

9. Галузин К.С. Автоматизированное составление оптимального учебного расписания в МОУ "Лицей №1" с учетом предпочтений учащихся и преподавателей / Галузин К.С., Волкова Н.В., Столбов В.Ю. // Социокультурная многомерность лицейского образования: сб. науч. трудов. /МОУ "Лицей №1". -Пермь, 2004. С.97-110.

10. Robin C. Relationships in Evolutionary Multi-criterion Optimization. / Robin C. Purshouse, Peter J. Fleming // Second International Conference, EMO 2003, Faro, Portugal, April 8-11, 2003, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 2632 Springer 2003, ISBN 3-540-01869-7.

11. Галузин К.С. Критерии качества дополнительного довузовского образования / Галузин К.С., Останина Т.В., Столбов В.Ю. // Критерии качества дополнительного образования: труды временного научно-исследовательского коллектива по проблемам образования. Перм. гос. техн. ун-т. -Пермь, 2002. С.26-34.

Рукопис подано до редакції 25.02.14

УДК 631.31: 631.331

В.Й. ЛОБОВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ НАРІЗАННЯ БОРОЗНИ СОШНИКОМ СІВАЛКИ

У статті проаналізовано конструкторські та технологічні особливості сучасних сошників, які можуть бути використані для нарізування борозни просапних сільськогосподарських культур, виявлено їх основні недоліки. Основним недоліком сошників є їх складність у виготовленні і експлуатації. Пристрої управління сошниками мають динамічну помилку по потужності при врізанні в ґрунт до 60%.

З підвищенням коефіцієнта різання ґрунту сошником, недостатньо підвищується стійкість для потрібної якості формування посівної борозни, при цьому помилка досягає 40%. Тому для підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідно забезпечити більш дружні сходи, а це можливо лише при формуванні сошниками посівної машини борозенок відповідає агротехнічним вимогам глибини. Так як на схожість і розвиток рослин впливають рівномірність посіву насіння по довжині рядка і глибині закладення, то запропоновано регулювати глибину посівної борозни при зміні швидкості переміщення сівалки з урахуванням в борозні параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту з варіюванням величин статичної та динамічної помилок. Дана блок-схема системи для адаптивного керування процесом різання борозен. Визначено передатні функції елементів системи.

Пристрій для адаптивного управління процесом нарізування борозни сошником сівалки містить: блок завдання, суматор, привід сошника, редуктор приводу сошника, блок керування швидкістю переміщення сівалки, датчик потужності, пороговий елемент, модель процесу управління нарізування борозни, датчик швидкості переміщення сошника, фільтр і датчики параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту. Встановлено, що змінюючи глибину зворотного зв'язку (пропорційну частину), можна варіювати величиною статичної помилки. Регулюючи глибину зворотного зв'язку (диференціальна та інтегральна частини), можна варіювати величиною динамічної помилки (пере регулювання системи при накиданні навантаження).

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сучасному етапі розвитку сільського господарства вирощування просапних культур займає важливе місце в загальному сільськогосподарському виробництві. Відомо, що запорукою високих урожаїв цих рослин є отримання своєчасних і дружних сходів не тільки за рахунок посіву в межах терміну агрономічних вимог, а й завдяки правильному виконанню технологічного процесу робочими органами, які впливають на швидкість проростання насіння просапних культур. Основними факторами, які впливають на схожість та розвиток рослин, є рівномірність посіву насіння по довжині рядка і глибині загортання. Але якщо висівний апарат сівалки має забезпечувати рівномірність укладання по довжині рядка, то сошник і коток, що прикоткує, повинні розв'язати проблему укладання насіння в борозні та утворення необхідних умов для його проростання, а саме - точне нарізання глибини борозни та укриття насіння вологими шарами ґрунту нижнього горизонту та прикочування насіння з обох боків у зоні його знаходження. Тому чим більш рівномірна подача насіння висівним апаратом, тим важливіше значення має правильна робота сошника. Останній є складовою частиною сівалки чи посадочної машини, яка утворює в ґрунті канавку - борозну для укладання у ній насіння та забезпечує загортання насіння. Сошники, які залежно від конструкції поділяються на анкерні, полозкові, одно дискові та дводискові, можуть мати різну будову, розміщуються або відособлено або жорстко прикріплюються до секції, що висіває.

