

УДК 681.17; 681.5.015

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.79-88>

Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, **М.Д. Пархоменко**, **А.Р. Бокій**
Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
e-mail: parhomenkoym@ukr.net

Аналіз можливостей датчиків об'ємної дії, що застосовуються в діючих системах контролю висіву

Проводиться аналіз технічних можливостей емнісних і оптичних датчиків об'ємної дії, які застосовуються в діючих системах контролю висіву. Виконано ряд експериментальних і теоретичних досліджень для визначення можливостей використання датчиків об'ємної дії для ресстрації зернового потоку, що формується різними типами висівних апаратів сівалок. Доводиться, що подальша модернізація існуючих типів емнісного та оптичного, видимої частини спектру, датчиків, як найбільш простих за конструкцією та технологією виготовлення, з метою використання їх для ідентифікації зернового потоку недоцільна і безперспективна.

контроль висіву, емнісний датчик, оптичний датчик, зерновий потік, імпульс, площина контролю

Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, **М.Д. Пархоменко**, **А.Р. Бокій**
Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Анализ возможностей датчиков объемного действия, что используются в действующих системах контроля высева

Проводится анализ технических возможностей емкостных и оптических датчиков объемного действия, которые применяются в действующих системах контроля высева. Выполнен ряд экспериментальных и теоретических исследований для определения возможностей использования датчиков объемного действия для регистрации зернового потока, который формируется различными типами высевающих аппаратов сеялок. Доказывается, что дальнейшая модернизация существующих типов емкостного и оптического, видимой части спектра, датчиков, как наиболее простых по конструкции и технологии изготовления, с целью использования их для идентификации зернового потока нецелесообразна и бесперспективна.

контроль высева, емкостной датчик, оптический датчик, зерновой поток, импульс, плоскость контроля

Постановка проблеми. Зерновий сектор України є стратегічною галуззю економіки держави а збільшення обсягів ВВП в аграрному секторі забезпечує вдвічі більший ефект порівняно з іншими сферами господарства. Україна увійшла в елітарну групу провідних експортерів зерна на світовому ринку (щорічний експорт у 60...80 країн світу, обсяги експорту – від 7 до 18 млн. т.) [1]. Відомо, що сімба є одним з основних технологічних процесів в рослинництві, яка вагомо впливає на врожайність посівних культур. Значним фактором підвищення продуктивності і якості сівби є впровадження автоматизованих систем контролю висіву, тому питання їх подальшого вдосконалення завжди є актуальним.

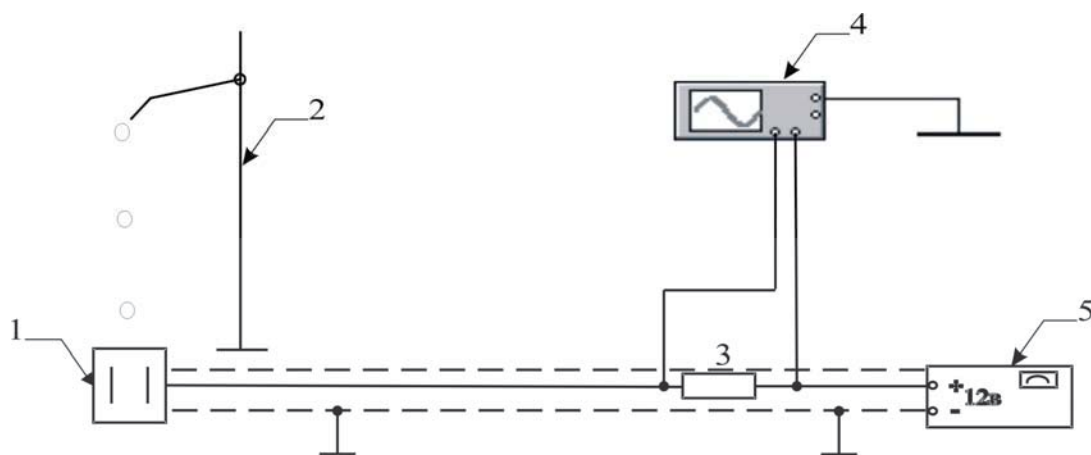
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд зернових сівалок точного, суцільного та рядкового посіву представлених вітчизняними і зарубіжними виробниками на Міжнародній агропромисловій виставці «AGROEXPO-2017» у м. Кропивницькому показав, що практично усі вони оснащені сучасними системами контролю висіву (СКВ). Необхідність обладнання сівалок цифровими системами

контролю висіву сьогодні уже не потребує обґрунтування. Представлені на виставці вітчизняні СКВ такі як: «RECORD» (розроблена відділом досліджень та розвитку компанії «Трак», Україна, м. Херсон) [2], «MONADA» (ООО НПФ Монада, Україна, м. Херсон) [3], «ФАКТ» (ЧП «Руденко», Україна, м. Полтава) [4] комплектуються, з однієї сторони, бортовими системами збирання, обробки та відображення інформації, а з іншої – комплексом датчиків призначених для реєстрації параметрів процесу висіву і придатних для встановлення на різні типи вітчизняних та зарубіжних сівалок.

