

methods for determining the technical state ; accumulation of knowledge and regard them with further diagnosis; self-esteem and self-learning, dynamic change of its structure.

The structure of the database includes knowledge of relevant objects, their possible technical conditions and parameters. When you change the structure of the database IIS made the appropriate adjustments. With current diagnostic algorithm checks the objects IIS, and in case of compliance diagnostic model, build, a decision about the appropriate technical condition.

**integrated information system, the structure of technical diagnostics**

Одержано 13.06.13

**УДК 681.17; 681.5.015**

**Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, М.Д. Пархоменко, доц.,  
М.О. Ліккей, магістрант**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Автоматизація процесу висіву просапних культур сівалкою СУПН-8 за технологією точного землеробства**

Досліджуються шляхи створення програмно-адаптивної автоматизованої системи керування змінними нормами висіву просапних культур сівалкою СУПН-8 при сівбі за технологією точного землеробства. Визначаються математичні моделі керування зміною норми висіву і методика поглибленої дискретизації швидкостей обертання валу двигуна при фіксованих кодах управління.

**автоматизована система керування, щільність розподілу, інтенсивність, зерновий потік, точне землеробство, сівба, методика регулювання**

**Ю.М. Пархоменко, доц., канд. техн. наук, М.Д. Пархоменко, доц., М.А. Ліккей, магістрант**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Автоматизация процесса высева просапных культур сеялкой СУПН-8 по технологии точного земледелия**

Исследуются пути создания программно-адаптивной автоматизированной системы управления переменными нормами высева пропашных культур сеялкой СУПН-8 при посеве по технологии точного земледелия. Определяются математические модели управления изменением нормы высева и методика углубленной дискретизации скоростей вращения вала двигателя при фиксированных кодах управления.

**автоматизированная система управления, плотность распределения, интенсивность, зерновой поток, точное земледелие, посев, методика регулирования**

Зерновий сектор України є стратегічною галуззю економіки держави, джерелом сталого розвитку агропромислового комплексу та основою аграрного експорту. Для збільшення обсягів виробництва зерна і отримання більш стабільних урожаїв програмою “Зерно України – 2015” визначено ряд основних напрямків розвитку зернового господарства, до яких входить і підвищення рівня наукових розробок та впровадження передових ресурсощадних індустріальних технологій [1]. В останнє десятиліття швидкими темпами стала впроваджуватися нова технологія точного землеробства, яка передбачає не лише стабілізацію норми висіву, а і безперебійну її

© Ю.М. Пархоменко, М.Д. Пархоменко, М.О. Ліккей, 2014

зміну на окремих ділянках поля в залежності від їх агрохімічних та фізико-механічних властивостей [2]. Забезпечення такої технології посіву без впровадження місцевизначеного автоматизованого керування змінними нормами висіву здійснити уже не можливо. Тому розробка засобів автоматизації керування процесом висіву зернових культур на сьогодні є задачею актуальною.

Метою даної статті є дослідження шляхів створення програмно-адаптивної автоматизованої системи управління змінними нормами висіву просапних культур сівалкою СУПН-8 при сівбі за технологією точного землеробства. Визначення математичної моделі керування процесом зміни норми висіву та дослідження можливості застосування двигуна постійного струму для керування швидкістю обертання валу висівного апарату.

До факторів впливу на інтенсивність і якість розподілу зернового потоку формованого дисковими висівними апаратами сівалки СУПН-8 можна віднести: кількість та рівномірність розміщення присмоктувальних отворів на диску; величину та стабільність тиску під кожухом висівного апарату; швидкість обертання диску та її зв'язок з швидкістю руху сівалки [3]. Перший фактор є конструктивним і не потребує змін в процесі висіву, так як необхідні для посівної культури диски встановлюються на висівні апарати до сівби. Тиск під кожухом висівного апарату забезпечується вентилятором, який приводиться в дію валом відбору потужності трактора через коробку передач. Величина і стабільність тиску залежить від швидкості обертання вентилятора, герметичності прилягання кожуха до корпусу висівного апарату, наповненості присмоктувальних отворів, довжини трубопроводів тощо. Регулювання тиску по кожному висівному апарату є окремою і доволі складною задачею, вирішення якої суттєво вплине на якість сівби – зменшиться кількість двійників та пропусків, але цей фактор є другорядним.

