

Кіровоградський інститут  
сільськогосподарського машинобудування

На правах рукопису

ХОЛЯВКО Віктор Валентинович

**АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НОРМИ ВИСІВУ  
ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК З КОТУШКОВИМИ  
ВИСІВАЮЧИМИ АПАРАТАМИ**

Спеціальність 05.13.07 "Автоматизація технологічних  
процесів та виробництв"

Автореферат дисертації на здобуття  
наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Кіровоград 1996



00779445 (-)

Інституту механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук і Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування.

Наукові керівники: заслужений діяч науки і техніки України, академік Інженерної академії України, доктор технічних наук, професор Носов Григорій Романович, доктор технічних наук, професор Борошок Лев Абрамович.

Офіційні опоненти: академік Української академії наук національного прогресу, доктор технічних наук, професор Галай Микола Васильович, кандидат технічних наук, доцент Лушников Вячеслав Миколайович.

Провідна організація: Науково-виробниче об'єднання "ЛАН", м. Кіровоград.

Захист відбудеться "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1996 р. о \_\_\_ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 13.01.02 в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, Кіровоград, пр. Правди, 70-А, ауд. 369.

З дисертаційною роботою можна ознайомитись у бібліотеці Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, Кіровоград, пр. Правди, 70-А.

Автореферат розісланий "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради канд. техн. наук, доцент

В.М. Каліч

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Однією з суттєвих причин зниження економічної ефективності вирощування зернових культур є недотримання під час сівби оптимальної норми висіву. Якісне виконання операцій контролю та налагодження норми висіву зернових рядкових сівалок без спеціальних засобів ускладнене, тому в умовах сівби не завжди виконується. Не менш відчутний вплив на якість сівби має виникнення просівів внаслідок забивання сошників. Своєчасне виявлення та усунення забивань сошників без наявності технічних засобів практично не можливе.

Актуальність теми зумовлена необхідністю розробки методів і засобів контролю і налагодження норми висіву та контролю забивання сошників, які дозволяють підвищити ефективність використання зернових рядкових сівалок по таких параметрах, як витримання заданої норми висіву під час сівби, зниження затрат праці при настроюванні сівалок на норму висіву та своєчасний вияв забивання сошників. Аналіз існуючих засобів і пристроїв контролю та налагодження норми висіву виявив необхідність такого шляху вирішення цієї задачі, при якому операції контролю норми висіву повинні проводитись під час сівби без порушень робочого процесу висіву.

Робота виконувалась згідно тематичного плану науково-дослідних робіт Української академії аграрних наук по темі 9.2 «Розробити наукові основи та технічні засоби автоматизації процесів управління та налагодження комплексів машин для виробництва основних сільськогосподарських культур» та за договором № 90/85 від 19.09.1990 р. між НВО ВНДІМОТ, Кіровоградським ПКІ та УНДІМЕСГ у відповідності з постановою ДКНТ СРСР від 02.08.1988 р., плану науково-дослідних робіт проблемної науково-дослідної лабораторії Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування за темою: «Розробка системи контролю та вимірювання технологічних параметрів висівних машин та комбінованих агрегатів».

**Мета і завдання досліджень.** Метою досліджень є теоретичне обґрунтування та практична розробка автоматизованої системи контролю норми висіву зернової рядкової сівалки з котушковими висіваючими апаратами. В зв'язку з цим розв'язувались такі завдання.

1. Провести дослідження процесу живлення насінням котушкового висіваючого апарата зернової рядкової сівалки СЗ-3,6 як об'єкту автоматизації контролю норми висіву насіння.

2. Обґрунтувати метод контролю витрат насіння та створити алгоритм роботи системи автоматизованого контролю норми висіву, розробити її структуру та визначити основні характеристики.

3. Розробити методики та обладнання для лабораторних досліджень і провести експериментальні дослідження створеної системи.

4. Провести господарські випробування експериментальних зразків системи автоматизованого контролю норми висіву насіння для рядкових зернових сівалок та пристрою автоматичного контролю забивання сошників сівалки. Дати

оцінку ефективності використання на зерновій сівалці створеної системи та пристрою.

**Об'єкти досліджень.** Об'єктами досліджень є процес висіву зернової рядкової сівалки СЗ—3,6 з котушковими висівальними апаратами, система автоматизованого контролю норми висіву насіння та пристрій автоматичного контролю забивання сошників.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи використано методи теорії ймовірностей та математичної статистики, регресійного аналізу та планування експерименту, побудови алгоритмів, математичного та фізичного моделювання.

Головні результати експериментальних досліджень отримано при надійній ймовірності від 0,9 до 0,95. Розрахунки проведено з застосуванням ПЕОМ.

#### **Наукова новизна.**

— Створено модель процесу живлення насінням котушкового висівального апарата рядкової зернової сівалки СЗ—3,6 як об'єкта автоматизації.

— Запропоновано та обгрунтовано метод автоматизації контролю витрат насіння, що надходить у висівальний апарат, та алгоритми контролю норми висіву по значенням витрат.

— Розроблена система автоматизованого контролю норми висіву насіння зернових рядкових сівалок та визначені її основні характеристики.

— Розроблено методики для дослідження характеристик створеної системи.

**Новизна та винахідницький рівень** технічних рішень підтверджується авторськими свідоцтвами СРСР № 1766298 «Сеялка», № 1724054 «Ємкостний сигналізатор забивання сошників сеялки», та № 1647258 «Устройство измерения пути», а також позитивним рішенням Держпатенту України по заявці на винахід № 5003395 «Сівалка».