Постановка завдання. Незважаючи на різнобічність апаратної реалізації бортових систем СКВ (різні типи мікроконтролерів, елементів спряження, відображення інформації тощо) і прив'язаного до неї програмного забезпечення, в цілому вони надають механізатору майже однотипну інформацію про: проходження насіння по висівним патрубкам; зменшення інтенсивності зернового потоку для суцільного висіву; забивання або відсутність висіву в патрубок із зазначенням його номера; кількість "двійників" (в %), "пропусків" (в %), норму висіву (в шт./п.м.) для сівалок точного висіву; рівень насіння і добрив у бункерах; швидкість руху сівалки (км/год); пройдений шлях (км); засіяну площу (га) тощо. Функціональні можливості бортової системи можна безперервно вдосконалювати, шляхом внесення змін в програмне забезпечення або реалізації на більш потужних мікроконтролерах. В недалекому майбутньому бортову систему замінить багатофункціональний бортовий комп'ютер.

Особливо проблемними компонентами в СКВ є датчики – реєстратори зернин в потоці. Темпи їх вдосконалення є більш тривалими, а шляхи – складнішими. На сьогодні в СКВ найбільше використання мають два типи датчиків зернового потоку – ємнісні і оптичні. За своєю фізичною природою ємнісні датчики є пристроями об'ємної дії – реагують на зміну діелектричної проникності пролітаючими між обкладинками конденсатора зернинами. В діючих СКВ використовуються і оптичні датчики об'ємної дії, які реагують на зміну інтенсивності світлового потоку на вході фотоприймача при перетині насінинами площини контролю.

Виклад основного матеріалу. Для визначення можливостей використання датчиків об'ємної дії для реєстрації зернового потоку, що формується різними типами висівних апаратів сівалок, було проведено ряд експериментальних і теоретичних досліджень. Дослідження функціональних можливостей ємнісного датчика висіву СКС «Нива 23» [5] виконувалися за допомогою лабораторної установки, представленої на рис.1.



1 – датчик, 2 – штатив, 3 – резистор R_n , 4 – блок живлення, 5 – осцилограф

Рисунок 1 – Установка для дослідження датчика об'ємної дії

Джерело: розроблено автором

В якості об'єктів контролю було обрано насіння кукурудзи, яке давало найбільшу амплітуду імпульсу реєстрації. Задана швидкість руху насіння в площині контролю датчика визначалася висотою його скидання за допомогою штатива 2. При перетині насінням площини контролю датчика 1 на його виході формувалися імпульси, амплітуда і форма яких, виділена за допомогою навантажувального резистора 3 ($R_n = 750\text{ом}$), реєструвалася цифровим осцилографом 4 типу HPS5 та фотокамерою.

Живлення для датчика напругою $U = \pm 12\text{в}$ подавалося від джерела постійного струму 5 типу В5-50. Результати досліджень, у формі осцилограм, представлені на рис. 2, а параметри сигналів, сформованих при перетині площини датчика однією та двома зернинами, – табл.1 та 2.

Таблиця 1 – Параметри сигналів при скиданні однієї насінини

№ дослідю	1	2	3	4
Висота скидання H , см	2	10	20	40
Швидкість насіння V_z , м/с	0,63	1,4	1,98	2,8
Амплітуда імпульсу U_c , мв	103	140	149	159
Тривалість імпульсу τ_c , мс	24	16	12	8

Джерело: розроблено автором

Аналіз сигналів (табл. 1) показує, що при збільшенні швидкості руху насіння V_z тривалість імпульсів реєстрації τ_c зменшується, а амплітуда U_c – незначним чином збільшується. Остання залежить також від положення насінини в момент перетину нею площини контролю.

Таблиця 2 – Параметри сигналів при скиданні двох насінин

№ дослідю	5	6	7	8
Розміщення насінин вздовж напрямку руху	Паралельно або перекриваються	Відстань 3 ÷ 5 мм	Відстань 10 ÷ 20 мм	Відстань 30 ÷ 40 мм
Висота скидання першої насінини $H = 10$ см				
Швидкість насіння V_z , м/с	1,4 ÷ 1,43	1,4 ÷ 1,47	1,4 ÷ 1,53	1,4 ÷ 1,66
Амплітуда імпульсу U_c , мв	210	127	141	155
Тривалість імпульсу τ_c , мс	16 ÷ 20	26	16/12	16/22

Джерело: розроблено автором

При паралельному перетині двома насінинами площини контролю датчика (дослід №5) амплітуда сигналу збільшується майже вдвічі (табл. 2.3), залежно від їх положення, а тривалість імпульсу така ж, як і при перетині однієї насінини. Якщо дві насінини, при перетині площини реєстрації, частково перекривають одна одну, то

амплітуда імпульсу може зменшитися до рівня однієї насінини, а тривалість – збільшитися. В такому випадку складно знайти критерій для реєстрації двох насінин.