Основним фактором впливу на зміну норми висіву є швидкість обертання валу висівного апарату. У сівалці СУПН-8 приводи валів висівних апаратів кожної секції через коробки передач зв'язані з приводними колесами сівалки через ланцюгову та зубчасту передачі. Оптимальна швидкість обертання диску для кожної норми висіву задається передаточною величиною  $i = \omega_k / \omega_z$  коробки передач, де  $\omega_z$  - кутова швидкість обертання валу висівного апарату (рад/с), а  $\omega_k$  - кутова швидкість приводного колеса сівалки (рад/с). Завдяки наявності прямого механічного зв'язку  $\omega_z = i \cdot \omega_k$  із зміною швидкості руху приводного колеса сівалки пропорційно змінюється і швидкість обертання диску. Тобто, маємо в наявності реалізацію принципу автоматичного регулювання без зворотного зв'язку. Існуюча технологія сівби задовольняє сільгоспвиробника при класичному землеробстві, коли поле розглядається як однорідне і сівба проводиться з постійно заданою нормою висіву. Технологія точного землеробства передбачає необхідність періодичної зміни норми висіву на окремих ділянках поля. Навіть при наявності безсхідчастої коробки передач забезпечити зміни норми висіву на окремих ділянках поля в польових умовах без зупинки трактора дуже складно. Цей процес можна автоматизувати, шляхом розробки мікропроцесорної системи яка б забезпечувала місцевизначену зміну швидкості обертання валу висівного апарату пропорційно швидкості руху сівалки та заданій нормі висіву.

При проектуванні системи автоматичного керування змінними нормами висіву було враховано результати досліджень вчених Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ) [2]. Передбачається, що розроблювана САК на першому етапі буде працювати паралельно з існуючою системою контролю висіву «НИВА 23» і навіть частково використовувати її ємнісні датчики.

Апаратна частина САК процесом висіву за технологією точного землеробства призначеної для сівалки СУПН-8 (рис. 1) включає: бортовий комп'ютер з дисплеєм; ГСП-приймач; технологічну карту-завдання змінних норм висіву на електронному носіїві (картограму сівби); датчик швидкості руху сівалки; датчик включення сівалки в роботу; емнісні датчики зерна в потоці, двигуни постійного струму з редукторами і мікропроцесорний блок керування.