**Практична цінність.** Розроблені електричні функціональні, структурні та принципові схеми системи автоматизованого контролю норми висіву насіння, пристрою автоматичного контролю забивання сошників та датчика шляху. Виготовлені і випробувані в польових умовах експериментальні зразки системи автоматизованого контролю норми висіву насіння для зернових рядкових сівалок, та пристрою автоматичного контролю забивання сошників сівалки. Розроблені та використані лабораторні стенди для досліджень робочого процесу сівалки, розробленої системи та пристрою. Застосування розроблених системи та пристрою дозволило за рахунок автоматизації контролю норми висіву створити умови для підвищення рівномірності розподілу насіння по площі поля, зменшити час налагодження сівалки на норму висіву та незасіяну площу поля внаслідок своєчасного виявлення та усунення забивання сошників сівалки, підвищити продуктивність посівного агрегату.

#### **На захист вносяться такі основні питання:**

— результати досліджень процесу живлення насінням котушкового висівального апарата зернової рядкової сівалки СЗ—3,6;

— обгрунтування доапаратного методу контролю норми висіву по витратах

насіння котушковим висівуючим апаратом;

- алгоритм автоматизованого контролю норми висіву зернових сівалок;
- технічний засіб у вигляді системи автоматизованого контролю норми висіву.

**Реалізація результатів досліджень.** Результати теоретичних та експериментальних досліджень, алгоритми та схеми системи автоматизованого контролю норми висіву насіння для зернових рядкових сівалок із пристроєм автоматичного контролю забивання сошників сівалки використовуються в НВО «Лан», м. Кіровоград. На дослідному заводі Інституту механізації та електрифікації сільського господарства Академії аграрних наук України виготовлені дослідні зразки, на підставі випробувань яких прийнято рішення про рекомендацію системи до державних випробувань. Система автоматизованого контролю норми висіву насіння та пристрій автоматичного контролю забивання сошників використовуються у навчальному процесі департаменту автоматики Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування.

**Апробація роботи.** Основні положення та результати досліджень по темі дисертації доповідались і обговорювались на науково-практичній конференції молодих вчених та спеціалістів «Наукові розробки та досягнення молодих вчених— сільськогосподарському виробництву» в Закарпатському НДІ агропромислового виробництва Української академії аграрних наук в 1991 році, науково—технічній конференції «Проблемы конструирования и технологии производства сельскохозяйственных машин» в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування в 1991 році, на науково-технічній конференції «Науково-технічні, економічні, та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту» в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук в 1991 році, на конференції молодих учених «Проблеми сільськогосподарського виробництва Карпатського регіону» в Закарпатському НДІ агропромислового виробництва Української академії аграрних наук в 1992 році, на міжнародних науково-технічних конференціях з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук в 1994 і в 1995 роках.

Крім того, розробку було представлено та позитивно відмічено на виставці-ярмарку «Закінчені науково-технічні розробки 1991 року— агропромислового комплексу» в Центрі виставок і ярмарків України.

**Конкретний особистий внесок.** Розроблено методики та обладнання для досліджень та досліджено процес висіву зернової рядкової сівалки СЗ—3,6. Обґрунтовано місця встановлення датчиків та визначено їх вплив на процес висіву. Розроблено функціональні та принципіві схеми пристрою контролю витрат насіння, системи автоматизованого контролю норми висіву та пристрою автоматичного контролю забивання сошників сівалки, створені технічні засоби для їх реалізації. Виготовлені і випробувані в польових умовах експериментальні зразки системи автоматизованого контролю норми висіву насіння рядкових зернових сівалок і пристрою автоматичного контролю забивання сошників сівалки.

Загальна доля автора в друкованих у співавторстві працях по темі дисертації складає 50%, в авторських свідоцтвах — від 5 до 50%.

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 12 наукових праць.

**Обсяг і структура роботи.** Дисертацію викладено на 138 сторінках друкованого тексту. Складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, додатків, 8 таблиць, 32 малюнків. Список літератури включає 125 назв.

## ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ.** Обгрунтована актуальність роботи і викладено основні положення, що виносяться на захист.

**Перший розділ.** («Стан питання та задачі досліджень»). Відомо, що однією з головних задач агротехніки вирощування зернових культур є формування оптимальної густини посівів. Значні втрати при сівбі обумовлені порушеннями технологічного процесу через різні причини, в тому числі внаслідок відхилення фактичної норми висіву насіння від заданого значення на 10% і більше, а також забивання сошників. Контролювати значення норми висіву необхідно як під час сівби, так і при налагодженні сівалки з урахуванням сорту і якості посівного матеріалу, стану поля, строків сівби. Застосування в сільськогосподарському виробництві засобів автоматизації контролю та настройки посівних агрегатів дозволяє підвищити якість сівби та продуктивність посівних агрегатів.

Внаслідок обробки даних, що характеризують залежність врожайності  $Y$  від норми висіву  $N$  отримано рівняння регресії у вигляді поліному другого ступеня:

$$Y = a + bN + cN^2 \quad (1)$$

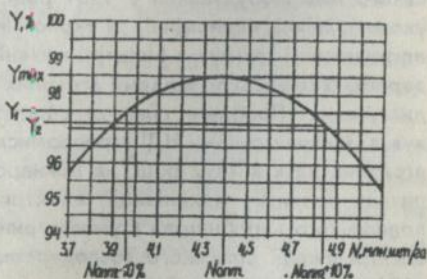
де  $Y$  — врожайність в % (для того, щоб узагальнити дані різних років і умов проведення сівби, максимум врожайності по кожному року було прийнято рівним 100%, решту значень ряду взято в процентах від максимуму);

$N$  — норма висіву в млн. шт./га;

$a, b, c$  — коефіцієнти регресії.