Коли насінини летять одна услід другій і відстань між їх кромками не перевищує 10 мм (дослід №6), то імпульс датчика роздвоюється і приймає форму двох горбів. Амплітуда сигналу така ж, як і від однієї насінини, а тривалість імпульсу збільшується майже вдвічі. Аналогічна форма сигналу може бути і від однієї насінини, коли вона ударяється об стінку датчика (див. дослід №8).

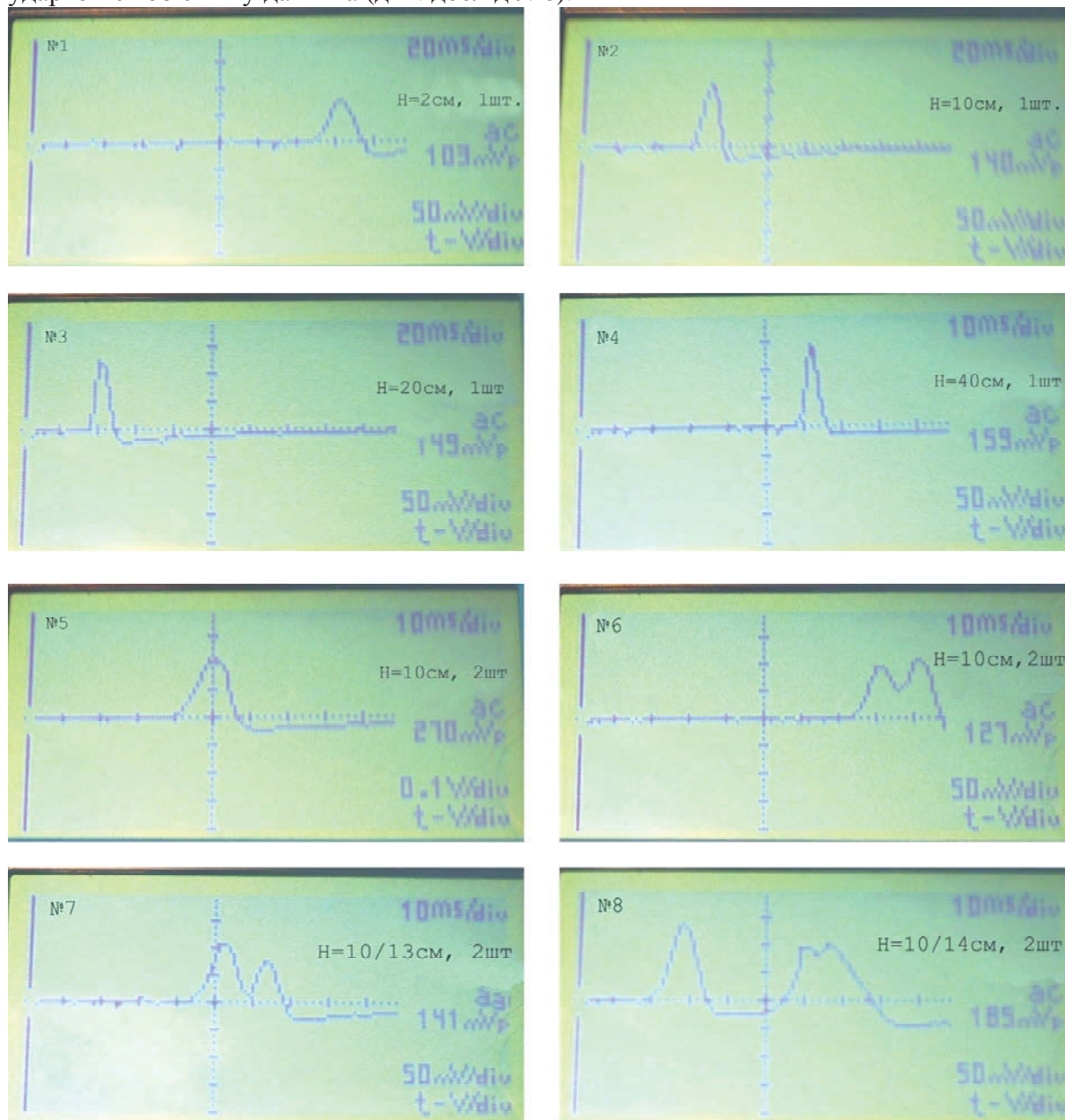


Рисунок 2 – Осцилограми дослідження функціональних можливостей емнісного датчика
Джерело: розроблено автором

Введення порогу спрацювання для виділення двох сигналів ускладнюється тим, що амплітуди сигналів залежать також і від швидкості руху насіння та його положення в площині контролю. Тобто, при появі такого сигналу виділити двійники дуже складно.

