

УДК 631.331.54

**М.О. Свірень, проф., канд. техн. наук, С.М. Лещенко, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет*

**А.І. Бойко, проф., д-р техн. наук, О.О. Банний, асп.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ*

## Результати експериментальних досліджень роботи висіваючих апаратів посівних машин для систем точного землеробства

В статті приведені результати експериментальних досліджень роботи висіваючих апаратів посівних машин для систем точного землеробства. Проаналізовано якість присмокування насіння до висіваючого диску залежно від форми комірки та ступені розрідження у вакуумній камері висіваючого апарату. Запропоновано нову тороїдальну подовжену форму присмокуючої комірки, та приведені результати її роботи на насінні різних культур. Наведені результати дослідження впливу зміни діаметру комірки під час її забивання пилом на якість присмокування. Дані результати порівняльних випробувань серійної посівної секції та посівної секції із запропонованою формою комірок.

**висіваючі апарати, посів, пневмомеханічні висівні системи, системи точного землеробства, присмокуючі комірки, висівний диск, тороїдальна подовжена комірка**

**Актуальність проблеми.** Досягнення значних економічних показників в рослинництві неможливо без оптимізації витрат на технологічний процес отримання врожаю. Однією із найбільш затратних операцій в аграрній галузі є посів сільськогосподарських культур, оскільки це пов'язано із витратами дорогого технологічного матеріалу (посівний матеріал, добрива) та значними витратами енергії на роботу висіваючих систем. Останній часом спостерігається тенденція застосування в аграрній галузі систем точного (адаптованого) землеробства, що вимагає більш якісного проведення посівних операцій із значним підвищенням точності розподілу насіння по поверхні поля.

Вітчизняний і зарубіжний досвід використання ефективних посівних систем з можливістю забезпечення агротехнічних вимог дозволяє скоротити витрати коштовного посівного матеріалу вдвічі та до 10-15% знизити енерговитрати посівних операцій.

**Постановка проблеми і аналіз досліджень та публікацій.** В більшості випадків посів проводять сівалками з механічними та пневмомеханічними висіваючими апаратами, аналогічні за принципом апарати використовуються і в сівалках закордонного виробництва. Кожен із зазначених типів посівних систем має як свої переваги так і недоліки, що довели дослідження проведені Журавльовим Б.І., Комарістовим В.Е., Сухіним В.С., Ковальовим В.Я., Листопадом Г.Е., Погорілим Л.В., Чичкіним В.П., Заїкою П.М., Семеновим В.Ф., Сисоліним П.В., Шматом С.І., Аніскевичем Л.В., Шведиком М.С. та ін. Саме на базі цих досліджень [1, 2, 3] можна стверджувати, що більш якісно провести посів і адаптувати його до вимог, що передбачені системою точного землеробства, можна лише апаратами пневмомеханічного типу. Сьогодні не існує чітких рекомендацій стосовно конструктивних параметрів та режимів роботи універсальних висівних апаратів, робота яких може забезпечити точний однозерновий посів в широких межах змінних норм висіву. Тому, проведення теоретичних та експериментальних досліджень роботи