У явному вигляді рівняння (1) можна записати як:

$$Y = -17,72 + 53,18N - 6,08N^2 \quad (2)$$



Мал. 1. Графік залежності урожайності  $Y$  від норми висіву  $N$ .  $Y_2$  та  $Y_1$  — урожайність пшениці при відхиленні фактичної норми висіву на 10% від оптимальної відповідно в більшу та меншу сторони.

Графік залежності  $Y$  від  $N$  наведено на мал. 1.

Питанню автоматизації мобільних сільськогосподарських машин, у тому числі і посівних, присвячено роботи вчених України та інших країн. Відомі роботи академіків і професорів Борошка Л. А., Галає М. В., Глуховського В. С., Носова Г. Р., Погорелого Л. В., Чичкіна В. П. та інших. Конкретні питання автомати-

зації сівалок розглянуто у роботах Кашурка О. С., Кінкера М. Г., Логіна В. В., Лушнікова В. М., Сакала Л. Г., Сакала М. Г., Семенова В. Г., Сердюка М. І, та інших.

Аналіз існуючих методів і засобів контролю та настройки норми висіву показав, що вони ще не в повній мірі відповідають вимогам, які до них висуваються, і потребують подальшого удосконалення.

Виходячи із сказаного, в роботі ставляться завдання: провести дослідження процесу живлення насінням катушкового висіваючого апарата зернової рядкової сівалки СЗ—3,6 як об'єкту автоматизації контролю норми висіву насіння; обґрунтувати метод контролю витрат насіння та створити алгоритм роботи системи автоматизованого контролю та настройки норми висіву, розробити її структуру та визначити основні характеристики; розробити методики та обладнання для лабораторних досліджень і провести експериментальні дослідження створеної системи; провести господарські випробування експериментальних зразків системи автоматизованого контролю норми висіву насіння для зернових рядкових сівалок і пристрою автоматичного контролю забивання сошників сівалки; дати оцінку ефективності використання створеної системи та пристрою під час сівби.

**Другий розділ.** («Теоретичні та експериментальні дослідження робочого процесу зернової рядкової сівалки як об'єкта автоматизації контролю норми висіву»).

Об'єктом автоматизації є сівалка СЗ—3,6, найбільш розповсюджена для сівби зернових культур в Україні та країнах СНД.

В основу робочої гіпотези покладені дослідження процесу живлення катушкового висіваючого апарата, виконані академіком Карпенко О.М. За робочу гіпотезу обрано, те що контроль норми висіву доцільно проводити шляхом вимірювання витрат насіння не на виході висіваючого апарата, як це робиться у переважній більшості існуючих методів, а на його вході. Такий метод контролю норми висіву дозволить уникнути просівів під час проведення операцій контролю при роботі сівалки та автоматизувати виконання цих операцій.

Для реалізації методу запропоновано розміщення мірної ємкості на вході висіваючого апарата з можливістю перекриття її вхідного отвору для формування контрольної порції насіння.

Алгоритм контролю норми висіву складається з такої послідовності дій: 1) формування контрольної порції насіння з насіння, що надходить до висіваючого апарату через мірну ємкість; 2) підрахування довжини шляху, пройденого сівалкою за час висіву контрольної порції насіння і визначення норми висіву; 3) відкриття мірної ємкості для заповнення її насінням, що знаходиться в бункері.

За час висіву контрольної порції сівалка пройде шлях:

$$S = \frac{P_n \cdot m \cdot 10000 \cdot K_{СК}}{N \cdot B} \quad (3)$$

де  $P_n$  — вага контрольної порції (кг),  $K_{СК}$  — коефіцієнт ковзання коліс,  $m$  — кількість висіваючих апаратів сівалки,  $N$  — норма висіву насіння (кг/га),  $B$  — ширина захвату сівалки (м). Співвідношення норми висіву насіння, ваги контрольної порції і кількості обертів колеса сівалки, зроблених за час висіву контрольної порції, становить:

$$N = \frac{m \cdot 10000 \cdot P_n \cdot K_{СК}}{L_k \cdot B \cdot n_k} \quad (4)$$

де  $L_k$  і  $n_k$  — відповідно довжина кола (м) шляховимірювального колеса і кількість сигналів датчика шляху.

Формула (4) показує, що контроль норми висіву сипкого насіння будь-якої культури можливий без застосування тарифовочних таблиць та номограм, тобто автоматизовано.

