

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
« ____ » _____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення конструкції пневматичного висівного апарату овочевої сівалки для посіву цибулі»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Коляденко Павло Юрійович
(прізвище та ініціали)
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....	4
1.1. Засоби механізації для посіву овочевих культур.....	4
1.2. Удосконалення процесу висіву насіння цибулі ріпчастої пневматичним висівним апаратом.....	9
Висновки по розділу.....	14
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
2.1. Опис конструктивної схеми удосконаленої конструкції пневматичного висівного апарату овочевої сівалки для посіву цибулі.....	16
2.2. Оцінка показників якості виконання технологічного процесу роботи модернізованого висівного апарату.....	19
Висновки по розділу.....	23
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	24
3.1. Організація охорони праці в сільськогосподарському господарстві.....	24
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з овочевими посівними машинами.....	25
Висновки по розділу.....	26
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ.....	27
Висновки по розділу.....	29
Загальні висновки.....	30
Список використаних джерел.....	31

ВСТУП

За різними даними в даний в Україні нараховується близько 40 видів вирощування овочевих культур, з яких 23 види мають масове розповсюдження. До них відносяться: кавун, баклажан, диня, кабачок, капуста (білокачанна, пекінська, цвітна), цибуля, морква, огірок, перець, петрушка, помідор, редис, салат, бурячок столовий, кріп, часник. Що стосується інших видів овочів, то в сільськогосподарському виробництві вони не отримали широкого розповсюдження.

Маючи свої індивідуальні біологічні особливості, кожна овочева культура вимагає особливих умов, способів вирощування та навколишнього середовища. В той же час для овочевих культур характерні загальні ознаки, що дозволяють їх об'єднувати в окремі групи [13].

Серед різноманіття сортів та видів овочів, які культивуються в Україні, на особливому місці стоїть цибуля. Крім цінних поживних якостей, цибуля має досить високі лікувальні властивості. Крім того, в цибулі міститься велика кількість ефірних олій і майже 30 видів мінеральних речовин. В даний час вирощування цибулі можливо висівом сівалкою. Однією із основних проблем, з якими стикаються виробники цибулі при посіві насіння, є «складність рівномірного розподілу насіння вздовж рядка відповідно до агротехнічних вимог».

Тому, виникає необхідність в удосконаленні конструкції робочих органів овочевої сівалки для посіву насіння цибулі, та є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

1.1. Засоби механізації для посіву овочевих культур.

Посів овочевих культур здійснюється сівалками різних конструкцій, як з пневматичними, так і механічними висівними апаратами.

Універсальні овочеві пневматичні сівалки точного висіву зарубіжного виробництва серії MSO (Рис. 1.1) призначені для посіву всіх видів овочевих культур (цибуля, морква, редис, редька, салат, петрушка, кріп, кінза/коріандр, перець, помідори, огірки, кабачки, буряк, кавун, диня, гарбуз та ін.) в 1, 2 або 3 рядки і є результатом багаторічного досвіду компанії MaterMass у виробництві овочевих сівалок [11].



Рисунок 1.1 – Сівалка фірми MSO.

Модельний ряд овочевих сівалок фірми MSO представлений наступними моделями: MSO F1 – овочева пневматична сівалка точного висіву, застосовується для посіву в 1 рядок з мінімальною відстанню між рядками 22,5 см; MSO F2 – пневматична сівалка точного висіву використовується для посіву овочів у 2 рядки з фіксованою відстанню між рядками 5, 7,5 або 10 см (залежно від виду сошника); MSO F3 – овочева сівалка точного висіву з пневматичним приводом застосовується для посіву овочів у 3 рядки з фіксованою відстанню між рядками 3,75 або 5 см (залежно від виду сошника); MSO DUO – пневматична сівалка

точного висіву призначена для посіву овочів в 1 або 2 рядки. Особливість даної моделі – кожна секція включає два висівних апарати, розташованих із зміщенням відносно одного. Це дозволяє регулювати відстань між рядками від 4 до 10 см і знижує ймовірність забивання сошників на вологому ґрунті [11].

Для розробки і виробництва серійних сучасних пневматичних овочевих сівалок компанія SFOGGIA (Італія) об'єднала передові технології та наукові розробки в галузі проектування посівної техніки. В результаті кропіткої роботи вчених та практиків створено великий типорозмірний ряд посівних машин нового покоління для сівби різноманітних овочевих культур, які легко та зручно вписуються в нові інтенсивні технології виробництва овочів [10].

Сівалка SFOGGIA Calibra Evo (Рис. 1.2) це пневматична сівалка точного висіву, що ідеально підходить для посіву дрібного насіння овочів, оголених (без оболонки) або структурованих (в оболонці) для однорядного, дворядного або трирядного висіву [8].



Рисунок 1.2 – Сівалка пневматична точного висіву для овочів.

SFOGGIA Calibra Evo

Калібра Evo випускається в моделях: однорядного висіву (Fila Singola), Слім, Твін, Тріс і Тандем (Рис. 1.3) [8].

Сівалки випускаються в різній комплектації з жорсткою або складною рамою для однорядного, дворядного та трирядного посіву овочевих культур із можливістю внесення гранульованих мінеральних добрив. Сівалки, що мають не більше чотирьох висівних секцій, обладнані однією турбіною. На сівалках, де

кількість висівних секцій становить від 5 до 18, встановлені дві турбіни. Прикочують передні та задні котки діаметром 250 та 100 мм відповідно, на замовлення покупців, можуть бути виготовлені з нержавіючої сталі, з гумовим ободом Farmflex, або з решітчастою металевою поверхнею. Привід висівного апарату має ланцюгову передачу [8].