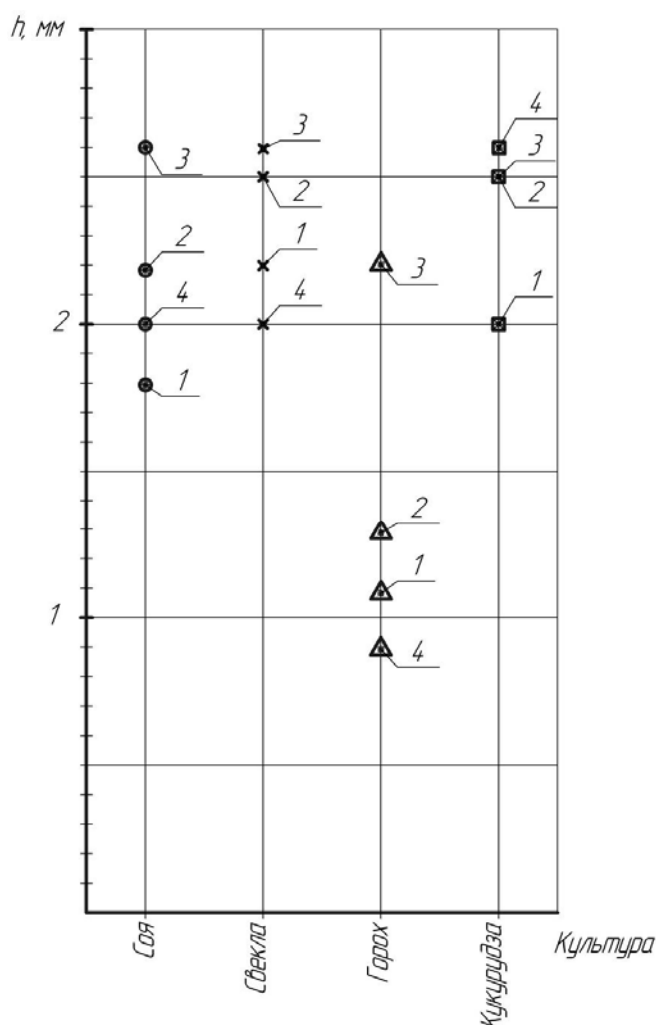
конструктивно-технологічних параметрів пневмомеханічних висівних систем є актуальною задачею.

**Метою даної статті** є представлення результатів експериментальних досліджень висівальних апаратів посівних машин пневмомеханічного типу, які можна використовувати в системах точного землеробства.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з проведеними теоретичними дослідженнями [1, 4, 5] встановлено, що суттєвий вплив на якість роботи висівальних апаратів досліджуваного типу мають параметри присмоктуючих комірок

Дослідженнями впливу форми присмоктуючих комірок на ефективність захоплення насіння встановлені загальні закономірності їх роботи.

Узагальнена оцінка переваг того чи іншого виду присмоктуючих комірок можлива на основі їх пріоритетного положення в присмоктуванні насіння тієї або іншої культури. Ранжирування рядів ефективності роботи комірок по відповідних культурах і, як наслідок, займані місця комірками дозволило встановити, що кращим по ефективності присмоктування і захоплення насіння в статичному випробуванні при розрідженні в  $P=4$  кПа є тороїдальна комірка. Усі інші форми розташовуються в наступній послідовності: конічна, циліндрична і сферична.



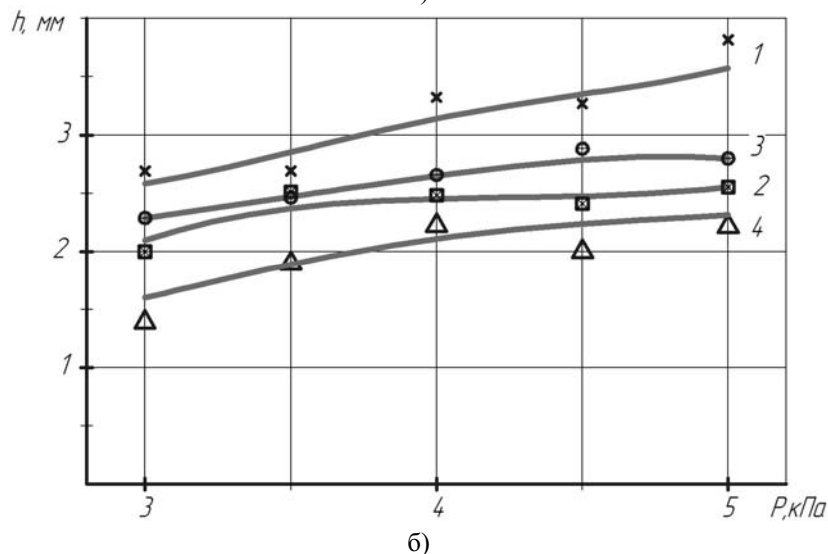
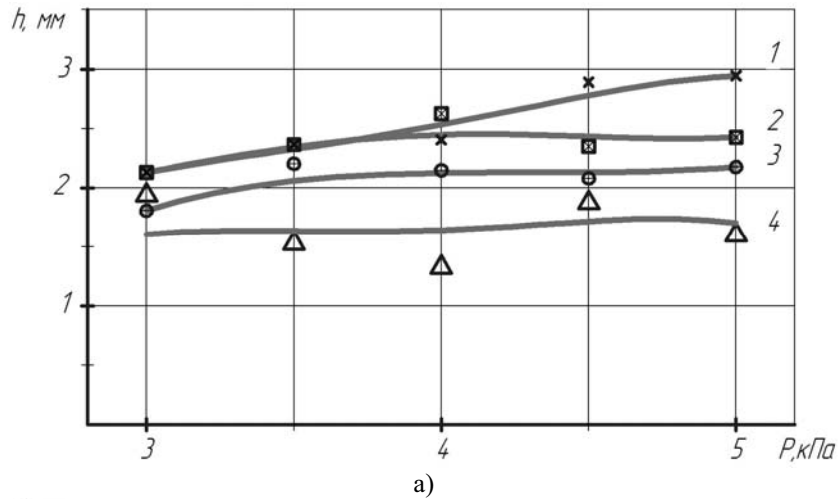
1 – циліндричної; 2 – конічної; 3 – тороїдальної; 4 – сферичної ( $P=4$  кПа)