Агротехнічними вимогами передбачається формування сошниками посівної машини борозенок, в які падає насіння, що мають ущільнене ложе для насіння, що сприяє більш дружнім

сходам і, в насамкінець, забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур. Грунт обсіпається зі стінок борозенки й засипає насіння. Від якості загортання насіння в грунт значною мірою залежать їх схожість і розвиток рослин. Тому сошники повинні задовольняти основним агротехнічним вимогам: відкривати борозенки однаково заданої глибини; не виносити нижні шари ґрунту на поверхню, щоб уникнути втрати вологи; ущільнювати дно борозенок для відновлення капілярності ґрунту; не порушувати рівномірність потоку насіння; при посіві насіння, коріння яких можуть бути пошкоджені туками, утворювати між насінням і добривами ґрунтовий прошарок.

Аналіз досліджень та публікацій. Конструктивно-технологічний огляд наявних сошників та елементів, задіяних у процесі укладання й загортання насіння показав, що завдяки дослідженням Горячкіна В.П., Нагібіна В.І., Василенко П.М., Камищенко Д.Е., Семенова О.М., Басіна В.С., Пігулевського М.Х., Пронько Л.Ю., Будагова А.А., Петуніна А.Ф., Глуховського В.С., Данченко В.Н., Фалоли О.І., Морозова І.В., Голозубова А.Н., Картамишева Н.І., Берзиньша Е.Р. і ін. було удосконалено конструкцію сошника просапних сівалок, а також зроблено висновок про доцільність використання елементів для активного загортання насіння вологими шарами ґрунту. Учені М.В. Колесніков, В.С. Басін, А.І. Лебедик, Т.О. Золотарьова, Л.Ю. Пронько, В.Н. Данченко навіть запропонували конкретні рішення з використання таких елементів, але в сучасних конструкціях сошників їх не використано. То ж можна говорити про сформований на сьогодні порядок виконання технологічного процесу сошником, він складається з двох операцій - це утворення борозни наральником сошника, який одночасно формує насіннєве ложе, ущільнюючи його стінки, та усунення само осипання ґрунту після ходу щік сошника.

Відомі сошники, в яких удосконалення направлено на зміну конструкторських і технологічних вимог. У [1] сошник включає диски із закріпленими на них знімними ребордами у формі усіченого конуса. Робочі поверхні реборд розташовані під кутом 150-155° до бічної поверхні диску. До загортачів сошника закріплена планка, що вирівнює загортання. Сошник дозволяє забезпечити рівномірну глибину загортання насіння на ґрунтах різної щільності і комковатості, а в іншому [2] сошник обладнано ребордами для обмеження глибини ходу.

Основним недоліком цих сошників є складність у виготовленні й експлуатації, а робоча поверхня кільцевих пластин наближається до циліндричної форми, а це сприяє підняттю сошника при наїзді на грудки, що знижує рівномірність глибини загортання насіння. При цьому сошники піднімаються над ґрунтом настільки, що одна частина насіння виявляється на поверхні поля, інша - заглиблюється до глибини 3-5 см кожен раз після проїзду грудок сошником, що також веде до прямих втрат частини посівного матеріалу.

Відома конструкція одно дискового сошника [3], який містить диск, встановлений на рамі з повідцем, на якому розташована натискна штанга з пружиною, а також має пристрій, що направляє насіння, який розташований за борозно утворюючим диском, запірний клапан, загортач-обмежувач глибини ходу сошника, причому борозно утворюючий диск має по периферії клинчасту заокруглену форму. Дана конструкція борозно утворюючого диска продавлюючи ґрунт залишає борозну з ущільненим дном, що позитивно позначається на створенні насінню необхідних умов для їх проростання і подальшого розвитку рослин.

