

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему

**Оптимізація роботи гідравлічної сівалки для посіву
овочевих культур**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Ситник Павло Андрійович

Керівник: _____ Бойко Владислав Борисович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
тракторів і сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Ситнику Павлу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація роботи гідравлічної сівалки для посіву овочевих культур

керівник роботи Бойко Владислав Борисович к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«9» листопада 2023 року № 3422

2. Строк подання студентом роботи 8.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові напрацювання кафедри тракторів і сільськогосподарських машин в дослідженні гідравлічного посіву овочевих культур. Аналіз останніх досліджень, літературних джерел, патентів за обраною тематикою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання і завдання досліджень. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна ефективність роботи. Висновки. Список використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (4 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуші, А4) 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бойко В. Б., доцент		
2	Бойко В. Б., доцент		
3	Бойко В. Б., доцент		
4	Деркач О.Д., доцент		
5	Вініченко І.І, професор		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 4.10.2023р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 13.10.2023 р.	Виконано
2	Теоретичний	до 27.10.2023р.	Виконано
3	Експериментальний	до 17.11.2023 р.	Виконано
4	Охорона праці	до 24.11.2023 р.	Виконано
5	Економічний	до 29.11.2023 р.	Виконано
6	Демонстраційна частина	до 4.12.2023 р.	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Ситник П.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бойко В.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ситник П.А. Оптимізація роботи гідравлічної сівалки для посіву овочевих культур / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

Дипломна робота присвячена підвищенню якості посіву шляхом розробки конструкції гідравлічної сівалки для посіву овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю.

Запропонована конструкція гідравлічної сівалки дозволить підвищити точність посіву та зменшить травмування паростків пророслого насіння за рахунок вдосконалення висівної частини.

Скориставшись науковими напрацюваннями кафедри тракторів і сільськогосподарських машин проведено розробку висівної частини гідравлічної сівалки та розрахунки основних конструктивно-технологічних параметрів.

Розроблено програму та методику експериментальних досліджень по оптимізації роботи гідравлічної сівалки.

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено оптимальні значення конструктивно-технологічних параметрів висівної частини гідравлічної сівалки.

Розглянуто питання з охорони праці при роботі посівної машини. Проведено розрахунок економічної ефективності від проведеної оптимізації роботи гідравлічної сівалки.

Ключові слова: гідровисів, проросле насіння, висівний апарат, висіваючий ствол, електропневматичний клапан, коефіцієнт варіації розподілення насіння.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Стан питання і завдання досліджень	11
1.1 Особливості процесу посіву овочевих культур	11
1.2 Аналіз висівних апаратів на сівалках різного типу	17
1.3. Агротехнічні вимоги до гідравлічних сівалок	24
1.4 Висновки	25
1.5 Мета та задачі досліджень	25
2 Теоретичні дослідження	26
2.1 Конструкція гідравлічної сівалки та принцип її роботи	26
2.2 Визначення швидкості переміщення насіння в висівному апараті гідравлічної сівалки	28
2.3 Визначення допустимої швидкості висхідного потоку повітря	34
2.4 Розрахунок штуцера для подачі повітря	41
2.5. Висновки	46
3 Експериментальні дослідження	47
3.1 Розробка програми досліджень	47
3.2 Методика та результати досліджень фізико-механічних властивостей пророслого насіння овочевих культур	48
3.3 Методика досліджень та результати визначення критичної швидкості пророслого насіння овочевих культур	53
3.4 Методика та результати дослідження роботи висівного апарата овочевої гідравлічної сівалки	54
3.5 Методика проведення польових досліджень	64
3.6 Висновки	65

4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	66
4.1	Організація охорони праці	66
4.2	Стан охорони праці	68
4.3	Аналіз виробничого травматизму	69
4.4	Вимоги з охорони праці під час експлуатації гідросівалок в агрегаті з трактором	71
4.5	Розрахунок повітрообміну в приміщенні ремонтної майстерні	72
4.6	Висновки	74
5	Техніко-економічне обґрунтування роботи	75
	Висновки	84
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	85
	Список використаних джерел	87
	Додатки	91

ВСТУП

Актуальність роботи.

Овочі - дуже ємне поняття, що має дуже розмиті не чіткі межі. Професор В.І. Едельштейн дав найбільш прийнятне визначення овочам. Професор називав овочі трав'янистими рослинами, що вирощуються людиною заради їх соковитих частин, для вживання в їжі. [1].

Вирощування огірків у відкритому ґрунті - найпростіший і мало витратний спосіб, який водночас може дати непоганий урожай. У овочевих сівозмінах огірки розміщують після багаторічних трав, помідорів, пізньої капусти, гороху, а в польових – після озимої пшениці, ранньої картоплі [2, 3].

Вирощування огірків - нескладне завдання, проте ця культура має свої вимоги. Так, наприклад, огірок дуже любить світло та вологу, а по відношенню до тепла є однією з найбільш теплолюбних культур. Серед овочевих культур огірки найвибагливіші до органічним та мінеральним добривам, норма внесення яких залежить від типу ґрунтів. На чорноземних ґрунтах після удобрених попередників або по пласту багаторічних трав огірки вирощують після внесення тільки мінеральних добрив, або мінеральних та органічних [4].

Для підвищення ефективності вирощування овочевих культур та забезпечення вдосконаленою технікою рослинництво, необхідно впроваджувати нові технологічні прийоми та створювати машини з інноваційними технічними рішеннями [5].

Застосування прогресивних технічних засобів та технологій дозволить отримати ранні сходи, підвищення врожайності та зниження собівартості одержаної продукції.

Оскільки посів пророщеного насіння виконується в більшості випадків виконується вручну і на малих ділянках, то актуальним залишається завдання щодо створення конструкцій гідравлічних сівалок, здатних забезпечити точний висів пророслого насіння овочевого культур без травмування їх паростків і самого насіння.

Розробкою сівалок даного типу присвячені роботи Улексіна В.О., Дейнеки С.М., Бойка В.Б., Харлашина А.В., Бакума М.В., Ящук Д., та ін. Запропоновані конструктивні рішення даних авторів не забезпечують необхідну точність висіву на посівах огірків, що пов'язано з особливостями насіння даної культури [6].

У зв'язку з цим існує потреба у розробці та оптимізації роботи гідравлічної сівалки з урахуванням напрацювань по даній тематиці ДДАЕУ [7] для реалізації точного однонасінневого висів пророслого насіння огірків, без пошкодження їх паростків та травмування самого насіння. Вирішення даного питання підвищить ефективність овочівництва в посушливих регіонах України за рахунок ранніх рівномірних сходів та економії насіння.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення точності висіву шляхом розробки та оптимізації роботи гідравлічної сівалки для посіву овочевих культур.

Завдання дослідження:

- виконати аналіз висівних технологій та висівних апаратів для посіву насіння овочевих культур;
- дослідити фізико-механічні властивості пророслого насіння овочевих культур;
- провести розробку та оптимізацію роботи гідравлічної сівалки;
- провести теоретичні та експериментальні дослідження ефективності роботи гідравлічної сівалки;
- визначити економічну ефективність розробленої конструкції гідравлічної сівалки.

Об'єктом досліджень є гідравлічна сівалка для посіву овочевих культур.

Предметом досліджень є розробка та оптимізація роботи висівної частини гідравлічної сівалки.

Методи дослідження. Роботу виконували за стандартною методикою з використанням лабораторного обладнання. Цифрова обробка матеріалів дослідження. Теоретичні дослідження базуються на механічних принципах, математичному аналізі та моделюванні. . Результати експериментальних

досліджень оброблені за допомогою математичної статистики та використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна роботи: полягає у розробці гідравлічної сівалки з використанням наддуву потоку рідини для реалізації висіву насіння огірків та кабачків з підвищеним вмістом крохмалю.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення полягає в розробці та оптимізації роботи гідравлічної сівалки, теоретичному та експериментальному обґрунтуванні її параметрів, рекомендаціях щодо посіву пророщеного насіння овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю.

Публікації. За результатами проведеної роботи опубліковано тези.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості процесу посіву овочевих культур

У загальному комплексі технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур посіву та посадці належить певна роль.

Посів овочевих культур – дуже відповідальна операція, оскільки правильно вибрані спосіб посіву, норма висіву та глибина загортання насіння будь-якої культури в залежності від сформованих кліматичних і певних ґрунтових умов визначають майбутній урожай. Високоякісний посів дозволяє окупити великі витрати праці та коштів під час підготовки ґрунту до посіву [8].