Рисунок 1 – Ефективність присмоктання насіння комірками різної форм

Втрата вакууму в пневмомеханічному висівальному апараті може бути викликана різними причинами пов'язаними як зі зниженням продуктивності вентилятора, так і втратами в магістралі або зношенням ущільнюючих елементів

системи. Це обумовлює необхідність вивчення впливу втрати вакууму на присмоктуючу силу, що створюється комірками дозуючого пристрою.

Дослідження впливу ступеню розрідження у вакуумній камері на присмоктуючу здатність комірок показали загальну закономірність збільшення критичної відстані захоплення насіння зі збільшенням ступеню розрідження. Це природний результат підтверджує фізичну суть процесів, що відбуваються. Проте для різних комірок і різних культур встановлений взаємозв'язок виражається по-різному. Дуже близькі дані отримані для конічної і тороїдальної комірок (рис. 2. а, б).



а – для комірки конічної форми; б – для комірки тороїдальної форми  
(1 – буряк; 2 – кукурудза; 3 – соя; 4 – горох)

Рисунок 2 – Залежність критичної відстані захоплення насіння від розрідження у вакуумній камері

Для обох видів комірок дані групуються в інтервалі значень критичної відстані  $h = 1,5 \dots 3,2$  мм із незначною перевагою у тороїдальній комірці.

Спостерігається деяка нерівномірність у втраті критичної відстані присмоктування при зниженні вакууму. Так, на ділянці розрідження 3...4 кПа зменшення критичної відстані присмоктування дещо нижче ніж на ділянці 4...5 кПа. Тобто, з підвищенням розрідження спостерігається деяке насичення у збільшенні критичної відстані присмоктування. Для сферичної на насінні сої і кукурудзи звертає на себе увагу загальне зниження величини критичної відстані присмоктування порівняно із іншими видами чарунок. Це вказує на низьку ефективність роботи даної форми присмоктуючої комірки.

Дещо кращий, ніж у сферичної, присмоктуючий ефект спостерігається для комірки циліндричної форми.

Для таких комірок забезпечуються загальні закономірності зміни критичної відстані присмоктування від міри розрідження у вакуумній камері. Підтверджується і розміщення насіння культур по ефективності присмоктування коміркою. Проте, порівняно з сферичною результат досліджень для циліндричної дещо зміщений у бік великих значень відстаней  $h$ . Це вказує на кращу її працездатність по відділенню насіння.

Зниження степені розрідження в камері зменшує захоплюючу здатність комірок, а значить і викликає збільшення кількості пропусків при проведенні посіву. Причому цей негативний ефект наростає за нелінійним законом при розрідженнях менших  $P=3,5$  кПа. З іншого боку, при розрідженнях великих  $P>4$  кПа залежність між степенем розрідження і ефективністю присмоктування зменшується про що свідчать практично лінійний характер залежностей на цій ділянці.