Відома також інша конструкція сошника [4], яка включає два борозно закриваючих диска, кожен з яких зібраний з двох опуклих дисків, жорстко з'єднаних між собою опуклостями назовні так, що між ними закріплений дисковий ніж, або відомий двох дискові сошники [5,6,14-20], диски яких мають опуклу форму, що зменшує ширину висівної борозни. Ззаду дисків встановлені направляючі для насіння з запірними клапанами у вигляді зовнішньо розташованих пластин, які запобігають закупорюванню направляючих насіння ґрунтом і виконують функції загортачів.

Опуклі диски і наявність у кожного сошника запобіжного пристрою від каменів гарантують, що диски витримують роботу і в складних умовах. Диски сошників зазубрені, що полегшує їх проникнення в ґрунт. Крім того, диски мають різні діаметри і тому обертаються з різною швидкістю, що дає ефект самоочищення їх від налипаючого ґрунту, і тому спеціальні очисні скребки не потрібні. Між дисками розташовані уретанові язички, які розділяють потоки насіння і добрив. Проміж тим, недоліком наведених конструкцій сошників є недостатнє ущільнення дна борозни за рахунок ефекту розрізання ґрунту. Ущільнення піддаються тільки

стілки борозни, а не її дно, на яку укладаються насіння, що не забезпечує підведення вологи до зернам через зруйновані капіляри дна борозни, це перешкоджає дружному проростанню насіння і активного росту рослин.

Оригінальне конструкторське рішення використовується у сівалок NOVA COMBI [7]. Кожна пара сошників спирається на колесо, розташоване перед ними. Змінюючи розташування цього колеса по висоті, ви тим самим регулюєте глибину загортання насіння і добрив. Завдяки тому, що колесо стоїть перед сошниками, глибина загортання залишається незмінною при роботі на нерівній поверхні поля, при цьому проробляється сошниками борозна, швидкість руху також не робить впливу на робочу глибину. Регульовальне колесо ущільнює ґрунт перед сошниками, завдяки чому вони не забиваються і висів відбувається по рівній, «незруйнованій» поверхні. Колесо притискає, наприклад, соломі до поверхні землі, що дозволяє сошника безперешкодно нарізати необхідну посівну борозну. Отже, залишки соломи не потрапляють в борозну. Ступінь заповнення бункерів сівалки Nova Combi не впливає на робочу глибину.

У пневматичних сівалках MORRIS [8] паралелограмне з'єднання завжди підтримує постійний кут нахилу сошника по відношенню до землі і зберігає фіксовану глибину завдяки ковзанці, що прикатує. Сошник може копіювати контур поля в межах 25,4 см вгору і на 17,8 см вниз. Кожен сошник рухається незалежно від рухів рами і інших сошників для найбільш точного копіювання контуру поля. При цьому забезпечується неперевершена точність висіву насіння і внесення добрив на горбистій місцевості.

У патентах [9-11] запропоновано спосіб, систему та пристрій реалізації сівби просапних культур і внесення добрив для систем точного землеробства із реалізацією змінних норм внесення насіння та інших технологічних матеріалів при висіву просапних культур у реальному часі при переміщенні агрегату по полю з використанням термографічної інформації про стан посівного поля. Тобто враховується рівень і характер місцевизначених фізико-механічних параметрів сільськогосподарського поля, динамічних характеристик робочих органів сівалки, тощо. Місцевизначені параметри посівного поля, після їх збору, аналізу та параметричної інтерпретації мають, у широкому розумінні, детермінований характер і значною мірою визначають закон керування щільністю ґрунту, потоків води, активованих добрив і стимуляторів росту, насіння та визначають глибини борозни, зусилля для загортання насіння та ущільнення борозен після їх висіву.

