fertilizers, meliorants and plant protection products. Proceedings of the 2nd MNPK on the problems of differential application of fertilizers in the system of coordinate agriculture. Ryazan, 2001. P.48-50.

5. Oil I.P., Mironenko V.G. Automated system of locally-dosed fertilizers and chemical plant protection products. UAAS: Development-production. K.: Agrarian Science, 1999. -C.348-349.

6. Medvedev. V.V. Inhomogeneity of soils and precision agriculture. Part I. Introduction to the problem. Kharkiv, 2007. - 296 pp.

7. Ормаджи К.С. Quality control of field work. М.: Rosagropromizdat. 1991 - 191s.

8. Contemporary trends in the development of agricultural machinery designs. Ed. VIKravchuk, MI Gritsyshina, SM Smith K.: Agrarian Science, 2004. - 398 p.

9. Alexander, Chovniuk Yri. Modeling and Analysis of the Effective Electromagnetic Parameters of the Capillary System of Electrical Conductivity of Agricultural Soils. I: Method of Analysis of Non-stationary Electromagnetic Fields in Dispersive and Controlled Environments. MOTROL Vol. 19, No. 4 13- 18 10th quarterly journal.2017. Vol. 6. No. 3, 61-70.

11. Oleksandr Brovarets. Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freighting. Tekha Vol. 17, No. 3 49 - 53.

12. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate for the Application of Phos-

phorus and Potassium in Corn Production. Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. 1993. P. 218-231.

13. Ewart G.Y., Baver L.D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. Soil Scien. Soc Amer 1950s v. 15. pp. 56-63.

14. Rhoades J.D., Schifgaarde J. Van. Soil Scien. Soc Amer J.An electrical conductivity probe for determining soil salinity. 1976. No. 5. pp. 647-651.

Literatura

1. Adamchuk V.V., Moyseyenko V.K., Kravchuk V.I., Voytyuk D.H. Tekhnika dlya zemlerobstva maybutn'oho. V zb.: Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva. – Hlevakha: NNTS „IMES · H”. 2002. Vyp.86. S. 20-32.

2. Brovarets' O. Vid bezpluzhnoho do hlobal'noho rozumnoho zemlerobstva Brovarets' O. Tekhnika i tekhnolohiyi APK. 2016. № 10 (85). S. 28 - 30.

3. Brovarets' O.O. Informatsiyno-tekhnichna systema operatyvnoho monitorynhu stanu gruntovoho seredovyscha konstruktiviyi Oleksandra Brovartsya. Visnyk L'vivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ahroinzhenerni doslidzhennya № 21. s. 9-29.

4. Hukov YA.S., Lynnyk N.K., Myronenko V.H. Avtomatyzirovannaya systema lokal'no-dozirovannoho vnesennyya udobrenyy, melyorantov y sredstv zashchyty rastenyi.: Trudy 2-y MNPK po problemam dyfferentsyal'noho pryomenennyya udobrenyy v systeme koordynatnoho zemledelya. Ryazan', 2001. S.48–50.

5. Maslo I.P., Myronenko V.H. Avtomatyzovana systema lokal'no-dozovanoho vnesennyya dobryv i khimichnykh zasobiv zakhystu roslyn. UAAN: Rozrobky-vyrobnytstvu. K.: Ahrarna nauka, 1999. – S.348–349.

6. Medvedev. V.V. Neodnorodnost' pochv y tochnoe zemledelye. Chast' I. Vvedenye v problemu. Khar'kov, 2007. – 296 s.

7. Ормадзhy К.С. Контроль качества полевых работ. М.: Росагропромиздат. 1991. – 191s.

8. Suchasni tendentsiyi rozvytku konstruktivnykh sil's'kohospodars'koyi tekhniki. Za red. V.I. Kravchuka, M.I. Hrytsyshyna, S.M. Kovalya. K.: Ahrarna nauka, 2004. — 398 s.

9. Alexander, Chovniuk Yri. Modeling and analysis of efficient electromagnetic parameters of capillary system of electrical conductivity of agricultural soils i: method of analysis of non-stationary electromagnetic fields in dispersive and controlled environments. MOTROL. Vol. 19, No 4. p. 13- 18.

10. Quarterly journal.2017. Vol. 6. No. 3, 61-70.

11. Oleksandr Brovarets. Organizational and Technological Background of Project Configuration Management for Freightin-

Teka. Vol. 17, No 3. p. 49 - 53.