Істотним недоліком вакуумних висівних апаратів є потрапляння і засмоктування пилу у вакуумну камеру апаратів через присмоктуючі комірки дозаторів. В результаті пил осідає на поверхнях отворів змінюючи їх прохідні перерізи. Звуження отворів негативно позначається на роботі вакуумних висівачих апаратів.

Виходячи з раніше отриманих даних про вплив форми отворів комірок на присмоктування насіння, для подальших досліджень по виявленню впливу величини прохідного перерізу на ефективність захоплення насіння вибрана комірка тороїдальної форми з прохідним діаметром від 2 до 4 мм. Результати проведених експериментів у вигляді графічних залежностей представлені на рис. 3.

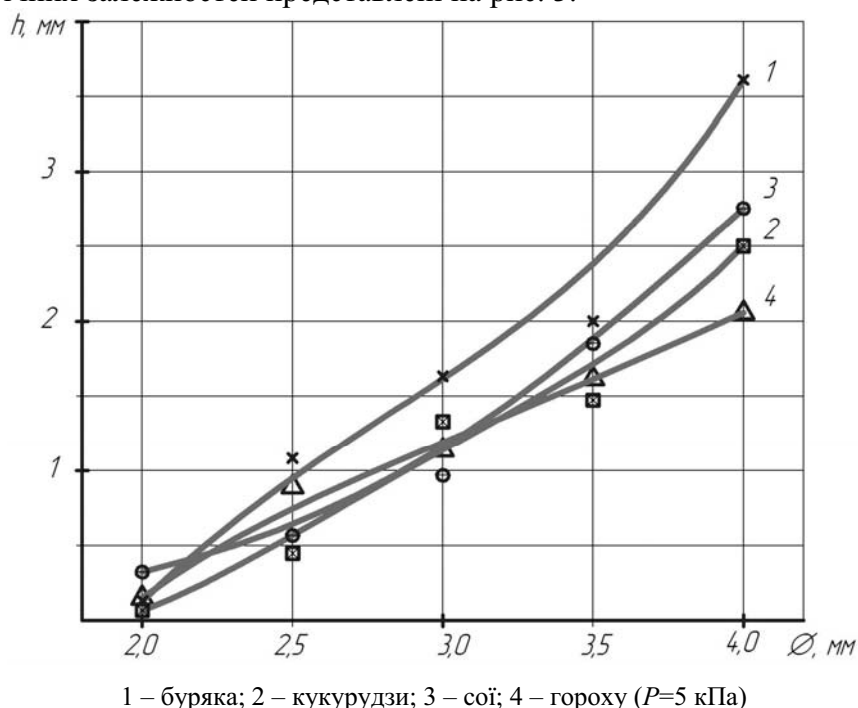


Рисунок 3 – Вплив зміни діаметра присмоктуючої комірки на ефективність захоплення насіння

Як видно з графіків, зменшення діаметру комірки для усіх видів насіння досліджуваних культур призводить до зниження присмоктуючого ефекту (критична відстань зменшується). Проте це зменшення для різних культур проходить по-різному. Найбільш чутливим до зниження площі прохідного перерізу виявилось насіння гороху. Практично лінійна залежність зниження ефективності присмоктування спостерігається для насіння кукурудзи. З деяким уповільненням втрачається присмоктуюча здатність комірок для насіння буряка та сої.

Причому у буряка це відбувається інтенсивніше ніж у насіння сої. Звертає на себе увагу те, що при малих значеннях діаметрів комірок розкид в критичних відстанях присмоктування менше ніж для великих значень. Тобто, зі збільшенням діаметру присмоктуючої комірки чутливість дозуючого елементу до виду насіння висіваних культур зростає.

Попередніми дослідженнями встановлено, що різні за формою комірки дозуючих пристроїв створюють різні силові поля притягування насіння. Проте отримані результати вимагають експериментальної перевірки розвитку і підтвердження в динаміці протікання процесу захоплення насіння, коли час взаємодії (експозиції) обмежено. Такі дослідження більшою мірою моделюють реальну роботу пневмомеханічного висівального апарату.