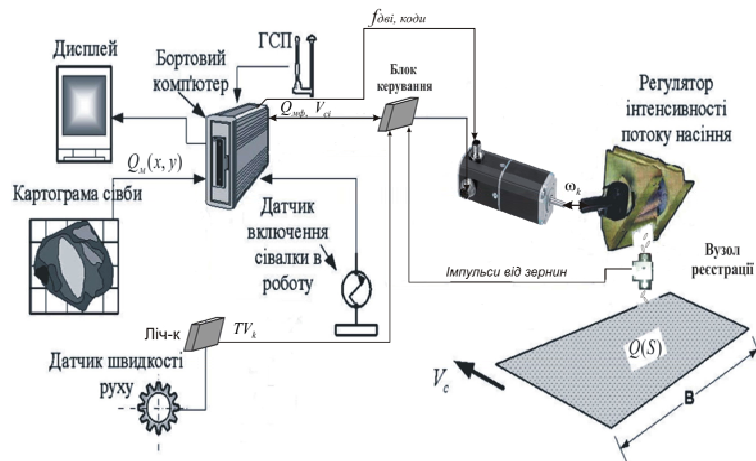


Рисунок 1 - Загальна структура САК змінними нормами висіву сівалки СУПН-8

Використання ланцюгово-зубчатої передачі від привідного колеса сівалки виключається. Для обертання валу висівних апаратів з заданою швидкістю планується застосовувати двигуни постійного струму типу ВГ 45х15 РІ (потужність - 72Вт, крутний момент - 22Н см, номінальна швидкість 50...3100об/хв) з черв'ячним або планетарним редуктором [5]. Оскільки сівалка СУПН-8 має дві незалежні секції по чотири висівних апарата на одному валу, то для приводу кожної секції необхідно встановити по одному двигуну. Вказаний тип серводвигуна може управлятися не лише від зовнішнього контролера, а і від персонального комп'ютера. В залежності від потреб користувача двигун може комплектуватися черв'ячним редуктором з передавальним відношенням від 5:1 до 75:1 (обертальний момент до 30Нм) або планетарним редуктором з передавальним відношенням від 3:1 до 700:1 (обертальний момент - до 160Нм).

Для того, щоб розробити методику роботи САК необхідно було спершу визначити залежність між кутовою швидкістю обертання валу висівного апарата, нормою висіву і швидкістю руху сівалки, після чого визначити передаточну величину  $k$  редуктора двигуна.

Згідно з агрономіями [4] для кожної висівної культури, регіону, родючості ґрунту тощо встановлюється своя норма висіву

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

де  $Q$  - задана норма висіву, кг/га;

$Q_m, Q_c$  - щільність розподілу зернового потоку вздовж рядка висіву (шт./м) та інтенсивність зернового потоку на виході сошника (шт./с);

$b$  - ширина міжряддя, м;

$A$  - вага 1000шт. насіння, грам;

$V_c$  - швидкість руху сівалки, км/год.

Інтенсивність зернового потоку  $Q_{zc}$  (шт./с) на виході дискового висівного апарата визначається виразом

$$Q_{zc} = n_z \cdot z / t = f_z \cdot z = \omega_z \cdot z / 2 \cdot \pi, \quad (2)$$

де  $n_z$  - кількість зареєстрованих обертів диска, об.;  
 $z$  - кількість присмоктуючих отворів на диску, шт.;  
 $t$  - термін реєстрації, с;  
 $f_z$  - частота обертання диска, об/с.

Залежність кутової швидкості обертання валу висівного апарата  $\omega_z$  від норми висіву  $Q_m$  і швидкості руху сівалки  $V_c$  визначаються з умови, що інтенсивності зернового потоку на виході сошника  $Q_c$  і дискового висівного апарата  $Q_{zc}$  повинні бути рівними  $Q_{zc} = Q_c$ , тобто

$$\begin{aligned} \omega_z \cdot z / (2 \cdot \pi) &= 10^2 \cdot Q \cdot b \cdot V_c / (3,6 \cdot A) \\ \omega_z &= 10^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot Q \cdot b \cdot V_c / (3,6 \cdot A \cdot z) \end{aligned} \quad (3)$$

Вводиться заміна  $Q = Q_m \cdot A / (10^2 \cdot b)$  (1) і визначається кінцевий вираз залежності, яка буде використовуватися в управлінні процесом висіву просапних культур

$$\omega_z = 2 \cdot \pi \cdot Q_m \cdot V_c / (3,6 \cdot z). \quad (4)$$

В таблиці 1 представлені граничні значення щільності розподілу зернового потоку вздовж рядка висіву (норма висіву)  $Q_m$  (*шт/м*), розраховані (1) на підставі заданих агровимогами [4] норм висіву  $Q$  (*кг/га*) для чотирьох видів просапних культур. За бази отриманих норм висіву  $Q_m$  (*шт/м*) було визначено (4) діапазон зміни кутової швидкості обертання валу висівного апарату  $\omega_z$  при сівбі на мінімальній  $V_c = 2,4$  км/год та максимальній  $V_c = 15$  км/год швидкостях руху сівалки. При цьому враховувалися граничні значення присмоктувальних отворів на висівному диску  $z$ .