Розглянутий випадок вказує також на те, що визначена вище висота зони чутливості ємнісного датчика $h_k = 8 \text{ мм}$ є заниженою, її можна приймати на рівні $h_k = 9 \div 10 \text{ мм}$, що збільшує розрахунковий діапазон тривалості імпульсів реєстрації.

Коли насінини летять одна услід другій і відстань між їх кромками перевищує $20 \div 30 \text{ мм}$ (дослід №7) або більше (дослід №8), то формуються два незалежних імпульси із своєю амплітудою і тривалістю. При цьому кожна насінина реєструється як окремий одиночний об'єкт.

Для оптичного датчика найкращі результати отримані при використанні лінійного випромінювача, що представляє собою групу мініатюрних ламп накаливання або світлодіодів по усій ширині контрольованого поля з щільною діафрагмою в 1-2 мм та лінійного фотоприймача у вигляді 4-6 фоторезисторів, які перекривають фоточутливим шаром контрольоване поле по усій ширині без зазорів і включаються до вимірювального ланцюга за мостовою схемою. Результати випробувань оптичного датчика об'ємної дії показали, що процес і характер формування вихідних сигналів у нього подібний до ємнісного. Єдине, що при меншій висоті зони чутливості оптичний датчик має більш високу дозвільну здатність при реєстрації зерен-двійників які рухаються один услід другому.

Використання зернин кукурудзи дало можливість більш наочно дослідити процес формування вихідних сигналів датчика, оскільки при прольоті зернин пшениці, буряку тощо ці сигнали мають меншу амплітуду, форму і тривалість. Проведені дослідження показали, що амплітуда, форма і тривалість вихідних сигналів залежать від швидкості руху об'єктів, їх діелектричної проникності (для ємнісних датчиків), площі проекції зображення (для оптичних датчиків), положення і кількості об'єктів в площині контролю, відстані між об'єктами вздовж осі падіння. Датчики об'ємної дії надійно реєструють поодинокі об'єкти. Якщо ж зону чутливості датчика одночасно перетинають декілька дискретних об'єктів, то формується вихідний сигнал з якого не можна виділити ці об'єкти. В цьому випадку група об'єктів фіксується як один об'єкт. Гарантовано розпізнаються лише зерна двійники, відстань між якими вздовж напрямку падіння перевищує висоту зони чутливості датчика, яка і визначає його дозвільну здатність.

Дослідимо можливості використання ємнісного та оптичного датчиків об'ємної дії в системі контролю висіву зернової сівалки типу СЗ-3.6 у якої формується найбільше складний для реєстрації потік дискретних об'єктів. Для цього визначимо спершу терміни реєстрації кожної окремої насінини зернового потоку ємнісним та оптичним датчиками. Якщо геометричні розміри насіння не перевищують висоти зони чутливості ємнісного датчика h_k , то тривалість імпульсу реєстрації насінини Δt_1 , що перетинає об'ємну площину контролю, залежить від швидкості її руху V_z і висоти зони чутливості конденсатора h_k - $\Delta t_1(h_k, V_z) = h_k / V_z$, в іншому випадку – на тривалість імпульсу буде впливати довжина проекції зернини h_z вздовж напрямку її падіння - $\Delta t_1(h_z, V_z) = h_z / V_z$. Висота пластин плоского конденсатора ємнісного датчика, що використовується в СКС «Нива 23» [5], вздовж напрямку руху насіння дорівнює $h_k = 5 \text{ мм}$. Так як пластини розташовані на відстані $d_k = 3 \cdot h_k = 15 \text{ мм}$ одна від одної, то напруженість електричного поля виходить за межі однорідного поля, тому висоту зони чутливості конденсатора h_k можна прийняти на рівні $h_k = 8 \text{ мм}$. Геометричні розміри насіння пшениці коливаються в межах $1,4 \div 8,6 \text{ мм}$ [6] і є близькими до висоти зони чутливості ємнісного датчика h_k .

Тривалість імпульсу реєстрації зернини оптичним датчиком Δt_2 , який працює за принципом реєстрації сумарного світлового потоку, що формується в площині фотоприймача при перетині нею зони контролю, залежить від довжини проекції насінини на вісь падіння h_z , перпендикулярну площині контролю датчика та швидкості її руху – $\Delta t_2(h_z, V_z) = h_z / V_k$.