При сівбі сівалками насіння розміщують у поздовжньому a (рис. 1.1), поперечному b і вертикальному h напрямках. При цьому намагаються організувати необхідні та повні умови для розвитку оптимальної густоти рослин та отримання запрограмованого врожаю [9, 10].

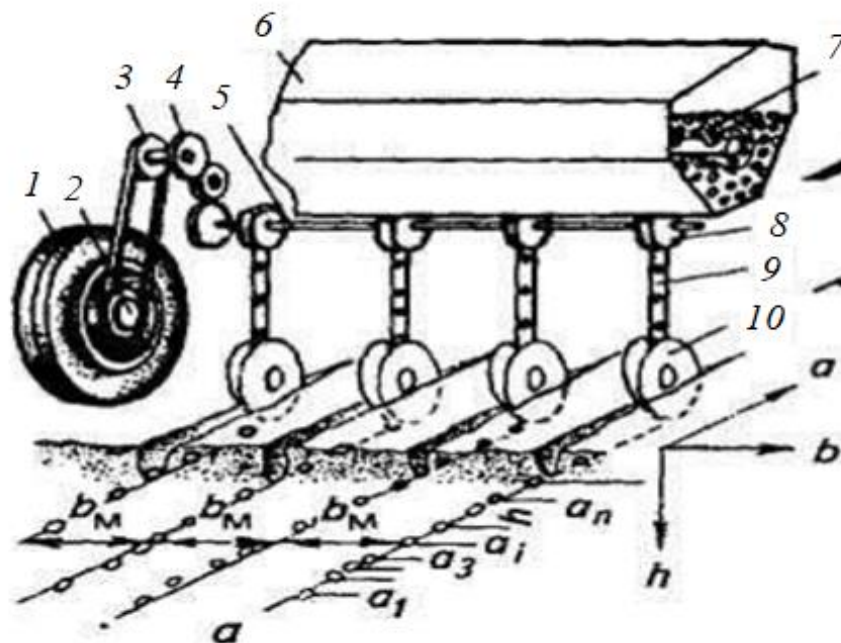


Рисунок 1.1 – Технологія посіву овочевих культур

1 - колесо; 2,3 - зірочки; 4 – редуктор; 5 – вал; 6 – бункер; 7 – ворушилка ;
8 - висівний апарат; 9 – сім'япровід; 10 – сошник

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов насіння висівають по рівній поверхні або профільованій. Часто поширений посів по рівній поверхні. При надмірній вологості ґрунту насіння висівають в вершини гребенів. На ділянках з організованим поливом, насіння висівають по рівній поверхні з одночасною нарізкою борозен для поливу. У посушливих регіонах насіння просапних культур висівають у борозни, щоб закласти їх у вологу ґрунт. На ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, сіють по стерні, що захищає молоді сходи від вітру, а ґрунт від вивітрювання [11].

При виборі ділянки необхідно враховувати біологічні особливості посівної культури, в нашому випадку огірків. Теплолюбиві огірки розміщують на окультурених ділянках з південним схилом, що добре прогріваються, захищених від вітрів. Рослини овочевих культур відрізняються швидкими темпами споживання поживних речовин, тому в ґрунті їх має бути в достатній кількості і перебувати в легкозасвоюваній формі. Під огірки слід підбирати високородючі ділянки [12]. За механічним складом оптимальними є супіщані та легкі суглинисті ґрунти, багаті на перегній, із заляганням ґрунтових вод не ближче 2,5..3 м. Сприятливими для вирощування є родючі заплавні землі, особливо прируслова частина, багата легкозасвоюваних, поживних речовин [13].

Непридатні для вирощування огірків малородючі легкі піщані ґрунти у зв'язку зі значним коливанням їх вологості та складністю підтримки її оптимальному рівні.

При вирощуванні огірків використовують наступні сівозміни:

1. Однорічні кормові культури з підсівом багаторічних трав – багаторічні трави – огірки чи томати – огірки чи томати – однорічні кормові культури – рання білокачанна або цвітна капуста;

2. Однорічні кормові культури - огірки – однорічні кормові культури - огірки - однорічні кормові культури - рання білокачанна чи цвітна капуста.

Густота стояння рослин залежить від схожості насіння, глибини загортання, запасу поживних речовин та вологи у ґрунті, способу посіву. Для отримання непоганих сходів застосовують насіння, що відповідає вимог

стандарту на посівний матеріал. Перед посівом насіння додатково сортують і протруюють розчинами пестицидів, щоб збільшити сипкість, опушене насіння звільняють від волосків та інших домішок механічним чи хімічним способами. Насіння також калібрують – поділяють на близькі за розмірами фракції (кукурудза, цукрова буряк), дражують – за допомогою клеючої речовини надають їм кулясту форму, а насіння з твердою оболонкою скарифікують – злегка ушкоджують оболонку для надходження вологи [14].

Число або загальну масу насіння, що висівається на 1 га, називають нормою висіву. Норму висіву та глибину загортання насіння встановлюють, враховуючи при цьому їх схожість, ґрунтово-кліматичні умови, зональні рекомендації, особливості агротехніки вирощування рослин. За 1-2 дні до сівби проводять передпосівну культивуацію на глибину сівби.

На формування рослин діє час посіву. Запізнення, як правило, призводить до зниження врожайності. При нестачі поживних елементів у ґрунті спільно з насінням вносять стартові дози гранульованих добрив, закладаючи їх на ту ж глибину, як і насіння, нижче чи збоку насіння. Огірки позитивно реагують на органічні добрива, які підвищують пухкість та повітропроникність ґрунту, покращують умови мінерального харчування, вуглекислота що виділяється при розкладанні органічної речовини являється хорошим джерелом повітряного живлення. Все це сприяє зростанню кореневої системи

Дози внесення добрив залежать від родючості ґрунту та запланованого врожаю. На дерново-підзолистих ґрунтах необхідно вносити не менше 80 т/га органічних добрив (бажано гною). У передових овочівницьких господарств під огірки приймають і великі норми (100 т/га і більше). Ефективне внесення гною в розвальні борозни з наступним заорюванням їх у звал. Потім вирівнюють поверхню гряд боронуванням і висівають насіння або висаджують розсаду огірків. Такий спосіб внесення органічних добрив створює сприятливий мікроклімат для росту та розвитку рослин та забезпечує отримання високих урожаїв. Вносять добрива, виходячи з господарських можливостей, восени чи навесні гноєрозкидачем РОУ-6 та ін.

Оскільки органічні добрива повільно розкладаються в ґрунті, для кращого забезпечення рослин поживними речовинами, особливо в молодому віці, необхідно спільно застосовувати органічні та мінеральні добрива. Це забезпечує найбільш високий урожай у відкритому ґрунті.

Важливе значення має локальне внесення невеликих кількостей добрив при сівбі або посадці огірків. За даними НДІ овочевого господарства, рядкове внесення мінеральних добрив (0,3 ц аміачної) селітри, 0,35 ц гранульованого суперфосфату, 0,15 ц хлористого калію на 1 га на фоні 40 т компосту) дозволяє підвищити врожай на 39% порівняно із суцільним внесенням добрив [15].

Велике значення для прискорення сходів та підвищення врожаю має передпосівна підготовка насіння. Для цього насіння опускають кілька разів у чисту воду або 5% розчин кухонної солі (50 г на 1 л води) з подальшим промиванням їх у чистій воді та підсушуванням до сипучого стану. При цьому легке, щупле насіння спливають на поверхню, потім їх видаляють, а добрі опускаються на дно.

Кращі посівні і продуктивні якості має насіння 2-3-річного зберігання. При використанні насіння, вирощеного в попередньому році, їх прогрівають у сушильних шафах при температурі 50...60° 4...5 год, розстилаючи шаром в 3...6 см. При прогріванні насіння періодично перемішують, щоб вони не запарилися. Сухе прогрівання насіння покращує польову схожість насіння, збільшує кількість жіночих квіток на рослині та підвищує більш ніж на 14 % врожай [16]. Можна проводити і мокре прогрівання насіння у гарячій воді при температурі 23 ... 32 ° протягом 2,5 год.