Згідно з технічним даними швидкість обертання ротора  $f_{дв}$  двигуна BG 45x15 PI може регулюватися в межах від 50 до 3100 об/хв. Його кутова швидкість  $\omega_{дв}$  (*рад/с*) визначається формулою

$$\omega_{дв} = 2 \cdot \pi \cdot f_{дв} / 60. \quad (5)$$

Маючи вирази (4), (5) можна визначити значення передавальної величини  $k$  редуктора двигуна BG 45x15 PI

$$k = \omega_{дв} / \omega_z = 2 \cdot \pi \cdot f_{дв} / (60 \cdot \omega_z). \quad (6)$$

Функціональна залежність швидкості обертання ротора двигуна  $f_{дв}$  (*об/хв*) від кутової швидкості обертання валу висівного апарата  $\omega_z$  (*рад/с*) при постійному значенні передаточної величині  $k$  редуктора має вираз

$$f_{дв} = k \cdot 60 \cdot \omega_z / 2 \cdot \pi. \quad (7)$$

В табл. 1 занесені також граничні значення передавальної величини редуктора  $k$ , розраховані за співвідношенням (6) при максимальній швидкості обертання ротора двигуна  $f_{дв} = 3100$  об/хв.

Таблиця 1 – Діапазони зміни кутової швидкості валу висівного апарата та передавальної величини редуктора двигуна

Культура	Норма вис. $Q_m$ , шт/м	Число отворів на диску (z), шт	Кутова швидк.	Передат.	Швидк.	Кутова швидк.	Передат.	Швидк. двигуна $f_{дв}$ , об/хв
			$\omega_z$ рад/с	велич., $k$	двигуна, об/хв	$\omega_z$ рад/с	велич., $k$	
			$V_c = 2,4 \text{ км/год}$			$V_c = 15 \text{ км/год}$		
<b>Сорго</b>	28...70	14, 22, 50	8,38	38,7	640	36,7	8,85	2804
<b>Соняшник</b>	2...15	14, 22	0,6	541	46	17,85	18,2	1364
<b>Соя</b>	12...44	90	0,6	541	46	12,8	25,36	978
<b>Кукурудза</b>	1,5...13	14, 22	0,5	649	38	15,47	20,98	1182

Як видно з табл. 1 найменш допустиме значення передавальної величини  $k = 8,85$ . Звідси приходимо до висновку, що, для забезпечення заданих норм висіву просапних культур сівалкою СУПН 8 з використання двигуна типу BG 45x15 P1 необхідно укомплектувати його черв'ячним або планетарним редуктором з передавальною величиною 8:1. Якщо передавальна величина редуктора буде обрана вищою, то при сівбі сорго з максимальною нормою висіву швидкість обертання ротора двигуна вийде за межі допустимого. Цей висновок підтверджують і значення швидкостей обертання ротора двигуна  $f_{дв}$  об/хв розраховані за формулою (7) при граничних кутових швидкостях обертання валу висівного апарату  $\omega_z$  та передаточній величині  $k = 8$  представлені в табл. 1. Для сорго, наприклад, максимальне значення швидкості обертання ротора двигуна  $f_{дв} = 2804 \text{ об/хв}$ , що не перевищує максимально допустимої швидкості двигуна  $f_{дв} = 3100 \text{ об/хв}$ . В той же час, мінімальне значення швидкості  $f_{дв} = 38 \text{ об/хв}$  при висіванні кукурудзи нижче допустимого  $f_{дв} = 50 \text{ об/хв}$  для двигуна. Однак, з цим можна змиритися, так як в технічних даних сівалки СУПН-8 вказано, що сівбу рекомендовано проводити на швидкості 6...9 км/год, а не 2.4 км/год для якої зроблено розрахунок.

Швидкість руху сівалки можна визначати за допомогою датчика Холла і диску з щілинами закріпленому на осі приводного колеса сівалки. Імпульси з датчика подаються на вхід лічильника пройденого шляху. Після відліку фіксованої відстані (наприклад  $\Delta S = 5 \text{ або } 10 \text{ м}$ ) формується імпульс швидкості  $Tv_i$ , який поступає на вхід зовнішнього переривання INT0 контролера де визначається час  $t$  проходження цієї відстані і розраховується швидкість руху сівалки  $V_c = \Delta S \cdot 3,6 / t$ .