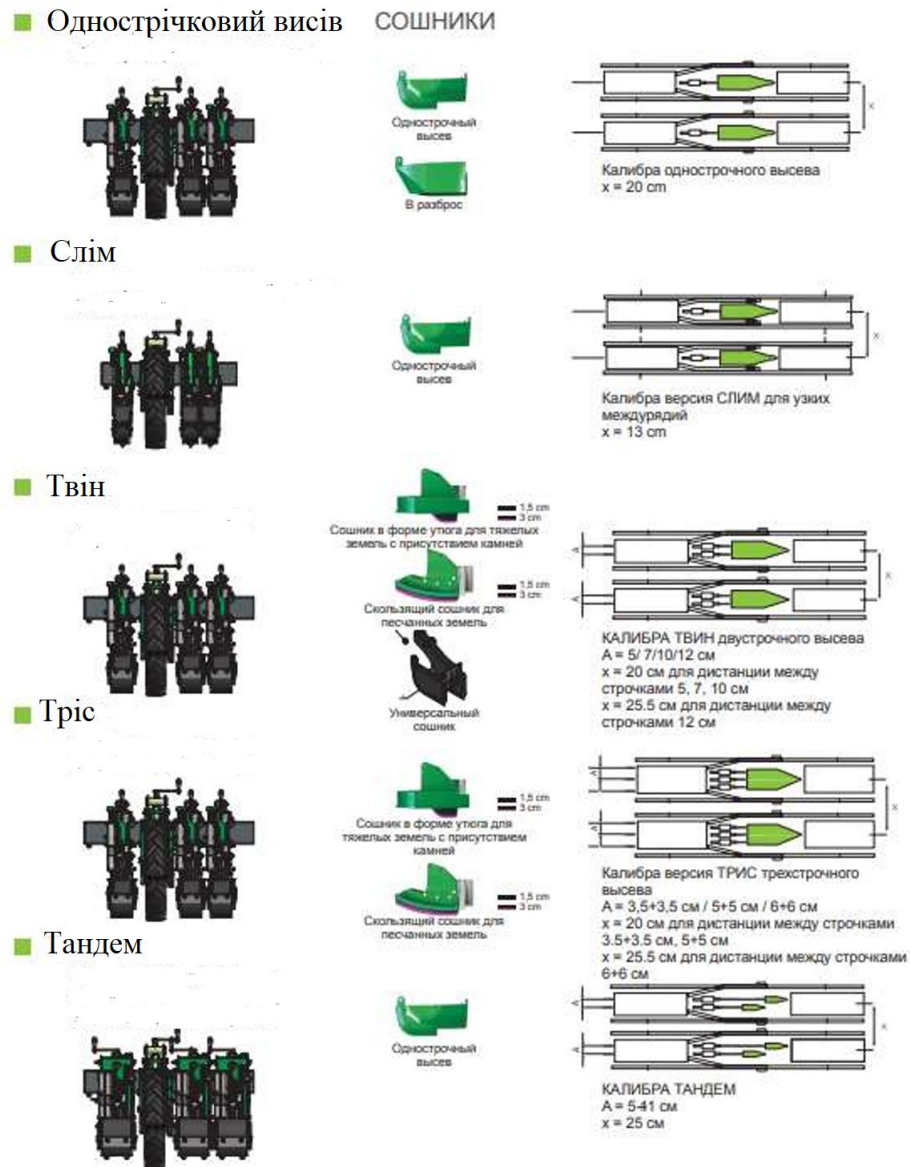


Рисунок 1.3 – Сівалка пневматична точного висіву SFOGGIA Calibra Evo в моделях: однорядного висіву (Fila Singola)

Овочева сівалка СОН-4.2 (Рис. 1.4) виробництва (ТОВ «Червона зірка», м. Кропивницький), призначена для рядкового посіву на рівній грядковій та гребеневій поверхні дрібного й великого насіння овочевих культур і культур,

насіння яких близьке до вказаних за своїми фізико-технологічними властивостями та агротехніці сівби [12].



Рисунок 1.4 – Сівалка овочева СОН-4.2

Сівалка СОН-4,2 забезпечує: широкий діапазон норм висіву; різноманітність схем посіву, що досягається перестановкою сошників; підвищену рівномірність розподілу насіння у рядку; роздільне від насіння внесення мінеральних добрив; високу маневреність, простоту, зручність та надійність в експлуатації.

Величезна кількість зарубіжних розробок гідравлічних сівалок не були впроваджені у виробництво через недосконалість їх конструкцій, виключенням є сівалка Fluid Dulling Ltd (Велика Британія). Проте, і ця сівалка має обмежене застосування, оскільки здатна забезпечити тільки гніздовий висів. Застосування в сівалці дорогого посівного гелю, як носія насіння пов'язане з ефектом гальмування проростання їх.

На вирішення питань підвищення ефективності посівних агрегатів впливають три основні фактори: якість роботи сошникової групи сівалок на відносно високих швидкостях, надійність фіксації насіння в борозні, а також стійка дискретна подача висівним апаратом насіння в борозну.

До найважливіших робочих органів сівалки належить висівний апарат, функціональне призначення якого полягає у відборі певної кількості насіння із загальної маси насіннєвого матеріалу та формуванні вихідного потоку насіння з

певними заданими параметрами. Саме ці параметри найбільше гарантують якість розподілу насіння в рядку та в цілому на засіяному полі [7].

Згідно класифікації висівних апаратів, вони поділяються на чотири основні типи: механічні, гідравлічні, пневматичні та пневмомеханічні.

Механічні апарати можна розділити на катушкові, шнекові, вібраційні, фрикційні, касетні, канавкові, відцентрові, ложкові, комірчасті та апарати для укладання насіннєвої вологорозчинної стрічки.

Пневматичні висівні апарати, в свою чергу, поділяються на дискові, барабанні, стрічкові та апарати без рухомих частин [4].

Дискові висівні апарати встановлені на сівалках таких фірм як Nodet, Ebra, Ribolea, Riviere-Casalis (Франція); сівалки СПЧ-6 (Румунія); Gaspardo (Італія); СУПН-8, СУПН-6 (Україна); фірм Becker, Hassia (Німеччина), Fahse, International Harvester, Allis-Chalmers (США). Дискові апарати за принципом дії можна поділити на апарати, що працюють за допомогою надлишкового тиску, та на апарати, принцип роботи яких заснований на використанні вакууму [15].

Апарати вакуумного типу (пневмовакуумні) використовуються на сівалках СУПН-8, СТВ-107, сівалках фірм Nodet Gougis, Ribouleau, Venac (Франція) та інші. Висівні апарати, що працюють на принципі нагнітання повітря в насінну камеру (пневмонагнітальну), використовують у своїх сівалках такі фірми, як Karl Becker; International Harvester, Cyclo, Allis-Chalmers (США), Riviere-Calis (Франція) та інші [16].

Пневмомеханічні та гідравлічні висівні апарати, що мають своє місце у вище вказаній класифікації, з низки причин не набули належного поширення. Це сталося, зокрема, через складність їх конструкції і часто не дуже надійної роботи.

Пневматичні висівні апарати відрізняються широкою різноманітністю конструкцій, включаючи барабанні, дискові, стрічкові, а також апарати без рухомих частин [4]. В свою чергу дискові апарати поділяються за принципом дії на такі: за допомогою надлишкового тиску (пневмонагнітальні) або вакууму (пневмовакуумні) [2]. Перші нагнітають повітря в насіннєву камеру, такий підхід реалізовано на сівалках таких фірм, як Karl Becker (Німеччина), International Harvester, Cyclo, Allis-Chalmers (США), Riviere Casalis (Франція) та ін. [15]. До

апаратів вакуумного типу можна віднести сівалки СУПН-8 (Україна), сівалки таких фірм, як Nodet-Gougis, Ribouleau, Benac (Франція) та ін.

Пневмомеханічні та гідравлічні висівні апарати не набули належного поширення з таких причин, як складність їх конструкції та досить низька надійність роботи.

Інтенсивні дослідження в галузі розробки та удосконалення конструкцій висівних апаратів постійно ведуться вітчизняними та зарубіжними виробниками. До найбільш актуальних напрямків цих досліджень можна зарахувати: підвищення продуктивності; універсалізація; дотримання екологічних вимог відносно захисту ґрунтів; скорочення витрат праці; зниження матеріаломісткості; підвищення якості сівби [7].

Проте, підвищення якості розподілу насіння в рядку багато в чому залежить від конструкції та режиму роботи висівного апарату [7].

1.2. Удосконалення процесу висіву насіння цибулі ріпчастої пневматичним висівним апаратом.

Удосконалення пневматичних висівних апаратів сівалок точного висіву має місце наступна конструкція, що наведена на рис. 1.5.

Базові посівні секції 3 (Рис. 1,5, а) встановлені на рамі 1 попарно, в парі секція 3а та секція 3б. Між секціями 3а і 3б по центру рядка змонтований додатковий сошник 10, що включає ножеподібний анкерний борозноутворювач 11 з розведеними в бік боковинами 12, приймач-розподільник 13 мікрогранул і загортач 14.

Висівні апарати 4а і 4б (Рис. 1.5, б) розміщені опозитно (повернені один відносно одного на 180 °). Туковисівні секції висівного апарату 4а на секції 3а і 4б на секції 3б відповідно встановлені ближче до центру стрічки [8].

Висівні апарати 4а, 4б сполучаються з базовими секціями 3а, 3б за допомогою насіннепроводів 15, а приймачем-розподільником 13 сошника 10 за допомогою тукопроводів 16.

Принцип роботи сівалки наступний. При русі посівного агрегату по полю з робочою швидкістю V_0 від опорних коліс 8 обертання передається на висівні апарати 4 обох секцій, при цьому насіння та мікрогранули добрив/стимуляторів

подаються зі своїх відділів бункера 6 через насіннєпроводи 15 і тукопроводи 16 відповідно в базові секції 3а, 3б приймач-розподільник 13 сошника 10 [3].