Якщо насіння протягом зими зберігалось в сухому приміщенні при температурі 25 ... 30 °, їх можна висівати без прогрівання. Ефективним агроприйомом є передпосівне намочування насіння в розчинах регуляторів росту та солей мікроелементів: у 0,003-0,006%-ній розчині бурштинової кислоти (30 - 60 мг на 1 л води), 0,2%-ному розчині сірчанокислого марганцю або борної кислоти (2 г на 1 л води), 1%-ному розчині питної соди (10 г на 1 л води). В 0,001% розчині Івіну насіння огірків замочують протягом 24 год за температури

17...21°. При використанні регуляторів зростання насіння замочують на 21...24 год при кімнатній температурі. Також виконують протруювання насіння в розчині фентіураму (3 г на 1 кг насіння) або ТМТД (4 г на 1 кг насіння). Після намочування насіння підсушують до сипучого стану та висівають.

Прогрівання та передпосівне протруювання насіння дозволяє знищити збудників хвороб.

Позитивні результати дає передпосівне загартування замоченого насіння при зниженій постійній температурі (15...18° вдень протягом 18 год та 0...2° вночі - 6 год). Загартування насіння прискорює дозрівання врожаю та підвищує товарність продукції.

Висів огірків виконують, коли ґрунт добре прогріється і мине небезпека пізніх весняних заморозків, які згубно діють на рослини. Тому терміни сівби в різні роки неоднакові і залежать від погодних умов

Норма висіву насіння зі схожістю 89...91% - 7,5...8,2 кг/га. Глибина закладення насіння залежно від щільності ґрунту – 2,1...2,6 см. Овочі висівають рядковим способом з шириною міжрядь 70 і 140 см на відстані між рослинами в рядку 10...15 см. При стрічковому дворядковому способі сівби відстань між рядками в рядку 35...50 см, між стрічками - 90...150 см. Площа живлення рослин залежить від їхньої плетистості та родючості ґрунту.

Короткоплестисті сорти огірків можна розміщувати за схемами 50+90 10-15 см при базовій колії технічних засобів 140 см 50+130 10-15 см при колії 180 см. На високоокультурених родючих ґрунтах для довгоплетистих сортів міжряддя можна збільшувати до 1,5, відстань між рослинами в рядках - до 20 ... 25 см. Іноді застосовують гніздовий спосіб сівби огірків, розміщуючи по 4...5 рослин у гнізді з інтервалом через 70..75 см [17].

Посів виконують з використанням сівалок Клен-1,8 (рис. 1.2), СВТВ-4 та інші.



Рисунок 1.2 – Овочева сівалка точного висіву Клен-1,8

Сівалки повинні бути зручними для завантаження посівного матеріалу та очищення бункерів. Загортаючі та прикочувальні органи повинні самоочищатися від ґрунту та рослинних залишків і не повинні завантажувати ґрунт. Сівалки повинні оснащуватися засобами контролю за витратою посівного матеріалу та процесу висіву. Приєднання сівалок до трактора та переведення в транспортне положення має бути безпечним, зручним та доступним для однієї людини.

Механізми передач та глибини загортання насіння повинні бути зручними для регулювання режимів роботи. Змінні робочі органи повинні бути швидкознімними.

В Дніпровському державному аграрно-економічному університеті науковцями Улексіним В.О., і Бойком В.Б., розроблені та обґрунтовані параметри гідравлічної сівалки для посіву пророслого насіння овочевих культур (томатів, перців та капусти). Ними запропоновано координатний спосіб посіву пророслого насіння із заданим інтервалом [18].

Враховуючи їх науковий досвід, ми пропонуємо провести розробку та оптимізацію роботи гідравлічної сівалки для посіву насіння огірків з підвищеним вмістом крохмалю та високим прилипанням.

1.2 Аналіз висівних апаратів на сівалках різного типу

Для посіву насіння овочевих культур використовуються висівні апарати різних конструктивних рішень класифікація, яких приведена на рисунку 1.3.

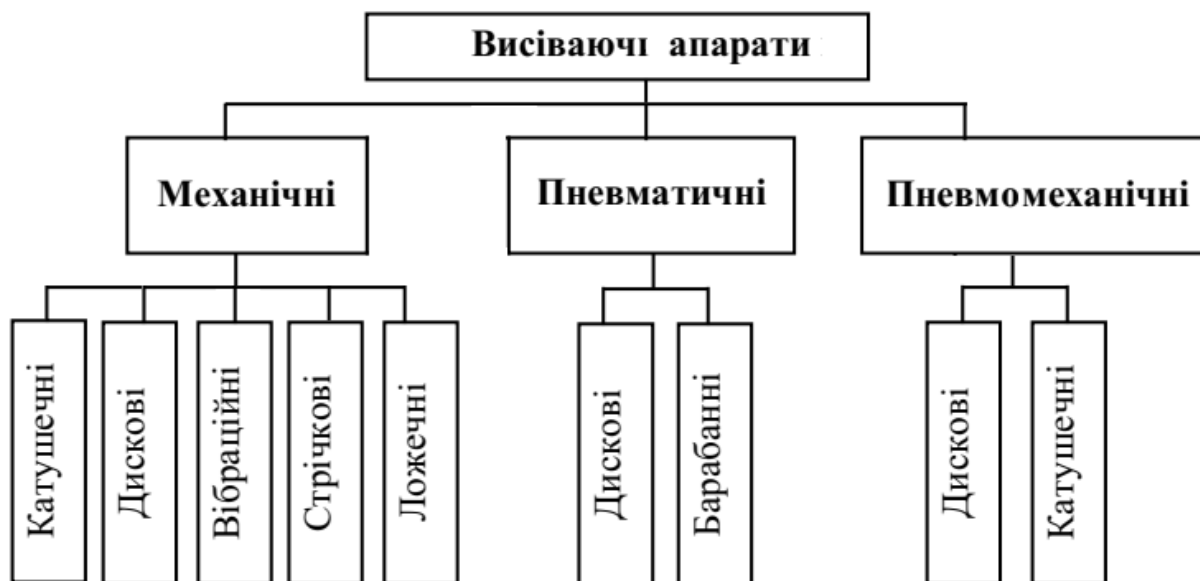


Рисунок 1.3 – Класифікація висівних апаратів

Висіваючі апарати сівалок повинні відповідати наступним головним агротехнічним вимогам:

- рівномірно подавати насіння в сошники;
- висівати однакову кількість насіння на 1 м шляху незалежно від заповнення ящика, рельєфу поля, нахилу сівалки, зміни швидкості руху агрегату;
- не травмувати насіння;
- безперебійно висівати насіння різноманітних культур, що різняться за формою, розмірами, станом поверхні.

Наявні висівні апарати не відповідають у повному обсязі цим вимогам. **Котушкові висівні** апарати універсальні, відрізняються простотою конструкції та відносною нескладністю установки на норму висіву (рис. 1.4, а).



a

б

Рисунок 1.4 – Сівалка овочева СОН-4,2:

a – загальний вигляд сівалки; *б* – катушковий висівний апарат

Рівень насіння в бункері та поштовхи сівалки порівняно мало впливають на інтенсивність висіву. Катушковий висівний апарат (рис. 1.4, *б*) овочевої сівалки СОН-4,2 висіває насіння більш рівномірно, ніж апарат рядових сівалок. Насіння подається самопливом в корпус висівного апарату, а потім надходить у сім'япровід. Однак, в той же час, апарат має низку недоліків: порційна подача насіння в насіннепроводи, підвищене травмування великого насіння, неякісний висів несипучого насіння, порушення норми висіву через ухил місцевості [19].

Найбільш перспективним напрямком у покращенні якості висіву насіння овочевих культур є розробка спеціальних, додаткових пристроїв у висівному апараті, що забезпечують від'ємний напрямок руху насіння по відомій траєкторії. Які дозволяють вирівняти коливання швидкості насіння під час висіву. Одним із конструктивних рішень є використання скидачі-спрямовувачів в зворотному напрямку руху сівалки. спільно з криволінійним спуском, спрямованим у протилежний бік руху агрегату. Так відомо конструктивне рішення пневматичного висівного апарату (рис. 1.5) з реалізацією даної ідеї [20]. Одним із недоліків пневматичних висівних апаратів надлишкового тиску є відсутність ізольованої насінневої камери, що призводить до підвищеної витрати повітря та коливань величини надлишкового тиску, обумовленого

високою частотою обертання висівного диска. В результаті, висів насіння проходить при тиску більшому, ніж необхідно для якісного процесу дозування.