Для обґрунтування запропонованого методу доапаратного контролю витрат насіння, визначення місця встановлення датчиків і оцінки їх впливу на процес висіву проведено дослідження процесу живлення висіваючого апарату. Для цього на розробленому та виготовленому стенді (мал. 2) в прозорому бункері для насіння 1, розміщували дві вертикальні перегородки 2 і 3, за допомогою котрих імітувалося встановлення мірної ємкості. Вхідний отвір висіваючого апарата по всій площі постійно залишався відкритим. Бункер 1 пошарно заповнювали насінням пшениці звичайним і пофарбованим у чорний колір. Кількість обертів  $n$  катушки 5 висіваючого апарата 4 в різних дослідах становила 10, 30, і 50 об/хв, довжина  $L$  її робочої частини — 10, 20, і 30 мм. Під час проведення досліду спостерігалася чітка черговість опорожнювання частин бункеру, розділених перегородками. В першу чергу висівається насіння з частини Б бункеру, яка знаходиться над катушкою, а насіння з частини А бункеру починало висіватися тільки тоді, коли воно закінчувалося в частині Б. Ефект чергування зон завантаження катушки спостерігався при роботі висіваючого апарату в усіх перерахованих вище режимах при висіві насіння пшениці, жита та гороху.

Для визначення кількісних залежностей:

$$Q = f(u, n, L) \quad V = f(u, n, L) \quad (5,6)$$

де  $Q$  — витрати посівного матеріала, г/об;  $V$  — коефіцієнт варіації витрат  $Q, \%$ ;  $u$  — показник, що характеризує спосіб руху насіння до катушки висіваючого апарата, проведено трьохфакторний експеримент, для чого лабораторна установка була доповнена керуванням пробовідбірником 9. Показник  $u$  витрат

насіння пшениці в залежності від способу його руху до котушки висіваючого апарату приймався рівним: 0— коли перегородок в бункері немає; +1— при русі насіння через створіану перегородками 2 і 3 та боковими стінками бункеру 1 мірну ємкість, (частину Б бункеру); -1— при русі насіння через частину А бункеру (частину вхідного отвору висіваючого апарату, вільну від мірної ємкості), коли доступ насіння до частини Б бункеру перекрито.

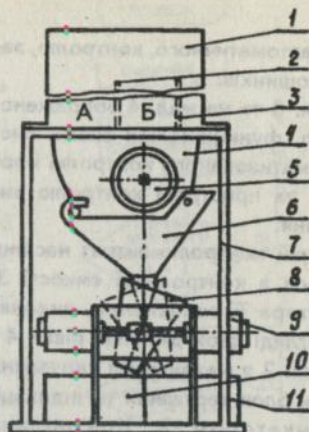
В результаті проведення експерименту одержано модель процесу живлення котушквого висіваючого апарату у вигляді рівнянь:

$$Q = 0,465 + 0,7L; \quad (7)$$

$$V = 4,326 - 0,102L \quad (8)$$

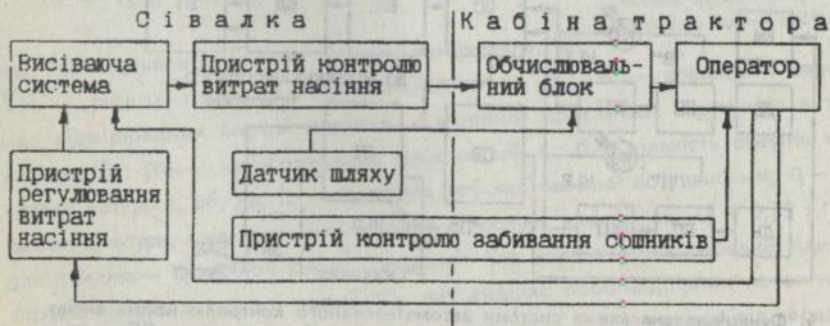
Аналіз рівнянь (7,8) показує, що встановлення мірної ємкості на вході висіваючого апарату не знижує якості його роботи.

**Третій розділ.** («Розробка системи контролю процесу висіву зернової рядкової сівалки») За результатами аналізу теоретичних досліджень та можливих схем пристроїв розроблено експериментальний зразок системи (мал. 3), до складу якої входять пристрій контролю витрат насіння, датчик шляху, пристрій регулювання витрат насіння та обчислювальний блок. Так як пристрій контролю витрат насіння розміщено в бункері сівалки, а забивання сошників— одна з найбільш частих відмов роботи сівалки, для підвищення надійності дії автоматизованої системи до її складу введено



Мал. 2.

1— прозорий бункер, 2 і 3— вертикальні перегородки 4— висіваючий апарат, 5— котушка висіваючого апарату, 6— воронка, 7— рама, 8— поворотна воронка, 9— провід-бірник, 10 і 11— ємкості для збору висіяного насіння.

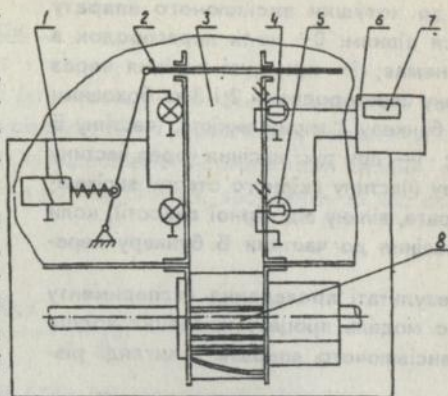


Мал. 3. Функціональна схема системи автоматизованого контролю та настройки норми висіву.

пристрій автоматичного контролю за-  
бавання сошників.

На мал. 3 та на мал. 4 зображено,  
відповідно, функціональні схеми сис-  
теми автоматизованого контролю нор-  
ми висіву та пристрою контролю ви-  
трат насіння.