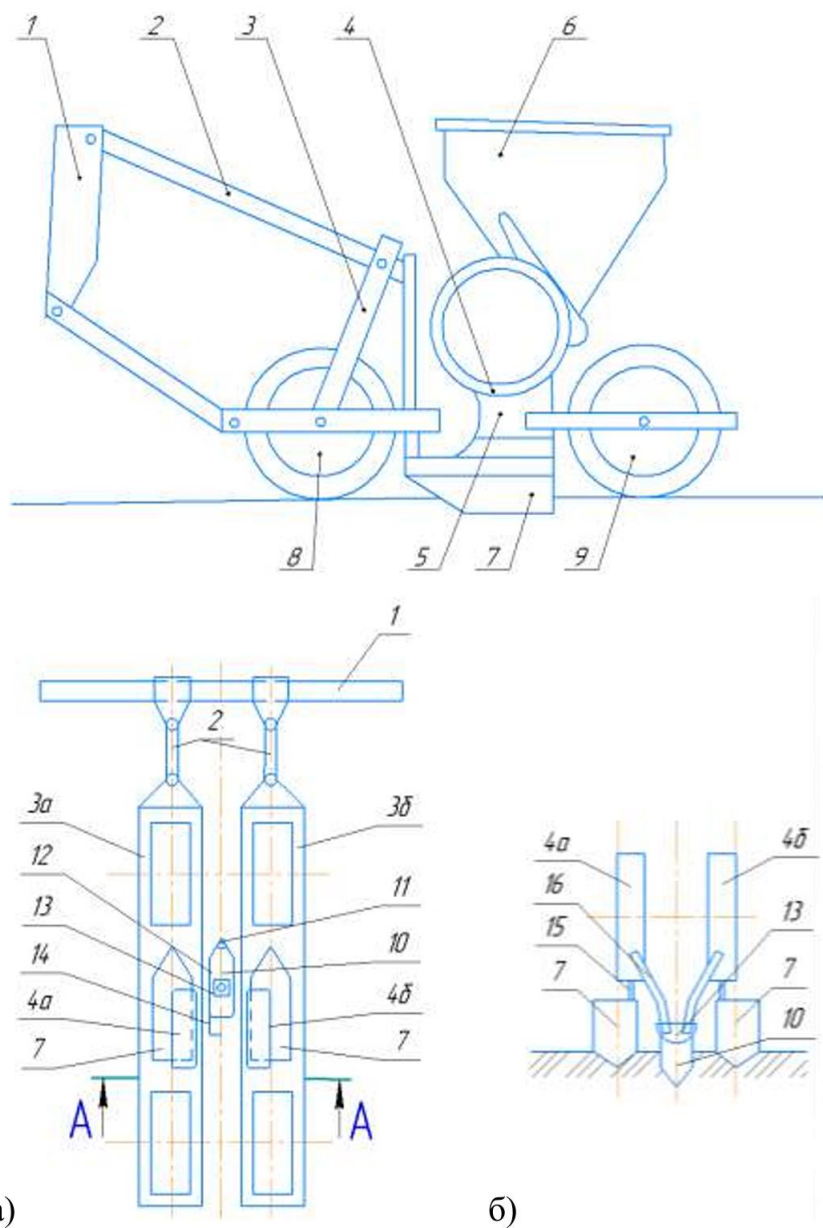


Рисунок 1.5 – Схема пневматичної сівалки для посіву насіння овочевих культур:

а) – вигляд у плані; б) – вигляд перерізу А-А:

- 1 – причіпна рама; 2 – шарнірна пружна підвіска; 3 – корпус базової посівної секції; 4 – пневматичний висівний апарат; 5 – диски подвійного висіву;
 6 – бункер; 7 – полозовидний сошник; 8 – опорно-привідне колесо;
 9 – прикочувальне колесо; 10 – сошник; 11 – борозноутворювач;
 12 – боковина; 13 – приймач-розподільник мікрогранул; 14 – загортач;
 15 – насіннєпровід; 16 – тукопровід.

При русі сівалки, що встановився, сошники 7 і 10 переміщуються у напрямку посівного агрегату та копіюють рельєф поля, а ножоподібний анкерний борозноутворювач 11 з розведеними боковинами 12 при цьому занурюється в ґрунт, що розрізається. Допоміжний сошник 10, забезпечуючи подрібнення ґрунту та формуючи борозну по центру стрічки на глибину закладення мікродобрив, також контактує з ґрунтом бічними поверхнями 12 та виконує роль різального інструменту [3].

Через приймач-розподільник 13 надходять мікрогранули, які укладаються на дно сформованої борозни, при цьому подрібнений ґрунт обсіпається при сході з боковин 12, тим самим засипаючи мікрогранули. Потім загортач 14 закладає ґрунт по ходу руху посівного агрегату.

Паралельно, за аналогією з мікрогранулами, сошниками 7 висівається і заробляється насіння овочевої культури. Стрічка висіяного матеріалу формується з насіння в два рядки, між якими нижче рівня висіяного насіння на задану глибину і закладається ще один рядок з мікродобривами [6].

Пневматичні висівні апарати забезпечують точність позиціонування насіння та гранул у відповідній борозні. В якості такого апарату, зокрема, може використовуватися розроблений висівний апарат для посіву насіння овочевих культур з одночасним орієнтованим внесенням гранульованих добрив (Рис. 1.6) [8].

Клиноподібний розпушувач-направник добрив, яким обладнаний апарат, встановлений нижче його площини ковзання по дну формованої сошником борозни на відстань, яка перевищує глибину загортання насіння, і виконано у формі вигнутої в нижній частині трубки з косим зрізом вихідного отвору. Це дозволяє не тільки сформувати ущільнене ложе, але й направити на нього потік добрив та/або стимуляторів росту. Вертикальне переміщення розпушувача-направника дозволяє варіювати глибину закладення добрив відносно закладення овочевого насіння, тим самим забезпечуючи різнорівневий посів та створюючи потім оптимальну площу живлення рослинам [1].

Пневматична система висівного апарату включає турбовентилятор 24, сполучений всмоктуючими повітропроводами 25 з вакуумною камерою 8, а його нагнітальна магістраль 26 – з камерою високого тиску 27, яка співвісно

розташована з роздільником висівного матеріалу 17 з обох сторін висівного диска 4, утворюючи в сукупності зону розвантаження насіннєвого матеріалу.

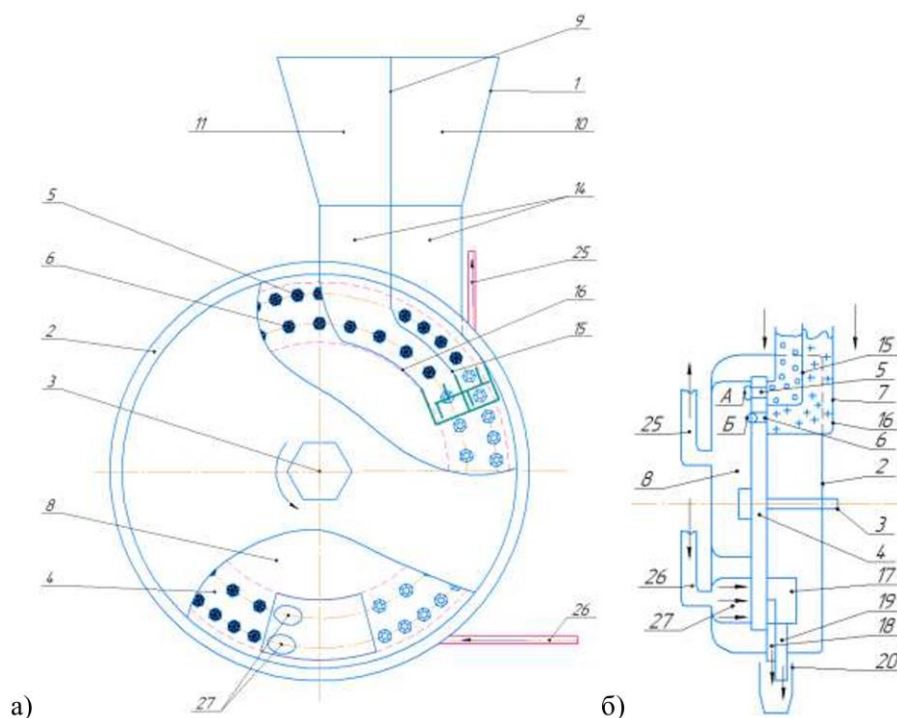


Рисунок 1.6 – Принципова схема висівного апарату:

а – передній вигляд; б – поперечний розріз:

- 1 – бункер для посівного матеріалу; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – висівний диск;
- 5 – отвори для насіння; 6 – отвори для гранул добрив; 7 – насіннєва камера;
- 8 – вакуумна камера; 9 – перегородка; 10 – відсік для насіння; 11 – відсік для добрив;
- 12, 13 – випускні отвори; 14 – матеріалопровід; 15, 16 – дугоподібна перегородка;
- 17 – роздільник висівального матеріалу; 18, 19 – насіннєпроводи;
- 21, 22 – напрямник насіння та гранул добрив (насіннєпровід);
- 23 – клиноподібний розпушувач; 26 – нагнітальна магістраль;
- 28 – ножеподібний наральник.

Висіваючий диск 4 (Рис. 1.7) має два ряди отворів для насіння 5 і гранул добрив/стимуляторів росту 6, розташованих на концентричних краях.

При цьому отвори 5 для насіння мають форму зрізаної шестигранної піраміди, основа якої знаходиться з боку насіннєвої камери 7 і дорівнює $0,7 \div 0,9$ усередненої величини поперечного перерізу висівального насіння, а отвори 6 для добрив/стимуляторів росту 6 з розміром $0,6-0,8$ усередненої величини поперечних перерізів висівальних гранул.

Отвори висівного диска для кожного виду висівального матеріалу різні: для насіння цибулі мають форму зрізаної шестигранної піраміди з діагоналлю в основі, що дорівнює $0,7 \div 0,9$ величини поперечного перерізу насіння, що висівається; для добрив або стимуляторів росту – $0,6 \div 0,8$ величини поперечного перерізу висівальних гранул, що забезпечує надійне захоплення матеріалу присмоктуючими отворами та створює необхідний коефіцієнт тертя пари «насіння-висівний диск», необхідний для винесення насіння із насіннєвої камери, за рахунок збільшення сили присмоктування матеріалу до отворів, що залежить від щільності прилягання насіння до диска, а також зниження присмоктування повітря. Надійне захоплення насіння та гранул добрив забезпечує гарантоване їх внесення в рядок [2].

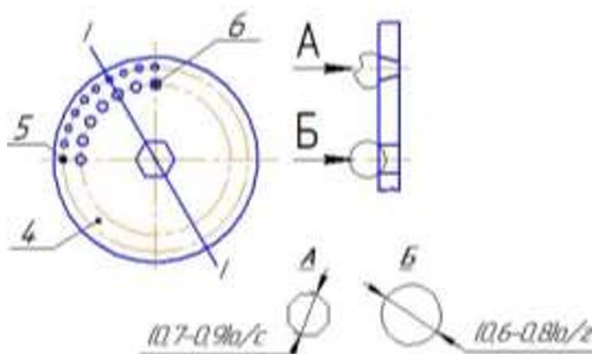


Рисунок 1.7 – Висіваючий диск:

4 – диск, що висіває; 5 – отвори для насіння; 6 – отвори для гранул добрив.

Алгоритм роботи пневматичного висівного апарату наступний. Висіваються матеріали двох видів – насіння овочевих культур та гранул добрив з двох відсіків 10 та 11 насіннєвого бункера 1, розділеного перегородкою 9, самопливом по матеріалопроводах 14 потрапляють відповідно в сектори 15 і 16 насіннєвої камери 7. В процесі обертання диска 4 його отвори 5 та 6 поперемінно потрапляють у зону розрідження вакуумної камери 8, при цьому овочеве насіння А, що надходить із сектора 15 і гранули добрив Б із сектора 16 насіннєвої камери 7, під дією вакууму присмоктуються відповідно до отворів 5 і 6 висівного диска 4.

Потім насіння А та гранули Б, притиснуті вакуумом до диска 4, переміщуються ним же у зону розвантаження насіннєвого матеріалу, розташовану в нижній частині апарату до роздільника висівального матеріалу 17, де відсутнє розрідження. Тут висівальний матеріал під дією підвищеного атмосферного тиску

в камері 27 відокремлюється від отворів 5 і 6 і самопливом, слідуючи гравітації, за допомогою роздільника висівального матеріалу 17 потрапляє через систему насіннепроводів для насіння 18 і для добрив 19, які суміщаються трубчастим направником 21 закладення у верхній рівень ґрунту насіння та трубчастим направником 22 для добрив.

Спрямоване та рівномірне внесення добрив нижче глибини загортання насіння стало можливим завдяки конструкції представленого пневматичного висівного апарату. Слід зазначити, що контакт посівного матеріалу та мікродобрив повністю виключається, а у вегетаційний період завдяки орієнтованому розміщенню добрив відносно висіяного насіння активно розвивається його коренева система, забезпечується дружність сходів та підвищується урожайність.

Заявлене технічне рішення для посіву насіння цибулі із внесенням добрив у ґрунт гарантує не лише якісний посів насіння, а й одночасне рівномірне закладення добрив на задану глибину з врахуванням агротехнічних вимог до обробітку дрібнонасінневих культур [7].

Аналізуючи вище сказане можна зробити наступний висновок. Ефективність застосування добрив може бути збільшена лише за рахунок регулювання об'єму добрив, що вносяться. Додатково зазначимо, що при посіві забезпечується зміщення лише в ґрунтовому горизонті (тобто на однаковій глибині загортання) насіння та добрива відносно одне одного, що може гарантувати оптимальну схему внесення добрив [7]. Проте, основним завданням роботи є підвищення точності та рівномірності посіву насіння цибулі, шляхом удосконалення конструктивно-технологічної схеми роботи висівного апарату.

Висновки по розділу

Таким чином, провівши дослідження засобів механізації для посіву цибулі та їх робочих органів, нами визначено, що при розробці та виробництві висівних апаратів необхідно враховувати такі параметри: якість роботи самих висівних апаратів; надійну фіксацію насіння у борозні, при цьому важливо, щоб насіння не вивалювалося або переміщувалося після подачі в ґрунт (в насіннєве ложе);

стабільно дискретну подачу насіння в борозну, тут дуже важливо підтримувати постійну швидкість подачі насіння в борозну для рівномірного його розподілу.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис конструктивної схеми удосконаленої конструкції пневматичного висівного апарату овочевої сівалки для посіву цибулі.

Нами запропоновано унікальний пневматичний висівний апарат (Рис. 2.1-2.2), який складається з корпусу 1 з насінневою камерою 2 і камерою розрідження. Між камерами на горизонтальному валу розташовані висівний диск 3 (з присмоктуючими отворами 4) та пластинчастий відбивач 5 (для видалення «зайвого» насіння), який дотикається до торцевої площини висівного диска [8].