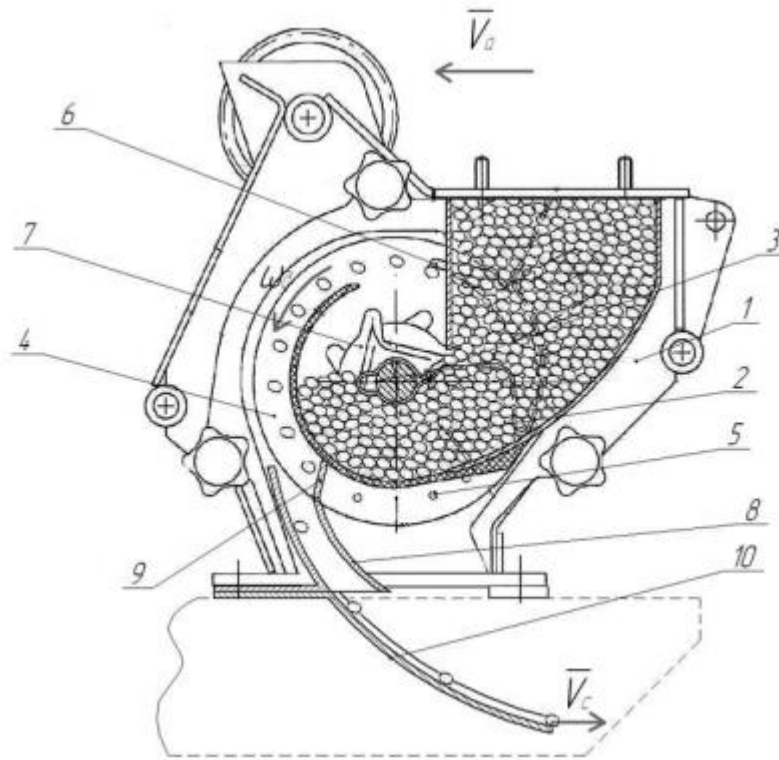


Рисунок 1.5 – Пневматичний висівний апарат з скидачем насіння
1 – корпус; 2 - забірна камера; 3 – горизонтальний вал;
4 – висівний диск; 5 – отвори; 6 – відбивач насіння; 7 – ворушилка;
8 – корпус; 9 – скидач; 10 – направник

Під дією відцентрової сили насіння переміщується по внутрішній поверхні конуса до верхньої кромки і скидається в приймач насіннепровід.

Пневматична сівалка точного висіву SCHMOTZER P4000 (Німеччина) (рис. 1.6) [21] сконструйована для роботи на великих площах. Сівалка поставляється з робочою шириною захвату від 1,5 до 12 метрів, 2 – 24 рядні із шириною міжряддя від 35 до 100 см і більше. Ширина міжряддя регулюється безступінчасто за допомогою зміщення секцій по профільній шині SCHMOTZER. За допомогою вакуумного вентилятора насіння прилипає до каліброваних отворів на висівному диску.

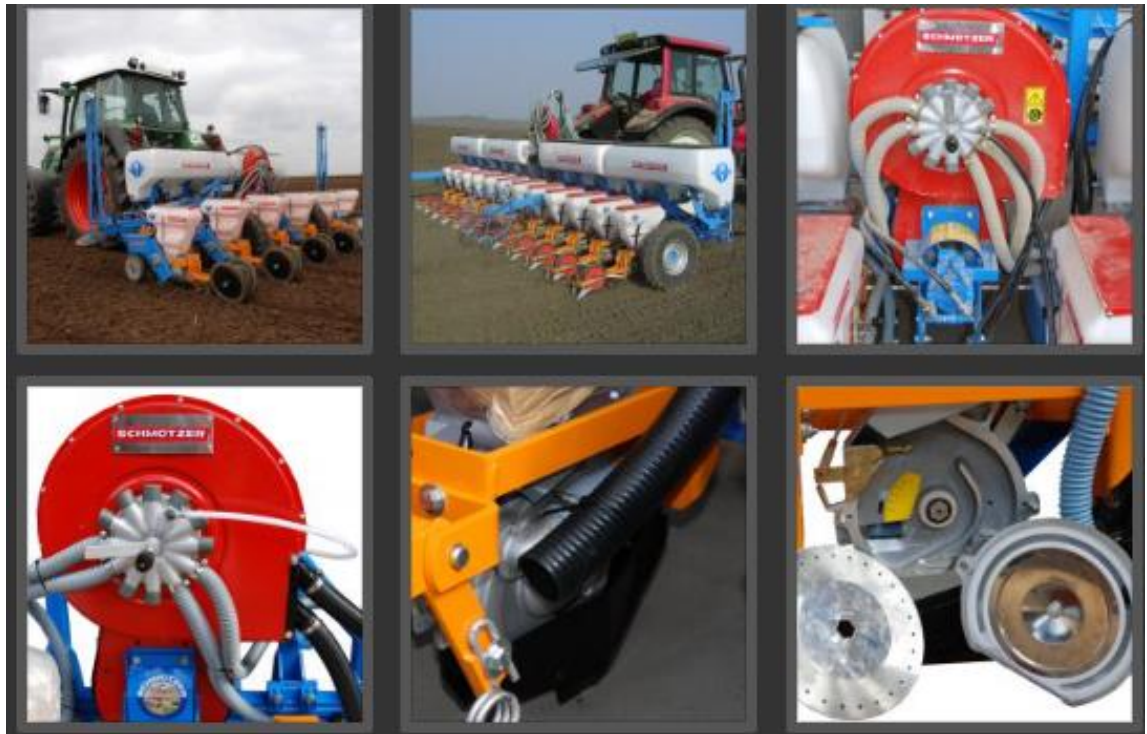


Рисунок 1.6 – Сівалка точного висіву SCHMOTZER P4000

Зайве насіння відділяється за допомогою двох чистиків: чистиком грубого та тонкого очищення. Регулювання чистиків здійснюється важелем на насіннєвому ящику з пронумерованою шкалою.

Через оглядове віконце проводиться контроль заповнення отворів висівного диска. На виході насіння відсікається переривником, що знаходиться в нижній частині висівного апарату. Тонкою і довгою частиною корпус висівного апарату входить безпосередньо в сошник. З невеликої висоти менше 100 мм, насіння лягає точно в борозну, забезпечуючи точне розташування в рядку. Паралелограмна підвіска посівної секції дозволяє точно копіювати поверхню ґрунту, за рахунок чого досягається рівномірність глибини посіву.

Така конструкція є передумовою високої точності укладання насіння навіть при роботі на високих швидкостях/ Залежно від розмірів насіння та сорту використовуються висівні диски з кількістю каліброваних отворів від 22 до 60, різного діаметра.

Основними недоліками сівалки SCHMOTZER P4000, є висока вартість і травмування паростків насіння при посіві.

Відома універсальна овочева пневматична сівалка точного висіву серії MSO (рис. 1.7), призначена 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 є результатом багаторічної кропіткої дослідно-експериментальної праці компанії MaterMass (Італія) у виробництві овочевих сівалок [22].



Рисунок 1.7 – Овочева пневматична сівалка точного висіву MaterMass «MSO DUO» (Італія) [22]

Пневматичні овочеві сівалки MaterMass дозволяють посіяти овочеві культури практично за будь-якою схемою. Завдяки рухомих секціям, що висівають, і опорним колесам, винесеним вперед за межі рами не створюючим перешкоди висівним секціям. Це дозволяє встановити необхідну відстань між рядами, відстань між стрічками регулюється за допомогою сошників різних типів чи зміни відстані між сошниками у моделі MSO DUO. Конструкція рами з прямою балкою з отворами забезпечує зміщення посівних секцій з кроком 25 мм. Висівний апарат з тонким ручним регулюванням відсікає подвійні насінини, залишаючи по одному насінню на кожному отворі диска.

Різні модифікації висівного апарату та сошників дозволяють висівати насіння одним апаратом в 1, 2 або 3 рядки з відстанню 5, 7,5 або 10 см між

рядками. Коробка передач овочевих сівалок дозволяє вибрати один з 21 варіантів передавальних чисел, що в залежності від кількості отворів у висівному диску робить можливим встановити відстань між насінням в рядку (рядку) від 1,8 см до 183,5 см з кроком 1 мм.

Пневматична система сівалок має великі можливості регулювання: регулювання сили розрідження (вакууму) та тиску повітря, як за допомогою оборотів ВВП трактора, так і механічним регулятором – заслінкою. Це дозволяє реалізувати висів, як дрібного і легкого насіння, так і великого і важкого, для якого потрібна більша сила розрядження повітря для його утримування на дискові. Недоліками сівалок MaterMass є висока вартість та травмування паростків насіння при сівбі.

До перспективних належать гідравлічні апарати доки не внесені до загальної класифікації. Перевагою апаратів даного типу являється можливість висіву пророслого насіння разом з розчинами (рідина, стимулятори росту, засоби захисту рослин). В якості прикладу конструктивного рішення розглянемо гідравлічний висівний апарат (рис. 1.8) [23] для висіву пророслого насіння.