Так як сівба проводиться в попередньо обумовленому діапазоні зміни швидкостей руху сівалки, наприклад, на підвищених швидкостях 8-11 км/год, середніх - 6-9 км/год, понижених - 4-6 км/год тощо, то, виходячи з вимог мультиплексного режиму, заданий діапазон ділиться на вісім фіксованих значень  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$  (км/год). На підставі залежностей (4), (7) було виконано розрахунки кутових швидкостей обертання валу висівних апаратів  $\omega_{z1}, \omega_{z2}, \dots, \omega_{z8}$  і швидкостей обертання ротора двигуна  $f_{дв1}, f_{дв2}, \dots, f_{дв8}$  для різних норми висіву  $Q_m$  насіння кукурудзи і різних швидкостей руху сівалки  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$ . Результати цих розрахунків занесені в табл. 2.

Таблиця 2 – Відповідність кодів управління швидкістю обертання ротора двигуна заданій нормі висіву та швидкості руху сівалки

$V_c$ км/год	$Q_m = 3 \text{ ум/м}$		$Q_m = 4 \text{ ум/м}$		$Q_m = 5 \text{ ум/м}$		Код швидкості
	$\omega_z$ рад/с	$f_{дв}$ об/с	$\omega_z$ рад/с	$f_{дв}$ об/с	$\omega_z$ рад/с	$f_{дв}$ об/с	
4	1,5	114	2,0	152	2,5	190	000
5	1,9	143	2,5	190	3,1	238	100
6	2,2	171	3,0	229	3,7	285	010
7	2,6	200	3,5	266	4,4	333	110
8	3,0	229	4,0	304	5,0	381	001
9	3,4	257	4,5	342	5,6	429	101
10	3,7	286	5,0	380	6,2	476	011
11	4,1	314	5,5	419	6,9	524	111

Аналіз даних табл. 2 показує, що кожному з восьми значень швидкостей руху сівалки  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$  відповідає свій код швидкості обертання валу двигуна («Швидкість 0», «Швидкість 1» ... «Швидкість 7») передбачений мультиплексним режимом керування. Тобто, в залежності від швидкості руху сівалки, до контролера двигуна передається відповідний їй 3-хрозрядний двійковий код. В той же час, цей код справедливий і для інших норм висіву  $Q_{m1} = 3, 4, 5 \text{ ум/м}$  і відповідних їм швидкостям обертання валу двигуна  $f_{дв1}, f_{дв2}, \dots, f_{дв8}$  (об/хв.). Щоб виключити цю багатозначність, було вирішено при кожній зміні норми висіву передавати відповідні їй швидкості обертання валу двигуна  $f_{дв1}, f_{дв2}, \dots, f_{дв8}$  до його контролеру через 5-ти контактний роз'єднувач «Інтерфейс параметрів».

Оскільки відповідність між кодом, швидкістю руху сівалки і швидкістю обертання валу двигуна розраховувались для заданих  $Q_{m3}$ , а не фактично зареєстрованих датчиками  $Q_{mf}$ , норм висіву, то в формулу розрахунку кутової швидкості валу висівного апарата (4) було внесено коефіцієнт корекції  $\alpha = Q_{mf} / Q_{m3}$

$$\omega_z = 2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot Q_m \cdot V_c / (3,6 \cdot z). \quad (8)$$

Результати аналізу даних табл.2 дали підставу для розробки методики більш глибокої дискретизації швидкостей обертання ротора двигуна. Згідно з цією методикою модифікацію швидкостей обертання валу висівного апарата, яка б відповідала фактичній нормі висіву і дискретному діапазону швидкостей, було покладено на бортовий комп'ютер, а формування восьми керуючих кодів швидкостей, узгоджених з нормою висіву, – на блок керування двигунами.

В цілому, проєктований апаратно-програмний комплекс представляє собою замкнену САК, принцип роботи якої наочно ілюструє функціональна схема (рис.2).