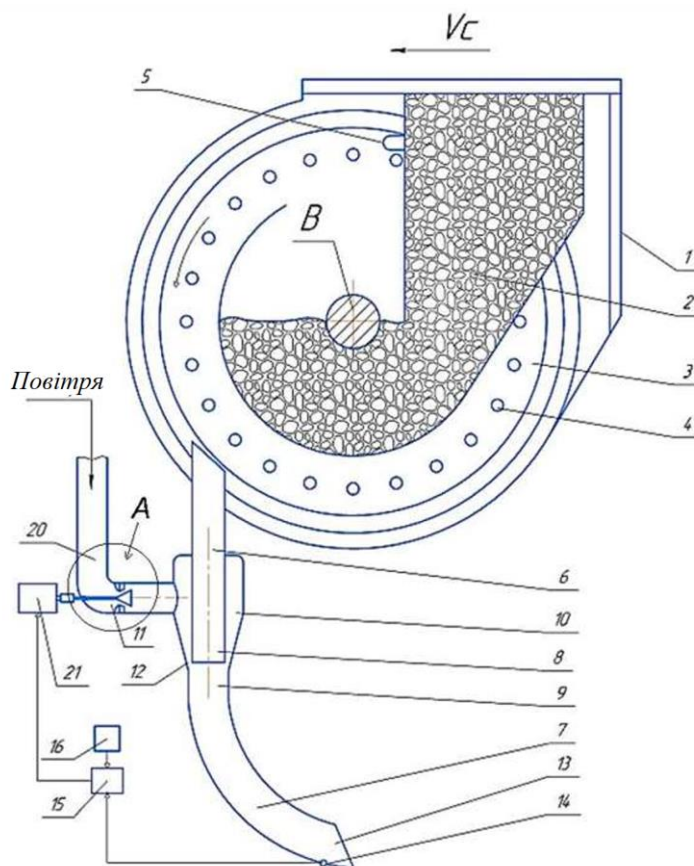


Рисунок 2.1 – Схема пневматичного висівного апарату:

- 1 – корпус; 2 – насіннева камера; 3 – висівний диск; 4 – присмоктувальні отвори;
 5 – відбивач; 6-9 – складна трубка; 10 – аерокамера; 11 – камера затвору;
 12 – сопло; 14, 16 – датчик швидкості; 15 – блок моніторингу та контролю;
 17 – камера затвору; 18 – сідло; 19 – клапан; 20 – повітропровід;
 21 – кроковий двигун.

Насіннєпровід – складна трубка круглого перерізу, що має дві ділянки: прямолінійну 6 і криволінійну 7 – кріпиться на кронштейні в нижній частині корпусу 1 висівного апарату. При цьому вихідна частина 8 прямолінійної ділянки насіннєпроводу, та вхідна частина 9 криволінійної ділянки розташовані співвісно і розміщені в аерокамері 10, сполученої з камерою затвору 11. Аерокамера 10 має конічну форму, де в області його зрізаної вершини розміщена зона сполучення прямолінійної та криволінійної ділянок, що утворює звужувальне ежектоване кільцеве сопло 2.

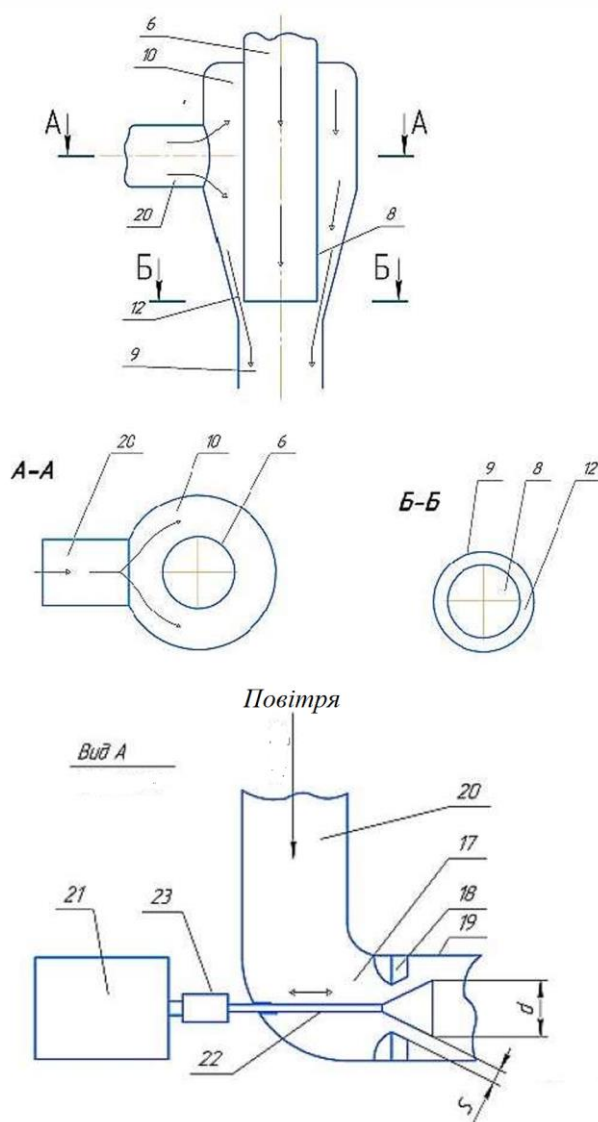


Рисунок 2.2 – Пневматичний висівний апарат:

- 6-9 – складна трубка; 10 – аерокамера; 11 – камера затвору; 12 – сопло;
 14, 16 – датчик швидкості; 15 – блок моніторингу та контролю; 17 – камера затвору; 18 – сідло;
 19 – клапан; 20 – повітропровід; 21 – кроковий двигун;
 22 – шток; 23 – гвинтовий механізм.

На вихідній частині 13 криволінійної ділянки 7 розташований датчик швидкості повітряного потоку 14, вихід якого з'єднаний з відповідним входом блоку моніторингу та контролю 15, на який надходить сигнал із датчика швидкості 16 посівного агрегату.

Блок управління повітряним потоком 4 (Рис. 2.2) і 6 розташований в зоні сполучення прямолінійної та криволінійної ділянок насіннєпроводу й має камеру затвору 17 з регулятором зміни величини повітряного потоку, що включає сідло у вигляді конусного кільця 18 всередині якого розташований конусний клапан 19, який має можливість перекривати поперечний прохідний переріз подавального повітропроводу 20 за допомогою приводу виконаного у вигляді крокового двигуна 21, вал якого з'єднаний зі штоком 22 за допомогою гвинтового механізму 23.

Принцип роботи пневматичного висівного апарату наступний.

Насіння надходить у насіннєву камеру 2 корпусу 1 висівного апарату з бункера. Звідти, обертаючись разом із висівним диском 3 під дією створюваного у вакуумній камері розрідження вони присмоктуються отворами 4 і переносяться до пластинчастого відбивача 5, який «зайве» насіння, що присмокталося, повертає назад у насіннєву камеру 2. Висівний диск 3 переносить насіння, що залишилося, в зону скидання, звідки воно надходить у прямолінійну ділянку 6 насіннєпроводу та через вихідну частину 8 прямолінійної ділянки потрапляє у конусну частину аерокамери 10 в зону звужувального ежектуального кільцевого сопла 12.

Повітряний потік, що поступає по повітрепроводу 20 проходячи затвірну камеру 11 та регулятор зміни величини повітряного потоку через конусне кільце 18 і конусний клапан 19 набуває вигляду дискового струменя, який потрапляє в аерокамеру 10 в зону сполучення прямолінійної і криволінійної ділянок – звужувальне ежектувальне кільцеве сопло 12 за рахунок зони низького тиску, що виникає, потім сприяє повітряному потоку, що проходить через нього захоплювати насіння, що поступає із прямолінійної ділянки і направляти його у криволінійну ділянку 7, а далі безпосередньо в сошник сівалки. Так, як криволінійна ділянка 7 насіннєпроводу виконано у формі клотоїди, радіус кривизни якої змінюється лінійно залежно від пройденого шляху, рух насіння по

даній ділянці відбувається з постійною швидкістю, що дорівнює швидкості руху повітряного потоку.

Зміна швидкості повітряного потоку здійснюється за рахунок поздовжнього переміщення конусного клапана 19 і має можливість змінювати поперечний прохідний переріз подачі повітропроводу за рахунок кільцевої щілини S за допомогою крокового двигуна 21 з гвинтовим механізмом 23.

Значення швидкості насіння при виході з криволінійної ділянки визначається датчиком 14, швидкість посівного агрегату датчиком 16. Дані значення надходять у блок моніторингу та контролю 15, в якому здійснюється порівняння швидкостей та вироблення керуючого впливу для крокового двигуна блоку 21 управління повітряним потоком.