12. Hertz A. Chad and John D. Hibbard. A Preliminary Assessment of the Economics of Variable Rate Technology for Applying Phosphorus and Potassium in Corn Production. Farm Economics iss. 14, Department of Agricultural Economics, University of Illinois, Champaign-Urbana. 1993. P. 218-231.

13. Ewart G.Y., Baver L.D. Salinity Effects on soil moisture electrical resistance relationships. Soil Scien. Soc. Amer. 1950. v. 15. pp. 56-63.

14. Rhoades J.D., Schifgaarde J. Van. Soil Scien. Soc. Amer. J. An electrical conductivity probe for determining soil salinity. 1976. № 5. pp. 647-651.

UDC 681.513

BIODYNAMIC SENSOR OF THE DEFLECTION LEVEL (HEIGHT) OF STEMS-»BIODYNAMOMETER» OF THE ALEXANDER BROVARETS` CONSTRUCTION

O. Brovarets, Ph.D.,

e-mail: brovaretsnau@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4906-238X>

Kyiv Cooperative Institute of Business and Law

Summary

Determination of agrobiological parameters of agricultural crops during the growing season is an important task of modern technologies in crop production. The available methods and means do not allow an effective monitoring of the agrobiological state of agricultural land during the growing season. So, there is a need to develop the new information and technical systems for local operational agromonitoring during the growing season. For such purposes, it is advisable to use a biodynamic sensor of stems deflection level - the «biodynamometer» of Alexander Brovarets` design (hereinafter - biodynamometer) as a means of indirect determination of agricultural lands parameters.

The purpose of the article is to develop a methodology using mathematical models, algorithms and equipment for differentiated mineral fertilizers and nutrients at the vegetation stage, one of the most important ecological and economic aspects of modern agricultural technologies using a biodynamometer.

It is important to note that such a system can be used simultaneously with other technological operation, for example, spraying or foliar application of microfertilizers during the growing season.

Development of a device for local operational monitoring of the agrobiological state of agricultural lands allows to conduct differential application of mineral fertilizers on the basis of agrobiological crop state monitoring data and provide the optimal rate of technological material (fertilizers) taking into

account the spatial heterogeneity of the agrobiological state of plants and allows to save 10-25 % of technological material and contributes to raising the productivity of agricultural crops by an average of 10-20 centers per hectare.

Key words: *biodynamometer, sensor, deflection of stems, precision farming.*

УДК 681.513

БИОДИНАМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК УРОВНЯ ПРОГИБА (ВЫСОТЫ) СТЕБЛЕСТОЯ –«БИОДИНАМОМЕТР» КОНСТРУКЦИИ АЛЕКСАНДРА БРОВАРЦА

А. Броварец, канд. техн. наук, доц.

e-mail: brovaretsnau@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4906-238X>

Киевский кооперативный институт бизнеса и права

Аннотация

Определение параметров агробиологического состояния сельскохозяйственных культур в вегетационный период является важной задачей современных технологий в растениеводстве. Имеющиеся методы и средства не дают возможности эффективного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий в вегетационный период. Именно поэтому возникает необходимость разработки новых информационно-технических систем локального оперативного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий в вегетационный период. Для таких нужд целесообразно использовать биодинамический датчик уровня прогиба (высоты) стеблестоя - «биодинамометр» конструкции Александра Броварца (далее - биодинамометр), как средство косвенного определения параметров сельскохозяйственных угодий.

Целью статьи является разработка методики с использованием математических моделей, алгоритмов и оборудование для дифференцированного внесения минеральных удобрений и микроэлементов на этапе вегетации, одного из важнейших экологических и экономических аспектов современных технологий земледелия с использованием биодинамометра.

Важно отметить, что такая система может использоваться одновременно с выполнением технологической операции, например, опрыскивание или внекорневой внесения микроудобрений в вегетационный период.

Техническим решением разработки является разработка устройства для локального оперативного мониторинга агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий, позволяет обеспечить дифференцированное внесение минеральных удобрений на основе данных мониторинга агробиологического состояния растительного среды косвенным измерением состояния растительности для обеспечения оптимальной нормы внесения технологического материала (удобрений) с учетом пространственной неоднородности агробиологического состояния растений и позволяет сэкономить 10-25% технологического материала и способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 10-20 ц/га.

Ключевые слова: *биодинамометр, датчик, прогиб стеблей, точное земледелие.*