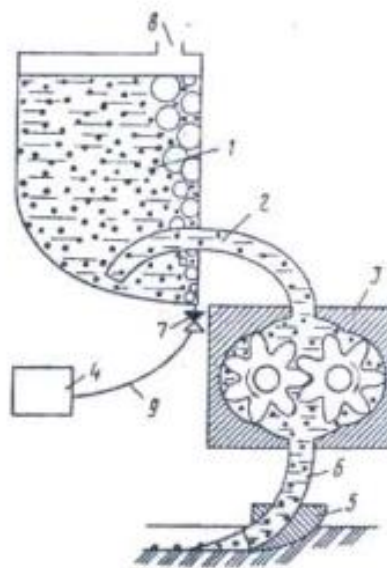


Рисунок 1.8 – Гідравлічна сівалка Е. Девідсона

- 1 – змішувальна камера; 2 – магістраль; 3 – дозатор;
4 – компресор; 5 – сошник; 6 – сім'япровід; 7 – зворотний клапан;
8 – залівний отвір; 9 – повітропровід

До складу сівалки входить змішувальна камера 1 для рідини та насіння, компресор 4, повітропровід 9, магістраль 2, розташована в нижній частині змішувальна камера для виходу рідини та насіння, сошник 5. Для підвищення рівномірності висіву насіння, днище змішувальної камери виконано опуклим, а трубопровід для подачі стиснутого повітря підведено до нижньої частини днища в місці його з'єднання вертикальною стінкою, при цьому в середній частині магістралі 2 виходу суміші встановлений дозатор 3, виконаний у вигляді шестеренного насоса.

Недоліком даної гідравлічної сівалки є те, що насіння піддаються механічному впливу дозатора та травмуються .

Харківськими науковцями розроблено гідравлічну сівалку (рис. 1.9) СГО-4,2 [24] для посіву пророслого насіння , що включає змішувач насіння розміщений в емкості. Привід змішувача організовано від гідродвигуна. Висів насіння здійснюється виливанням рідини через сошник. Керування потоком рідини з насінням здійснюється за допомогою запірної арматури. Сівалка агрегується з трактором тягового класу 14 кН. Використовуючи сівалку можливо здійснити висів всіх видів овочевих культур різних зарозміром від найдрібніших до максимального розміру завдяки змінним дозуючим пристроям. За результатами досліджень на посіві селери перші сходи з'явилися на 7 днів раніше в порівнянні з сухим методом посіву.



Рисунок 1.7 – Гідравлічна сівалка СГО-4,2

Основним недоліком даної гідравлічної сівалки є налипання насіння овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю (насіння огірків, дині, кабачків) на внутрішню поверхню сошників, травмування насіння і особливо пророслих ключок запірною арматурою при закриття. Враховуючи ймовірний характер перемішування насіння в рідині розподілення в рядку теж матиме вірогідний характер.

1.3 Агротехнічні вимоги до гідравлічних сівалок

Для забезпечення ефективного посіву до гідравлічних сівалок ставляться наступні вимоги:

- розміщення заданої кількості насіння на одиниці площі поля;
- рівномірний розподіл насіння по площі, що засівається;
- рівномірне загортання насіння на певну глибину;
- відхилення загального висіву насіння від заданої норми не повинне перевищувати 3%;
- не допускається незароблене насіння на поверхні поля;
- число пропусків не повинно перевищувати 2 % від кількості посіяного насіння;
- зворотні смуги повинні бути засіяні з тією самою нормою висіву, як і основне поле;
- незасіяні смуги на межах поля поблизу лісосмуг та доріг не повинні перевищувати 0,5 м;
- поле після посіву повинно мати рівну поверхню;
- пошкодження паростків насіння при сівбі не більше 1,5%;
- нескладний процес переобладнання на висів іншої культури.

1.4 Висновки

1. В даний час, в аграрних господарствах посів пророслого насіння овочевих культур здійснюють в основному в ручну.

2. Найскладніше висівати гідравлічним способом насіння огірків, кабачків, дині, так як при замочуванні насіння покривається крохмальною плівкою, що спричиняє налипання його на стінках елементів сівалки. Вирішити дану проблему можливо використанням наддуву потоку рідини підчас висіву насіння в ґрунт.

3. Врахувавши проведений аналіз конструкцій висівних апаратів необхідно провести розробку та оптимізацію роботи гідравлічної сівалки шляхом розробки покращеної пневматичної висівної її частини.

1.5 Мета та завдання досліджень

Мета роботи – підвищення точності висіву шляхом розробки та оптимізації роботи гідравлічної сівалки.

Для досягнення поставленої мети було висунуто наукову *гіпотезу*, що підвищити точність висіву при гідравлічному посіві насіння овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю можливо розробивши гідравлічну сівалку з пневматичною висівною частиною.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- за результатами проведеного аналізу провести обґрунтування шляхів підвищення точності висіву овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю;
- виконати теоретичні дослідження процесу формування киплячого шару з насіння та рідини за рахунок стиснутого повітря;
- дослідити фізико-механічні властивості пророслого насіння овочевих культур;
- провести розробку та оптимізацію роботи гідравлічної сівалки;
- провести теоретичні та експериментальні дослідження ефективності роботи гідравлічної сівалки;
- визначити економічну ефективність розробленої гідравлічної сівалки.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Конструкція гідравлічної сівалки та принцип її роботи

Врахувавши проведений аналіз конструкцій сівалок різного типу їх переваги та недоліки розроблено конструкцію гідросівалки здатної висівати насіння овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю (рис. 2.1)

Даний технічний результат досягається за рахунок, висівного апарату, що складається з корпусу та планки, розміщеної в верхній частині резервуару для насіння та рідини 1, який представляє з себе напівкруглий жолоб з вертикально розміщеним диском 2 з закріпленими на ньому ложками (комірками) 3, які мають форму насіння, що буде висіватися та низький коефіцієнт тертя для кращого сходження насіння. Ложки встановлені на державках, під кутом $\alpha=3...9^\circ$ до лінії радіусу диска 2. Кожна державка складається з упору і пружини за кількістю, що відповідає кроку висіву. Ширина захоплюючої частини ложки становить 0,75...0,85 товщини насіння і отвір діаметром 1..1,8 мм. Уловлювач 4 встановлено на корпусі, в нижній частині якого розміщується висівне вікно 5 з насіннепроводом 9. Шарнірно закріплений корпус може регулюватися за допомогою тяги під кутом $\beta=3...6^\circ$ відносно горизонту. В нижній частині резервуару розміщено штуцер 6 для подачі повітря від енергетичної установки (компресор).

Робота висівного апарату сівалки відбувається за наступним алгоритмом: на вісі встановлюємо державки з ложками 2, в залежності від кроку висіву. Резервуар 1 заповнюємо посівним матеріалом одночасно з водою. За допомогою компресора 14 нагнітаємо повітря по магістралі 12 до штуцера 11 через зворотній клапан і далі в резервуар. Зворотний клапан забезпечує рух потоку повітря тільки в одному напрямку, при виникненні ситуації, за умови руху рідини в зворотному напрямку клапан перекриває магістраль зупинивши потік

рідини з баку до елементів пневмосистеми. Регулювання подачі повітря по магістралі 12 здійснюється за допомогою електричного клапана 13.

Повітря, що надходить збуджує насіння на дні резервуару та створює киплячий шар.

Привід висівного диска 3 організовано від опорного колеса сівалки, рухаючись ложка 2 занурюється в рідину зачерпує її і через отвір в ложці пропускає її за рахунок динамічного тиску, що сприяє присмоктуванню однієї насінини до отвору, інше насіння буде зісковзувати.