Враховуючи наявність чинника швидкості у взаємному переміщенні дозуючого пристрою і насіння висіваних культур з метою вивчення можливості підвищення якості дозування проведено дослідження працездатності зміненої тороїдальної комірки. Зміни торкнулися подовження зовнішньої частини комірки у напрямі її руху (рис. 4). Тобто, основа комірки набула замість кола форму еліпса, напрям більшої півосі якого під час руху співпадає з вектором швидкості переміщення  $V$ .

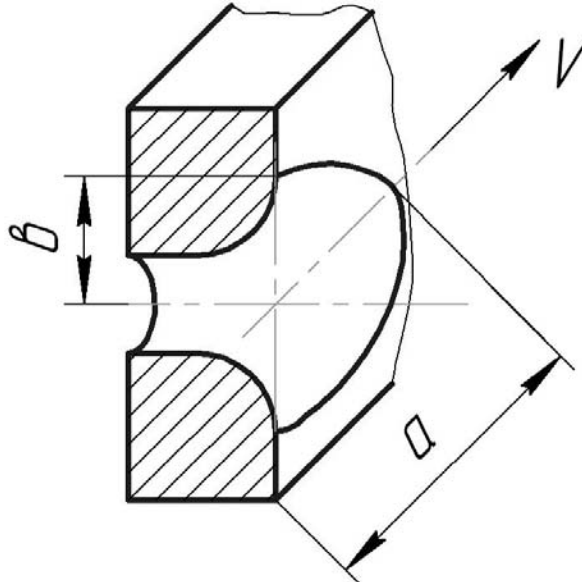


Рисунок 4 – Змінена тороїдальна подовжена в основі присмоктуюча комірка дозуючого елементу

За задумом така комірка внаслідок подовження основи повинен більший час взаємодіяти з насінням висіваних культур. Збільшення експозиції комірки з насінням може сприятливо відбитися на ймовірність його захоплення. Результати експериментального дослідження працездатності запропонованих комірок представлені у вигляді графічних залежностей на рис.5.

На рис. 5 представлені графіки зміни ймовірності захоплення насіння сої присмоктуючими комірками різної геометричної форми. Кращі показники встановлені для тороїдальної комірки, де вірогідність захоплення навіть при порівняно високій швидкості  $V=0,4$  м/с не опускається нижче  $\xi=0,4$ .

Результати досліджень насіння кукурудзи (рис. 5 б) показали, що вони добре присмоктуються комірками циліндричної форми лише до швидкості відносного переміщення  $V=0,3$  м/с. З перевищенням її присмоктування насіння не відбувається, що свідчить про низьку ефективність роботи такого дозуючого пристрою. Проте і в інтервалі швидкостей  $V=0,1 \dots 0,3$  м/с робота комірки циліндричної форми відрізняється низькою ймовірністю захоплення насіння. Навіть при низькій швидкості в  $V=0,1$  м/с вона не перевищує  $\xi=0,5$ . Очевидно, пояснення цьому полягає в складному рельєфі

бічних поверхонь насіння кукурудзи, поганому їх захопленні потоком повітря в наслідок недостатнього прилягання до поверхні комірки.