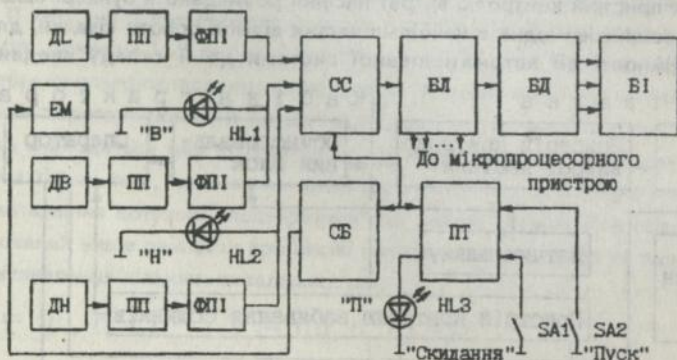
Пристрій контролю витрат насіння  
складається з контрольної ємкості 3,  
сигналізатора її заповнення, викона-  
ного у вигляді двох датчиків рівня 4 і  
5, заслонки 2 з механізмом керування  
1, а також блок керування та індикації  
6 з індикатором 7. Контрольна  
ємкість 3 встановлюється в бункері  
сівалки над висівальним апаратом 8.



Мал. 4. Функціональна схема пристрою  
контролю витрат насіння.

Структурну схему системи автома-  
тизованого контролю норми висіву

показано на мал. 5. Сигнали з датчиків рів-  
ня (ДВ та ДН) сигналізатора заповнення мірної ємкості і датчика шляху на-  
дходять на схему подавлення перешкод (ПП), перетворюються в прямокутні ім-  
пульси формувачами прямокутних імпульсів (ФПІ) і подаються на схему співпа-  
дання (СС), яку з'єднано з пусковим тригером (ПТ) і силовим блоком (СБ) при-  
строю керування заслонкою. Виділений схемою співпадання корисний сигнал  
надходить на блок лічильників (БЛ), потім на блок дешифраторів (БД) і на  
блок цифрової індикації (БІ). Схема вміщує також світлові індикатори «П»,  
«В», «Н», які сигналізують відповідно про спрацювання пристрою керування  
заслонкою (ЕМ) та датчиків рівня сигналізатора заповнення мірної ємкості.



Мал. 5. Функціональна схема системи автоматизованого контролю норми висіву  
ДЛ — датчик шляху, ДВ — верхній датчик рівня, ДН — нижній датчик рівня, ПП —  
пристрій подавлення перешкод, ФПІ — формувач прямокутних імпульсів, СС —  
схема співпадання, БЛ — блок лічильників, БД — блок дешифраторів, БІ — блок індикації, ПТ — пу-  
сковий тригер, СБ — силовий блок, ЕМ — пристрій керування заслонкою.

Індикація здійснюється в одиницях шляху  $S_i$ . Значення заданої довжини шляху  $S_3$ , та її допуск визначаються вагою контрольної порції  $P_n$  та агротехнічним допуском значень заданої норми висіву  $N_3$  за формулою (3) при налагодженні сівалки перед початком сівби. При введенні отриманої інформації у мікропроцесорний пристрій та її обробці, згідно створеної програми, значення норми висіву  $N_i$  в  $\text{кг/га}$  та інформація про хід сівби обчислюється з урахуванням виразу (4). Перед початком роботи до мікропроцесорного пристрою вносяться вихідні дані: задана норма висіву  $N_3$ , вага контрольної порції  $P_n$ , та коефіцієнт ковзання шляховимірювального колеса  $K_{СК}$ .

**Четвертий розділ.** («Експериментальні дослідження розроблених пристроїв»). Метою проведення експериментів є визначення показників точності вимірювання витрат насіння за допомогою пристрою контролю витрат насіння дискретно-об'ємного типу. Для цього поставлено чотирьохфакторний експеримент і визначені залежності:

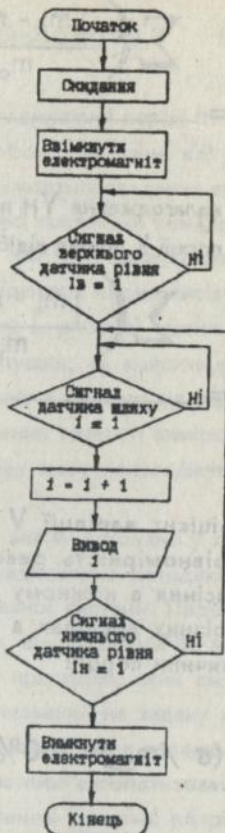
$$Y_f = f(q, m_n, n, L); \quad (9)$$

$$Y_n = f(q, m_n, n, L); \quad (10)$$

$$V = f(q, m_n, n, L) \quad (11)$$

де:  $Y_f$  — рівень фактичної точності вимірювань, %;

$Y_n$  — рівень налагодження вимірювача, %;  $V$  — коефіцієнт варіації мас відмірюваних порцій насіння, відміряної пристроєм контролю витрат насіння, %;  $m_n$  — налагоджувана маса порції, г;  $n$  — кількість обертів висівуючої котушки, об/хв;  $L$  — довжина робочої частини котушки, мм;  $q$  — показник культури, з насінням якої проводили досліді, для пшениці  $q = 0,79 \text{ г/см}^3$ , для ячменю —  $q = 0,64 \text{ г/см}^3$ . Значення  $Y_f$  характеризує середнє відносне відхилення маси кожної порції  $M_i$ , яку виділяє пробовідбірник по сигналах сигналізатора заповнення мірної ємкості пристрою витрат насіння від середньої маси  $M_{ср}$   $k$  підряд відібраних порцій:



Мал. 6. Алгоритм роботи системи автоматизованого контролю норми висіву

$$Y_{\phi} = \frac{\sum \left( \frac{|m_i - m_{cp}|}{m_{cp}} \cdot 100\% \right)}{k} \quad (12)$$

Рівень налагодження  $Y_H$  пристрою характеризує відносне відхилення маси ті кожної порції  $K$  підряд відібраних порцій від налагоджуваної маси порції  $M_H$ :

$$Y_H = \frac{\sum \left( \frac{|m_i - m_H|}{m_H} \cdot 100\% \right)}{k} \quad (13)$$

Коефіцієнт варіації  $V$  дозволяє оцінити рівномірність реєстрованих порцій насіння в кожному досліді, а також в різних дослідіх в залежності від величини порції:

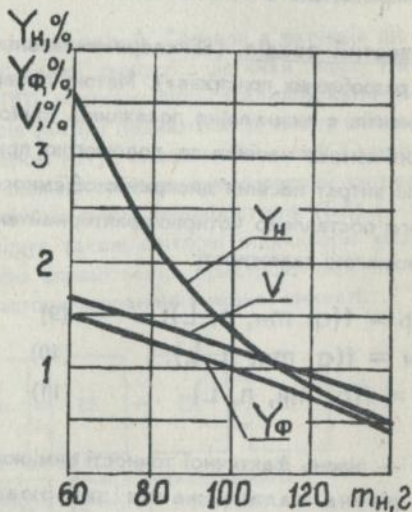
$$V = (\sigma / m_{cp}) \cdot 100\% \quad (14)$$

де  $\sigma$  — середньоквадратичне відхилення мас  $m_i$  відібраних порцій від середньої маси  $m_{cp}$  порції в кожному досліді.

В результаті проведення досліджень були отримані рівняння регресії у вигляді поліномів другого ступеня та показникового рівняння:

$$Y_{\phi} = -1,461 + 0,086n + 0,103L - 0,00006m_n^2 - 0,0009n^2 - 0,0022L^2 \quad (15)$$

$$Y_H = 113,728 \cdot 0,144^q \cdot 0,975^{m_n} \cdot 0,99^n \quad (16)$$



Мал. 7. Графіки залежності  $Y_{\phi}$ ,  $Y_H$  і  $V$  від маси налагоджувальної порції  $m_n$

$$V = -1,056 + 0,099n + 0,07L - 0,0003m_n - 0,0008n^2 - 0,0015L^2 \quad (17)$$

Графіки залежностей,  $Y_f$ ,  $Y_n$  і  $V$  від маси налагоджуваної порції  $M_n$ , побудовані на підставі рівнянь (16-18), при довжині робочої частини котушки  $L = 20$  мм і  $n = 50$  об/хв наведено на мал. 7. В результаті проведення експерименту встановлено, що із збільшенням маси порції всі показники вимірювань витрат насіння зменшуються і не перевищують 1,5% при масі налагоджуваної порції більше  $M_n = 120$  гр. Найкращі умови для вимірювань норми висіву насіння створюються при мінімальних значеннях довжини  $L$  робочої частини котушки висівального апарата і кількості обертів  $n$  котушки, та максимальних значеннях маси налагоджуваної порції  $M_n$ . Але в зв'язку з тим, що під час сівби  $L$  і  $n$  можуть приймати різні значення, для підвищення точності вимірювання витрат насіння слід обирати максимально можливу масу налагоджуваної порції  $M_n$ .

Оцінку якості настройки сівалки СЗ—3,6 на норму висіву виконано у лабораторних умовах шляхом порівняння настройки за традиційною методикою з настройкою з застосуванням розробленої автоматизованої системи. Порівняння результатів настройки, виконаної обома способами, виконувалося за допомогою розробленого контрольного автоматизованого пристрою, який вміщує датчик обертів колеса сівалки і пробовідбірник, настроюваний на задану кількість обертів колес сівалки. Результати досліджень показали, що в середньому для виконання настройки сівалки з застосуванням системи автоматизованого контролю норми висіву з урахуванням часу встановлення системи потрібно на 46 хвилин менше, ніж для настройки сівалки традиційним способом при практично однаковій відносній похибці.

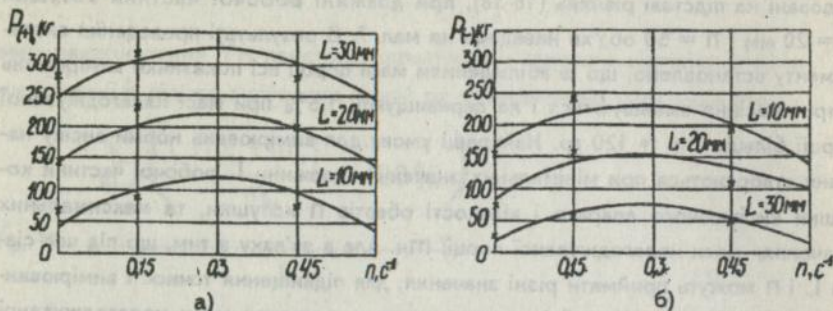
З метою визначення можливості автоматизації регулювання норми висіву насіння під час проведення сівби проведено експериментальні дослідження механізму регулювання довжини робочої частини котушки  $L_k$  як такого конструктивного елемента, що не потребує суттєвих переробок конструкції сівалки СЗ—3,6. Отримано емпіричні залежності у вигляді:

$$P(+)= -11,99+391n+7,94L-0,05uh+1,12uL+0,28hn-898,8n^2 \quad (18)$$

$$P(-)= 214,05+554,87n-4,88L-2,27un-1,49uL+7,39u^2-902,0n^2 \quad (19)$$

де  $P(+)$  і  $P(-)$ — відповідно зусилля, прикладені до важіля настройки норми висіву в напрямку збільшення і в напрямку зменшення норми висіву,

$U$  — показник культури, що висівається;  $H$  — висота завантаження бункера насінням,  $P$  — частота обертання валу висіваючих апаратів,  $L$  — довжина робочої частини котушки. За рівняннями побудовано графіки, зображені на мал. 8.