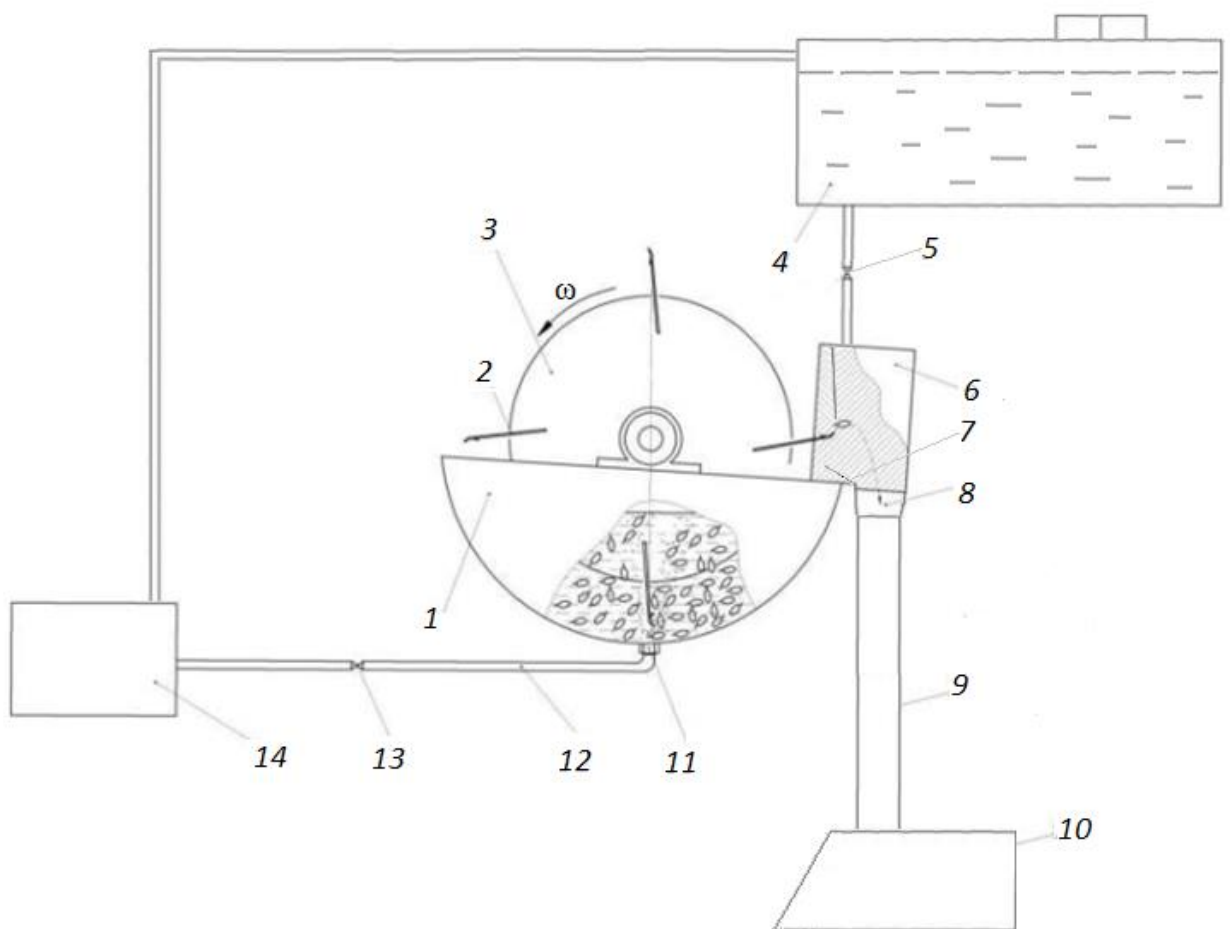


Рисунок 2.1 - Схема висівного апарату гідравлічної сівалки

- 1 – резервуар ; 2 – ложка; 3 – диск; 4 – резервуар з водою;
5 – електрогідравлічний клапан; 6 – уловлювач; 7 – планка; 8 – висівне вікно;
9 – насіннепровід; 10 – сошник; 11 – штуцер подачі повітря;
12 – магістраль подачі повітря; 13 – електропневматичний клапан;
14 – енергетична частина (компресор)

При виході ложки з рідини насіння надійно тримається. В верхній частині резервуару державка повертається на деякий кут. Далі при обертанні диска державка зісковзує з планки 7 та під дією пружини повертається у вихідне положення, ударяючись об упор.

Завдяки цьому виникає сила інерції, яка діє на ложку 3, що призведе до викидання насіння до уловлювача 6, і далі через висівне вікно 8 до насіннепроводу 9. Паралельно з викиданням насіння відбувається подача рідини за допомогою відкриття гідроклапана 5, що забезпечує надійне виштовхування насіння з необхідною кількістю рідини для початку вегетації рослини. В результаті виштовхування насіння надходить до сошника 10 і далі в сформовану борозну. Висів пророслого насіння з одночасним внесенням рідини убезпечує останнє від пошкодження паростків. Посів пророщеного насіння огірків даним висівним апаратом виключає пошкодження їх паростків, забезпечує економію насіння та отримання ранніх врожаїв.

2.2 Визначення швидкості переміщення насіння в висівному апараті гідравлічної сівалки

За результатами попередніх досліджень встановлено, що захоплення насіння відбувається в нижній частині апарату. При набуханні насіння огірків виділяє велику кількість крохмалю, що затрудняє його схід з ложки за рахунок сил гравітації. Утворена плівка міцно утримує насіння, тому його схід можливий за умови прикладання зовнішніх сил.

У момент захоплення ложкою висівного апарату гідросівалки на насінину будуть діяти наступні сили: mg – сила тяжіння що діє на насіння, $m\ddot{x}$ – тангенційна сила інерції, що діє на насіння; $m\omega^2(l+r+r)$ – відцентрова сила інерції; N – нормальна сила; T_v – сила що враховує опір води; T_k – сила зчеплення, що враховує зчеплення насіння з ложкою; T_k' – дотична сила, що враховує переміщення насіння з ложки; R_v – сила що створює повітря [25].

Напрямки координатних осей приведено на рисунку 2.2. При цьому необхідно враховувати наступне: O_l – центр повороту захоплюючої ложки; O – центр обертання висівного диска; C – центр ваги насіння розміщеного в бакові насіння; ρ_{cm} – це відстань від центра диска до вісі центру повороту висівної ложки; l – довжина стержня ложки; r_l – радіус висівної ложки. Зменшимо громіздкість рівняння позначивши суму відрізків $\rho_{cm} + l + r_l = L$

Позначені на схемі сили спроектуємо на вісі координат CX і CY .

$$\sum X = 0; -m\ddot{x} - T_B - T_K + N = 0; \quad (2.1)$$

$$\sum Y = 0; R_B + T_K - mg - m = 0; \quad (2.2)$$

де: m – маса пророслого насіння, кг;

ω – кутова швидкість обертання висівного диска, s^{-1} .

З першого рівняння, виразимо силу N та відповідно отримаємо формулу:

$$N = m\ddot{x} + T_B + T_K. \quad (2.3)$$

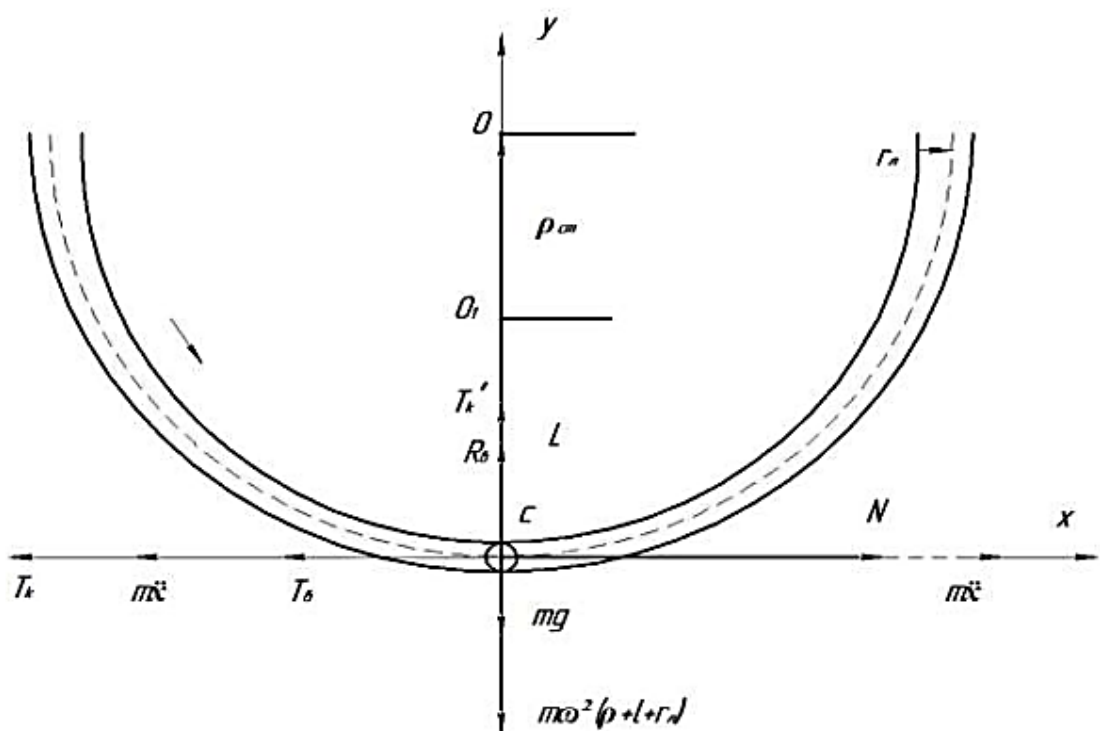


Рисунок 2.2 – Схема сил, що виникають при захопленні насіння ложкою

Сила N – це сумарна величина всіх сил, які спрямовані у протилежну сторону на вісі OX . Дана сила являється ключовим фактором формування сили приклеювання насінини до поверхні ложки. Врахувавши все наведене, логічно представити силу T_k^l – як дотичну силу пов'язану з прямою залежністю сили T_k через коефіцієнт прилипання, який враховує властивість прилипання насіння.