На рис. 3 представлено графіки залежності терміну реєстрації (тривалість імпульсу) насіння в потоці від швидкості його руху у ємнісного датчика $\Delta t_1(0.008, V_z) = h_k / V_k$ при висоті зони чутливості $h_k = 8 \text{ мм}$ та у оптичного датчика $\Delta t_2(h_z, V_z) = h_z / V_k$ при довжині проекції насіння на вісь падіння $h_z = 2 \text{ і } 9 \text{ мм}$.

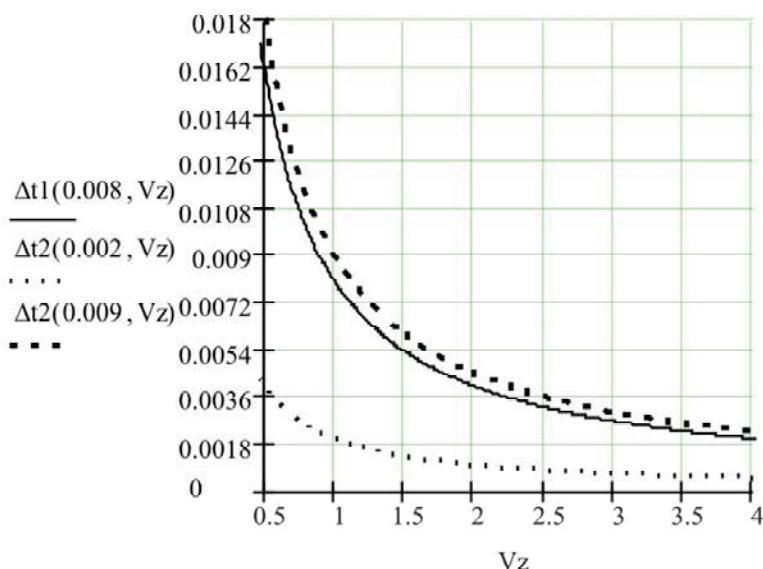


Рисунок 3 – Залежність часу виміру $\Delta t, \text{ с}$ від швидкості руху насіння $V_z, \text{ м/с}$

Джерело: розроблено автором

Аналіз графіків показує, що при швидкості руху насіння $V_z = 0,5 \div 0,9 \text{ м/с}$ на відстані $2 \div 5 \text{ см}$ від денця висівного апарата тривалість імпульсів реєстрації у ємнісного датчика коливається в межах $\Delta t_1(V_z) = 0,009 \div 0,016 \text{ с}$, а у оптичного – для малих фракцій насіння ($h_z = 2 \text{ мм}$) в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$, а для великих ($h_z = 9 \text{ мм}$) в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,009 \div 0,018 \text{ с}$ [7]. Ближче до дна борозни при швидкості насіння $V_z = 2 \div 4,6 \text{ м/с}$ [8] тривалість імпульсів реєстрації у ємнісного датчика коливається в межах $\Delta t_1(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$, а у оптичного – для малих фракцій насіння ($h_z = 2 \text{ мм}$) в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,0005 \div 0,001 \text{ с}$, а для великих ($h_z = 9 \text{ мм}$) в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,0023 \div 0,0045 \text{ с}$.

Згідно з агротехнічними вимогами [6, 9, 10] для кожного виду зернової культури встановлена своя норма висіву Q , яка є базовим показником, залежним від регіону, якості ґрунту, сорту насіння, тощо:

$$Q_c = 10^2 \cdot Q \cdot b \cdot V_c / (3,6 \cdot A) \text{ (шт/с)}, \quad (1)$$

де Q_c – щільність зернового потоку на виході сошника в шт/с при заданій нормі висіву Q (кг/га);

b – ширина міжряддя, м;

A – вага 1000шт. насіння, грам;

V_c – швидкість руху сівалки, км/год.

Середньостатистична кількість зернин пшениці (фракція $A = 30g/1000um$) [6] яка за заданий інтервал часу Δt (с) може перетинати площину поперечного перерізу при різних швидкостях руху сівалки V_c (км/год) та максимальній нормі висіву $Q_{max} = 250$ кг/га визначається на підставі співвідношення (2) за виразом

$$f_{cp}(V_c, \Delta t) = Q_c \cdot \Delta t = 10^2 \cdot Q \cdot b \cdot V_c \cdot \Delta t / (3,6 \cdot A) (um / \Delta tc), \quad (2)$$

де $f_{cp}(V_c, \Delta t)$ – середнє значення щільності зернового потоку $f_{cp}(V_c, \Delta t)$ в інтервалі часу Δt .