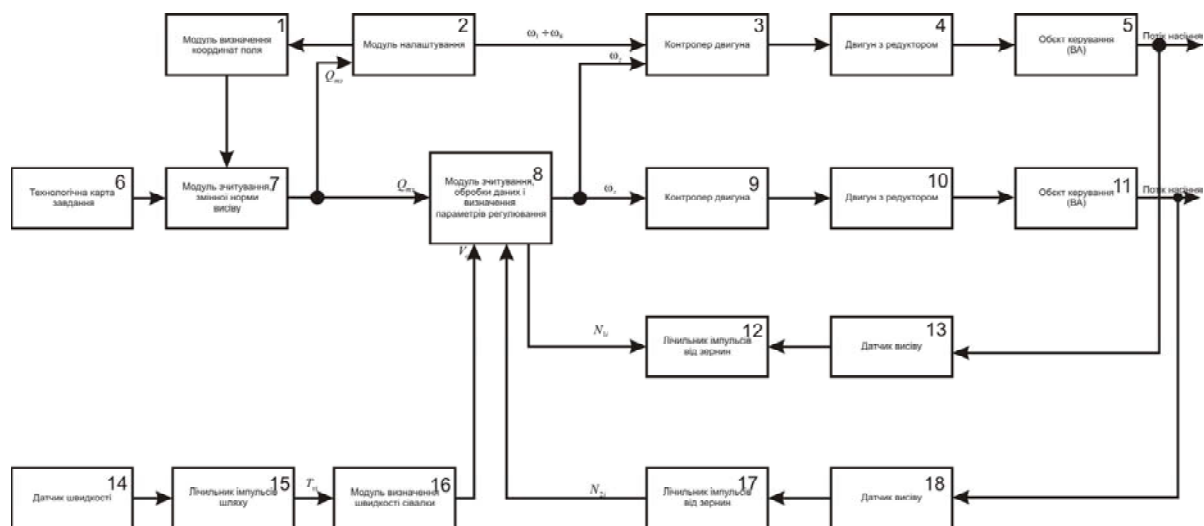


Рисунок 2 – Функціональна схема роботи автоматизованої системи керування процесом висіву просапних культур

Кожний модуль виконує одну або декілька функцій на програмному, фізичному та електромеханічному рівні. Виконання частини програмних модулів (1, 2, 6, 7) покладено на бортовий комп'ютер, що встановлюється в кабіні трактора. Блок керування виконує функції зчитування вхідних даних, їх обробку і визначення параметра регулювання (модулі 8, 12, 16, 17). Виконавчі механізми представляють контролери двигунів (3, 9) і самі двигуни з редукторами (4, 10). Під об'єктами керування розуміються дискові висівні апарати (5, 11). До апаратно – програмного комплексу входять також два ємнісних датчика висіву (13, 18) і датчик швидкості з лічильником імпульсів довжини пройденого шляху (14, 15). Блок керування спроектовано на базі 16-ти розрядного мікроконтролера серії AVR типу AT MEGA16. Інформація про поточний стан двигунів та фактичну норму висіву через блок керування поступає до бортового комп'ютера для відображення на екрані. Обмін даними між AVR контролером блока керування та бортовим комп'ютером здійснюється через USB - порт.

Принцип роботи даної системи автоматичного керування змінними нормами висіву просапних культур для сівалки СУПН-8 полягає в наступному. Перед початком сівби, після завантаження програмного забезпечення в бортовий комп'ютер (рис. 1) вводяться параметри висіву: назва просапної культури; коефіцієнт передачі редуктора двигуна  $k$ ; число присмоктувальних отворів на висівному диску  $z$ ; заплановане мінімальне і максимальне значення швидкостей руху сівалки  $V_{c\min}$ ,  $V_{c\max}$  (км/год); початкове значення норми висіву  $Q_{\text{мн}}$  (шт/м); період опитування ГСП-приймача для визначення місцеположення сівалки (координат поля)  $T_{\text{он}}$  (с); допустима за агровимогами відносна похибка відхилення норми висіву  $\delta_a$  (%) від заданої; початковий коефіцієнт корекції швидкості  $\alpha=1$ . Після цього запускається таймер визначення періоду опитування координат поля. Заданий діапазон зміни швидкостей руху сівалки ділиться на вісім фіксованих значень  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$  (км/год). В модулі 2 за формулою (8), розраховуються значення 8 кутових швидкостей обертання валу висівного апарата  $\omega_{z1}, \omega_{z2}, \dots, \omega_{z8}$  на підставі поточної норми висіву  $Q_{\text{мн}}$  та розрахованих значень швидкостей руху сівалки  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$ . Потім розраховуються