В нормальному напрямку силу прилипання насіння визначимо за рівнянням [26]:

$$T_k = p \cdot S = K_k \cdot m g \cdot S \quad (2.4)$$

де: p – питома прилипання H/m^2 ;

K_k – коефіцієнт прилипання насіння.

S – площа контактуючої поверхні, m^2 ;

Дотичну силу визначимо за рівнянням:

$$T_k^l = f \cdot N \quad (2.5)$$

де: f – коефіцієнт тертя насіння.

Піднімаюча сила створена повітряним потоком, направленим вгору [26]:

$$R_B = \frac{mg \cdot u^2}{v_{kp}^2} \quad (2.6)$$

де: v_{kp} – критична швидкість повітряного потоку, m/c ;

u – відносна швидкість повітряного потоку, m/c ;

g – постійна прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

m – маса насіння, kg .

З метою проведення теоретичного аналізу оберемо умови, що дозволяють зменшити важкі аналітичні розв'язки:

1. В зв'язку з невеликим зазором між ложкою і дном резервуару, не враховуємо опір шару рідини у цьому зазорі.

2. Нехтуємо тертям повітря та насіння в шарі рідини за невеликого його значення.

3. Тангенціальне прискорення спрямоване за напрямком руху ложки в бік від напору рідини

Вирішимо систему рівнянь (2.1, 2.2) підставимо до рівняння (2.2) величину N (2.3), врахувавши рівняння (2.5):

$$R_B + f \cdot N + f \cdot T'_K - mg - m\omega^2 L = 0 \quad (2.7)$$

$$R_B + f \cdot (m\ddot{x} + T_B + T_K) - mg - m\omega^2 L = 0 \quad (2.8)$$

$$fm\ddot{x} + fT_B + fT_K + R_B - mg - m\omega^2 L = 0 \quad (2.9)$$

Проведемо математичне перетворення отриманого виразу (2.9), тобто сили T_K і T_B представимо з урахуванням мас.

Силу опору рідини визначимо за рівнянням [26]:

$$T_B = \kappa_B \cdot m\dot{x} \quad (2.10)$$

де: m – маса пророслого насіння, кг;

κ_B – постійний коефіцієнт, c^{-1} ;

\dot{x} – швидкість руху пророслого насіння, м/с.

Підставимо отримане рівняння в формулу (2.9):

$$fm\ddot{x} + f\kappa_B \cdot m\dot{x} + f\kappa_K \cdot mgS + \frac{mg \cdot u^2}{v_{kp}^2} - mg - m\omega^2 L = 0 \quad (2.11)$$

Проведемо скорочення маси насіння m , тоді :

$$f\ddot{x} + fK_B \cdot \dot{x} + fK_K \cdot gS + \frac{g \cdot u^2}{v_{kp}^2} - g - \omega^2 L = 0 \quad (2.12)$$

відношення швидкостей $\frac{u^2}{v_{kp}^2}$ позначимо через коефіцієнт κ_v^2 , тоді:

$$\ddot{x} + \kappa_B \cdot \dot{x} = \frac{1}{f} (g + \omega^2 L - f\kappa_K \cdot gS - g \cdot \kappa_v^2) \quad (2.13)$$

$$\ddot{x} + \kappa_B \cdot \dot{x} = \frac{g}{f} (1 - \kappa_v^2 - f\kappa_K \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f} \quad (2.14)$$

Проведемо математичні перетворення і отримаємо:

$$\ddot{x} + \kappa_B \cdot \dot{x} - \left[\frac{g}{f} (1 - \kappa_v^2 - f\kappa_K \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f} \right] = 0 \quad (2.15)$$

$$\left[\frac{g}{f} (1 - \kappa_v^2 - f\kappa_K \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f} \right] = A \quad (2.16)$$

$$\ddot{x} + \kappa_B \cdot \dot{x} - A = 0; \text{ звідси : } \ddot{x} + \kappa_B \cdot \dot{x} = A \quad (2.17)$$

$$x_{\text{ОДН}} = C_1 + C_2 \cdot e^{-\kappa_B} \quad (2.18)$$

часне рішення \bar{x} визначимо за рівнянням:

$$\bar{x} = -Mt; \dot{x} = -M; \ddot{x} = 0$$

Тоді:

$$x = x_{ОДН} + \bar{x}, \quad (2.19)$$

$$\begin{cases} x = C_1 + C_2 \cdot e^{-\kappa_B t} - \frac{A}{\kappa_B} \cdot t, \\ \dot{x} = -\kappa_B \cdot C_2 e^{\kappa_B t} - \frac{A}{\kappa_B}, \end{cases} \quad (2.20)$$

$$\ddot{x} = -\kappa_B^2 \cdot C_2 \cdot e^{-\kappa_B t}. \quad (2.21)$$

Розглянемо умови випадання насіння з ложки:

$$t = 0; x = x_0; \dot{x} = 0.$$

$$\begin{cases} x_0 = C_1 + C_2, \\ 0 = \kappa_B \cdot C_2 - \frac{A}{\kappa_B} \rightarrow C_2 = -\frac{A}{\kappa_B^2}, \end{cases}$$

$$x_0 = C_2 - \frac{A}{\kappa_B} \rightarrow C_1 = x_0 + \frac{A}{\kappa_B^2},$$

$$x = x_0 + \frac{A}{\kappa_B^2} - \frac{A}{\kappa_B^2} \cdot e^{-\kappa_B t} - \frac{A}{\kappa_B} \cdot t. \quad (2.22)$$

Запишемо замість параметра А рівняння (2.16), тоді:

$$\begin{aligned} x = x_0 + \frac{\frac{g}{f} \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f}}{\kappa_B^2} - \frac{\frac{g}{f} \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f}}{\kappa_B^2} \cdot e^{-\kappa_B t} \\ - \frac{\frac{g}{f} \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \frac{\omega^2 L}{f}}{\kappa_B^2} \cdot t. \end{aligned} \quad (2.23)$$

виконаємо спрощення

$$x = x_0 + \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f \cdot \kappa_B^2} - \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S)}{f \cdot \kappa_B^2} \cdot e^{-\kappa_B \cdot t} - \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f \cdot \kappa_B^2} \cdot t. \quad (2.24)$$

Перша похідна від отриманого рівняння:

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} = \kappa_B \cdot e^{-\kappa_B \cdot t} \cdot C_2 - \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f \cdot \kappa_B^2} \quad (2.25)$$

Підставимо в отриманий вираз замість C_2 його значення, тоді:

$$\dot{x} = \frac{\kappa_B \cdot g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f} \cdot e^{-\kappa_B \cdot t} - \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f \cdot \kappa_B^2}. \quad (2.26)$$

Враховуючи що $t = 0$, тоді рівняння швидкості матиме вигляд:

$$\dot{x} = \frac{\kappa_B \cdot g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f} - \frac{g \cdot (1 + \kappa_B^2 - f \cdot \kappa_\kappa \cdot S) + \omega^2 L}{f \cdot \kappa_B^2}. \quad (2.27)$$

За отриманим рівнянням визначається швидкість насінини, що рухається перед ложкою за рахунок дії на неї шару рідини. Отримана швидкість буде складатися з геометричної швидкості ложки та швидкості рідини.

2.3 Визначення допустимої швидкості висхідного потоку повітря

Якісна робота висівного апарата ложкового типу, оцінюється за відсотком пропусків та двійників підчас висіву. Враховуючи це всі ложки повинні бути заповненими однією насінною – це гарантує висіви без пропусків та двійників.