В іншому патенті [12] у робочій зоні сівалки у атмосферному повітрі вимірюють фізико-хімічні властивості сільськогосподарського пилу (пилу ґрунтової дефляції), який виникає при переміщенні посівного агрегату, обчислюють гігроскопічність цього пилу, по якому визначають вологість ґрунту, і в залежності від її рівня автоматично керують виконавчими механізмами сошників сівалки, наприклад гідроциліндрами, які регулюють потрібні глибини борозен для закладання насіння, а у посівну борозну вводять порцію води для приведення ґрунту до стану оптимальної вологості, що забезпечує необхідну польову схожість насіння в тому випадку, якщо вологість ґрунту, розрахована за даними її вимірювань до висіву і в процесі висіву, менше нормованої, та визначають коефіцієнт спектральної яскравості сільськогосподарського пилу, по якому розраховують гумусові речовини ґрунту, та залежно від його рівня керують виконавчими механізмами, які регулюють подачу у борозни органічних речовин, які необхідні рослинам для забезпечення потрібної родючості.

У роботі [13] наведено результати дослідження роботи сошника, за умови забезпечення глибини посівної борозни з урахуванням в ній вологи ґрунту. На основі побудованої математичної моделі визначено раціональні кінематичні і динамічні параметри переміщення сошника при керуванні від пневмоприводу.

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення можливостей, визначення переваг та недоліків сучасних конструкцій сошників і систем автоматичного керування ними, так як у відомих роботах не враховується, що пристрої керування сошниками мають динамічну помилку за потужністю при врзанні у ґрунт до 60 %, а з підвищенням коефіцієнту різання ґрунту сошником, недостатньо підвищується стійкість для потрібної якості формування посівної борозни, при цьому помилка досягає 40 %.

Тому стає завдання не тільки забезпечення сошником глибини відповідно до агротехнічних умов загортання насіння на ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями, але й забезпечення потрібних статичних та динамічних характеристик керування.

Викладення матеріалу та результати. Пристрій для адаптивного керування процесом нарізання борозни сошником сівалки наданий на рис. 1 містить: блок завдання 1, суматора 2, привод сошника 3, редуктор приводу сошника 4, сівалка 5, блок керування швидкістю переміщенням сівалки 6, датчик потужності 7, елемент 8, який має поріг, модель процесу керування нарізання борозни 9, датчик швидкості переміщення сошника 10, фільтр 11 і датчики параметрів фізико-механічних властивостей ґрунту 12.

Процес нарізання борозни може бути описаний як передавальна функція

$$W_p(p) = \frac{P_p}{\varpi_n(p)} = \frac{K_{p\delta}}{T_p p + 1}, \quad (1)$$

де P_p - потужність нарізання борозни; ω_n - швидкість приводу сошника; $K_{p\delta}$ - коефіцієнт передачі процесу нарізання борозни; T_p - стала часу процесу нарізання борозни.

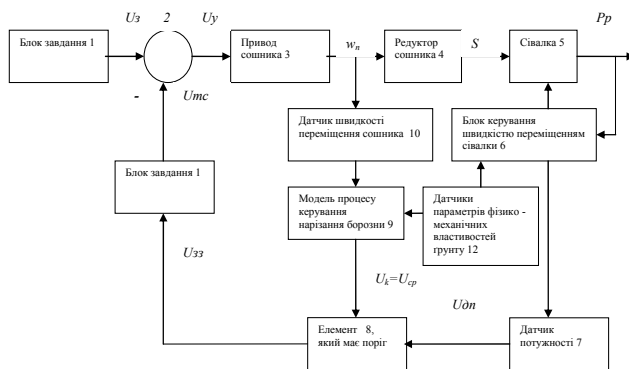


Рис. 1. Блок-схема пристрою для адаптивного керування процесом нарізання борозни сошником