Таблиця 3 – Середні значення щільності $f_{cp}(V_c, \Delta t)$ в інтервалі Δt (с) при різних V_c (км/год)

Інтервал виміру Δt (с)	Швидкість руху сівалки V_c (км/год)						
	4,6	5,9	7,2	8,5	9,8	11,1	12,4
0,002	0.32	0.41	0.5	0.6	0.68	0.77	0.86
0,004	0.64	0.82	1.0	1.18	1.36	1.54	1.72
0,01	1.6	2.05	2.5	3	3.4	3.85	4.31
0,02	3.2	4.1	5	5.9	6.8	7.7	8.6

Джерело розроблено автором

Занесені до табл. 3 результати розрахунків щільності зернового потоку $f_{cp}(V_c, \Delta t)$ (шт) в інтервалі Δt (с) при різних швидкостях руху сівалки V_c (км/год) слугують підставою для оцінки дозволяючої здатності датчиків. При швидкостях руху насіння $V_z = 0,5 \div 0,9$ м/с на виході висівного апарату кількість одночасно пролітаючих насінин за термін реєстрації однієї ($\Delta t = 0,01 \dots 0,02$ с) коливається в діапазоні 1,6...8,6шт, а при швидкостях насінин $V_z = 2 \div 4,6$ м/с на виході насіннепроводу кількість одночасно пролітаючих насінин за термін реєстрації однієї ($\Delta t = 0,002 \dots 0,004$ с) коливається в діапазоні 0,36...1,72шт [7].

Визначимо можливість використання ємнісного та оптичного датчиків об'ємної дії для реєстрації зернового потоку на виході висівного апарата та на рівні дна борозни сівалки СЗ-3,6.

Аналіз результатів дослідження зернового потоку сформованого катушковим висівним апаратом показав, що датчик, призначений для роботи в системах комп'ютерної ідентифікації, повинен реєструвати до 350÷400 насінин в секунду, середньостатистичний інтервал між якими, при максимальній нормі висіву $Q = 250$ кг/га та швидкості руху сівалки $V_c = 4,6 \div 12,4$ км/год, змінюється в діапазоні $T_\delta = 0,0023 \div 0,0063$ с, а щільність потоку в заданих інтервалах виміру відповідає встановленим в табл. 3 параметрам.

Оскільки тривалість імпульсів реєстрації при швидкості руху насіння $V_z = 0,5 \div 0,9$ м/с у ємнісного датчика коливається в межах $\Delta t_1(V_z) = 0,009 \div 0,016$ с, а

у оптичного, для малих фракцій насіння ($h_z = 2 \text{ мм}$) - в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$, а для великих ($h_z = 9 \text{ мм}$) - в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,009 \div 0,018 \text{ с}$, то перший може реєструвати на виході висівного апарата до $63 \div 111$ насінин в секунду, а другий – відповідно до $250 \div 500$ шт/с та до $56 \div 111$ шт/с. Максимальні значення щільності потоку насіння (див. табл. 3) при заданих інтервалах виміру оптичного датчика $\Delta t_2(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$ та $\Delta t_2(V_z) = 0,009 \div 0,018 \text{ с}$ коливаються в межах $0,36 \dots 1,72 \text{ шт/м}$ і $1,6 \dots 8,6$ шт, а для ємнісного, при $\Delta t_1(V_z) = 0,009 \div 0,016 \text{ с}$ - в межах $1,6 \dots 8,6$ шт [7]. Тобто, за своїми функціональними можливостями ні ємнісний, ні оптичний датчики об'ємної дії використовувати для реєстрації насіння в потоці на виході котушкового висівного апарата не можливо.

Так як тривалість імпульсів реєстрації при швидкості руху насіння $V_z = 2 \div 4,6 \text{ м/с}$ у ємнісного датчика коливається в межах $\Delta t_1(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$, а у оптичного, для великих фракцій ($h_z = 9 \text{ мм}$), - в межах $\Delta t_2(V_z) = 0,0023 \div 0,0045 \text{ с}$, то перший може реєструвати на рівні дна борозни до $250 \div 500$ насінин в секунду, а другий – до $222 \div 444$ шт/с. Оскільки на рівні дна борозни зерновий потік вважається рівномірним, то в якості бази порівняння приймаємо середні значення щільності в заданому інтервалі виміру (див. табл. 3). Середні значення щільності потоку насіння при заданих інтервалах виміру оптичного і ємнісного датчиків при $\Delta t(V_z) = 0,002 \div 0,004 \text{ с}$ знаходяться в межах $0,36 \dots 1,72 \text{ шт/м}$. Тобто, на виході сошника оптичний датчик об'ємної дії можна використовувати лише для реєстрації малих фракцій насіння ($h_z \leq 2 \text{ мм}$), а оптичний датчик для великих фракцій і ємнісний датчик для усіх типів фракцій, за своїми функціональними можливостями, взагалі не придатні для реєстрації такого зернового потоку, так як вони не здатні реєструвати насіння-двійники, що летять паралельно.