Рівність швидкостей насіння, що виходить із насіннепроводу та посівного агрегату, обнуляє швидкість насіння відносно ґрунту, підвищуючи тим самим рівномірність розподілу насіння різних овочевих культур по довжині та ширині рядка [6].

Таким чином, запропонований пневматичний висівний апарат, що складається із корпусу з двома камерами (насіннева і розрідження), які розділені вертикальним висівним диском з присмоктувальними отворами, а також насіннепроводу у вигляді трубки круглого перерізу, оптимально забезпечує постійну швидкість скочування насіння, рівну швидкості руху посівного агрегату.

2.2. Оцінка показників якості виконання технологічного процесу роботи модернізованого висівного апарату.

Обробка результатів порівняльних досліджень, здійснювалась за допомогою вибраних методів статистичної обробки [3]. Отримані дані у вигляді діаграми, на якій відображено розподіл насіння за площею посіву для обох типів насіннепроводів наведено на рис. 2.3.

Аналіз діаграми розподілу насіння залежно від типу насіннепроводу дозволяє зробити висновок, що порівняльні якості їх роботи доцільно проводити

за кількістю насіння в облікових квадратних комірках 2, оскільки саме при появі таких квадратів досягаються найкращі якісні показники.

Частота появи квадратів, %

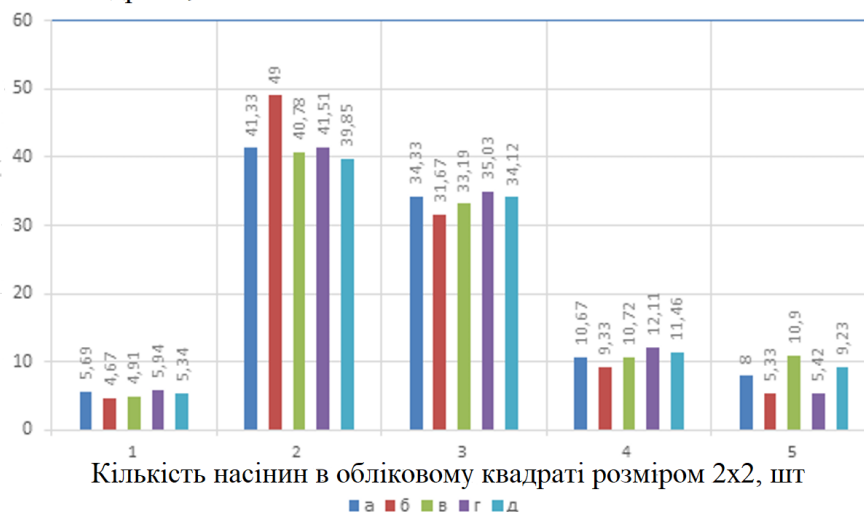


Рисунок 2.3 – Діаграма розподілу насіння залежно від типу насіннєпроводу:

а – з вертикальною напрямною із пластику; б – з криволінійною напрямною у вигляді клотоїди; в – з криволінійною напрямною; г – з криволінійною напрямною у вигляді гіперболи; д – з вертикальною напрямною з металу.

В результаті отриманих порівняльних даних визначено, що подальші дослідження доцільно проводити з насіннєпроводом з криволінійною поверхнею, який забезпечує рівномірне переміщення насіннєвого матеріалу в насіннєве ложе.

Дані досліджень дозволяють зробити узагальнений висновок, що обидва типи поверхонь пристроїв, що подають насіння демонструють достатньо хорошу роботу і можна порівнювати за показниками. Проте, у насіннєпроводів з криволінійною поверхнею зафіксовано найбільше значення частоти квадратів з кількістю насіння 1 і 2, що може бути обумовлено більшою кількістю насіння, розташованого у заданих квадратах на липкій поверхні.

Ширина розсіву насіння з врахуванням системи рівнянь наведеної в [3] залежить від кривизни поверхні насіннєпроводу, яка визначається криволінійною траєкторією, за якої зберігається постійна швидкість насіння.

Дослідження проводилися таким чином, оцінка якості посіву (рівномірність розподілу) здійснювалася за коефіцієнтом варіації (v , %). В рамках експерименту

було використано п'ять пристроїв, що подавали насіння, які відрізнялися по кривизні. Норма висіву насіння становила 0,8-1,0 млн. шт./га, швидкість руху сівалки – 0,83-2,78 м/с, а висота падіння насіння до контрольної поверхні – 2,0 см.

Динаміка рівномірності розподілу насіння залежно від конструктивних параметрів пристроїв, що подавали насіння відображена на рис. 2.4.

Коефіцієнт варіації насіння в стрічці, %

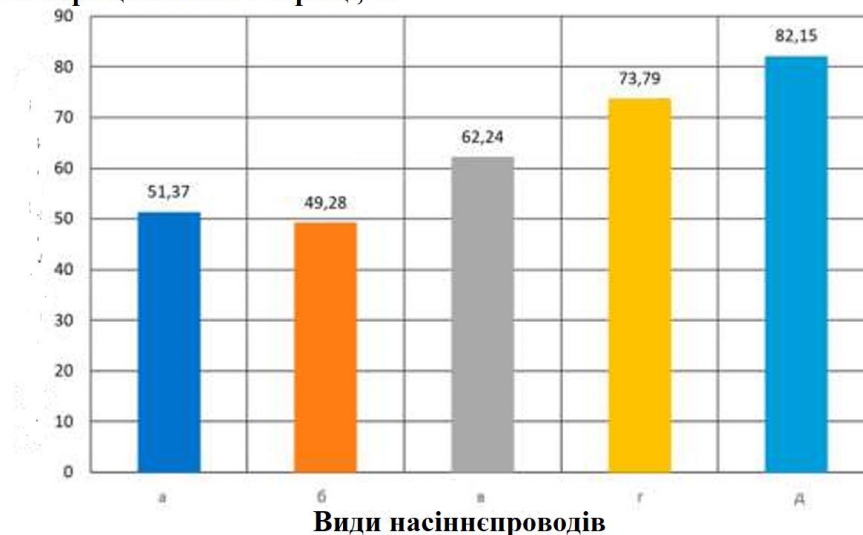


Рисунок 2.4 – Рівномірність розподілу насіння залежно від виду насіннєпроводів:

- а – з вертикальною напрямною із пластику; б – з криволінійною напрямною у вигляді клотоїди; в – з криволінійною напрямною; г – з криволінійною напрямною у вигляді гіперболи; д – з вертикальною напрямною з металу.

Для вертикального подавального пристрою характерні низькі значення рівномірності, за яких можлива хаотичність відображення насіння, оскільки вони мають непостійну швидкість, що призводить до збільшення ширини стрічки до 20-30 мм. Саме з низькими значеннями рівномірності, насіння долітають до стінок насіннєпроводу, що підвищує ймовірність загушення посіву [3].

Аналіз залежності рівномірності розподілення насіння (Рис. 2.5) від швидкості посівного агрегату дозволяє зробити наступні висновки:

- оптимальна рівномірність посіву відповідає робочій швидкості 1,5-1,7 м/с і коефіцієнту варіації 0,49;

- при значенні менше 1,5 м/с спостерігається збільшення коефіцієнта варіації, а при значеннях більше 1,7 м/с не спостерігається стійка тенденція.