Коефіцієнт передачі процесу нарізання борозни при посіву насіння

$$K_{p\delta} = C_{p\delta} * t_{\delta}^{X_p} * n_c * B * D^{q_r} * Z_{\phi_z}, \quad (2)$$

де $C_{p\delta}$ - коефіцієнт, який враховує умови нарізання борозни; t_{δ} - глибина посівної борозни; n_c - швидкість переміщення сошника; B - ширина борозни; D - параметри сошника; Z_{ϕ_z} - функція, яка визначає параметри фізико-механічних властивостей ґрунту, до найважливіших яких належать: твердість, пластичність, липкість, зв'язність, набухання, усадка та питомий опір ґрунту; X_p, q_r - показники ступенів.

Коефіцієнт $K_{p\delta}$ змінюється

відповідно з формулою (2) у десятки разів, що в режимі стабілізації потужності нарізання борозни приводить до значного перерегулювання у роботі сошника сівалки. Для усунення перерегулювання системі потрібне відповідне перестроювання моделі процесу нарізання борозни.

Робота пристрою для адаптивного керування процесом нарізання борозни виглядає так.

З блоку завдання 1 через суматор 2 поступає сигнал управління U_y на вхід приводу сошника 2. Кутова швидкість приводу сошника 3 через редуктор 4 діє на процес нарізання борозни сівалкою 5.

Сигнал корекції U_k на виході блоку 9 моделі процесу керування нарізання борозни 9

$$U_k = U_{cp} = \varpi_n \cdot K_{n,m}, \quad (3)$$

де $K_{n,m}$ - коефіцієнт передачі моделі процесу, надходить до опорного входу порогового елемента 8.

Сигнал $U_{\delta m}$ датчика потужності нарізання борозни надходить до порогового елемента 8 та порівнюється з напругою корекції U_k . Отже, сигнали, які надходять на вхід фільтру 11, дорівнюють

$$U_{z3} = U_{\delta n} - U_{cp} \text{ при } U_{\delta \delta} > U_{cp}$$

$$U_{z3} = 0 \text{ при } U_{\delta \delta} < U_{cp}$$

де $U_{\delta n}$ - напруга датчика 7 активної потужності транспортного засобу; U_{z3} - напруга зворотного зв'язку.

Напруга U_{mc} виходу фільтру дорівнює

$$U_{mc} = K U_{z3} + p U_{z3} + (1/p) U_{z3}$$

Отже, сигнали, які надходять на вхід приводу сошника дорівнюють

$$U_y = U_3 - U_{mc} \text{ при } U_{\delta \delta} > U_{cp},$$

$$U_{mc} = K U_{z3} + p U_{z3} + (1/p) U_{z3} \text{ при } U_{\delta \delta} < U_{cp},$$

де U_{mc} - напруга технологічного зворотного зв'язку.

При збільшенні потужності P_p нарізання посівної борозни, за рахунок змінення параметрів фізико-механічних властивостей ґрунту, то зростає сигнал U_{on} на виході датчика потужності.

При $U_{ob} > U_{cp}$ сигнал керування на вході приводу сошника зменшується

$$U_y = U_z - KU_{z3} + pU_{z3} + \frac{1}{p}U_{z3}.$$

При цьому величина U_y в значній мірі визначається швидкістю pU_{z3} зміни напруги зворотного зв'язку. Відповідно, зменшується і швидкість ω_n приводу сошника. Отже, зменшується сигнал $U_k = U_{cp}$ на виході моделі процесу керування нарізання борозни. Це приводить до подальшого зростання напруги U_{mc} технологічного зворотнього зв'язку.

Висновок. Чутливість системи стабілізації потужності нарізання посівної борозни виявляється більш високою, ніж у розроблених системах. Змінюючи глибину технологічного зворотного зв'язку (пропорційну частину), можна варіювати величиною статичної помилки.