Оскільки кількість зерен – двійників в потоці просапних культур на виході апаратів сівалки точного висіву досягає $12\text{-}20\%$ [4, 5], то і параметри цього потоку подібні до зернового на виході сошника сівалки СЗ-3,6, тому похибка реєстрації в $1\text{-}2\%$ в діючих системах контролю висіву оснащених датчиками об'ємної дії не може бути достовірною.

Висновки. Таким чином приходимо до висновку, що подальша модернізація існуючих типів ємнісного та оптичного, видимої частини спектру, датчиків, як найбільш простих за конструкцією та технологією виготовлення, з метою використання їх для ідентифікації зернового потоку недоцільна і безперспективна. Необхідно розробляти датчики іншого типу, які б забезпечували реєстрацію до 2-3 паралельно пролітаючих зернин в площині його контролю.

Список літератури

1. Руда О.Л. Зерновий ринок України //XIV Міжнародна наукова інтернет - конференція «Сучасний соціокультурний простір 2017». Вінницький державний аграрний університет.
2. Система контролю высева RECORD. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Херсон: ТОВ «ТРАК», 2016. 27 с. URL: <http://seeding.com.ua>
3. Система контролю высева MONADA.. Документация, паспорта, инструкции, программное обеспечение. НПФ «МОНАДА.», г. Херсон. URL: <http://www.monada.ks.ua>.
4. Руденко В.П. Полтавская технология посева. Пособие для агрономов, инженеров с/х производства, конструкторов. – Полтава: ООО «Копи-Центр», 2013, 54с.
5. Система контролю высева «НИВА 23». Техническое описание и инструкция по эксплуатации., г. Полтава, 2002г. 42с
6. Сисолін П. В. Теорія проектування та розрахунки посівних машин: Навч. Посібник, Київ.: ІСДО,

1994. – 148 с.
7. Пархоменко Ю.М. Визначення математичної моделі процесу формування зернового потоку на виході котушкового висівного апарата / Ю.М. Пархоменко, В.О. Кондратець, М.Д. Пархоменко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідомч. наук.- техн. зб-к. – Кіровоград: КНТУ, 2011. Вип.№41. С. 62-68.
 8. Ю.М. Пархоменко, В.О. Кондратець, М.Д. Пархоменко. Визначення математичної моделі розрахунку коефіцієнту опору повітря та критичної швидкості зерна при його транспортуванні висівним апаратом . *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ*. Кіровоград, 2008. Вип.№21. С105-109.
 9. Машини посівні. Випробування сільськогосподарської техніки. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-129: 2004. - [Чинний від 2006-08-01]. Київ: Мінагрополітики України, 2006. – 86 с. – (Стандарт Мінагрополітики України).
 10. Агротехнические требования на сельскохозяйственные машины: Сб. Госкомсельхозтехника СССР. Москва: ЦНИИТЕИ, 1983. Т. 32. 342с.

References

1. Ruda, O.L. Zernoviy rinhok Ukrayini [Grain market of Ukraine]. Modern Socio-Cultural Space 2017: XIV Mizhnarodna naukova Interenet-konferentsiya – 14th International Scientific Internet Conference. Vinnitskiy derzhavniy agrarniy unversitet [in Ukrainian].
2. Sistema kontrolya vyiseva RECORD [Record seeding control system]. (2016). Herson: TOV «TRAK». *seeding.com.ua*. Retrieved from <http://seeding.com.ua> [in Russian].
3. Sistema kontrolya vyiseva MONADA [MONADA seeding control system]. Herson. *monada.ks.ua*. Retrieved from <http://www.monada.ks.ua>. [in Russian].
4. Rudenko, V.P. (2013). Poltavskaya tehnologiya poseva. [Poltava seeding technology]. Poltava: ООО «Kopi-Tsentr» [in Russian].
5. Sistema kontrolya vyiseva «NIVA 23» [NIVA 23 seeding control system]. (2002). Poltava [in Russian].
6. SisolIn, P. V. (1994). Teoriya proektuvannya ta rozrahunki posivnih mashin: [The theory of designing and calculating seeding machines]. Kyiv: ISDO [in Ukrainian].
7. Parhomenko, Yu.M., Kondratets, V.O., Parhomenko, M.D. (2011). Vznachennya matematichnoyi modeli protsesu formuvannya zernovogo potoku na vihodi kotushkovogo visivnogo aparata [Determination of the mathematical model of the process of formation of grain flow at the output of the coil seeding machine]. *Konstruyuvannya, virobnitstvo ta ekspluatatsiya silskogospodarskih mashin. Zagalnoderzh. mizhvidomch. nauk.- tehn. zb-k, Vol.41*, 62-68. [in Ukrainian]
8. Parhomenko, Yu.M., Kondratets, V.O., Parhomenko, M.D. (2008) Vznachennya matematichnoyi modeli rozrahunku koefitsientu oporu povitrya ta kritichnoyi shvidkosti zerna pri yogo transportuvanni visivnim aparatom [Determination of the mathematical model of the calculation of the air resistance coefficient and the critical grain velocity when transported by seeding machine]. *Tehnika v silskogospodarskomu virobnitstvi, galuzeve mashinobuduvannya, avtomatizatsiya. Zbirnik nauk. prats KNTU, Vol.21*, 105-109 [in Ukrainian].
9. Mashini posivni. [Seeding mashines]. (2006). Viprobuvannya silskogospodarskoyi tehniky. Metodi viprobuvan. *SOU 74.3-37-129: 2004 from 01 August 2006*. Kyiv: Minagropolitiki Ukrayini (Standart MInagropolitiki Ukrayini) [in Ukrainian].
10. Agrotechnicheskie trebovaniya na selskohozyaystvennyie mashiny [Agrotechnical requirements for agricultural machinery]. (1983). *Sb. Goskomselhoztehnika SSSR*. Moscow: TsNIITEI, Vol. 32, 342 [in Russian].