значення швидкостей обертання ротора двигуна  $f_{дв1}, f_{дв2}, \dots, f_{дв8}$  (об/хв.) за формулою (7). Отримані значення, кожне з яких відповідає поточній нормі висіву  $Q_{мп}$  та обраній швидкості руху сівалки  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$ , разом з «двійковими кодами швидкості» передаються до контролера двигуна через «Інтерфейс параметризації».

Період опитування  $T_{оп}$  можна розрахувати виходячи з наступних міркувань. Якщо прийняти середню швидкість руху сівалки  $V_c = 7,2 км/год = 2 м/с$ , то шлях у 20м вона пройде за  $T_{оп} = 10с$ . Цього терміну достатньо для визначення координат місця сівалки, проведення розрахунків і передачі даних до контролера двигуна, що узгоджується і з точністю визначення координат GPS –навігатором.

Після цього програма переходить в режим чекання до приходу сигналу початку опитування  $t \geq T_{оп}$ . Після приходу сигналу «опитування» виконується процедура перезапуску таймера, визначаються координати поля (модуль 1), зчитується задана норма висіву  $Q_{мз}$  з карти-завдання (модулі 6, 7) і розраховується величина відносного відхилення поточної норми висіву  $Q_{мп}$  від заданої  $Q_{мз}$  за формулою  $\delta_{п} = |Q_{мз} - Q_{ма}| \cdot 100\% / Q_{мз}$ . Якщо відносна похибка перевищує допустиму  $\delta_{п} \geq \delta_3$ , то значення заданої норми висіву  $Q_{мз}$  заноситься в комірку поточної норми висіву  $Q_{мп}$ , розраховуються нові значення швидкостей обертання ротора двигуна  $f_{дв1}, f_{дв2}, \dots, f_{дв8}$  і передаються до його контролера. Якщо відносна похибка не перевищує допустиму  $\delta_{п} < \delta_3$ , то значення поточної норми висіву  $Q_{мп}$  не змінюється, процес перерахунку не виконується і програма знову виходить в режим чекання.

Робота блоку керування починається з зчитування з бортового комп'ютера вхідних параметрів: поточної норми висіву  $Q_{мп}$ ; розрахованих значень швидкості  $V_{c1}, V_{c2}, \dots, V_{c8}$  та відповідних їм двійкових кодів керування; половинний інтервал відхилення сусідніх швидкостей  $\Delta V_c / 2$  і допустиме значення відносного відхилення  $\delta_{п}$  поточної норми висіву  $Q_{мп}$  від заданої  $Q_{мз}$ . Після цього в комірку поточного значення швидкості заноситься її початкова величина і код керування. Запускається таймер виміру швидкості руху сівалки, а до контролеру двигуна передається код заданої швидкості його обертання. Двигун налаштовується на задану швидкість обертання і приводить в дію висівний апарат. Після проходження сівалкою фіксованого інтервалу шляху (наприклад 10м) датчик швидкості формує сигнал переривання INT0 за яким з виходу таймера зчитується час проходження  $t$  с фіксованої відстані. Таймер перезавантажується. Розраховується швидкість руху сівалки  $V_c = 10 \cdot 3,6 / t км/год$ . З виходів першого і другого лічильників зчитується кількість  $N_{i1}, N_{i2}$  зафіксованих датчиками на виході висівних апаратів насінин за термін засівання ділянки довжиною 10мп. За цими даними розраховується середнє значення фактичної норми висіву за формулою

$$Q_{мф} = (N_{i1} + N_{i2}) / 2 \cdot 10. \quad (4.9)$$

Потім розраховується величина відносного відхилення поточної норми висіву  $Q_{мп}$  від фактичної  $Q_{мф}$  за формулою  $\delta_{п} = |Q_{мп} - Q_{мф}| \cdot 100\% / Q_{мз}$  та величина відхилення попередньо заданої швидкості руху сівалки від зафіксованої  $\Delta V_{ci} = |V_{ck} - V_{cn}|$ . Якщо швидкість руху сівалки змінилася більше ніж на половину