Мал. 8 Графіки залежності зусиль  $P(+)$  та  $P(-)$ , необхідних для переміщення валу висіваючих апаратів при висіві пшениці відповідно: а) в сторону збільшення норми висіву; б) в сторону зменшення норми висіву від частоти обертання валу  $n$  і довжини робочої частини  $L$

**П'ятий розділ** («Польові випробування та економічна ефективність застосування розробленої системи»). Наведено результати експериментальних досліджень у господарських умовах та виконано аналіз техніко-економічної ефективності застосування розробленої системи та пристрою, які підтверджують доцільність їх практичного використання.

Польові випробування автоматизованої системи контролю та настройки норми висіву зернових сівалок, а також пристрою контролю забивання сошників були перевірені у виробничих умовах на полях дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин АН України (Васильківський район Київської області). Випробування показали, що система дозволяє механізатору з кабіни трактора контролювати процес і норму висіву насіння, що дає можливість не використовувати працю сівальника. Застосування на посівному агрегаті системи автоматизованого контролю норми висіву і пристрою автоматичного контролю забивання сошників дозволило скоротити затрати праці при сівбі на 26,1%, а також своєчасно виявляти забивання сошників, чим до мінімуму зведено просіви, які в середньому скорочуються в 30,3 рази.

Господарські випробування системи автоматизованого контролю норми висіву проведені у 1991-1994 роках в радгоспі «Зоря» та в колгоспах «Прогрес» і «Україна» Кіровоградського району Кіровоградської області показали, що застосування на посівному агрегаті розробленої системи дозволяє знизити витрати посівного насіння за рахунок підвищення точності настройки норми висіву сівалки в середньому на 10—15 кг на кожний гектар засіяної площі.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих методів і засобів контролю норми висіву насіння зернових рядкових сівалок показав, що ці засоби потребують удосконалення. На підставі проведених досліджень запропоновано метод контролю норми висіву сипкого насіння, заснований на використанні контролю витрат насіння, що надходить у висіваючий апарат з бункеру сівалки.

2. Розроблений алгоритм контролю норми висіву складається з такої послідовності дій: 1) формування контрольної порції насіння з насіння, що надходить до висіваючого апарата через мірну ємкість; 2) підрахування довжини шляху, пройденого сівалкою за час висіву контрольної порції насіння і визначення норми висіву; 3) відкриття мірної ємкості для заповнення її насінням, що знаходиться в бункері.

3. В результаті експериментальних досліджень одержано регресійну модель процесу живлення котушкового висіваючого апарата. Встановлено, що розміщення мірної ємкості пристрою контролю витрат насіння в бункері сівалки на вході висіваючого апарата не знижує якості його роботи.

4. З використанням розроблених методик та обладнання визначено показники точності контролю витрат насіння пристроєм контролю дискретно-об'ємного типу як: рівень фактичної точності  $Y_f$ , рівень настройки  $Y_n$  і коефіцієнт варіації  $V$  мас відмірюваних порцій насіння. При значенні контрольної порції  $P_n$  пшениці та ячміню 120 г ці показники знаходяться у межах 1,5%.

5. Розроблена система автоматизованого контролю норми висіву, до складу якої входять пристрій контролю витрат насіння, датчик шляху, та обчислювальний блок. Для підвищення надійності дії автоматизованої системи до її складу введено пристрій автоматичного контролю забивання сошників, виконаний на ґрунті безконтактних сигналізаторів з ємнісним чутливим елементом.

6. Для виконання регулювання норми висіву насіння сівалки під час сівби запропоновано використовувати автоматизований пристрій регулювання довжини робочої котушки висіваючого апарата. В результаті проведення експерименту отримано математичні залежності для визначення необхідного зусилля регулювання у робочому діапазоні довжини робочої частини котушки  $L = 10...30$  мм. і частотах обертання валу висіваючих апаратів від 0 до  $0,6 \text{ с}^{-1}$ . Встановлено, що максимальне зусилля виникає при регулюванні норми висіву у бік збільшення і дорівнює  $P = 344$  кг на 12 висіваючих апаратів.

7. Застосування на посівному агрегаті системи автоматизованого контролю та настройки норми висіву сумісно з пристроєм контролю забивання сошників дозволяє зменшити затрати праці при сівбі на 26,1% та зменшити середню

довжину просіву у 30,3 рази. Господарські випробування показали, що за рахунок підвищення точності попередньої настройки норми висіву сівалки, зменшуються втрати посівного насіння в середньому на 10—15 кг на кожний гектар засіяної площі. При цьому, економічний ефект на одну сівалку у цінах 1991 року склав 1323,4 крб за один сезон.