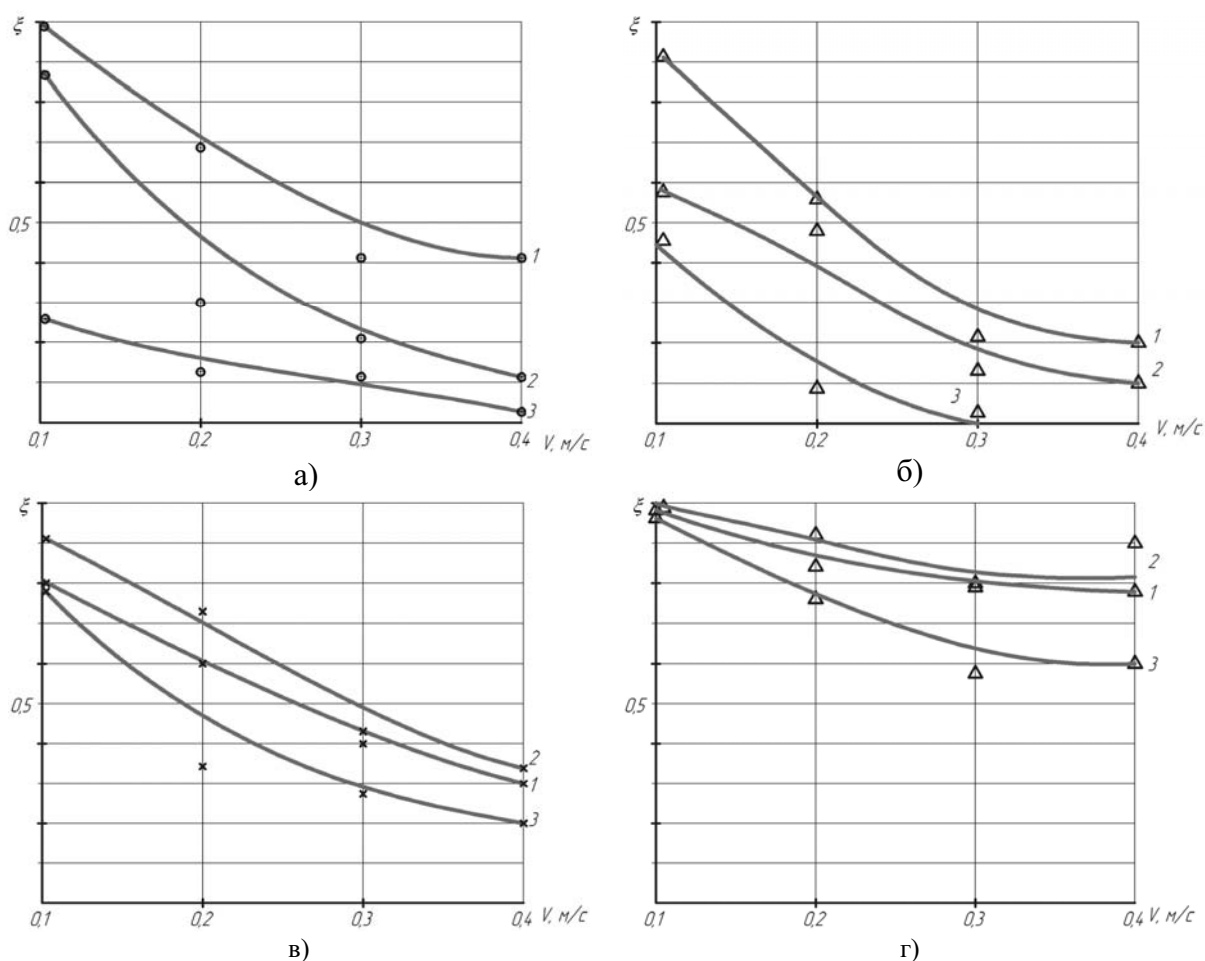


Рисунок 5 – Зміна ймовірності захоплення насіння (а – сої; б – кукурудзи; в – буряка; г – гороху) присмоктуючими комірками різних форм: 1 – тороїдальної; 2 – тороїдальної подовженої; 3 – циліндричної

Дещо вищі отримані результати захоплення насіння кукурудзи комірками тороїдальної форми. Особливо їх переваги позначаються при підвищенні швидкості відносного переміщення. На відносно високих швидкостях  $V > 0,3$  м/с відмінності між комірками тороїдальною і тороїдальною подовженою незначні на користь подовженої комірки, а ймовірність захоплення насіння знаходиться на рівні  $\xi \sim 0,25$ . На малих швидкостях, згідно результатів досліджень, перевагу має комірка тороїдальної форми.

Складну рельєфну поверхню має насіння буряка. Результати досліджень їх присмокування представлені на рис 5 в).

Відмітною особливістю при дозуванні насіння буряка є купчастість отриманих даних по ймовірності їх захоплення комірками різних форм. Тобто, для цього насіння форма присмоктуючої комірки менш істотна ніж для інших, раніше досліджених. Тому ймовірність захоплення в інтервалі швидкостей  $V = 0,1 \dots 0,4$  м/с знаходиться в межах  $\xi = 0,9 \dots 0,3$ . Дещо нижче результат присмокування окремого насіння отриманий для циліндричної комірки. Результати для тороїдальної і тороїдальної подовженої комірки краще на користь подовженої. Вони знаходяться на задовільному рівні якості дозування насіння.