заданого інтервалу  $\Delta V_{ci} \geq \Delta V_c / 2$ , то визначається близька до фактичної  $Q_{мф}$  розрахункова швидкість  $V_{ci}$  за умови  $Q_{мф} \leq |V_{ci} \pm \Delta V_c / 2|$  і заноситься в комірку поточної швидкості  $V_{cn} = V_{ci}$ . Якщо  $\Delta V_{ci} < \Delta V_c / 2$ , то процедура зміни швидкості обертання двигуна не виконується і програма виходить в режим чекання до завершення 10-тиметрового прогону. З виходу бортового комп'ютера зчитується значення заданої норми висіву. Якщо розрахована величина відносного відхилення поточної норми висіву  $Q_{mn}$  від фактичної  $Q_{мф}$  більше допустимої  $\delta_i \geq \delta_3$ , то формується коефіцієнт корегування  $\alpha = Q_{мф} / Q_{mn}$  який передається до бортового комп'ютера. Якщо  $\delta_i < \delta_3$ , то коефіцієнт корекції не змінюється і програма виходить на процедуру зміни швидкості обертання валу двигуна за новим кодом. Даліше цикли повторюються до завершення сівби.

В результаті дослідження шляхів створення програмно-адаптивної автоматизованої системи управління змінними нормами висіву просапних культур сівалкою СУПН-8 при сівбі за технологією точного землеробства було визначено: математичні моделі керування процесом зміни норми висіву; можливість застосування двигуна постійного струму для керування швидкістю обертання валу висівного апарату; передавальну величину редуктора двигуна. Розроблена методика поглибленої дискретизації швидкостей обертання валу двигуна для кожної з заданих норм висіву при фіксованих значеннях кодів управління. Запропоновано систему автоматичного керування змінними нормами висіву з використання мотор-редуктора та ГПС-навігатора може бути практично реалізована і впроваджена на сівалці СУПН-8 або на подібній до неї.

## Список літератури

1. Програма “Зерно України – 2015”. – К.: ДІА, 2011. – 48 с.
2. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г. Моделювання адаптивних технологічних процесів місцевизначеного землеробства //Звіт про НДР НАУ, №0103U005909 – Київ, 2007. – 65с.
3. Сисолін П. В. Теорія проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник - К.: ІСДО, 1994. – 148 с.
4. Агротехнические требования на сельскохозяйственные машины: Сб. / Госкомсельхозтехника СССР. ЦНИИТЕИ, 1983, т. 32. – 342с.
5. Instruction Manual/Betriebsanleitung BG 45 PI. Dunkermotoren, 2009 / www.dunkermotor.com

**Yuriy Parhomenko, Mikhail Parhomenko, Marina Likkey**

*Kirovograd National Technical University.*

### **Automating the process of seeding row crop planter SUPN-8 precision farming technology**

We investigate ways of creating software - adaptive automated control system variables SOWING row crop seeder SUPN -8 at sowing technology for precision farming. Defined mathematical models of process control changes seeding rate.

The possibility of applying a DC motor to control the motor speed is defined seed device and transmitting the value of the gear motor. We investigate the technique of deep sampling speeds of the motor shaft for each set Seeding rate for fixed values of control codes.

We describe the principle of the automatic control variables seeding rate for seeder SUPN -8 using a gear motor and GPS navigator.

**automated control system, the distribution on density, intensity, grain flow, precision agriculture, crop, methods of regulation**

Одержано 27.05.14