Коефіцієнт варіації насіння в стрічці, %

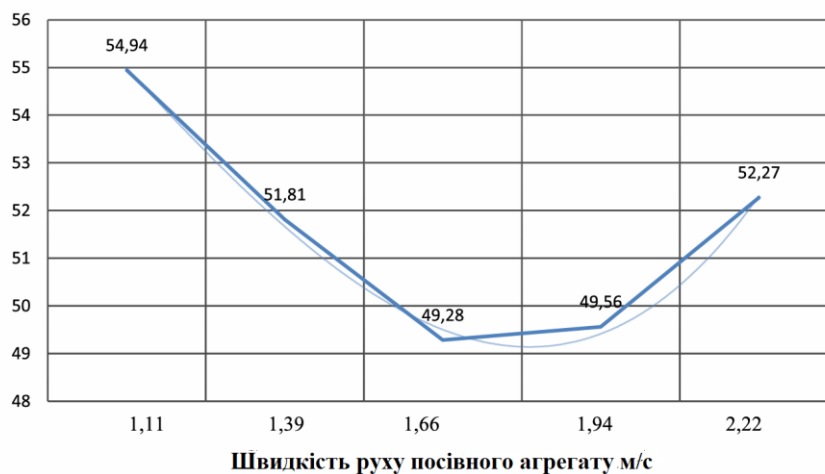


Рисунок 2.5 – Залежність рівномірності розподілення насіння від швидкості руху посівного агрегату

При значеннях швидкості менше 1,5 м/с спостерігається загушення периферії стрічки, як результат малого значення подачі насіння висівним апаратом за секунду.

При швидкості більше 1,7 м/с відбувається дуже активний рух ґрунтових частинок за сошником, що призводить зміщення насіння до центру стрічки і відповідно зменшенню ширини стрічки (Рис. 2.6).

Коефіцієнт варіації глибини зароблення, %

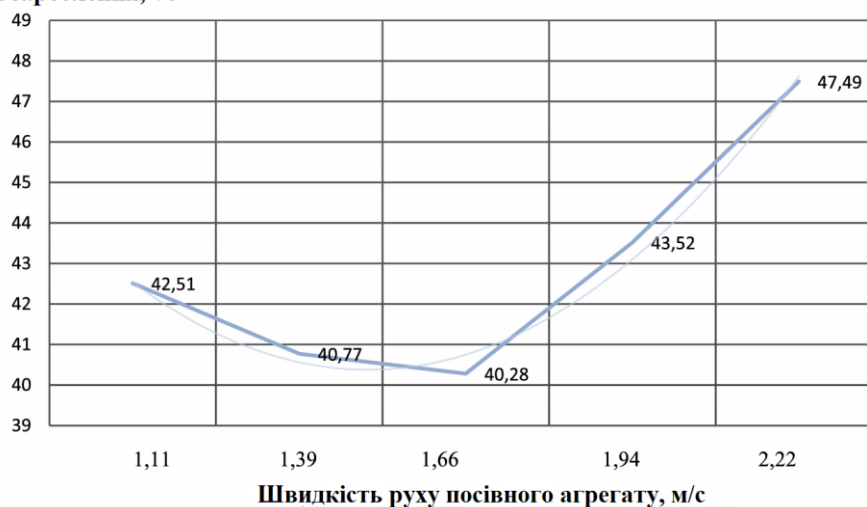


Рисунок 2.6 – Залежність глибини зароблення насіння від швидкості руху посівного агрегату

Також необхідно відмітити, що при великому збільшенні швидкості (більше 2,2 м/с) виникають вертикальні вібрації посівної машини в значній степені збільшується глибина заробляння насіння (Рис. 2.6).

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі здійснено опис конструктивної схеми удосконаленої конструкції пневматичного висівного апарату овочевої сівалки для посіву цибулі та проведені експериментальні дослідження щодо його роботи. В результаті досліджень визначено, що модернізований висівний апарат оптимально забезпечує постійну швидкість скочування насіння та рівномірність його розподілу в рядку.

Результат роботи запропонованої конструкції показав, що одиничне подання насіння становить 94,0...95,5 %. Робоча швидкість забезпечена в межах 1,5...1,7 м/с, згідно з вимогами технологічної операції, що відповідає параметрам коефіцієнта варіації 049... 051. Рівномірність розподілу насіння цибулі в рядку складає 92 %.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Організація охорони праці в сільськогосподарському господарстві.

Основною задачею заходів і засобів з охорони праці в сільському господарстві є створення для працівників здорових й безпечних умов праці, попередження та профілактика виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і аварій, пов'язаних з виробничими процесами в сільському господарстві, тобто захист працюючих від впливу шкідливих і небезпечних факторів – фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних. При цьому сільськогосподарське виробництво характеризується цілим рядом структурних, організаційних, технологічних особливостей, що впливають на рівень виробничих ризиків і роблять цю галузь однією з найбільш травмонебезпечних [5].

Агропромислове виробництво характеризується наявністю цілого ряду негативних факторів, які вже стали традиційними:

- старіння основних фондів, зростаюча кількість фізично зношеного та морально застарілого обладнання, машин та механізмів, не відповідність безпечним умовам праці;
- постійне збільшення кількості робочих місць, що не відповідають вимогам нормативно-правових актів з охорони праці, не забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту.

Основним особливостями організації виробничого процесу в аграрному секторі економіки є:

- сезонність робіт, що практично не дає можливості в окремі періоди року дотримуватися нормативної тривалості робочого дня, внаслідок чого щорічно травматизм досягає пікових значень в одні й ті ж місяці року (липень-серпень, жовтень);
- нерівномірне навантаження працівників протягом року (кількість працівників в агропромисловому виробництві в липні перебільшує в середньому за рік на 12-15%);

– застосування праці підлітків і осіб пенсійного віку у напружений період польових робіт (в липні їх кількість сягає 4-5% від загальної кількості працюючих).

3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з овочевими посівними машинами.

Охорона праці під час роботи з овочевими посівними машинами (сівалками) передбачає суворе дотримання організаційних та технічних заходів безпеки для запобігання травматизму та професійним захворюванням [5].

Ось основні вимоги безпеки, сформовані на основі правил охорони праці в сільському господарстві:

1) Допуск до роботи: до роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд та не мають протипоказань; працівники повинні пройти навчання, інструктаж (вступний, первинний) з охорони праці та пожежної безпеки, а також стажування; працівники мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту (рукавиці, окуляри, респіратори).

2) Вимоги безпеки перед початком роботи: провести ретельну перевірку справності сівалки та трактора, особливо гальмівної системи та системи керування; переконатися у наявності та надійному кріпленні захисних кожухів на всіх рухомих частинах (ланцюги, зірочки, передачі); заправляти сівалки протруєним насінням та добривами лише в засобах індивідуального захисту, розрівнювати насіння в бункерах дозволяється тільки спеціальними лопатками; переконатися у відсутності сторонніх осіб у робочій зоні.

3) Безпека під час роботи (посіву): категорично заборонено перевозити людей на сівалках, на підніжних дошках або навісних пристроях; не дозволяється очищати сошники, насіннєпроводи, замінювати ящики з розсадою або виконувати регулювання на ходу агрегату; забороняється проводити посів на схилах, ухил яких перевищує 8⁰; заглиблення робочих органів (сошників) дозволено тільки під

час руху агрегату; у разі виявлення незвичного шуму або вібрації необхідно негайно зупинити агрегат і вимкнути двигун трактора.

4) Вимоги безпеки після закінчення роботи: після завершення посіву сівалку слід від'єднати від трактора, підняти сошники та розмістити її на рівній твердій поверхні; очистити бункери від залишків насіння та добрив; всі ремонтні та налагоджувальні роботи проводяться лише при зупиненому двигуні та опущених робочих органах.

5) Транспортування: під час транспортування маркери сівалки повинні бути підняті та захищені від самоопускання; дотримуватися безпечної транспортної швидкості; забороняється транспортувати сівалку з повним бункером насіння.

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі охорони праці наведені заходи з охорони праці при виконанні сільськогосподарських робіт та поводженні з овочевими посівними машинами під час роботи. Дотримуючись правил з техніки безпеки при роботі з посівними машинами категорично забороняється: працювати на несправній техніці; працювати в стані сп'яніння; перебувати під навішеною сівалкою і ін.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Одним із найбільш енергоємних елементів технології вирощування цибулі є посів. Покращення рівномірності висіву цибулі полягає в удосконаленні сівалки SFOGGIA Calibra Twin 4, що забезпечує підвищення точності сівби на 10 % та знижуються втрати насіння на 0,2 %.