Дослідження захоплення насіння гороху представлені на рис 5 г). Як і для попередніх культур, для насіння гороху спостерігається загальна тенденція зниження ймовірності захоплення зі збільшенням швидкості відносного переміщення. Проте це

зниження відбувається значно повільніше і ймовірність захоплення насіння, навіть в самому несприятливому випадку, не опускається на рівень нижче  $\xi=0,6$ . Очевидно така досить висока ймовірність обумовлена сфероїдальною формою насіння при його нижчій щільності порівняно з подібною за формою насінням сої.

Як і в попередніх випадках, підтверджуючи загальну закономірність, переваги в присмоктуванні насіння мають комірки тороїдальних форм. Причому тороїдальна подовжена комірка працює дещо ефективніше за симетричну тороїдальну. В той час встановлено, що циліндрична присмоктуюча комірка для усіх видів насіння висіваних культур має показники гірші порівняно з тороїдальною. Так, для насіння гороху на максимальній швидкості відносного переміщення  $V=0,4$  м/с, ймовірність захоплення циліндричним осередком не перевищує  $\xi=0,6$ , в той час, як в рівних умовах тороїдальна подовжена дає ймовірність близьку до  $\xi=0,85$ .

Якість виконання операції посіву можна оцінити в лабораторних умовах на спеціально розробленому стенді КНТУ-80 [5]. Випробування проводилися на висіві насіння кукурудзи, сої, гороху і буряка в ідентичних умовах для експериментального дозувального висівального диска з комірками подовженої тороїдальної форми.

Дослідженнями по висіву насіння сої із заданим інтервалом в 6 см встановлено, що спостерігаються істотні відхилення інтервалів від встановленого значення. Так, мінімальне значення інтервалу складає  $A_{\min}=4,1$  см, тоді як максимальне досягає  $A_{\max}=7,1$  см. Таким чином, загальний розмах відхилень складає 3 см.

Статистична обробка даних вимірювань дала наступні результати:

- середнє значення відстані між насінинами  $\bar{A}_g = 5,8$  см;
- середньоквадратичне відхилення  $\sigma = 0,72$  см;
- коефіцієнт варіації  $V=120$  %.

Найбільш точно випадкова величина інтервалів між насінинами вздовж рядка описується три параметричним законом Вейбулла, представленим рівнянням

$$f(A) = \frac{6}{a} \left( \frac{A - A_{cm}}{a} \right)^{6-1} \cdot e^{-\left( \frac{A - A_{cm}}{a} \right)^6}.$$

Значення параметрів закону розподілу для різних досліджуваних культур представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні дані розподілу насіння висіваємих культур вздовж рядка

Культура	Показники висіву						Закон розподілу
	Середня відстань $\bar{A}_g$ , см.	Середньо-квадр. відхилення $\sigma$ , см.	Коефіцієнт варіації $V$	Параметри законів розподілу			
				$a$	$b$	$A_{cm}$	
Соя	5,8	0,72	0,12	6	2,1	3,8	Вейбулла
Кукурудза	5,82	0,7	0,12	5,8	2,1	3,87	Вейбулла
Цукровий буряк	9,8	2,3	0,23	11,5	4,3	6,8	Вейбулла

Метою експлуатаційних випробувань посівної секції з експериментальним висівальним апаратом, обладнаним дозуючим диском з комірками тороїдальної подовженої форми, є перевірка в реальних польових умовах посіву ефективності роботи висівального апарату.

Дослідження проводились на полях агрофірми «Авангард ЛТД» Новоанхаргельського району Кіровоградської області.

Загальний вигляд сівалки укомплектованої посівною секцією, що надійшла на польові дослідження представлено на рис. 6.