### Основні положення дисертації викладені в таких працях:

1. Борошок Л. А., Холявко В. В. Підвищення технічного рівня зернових сівалок шляхом комплексної автоматизації налагодження оптимальної норми висіву, контролю, та обліку їх роботи // Республіканський міжвідомчий тематичний збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». Випуск 75. Київ, «Урожай», 1992. — с. 55-59.

2. Холявко В. В. Совершенствование средств контроля нормы высева семян зерновых культур // Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин». — Київ, «Техніка», 1993. — с. 43-46.

3. А. С. № 647258 кл. G 01 C 22/00 (СРСР) Устройство измерения пути / Грек А. М., Холявко В. В., Кинкер М. Г., Белобородов Е. А., Гольша А. Т. /.— Надруковано 7.05.91, бюл. № 17.

4. А. С. № 1724054 кл. А 01 C 7/00 (СРСР) Емкостной сигнализатор забивания сошников сеялки / Кинкер М. Г., Хоружий В. Н., Демидов В. Г., Холявко В. В. /.— Надруковано 7.04.92, бюл. № 13.

5. А. С. СРСР № 766298, кл. А 01 C 7/00 (СРСР) Сеялка / Борошок Л. А., Холявко В. В. /.— Надруковано 7.10.92, бюл. № 37.

6. Холявко В. В. Борошок Л. А. Сівалка. Заявка № 5003395, кл. А 01 C 7/00, позитивне рішення.

7. Борошок Л. А., Холявко В. В. Результаты исследований устройства контроля нормы высева для зерновых сеялок // Проблемы конструирования и технологии производства сельскохозяйственных машин: Тези доповідей науково-технічної конференції.— Кіровоград, КІСМ, 1991— С. 13.

8. Холявко В. В. Удосконалення методів контролю та налагодження зернових сівалок на норму висіву // Науково-технічні, економічні, та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту: Тези доповідей науково-технічної конференції.— Глеваха, УНДІМЕСГ, 1991. — С. 89.

9. Холявко В. В. Устройство для контроля нормы посева // Проблемы конструирования и технологии производства сельскохозяйственных машин: Тезисы доповідей науково-технічної конференції.— Кіровоград, КІСМ, 1991— С. 11.

10. Холявко В. В. Визначення вихідних даних для розробки пристрою регулювання норми висіву зернової сівалки // Тезисы доповідей міжнародної науково-технічної конференції з питань розвитку механізації, електрифікації, та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин: Глевах, УНДІМЕСГ, 1994.— С. 43—44.

11. Холявко В. В. Визначення оптимальних параметрів вимірювача витрат насіння для рядкових сівалок. //Тезисы доповідей міжнародної науково-технічної конференції з питань розвитку механізації, електрифікації, та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин: Глевах, УНДІМЕСГ, 1994.— С. 40—41.

12. Холявко В. В. До розробки засобів автоматизації контролю та управління процесом висіву зерновими сівалками. //Тезисы доповідей міжнародної науково-технічної конференції з питань розвитку механізації, електрифікації, та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин: Глевах, УНДІМЕСГ, 1995.— С. 209—210.

## SUMMARY

Kholyavko V. V. «Automatization of the Seeding Rate of Seed Drills with Spool Seeding Apparatuses.»

Master's Thesis in Technical Sciences on the Speciality 05.13.07—Automation of the Technological Processes and Productions, Kirovograd Institute of Agricultural Engineering, Kirovograd, 1995.

On the basis of the results of the research into the process of feeding the spool seeding apparatus of the drill the method of the preapparatus control of the seeding rate has been developed for any seeds without applying calibration tables and nomograms. The algorithm and system of automated control of the seeding rate for seeds have been developed, the system consisting of the discrete — volumetric type device for control of seed flow rate, the pick— up of the planter path, the device for automatic control of clogging up the furrow openers und the computing unit.

The results of the ressearch and evaluation of the efficiency of the system application have been presented; the prospects of its use have been considered as well.

## АННОТАЦІЯ

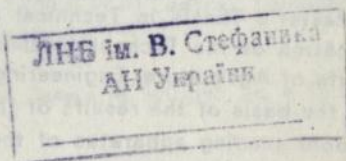
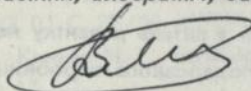
Холявко В. В. Автоматизация контроля нормы высева зерновых сеялок с катушечными высевающими аппаратами.

Рукопись диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 — автоматизация технологических процессов и производств, Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, Кировоград, 1995.

На основании результатов проведенных исследований процесса питания катушечного высевающего аппарата зерновой сеялки разработан метод доаппаратного контроля нормы высева сыпучих семян любой культуры. Разработаны алгоритм и система автоматизированного контроля нормы высева семян, в состав которой входят: устройство контроля расхода семян дискретно-объемного типа, датчик пути, устройство автоматического контроля забивания сошников и вычислительный блок.

Приводятся результаты исследований и оценка эффективности применения системы, рассмотрены перспективы ее использования.

Ключові слова: витрати насіння, алгоритм, датчик, модель.



Комп'ютерний набір та верстка Кожухар С.Г.

Здано в набір 14.12.95. Підписано до друку 18.12.95. Формат 60x84 1/16 (A5). Папір газетний. Надруковано на різнографі. Умовних друкованих аркушів 1. Тираж 100 прим. Замовлення 465/95.

©РВЛ КІСМ м. Кировоград, пр. Правди 70-А  
тел.597-541, 559-245



AB 33.785

**AB 33.785**