В таблиці 4.1 представлені вихідні дані, необхідні для оцінки доцільності впровадження даного проекту.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунків

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Урожайність, ц/га	500	600
Площа обробітку, га	200	200
Термін експлуатації проекту, років	8	8
Марка сівалки	SFOGGIA Calibra Twin 4	SFOGGIA Calibra Twin 4 _{мод}
Норма амортизації, %	11	11
Продуктивність, га/год.	0,250	0,375
Нормативне річне завантаження, год.	320	320
Норма відрахувань на ремонт, %	6	6
Вартість 1 сівалки, грн.	982800	994219
Кількість сівалок, шт.	1	1
Кількість працівників, що обслуговують сівалку (механізатори), чол.	1	1
Рівень оплати праці, грн./люд.-год.	192,24	192,24
Підвищення врожайності, %	-	16,6

Виконаємо розрахунок експлуатаційних витрат на 1 га посіву цибулі для базового та проектного варіантів.

Виконаємо розрахунок витрат на амортизацію сівалки [14]:

$$A_c = \frac{B_c \cdot a}{w \cdot Q}, \quad (4.1)$$

де B_c – балансова вартість сівалки, грн.; a – норма амортизації; W – продуктивність, га/год.; Q – річне завантаження, год.

Розрахунок витрат на ремонт сівалки:

$$P_c = \frac{B_c \cdot b}{W \cdot Q}, \quad (4.2)$$

де b – норма відрахувань на ремонт.

Розрахунок витрат на оплату праці механізатора:

$$O_c = \frac{\tau}{W}, \quad (4.3)$$

де τ – рівень оплати праці, грн./люд.-год.

Загальні експлуатаційні витрати на сівалку:

$$I = A_c + P_c + O_c, \quad (4.4)$$

Таким чином, економія експлуатаційних витрат складуть різницю між базовим та проектним варіантом, тобто:

$$E^{\text{екоп}} = I_c^{\text{баз}} - I_c^{\text{мод}}, \quad (4.5)$$

Економія експлуатаційних витрат дорівнює 936,32 грн./га

Річний економічний ефект дорівнює $P_{rt}=299621,37$ грн.

Враховуючи щорічний ефект та його зростання за роками, за формулою складних відсотків можна розрахувати економічний ефект за термін служби:

$$K_T = P_{rt} \cdot \frac{(1+NS)^T - 1}{NS}, \quad (4.6)$$

де T – термін служби об'єкта (8 років); NS – коефіцієнт облікової річної ставки відсотку за кредитом або вкладом в банк ($NS=0,18$). При цьому $K_T=459229,45$ грн.

Ціна попиту на комплекс ресурсів для реалізації проекту визначається за такою формулою:

$$D_p = \frac{K_m}{(1+NS)^T}, \quad (4.7)$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$E_T = \sqrt[T]{\frac{K_m}{K_0}} - 1, \quad (4.8)$$

де K – капітальні вкладення, $K=11420,02$ грн.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень має бути більше від ставки банківського відсотку, тобто $E_T=1,11 > NS=0,18$.

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{-\ln\left(1 - K_o \cdot \frac{NS}{P_{rt}}\right)}{\ln(1+NS)}. \quad (4.9)$$

Отже, термін окупності капітальних вкладень дорівнює 0,041 років.

Висновки по розділу

Таким чином, представлений в цьому дослідженні проект економічно доцільний, це підтверджують розрахунки економічної ефективності проекту. Річний економічний ефект дорівнює 299621,37 грн., а термін окупності становить лише 0,041 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, проведені дослідження показують доцільність розробки, що підтверджують загальні висновки:

1. Здійснено огляд засобів механізації для посіву цибулі та визначено конструкцію удосконаленого пневматичного висівного апарату овочевої сівалки для виконання даної технологічної операції. Пневматичний висівний апарат складається з корпусу з двома камерами на горизонтальному валу (насіenneва та розрідження), які розділені вертикальним висівним диском з присмоктувальними отворами, а також насіннепроводу у вигляді трубки круглого перерізу, що забезпечує постійну швидкість скочування насіння. Модернізований технічний засіб забезпечує високу продуктивність та рівномірність розподілу насіння в рядку.

2. Аналіз робочого процесу пневматичного висівного апарату показав, що якість одиничної подачі насіння склала 94,0 ... 95,5 %. Робоча швидкість була забезпечена в межах 1,5...1,7 м/с, відповідно до вимог технологічної операції та відповідає параметрам коефіцієнта варіації 0,49...0,51, при цьому рівномірність розподілу насіння цибулі в рядку складає 92 %.

3. В розділі охорони праці визначені основні правила роботи з овочевими посівними машинами. Серед основних вимог щодо роботи з посівними машинами є заборона працювати на несправній техніці, в стані сп'яніння та перебувати під навішеною сівалкою. Дотримання правил техніки безпеки убезпечує обслуговуючий персонал від травм на робочому місці.

4. Здійснено розрахунки економічної ефективності модернізованої проекту. В результаті розрахунків визначено, що пропонуване технічне рішення є доцільним та може бути впроваджено у серійне виробництво. Так, річний економічний ефект дорівнює 299621,37 грн., а термін окупності становить лише 0,041 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авдєєв М.Є. Гравітаційний сепаратор із конічною просіювальною поверхнею. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2000. № 7. С. 30–31.
2. Безкровний Є.В., Бондаренко П.О. Особливості формування однозернового потоку насіння пневмовакуумним апаратом. *Трактори та сільськогосподарські машини*. 2008. № 1. С. 39–42.
3. Бричагіна А.О. Моделювання технологічного процесу висівного апарату зернової сівалки. *Вісник НАУ*. 2016. № 11 (122). С. 67–71.
4. Дубина К.П. Оптимізація конструкції вакуумних висівних апаратів з дозуючими елементами змінного перерізу. *Вісник НАУ*. 2019. № 1 (92). С. 49–59.
5. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>. (Дата звернення: 22.01.2026).
6. Лобачевський П.Я. Агротехнічні вимоги до дискретних дозуючих систем посівних машин. *Трактори та сільськогосподарські машини*. 2002. № 4. С. 28–29.
7. Лобачевський П.Я. Оцінка якості посіву. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2010. № 7. С. 12–13.
8. Овочева сівалка Sfoggia Calibra. URL: <https://technotorg.com/katalog-uk/silgospstekhnika/sivalki/novinka-ovocheva-sivalka-sfoggia-calibra/> (Дата звернення: 25.02.2026).
9. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.
10. Сівалка SFOGGIA Calibra Evo. URL: <https://sfoggia.com/ru/%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B5%D0%B2/calibra-evo/>. (Дата звернення: 25.02.2026).
11. Сівалка для овочевих культур MSO. URL: <https://agrocentre.com.ua/ua/p986231355-seyalka-dlya-ovoschnyh.html?srsltid>

=AfmBOooVPwbv2qMilBk1qH_aLArOROnVXEaxPncTIsv35YpSw3fkQe17. (Дата звернення: 25.02.2026).

12. Сівалка овочева СОН-4.2. URL: <https://agropro.biz/product/sivalka-ovocheva-son-42>. (Дата звернення: 25.02.2026).

13. Сільськогосподарські машини. Електронний підручник. URL: <https://rafk.if.ua/ebook/sgmash/Index.htm>. (Дата звернення: 20.02.2026).

14. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

15. Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R., Ibragimov R., Permyakov V., Tuktarov M. Mathematical modeling and study of the grain cleaning machine sieve frame operation. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Т. 60. № 1. С. 19–28.

16. Stoica D., Voicu G., Constantin G., Tudor P., Popa L. Assessment indices for the efficiency of the separation process on a sieve with conical separation surface. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Т. 60. № 1. С. 193–200.