Рисунок 6 – Загальний вигляд сівалки з експериментальною посівною секцією на польових дослідженнях

Результати порівняльних випробувань серійної посівної секції з комірками циліндричної форми і експериментальної з комірками тороїдальної подовженої форми представлені в табл. 2

Таблиця 2 – Данні порівняльних експлуатаційних досліджень серійної і експериментальної посівної секції

Культура	Апарат			
	серійний		експериментальний	
	% проп.	% двійн.	% проп.	% двійн.
Соя	5	3	4	4
Кукурудза	4	3	2	4
Цукровий буряк	8	7	6	8

Якісною оцінкою є виявлення огріхів в роботі висіваючого апарата. Характерними огріхами вважались пропуски (не захоплення насіння дозуючим елементом) та утворення двійників і трійників (одночасне захоплення кількох насінин). Причому перший огріх, пов'язаний із пропусками, є більш шкідливим для вирощування врожаю ніж другий, коли в одне гніздо висівається кілька насінин.

**Висновки:** 1. Проводити якісно посівні операції, що відповідають умовам точного землеробства, можна висіваючими апаратами пневмомеханічного типу, конструктивні параметри та технологічні режими роботи яких впливають на якість та надійність перебігу технологічного процесу висіву.

2. Зменшення пропусків при відділенні насіння із загальної маси досягається шляхом застосування висіваючих комірок тороїдальної подовженої форми. Так для насіння гороху при лінійній відносній швидкості руху комірок  $V=0,4$  м/с ймовірність захоплення циліндричною коміркою в 1,4 раз менше ніж тороїдальною подовженою.

3. Експлуатаційними випробуваннями встановлено, що посівна секція обладнана диском з комірками тороїдальної подовженої форми знижує пропуски при посіві на 25%, проте підвищує появу двійників на 23%.



## Список літератури

1. Свирень Н. А. Определение конструктивных параметров пневмомеханического аппарата для однозернового высева семян зерновых культур. / Петренко Н. Н., Свирень Н.А. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 29. – Кіровоград: КДТУ, 2000. – С. 276–281.
2. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин: навчальний посібник. / [Бойко А. І., Свирень М. О., Шмат С. І., Ножнов М. М.] – Кіровоград, 2003. – 203 с.
3. Сисолін П. В. Висівні апарати сівалок. Еволюція конструкцій, розрахунки параметрів. [Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»] / Сисолін П. В., Свирень М. О. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 160 с.
4. Бойко А. И. Анализ влияния параметров дозирующего устройства на эффективность отбора семян. / Бойко А. И., Свирень Н. А. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 35. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – С. 259–267.
5. Бойко А.И. Повышение эффективности и надежности работы высевальных аппаратов посевных машин: Монография. / Бойко А. И., Свирень Н. А. – Кіровоград, КОД, 2011. – 276 с.

*Н. Свирень, С. Лещенко, А. Бойко, А. Банний*

### **Результаты экспериментальных исследований работы высевальных аппаратов посевных машин для систем точного земледелия**

В статье приведенные результаты экспериментальных исследований работы высевальных аппаратов посевных машин для систем точного земледелия. Проанализировано качество присасывания семян к высевальному диску в зависимости от формы ячейки и степени разжижения в вакуумной камере высевального аппарата. Предложено новую тороидальную удлиненную форму присасывающей ячейки, и приведенные результаты ее работы на семенах разных культур. Приведены результаты исследования влияния диаметра ячейки во время ее забивания пылью на качество присасывания. Данные результаты сравнительных испытаний серийной посевной секции и посевной секции с предложенной формой ячеек.

*N. Sviren, S. Leschenko, A. Boyko, A. Banniy*

### **Results of experimental researches of work of seedmeters of sowing machines for the systems of exact agriculture**

In the article brought results over of experimental researches work seedmeters of sowing machines for the systems of exact agriculture. Quality of seed is analysed to the sowing disk depending on the form cell and degree of dilution in a vacuum chamber seedmeter. The new tors form extended form of air cell, and the brought her job performances over, is offered on the seed of different cultures. Results over research influence of diameter cell are brought during her hammering by a dust on quality of table of contents. These results of comparative tests serial sowing section and sowing section with the offered form of cells.

Одержано 20.09.11