Змінюючи глибину технологічного оборотного зв'язку (диференціальна та інтегральна частини), можна варіювати величину динамічної помилки (перерегулювання системи при накиданні навантаження). При такому настроюванні значно збільшується стійкість системи стабілізації потужності, знижується динамічна помилка, підвищується якість нарізання борозни.

Список літератури

1. А.С. СССР кл. А 01 С, N 7/20, № 2146436. Сошник / **Даибов С.З.** Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.
2. Сільськогосподарська техніка. Каталог. Ч. 1, Москва, 1981 р. С. 249 - 250.
3. Патент РФ № 2224401, МПК А01С7/00, Сошник /**Ивженко С.А., Боков Д.В., Плешков Е.Н.**
4. Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И.Вавилова/ опубл. 27.02.2004.
5. Патент РФ № 2177215, МПК А01С 7/20, опубл. 27.12. 2001.
6. **Спицин И.А., Орлов А.Н., Ляпченко В.В.** и др. Сельскохозяйственная техника и технологии. /Под редакцией И.А. Спицина. Колос, 2006. - 647 с с ил. - (учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений)
7. **Любушко Н.И., Гламоздина Л.С., Зайцев И.И.** Совершенствование двухдискового сошника для равномерной заделки семян // Тракторы и сельхозмашины. 1985. - № 8. - с. 33-37.
8. Сеялка Tume Nova combi [Електронний ресурс]. - Режим доступу : URL : http://no-till.ru/view_seeders.php?id=36.
9. Посібник. Машины для обработки ґрунту та сівби/ За ред. **Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф.** – дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009.- 288.
10. Пат. на корисну модель № 84931 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Пристрій для висіву насіння просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Назаренко В. М., Дубовик І.І.**; заявл. 26.03., опубл.11.11.2013, Бюл. № 21.
11. Пат. на корисну модель № 84925 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Назаренко В. М., Дубовик І.І.**; заявл. 26.03., опубл.11.11.2013, Бюл. № 21.
12. Пат. на корисну модель № 84902 Україна, МПК А01С 7/00, G01D 5/12, G01D 9/00. Система контролю висіву насіння / **Лобов В. Й., Назаренко В.М., Дубовик І. І., Мірошник А. В.**, опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
13. Пат. на корисну модель № 93947 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Дубовик І.І., Савосько В.М.**, заявл. 22.04.2014, опубл. **27.10.2014**, Бюл. № 20.
14. **Лобов В.Й., Дубовик І.І.** Математична модель системи керування сошником сівалки/ Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2014.- Вип № 36.- С. 198-203.
15. **Морозов И.В.** Технологические и технические основы совершенствования конструкций сошников зерновых сеялок. Докторская диссертация. – Тернополь, 2003. – 401 с.
16. **Любушко Н.И., Пушинская О.В.** Направления совершенствования параметров двухдисковых сошников зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины. 1981. - № 12. - с. 7-12.
17. **Пушинская О.В., Сокол Н.А.** Влияние отражателя на качество заделки семян по глубине двухдисковым сошником зерновой сеялки. Тракторы и с.-х. машины. 1992. - № 7. - с. 3-6.
18. **Пушинская О.В.** Обоснования параметров двухдискового сошника зерновой сеялки для равномерной заделки семян по глубине: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., - 1984. - 23 с.
19. **Любушко Н.И., Гламоздина Л.С., Зайцев И.И.** Совершенствование двухдискового сошника для равномерной заделки семян // Тракторы и сельхозмашины. 1985. - № 8. - с. 33-37.
20. Определение оптимальных параметров направителя и отражателя семян в сошнике // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Межвузовский сб. науч. тр. МИИСП. Том 14, вып. 2. – М., 1977. – с. 59-63.
21. **Бойко А.І.** та інші. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. – К.: В-во Кіровоградського національного технічного університету – 2003, – 204с.

Рукопис постуила в редакцію 25.02.14