Yuri Parhomenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mikhail Parhomenko**, **A.Bokiy**

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Analysis of the Capabilities of Volumetric Sensors that are Used in Existing Seeding Monitoring Systems

The analysis of the technical capabilities of capacitive and optical sensors of volumetric action, which are used in existing seeding monitoring systems, is carried out. A number of experimental and theoretical studies have been carried out to determine the possibilities of using sensors of volumetric action to register the grain flow, which is formed by various types of seeders.

A number of experimental and theoretical studies were carried out to determine the possibilities of using volumetric sensors for registration of grain flow formed by different types of seeding machines of seeders. Investigation of the functional capabilities of the capacitive sowing sensor SCS "Niva 23" was carried out with

the help of a laboratory installation.

Corn seeds were selected as objects of control, which gave the largest amplitude of the pulse of registration. The set speed of the seed in the plane of control of the sensor was determined by the height of its reset. When crossing the seed of the control plane of the sensor at its output, impulses were formed, the amplitude and shape of which, separated by a load resistor, was recorded by a digital oscilloscope of type HPS5 and a camera.

The possibility of using capacitive and optical volumetric sensors for registration of grain flow at the output of the seeding machine and at the level of the bottom of the furrow of the drill machine SZ-3,6 was determined.

The analysis of the results of the study of the grain flow formed by the coil sowing machine showed that the sensor intended for work in computer identification systems should register up to $350 \div 400$ seeds per second, the average interval between which changes in range $T_p = 0,0023 \div 0,0063s$.

As a result of the received experimental data, we conclude that further upgrading of existing types of capacitive and optical, visible parts of the spectrum, sensors, as the simplest of design and manufacturing technology, with the aim of using them to identify the grain flow is inexpedient and hopeless. It is necessary to develop sensors of another type, which would provide registration to 2-3 parallelly flying grains in the plane of its control.

seeding control, capacitive sensor, optical sensor, grain flow, pulse, control plane

Одержано (Received) 06.10.2018

Прорецензовано (Reviewed) 22.11.2018

Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018

УДК 621.391

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.88-101>

Р.М. Минайленко, доц., канд. техн. наук, **О.М. Дреєв**, канд. техн. наук, **О.Г. Собінов**, викл.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна, e-mail: drey.sanya@gmail.com

О.О. Денисенко

*інженер програмного забезпечення в Eram Systems, м. Київ, Україна
e-mail: alexey.denisenko.work@gmail.com*

Апаратно-програмний комплекс вимірювання вологості зерна в потоці з інтерфейсом за протоколом Modbus та Owen

В статті розглядається питання створення апаратно-програмного комплексу вимірювання вологості зерна в потоці з послідовним інтерфейсом керування протоколами Modbus або Owen. Процес сушіння зерна є одним із найбільш енерговитратних і важливих із всього циклу зберігання і переробки зерна. Це пов'язано як з прямими витратами, обумовленими втратами якості зернових і неможливістю зберігання при невідповідній вологості, а також великими енергетичними витратами, пов'язаними із забезпеченням процесу сушіння. Описано механізм порційного відбору фіксованого об'єму зерна з потоку для вимірювання його вологості з подальшим вертанням зерна в потік. Описано алгоритми роботи програмного забезпечення керування роботою апаратно-програмного комплексу вимірювання вологості зерна в потоці.

зерно, вимірювання, вологість, апаратно-програмний комплекс