Врахувавши дослідження по даній тематиці [27] проведемо розрахунки допустимої швидкості висхідного потоку за якого насіння залишається в ложці. Завдання зводиться до визначення допустимої швидкості повітря при виході ложки на поверхню рідини. За таких умов швидкість потоку не повинна перевищувати швидкість витання насіння, яка дорівнює критичній швидкості $v_{кр}$ з врахуванням сили прилипання насіння до ложки. На рисунку 2.3 приведено сили, які діють на насінину в момент її відриву від ложки: mg – сила тяжіння, яка діє на насіння; N – нормальна сила; T_k – сила прилипання насінини до поверхні ложки; $m\ddot{x}$ – тангенційна сила інерції, що діє на насінину; $mL\varepsilon$ – сила інерції від обертання ложки відносно точки O_I ; R_v – сила впливу повітря на насіння; $mL\omega^2$ – відцентрова сила інерції; T_k' – дотична сила; $mL\omega_l^2$ – сила створена відцентровим прискоренням при повороті ложки відносно точки O_I .

Спроектуємо сили на вісі OX та OY отримаємо диференціальних рівнянь:

$$\sum X = 0; m\omega^2 L - m\omega_l^2 L T_k' = 0; \quad (2.28)$$

$$\sum Y = 0; m\ddot{x} + N + mL\varepsilon + R_v - mg - T_k = 0. \quad (2.29)$$

З рівняння (2.2) визначимо силу N .

$$N = mg + T_k - m\ddot{x} - mL\varepsilon - R_v \quad (2.30)$$

Значення сил T_k , R_v і T_k' визначалися раніше, тому підставимо їх у вираз (2.30).

$$N = mg + mg\kappa_k \cdot S - m\ddot{x} - mL\varepsilon - mg\kappa_v^2 \quad (2.31)$$

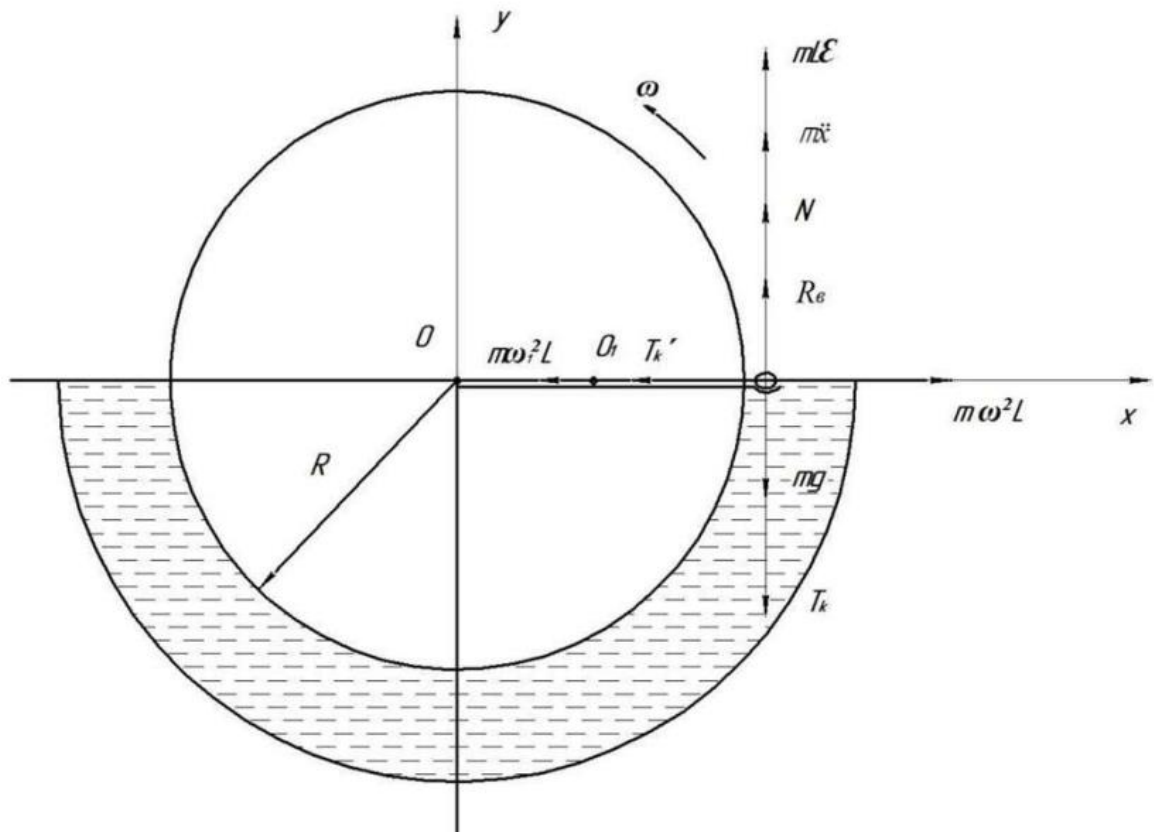


Рисунок 2.3 – Схема визначення умови відриву насіння

Підставимо значення N у формулу (2.29) вмісто T_k'

$$m\omega^2 L - m\omega_1^2 L - f \cdot (mg + mg\kappa_v^2 - m\ddot{x} - mL\varepsilon - R_B) = 0. \quad (2.32)$$

Величину R_B визначимо за рівнянням:

$$R_B = mg\kappa_v^2 \quad (2.33)$$

Тоді рівняння (2.32) отримає вигляд:

$$\omega^2 L - \omega_1^2 L - fg - fg\kappa_v^2 + f\ddot{x} + fL\varepsilon + fg\kappa_v^2 = 0, \quad (2.34)$$

$$\ddot{x} + \frac{\omega^2 L}{f} - \frac{\omega_1^2 L}{f} - g + L\varepsilon = 0. \quad (2.35)$$

Отримане рівняння (2.35) звичайними методами математики вирішити неможливо, так як у ньому чотири невідомих. Прийmemo умову, що стержень ложки вдаряється в упор.

Врахуємо силу від дії повітря, що надходить через штуцер в отвір ложки. За такої умови насіння буде виштовхнуте з ложки повітрям.

Проведемо дослідження даної умови. Для цього розглянемо схему сил і представимо рівняння моментів відносно точки O (рис. 2.4).

Для спрощення аналітичних виразів прийmemo наступні припущення :

1. В якості матеріалу ложки і стержні виготовлені з фторопласту з низьким коефіцієнтом тертя. Для забезпечення плавності ходу ложки диск має достатньо велику масу.

2. Через мале значення в'язкості рідини в розрахунках не враховувалася.

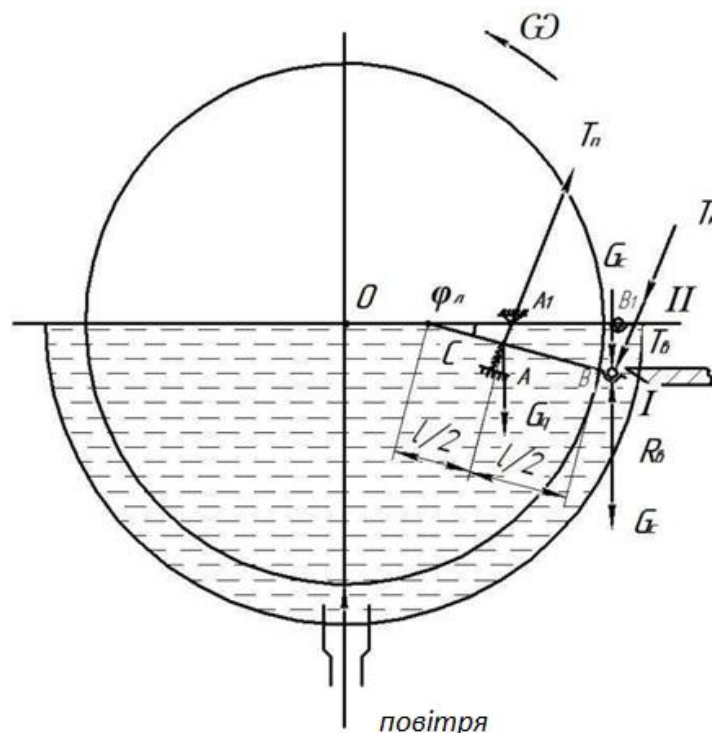


Рисунок 2.4 - Схема сил, що враховує дію повітря на насінину

3. Відхилення ложки при контакті з упором відбувається на достатньо малий кут, тому довжина всіх відрізків залишається незмінною.

Врахувавши прийняті припущення диференційне рівняння повороту насіння в ложці до контакту з упором матиме вигляд:

$$J_y \ddot{\varphi}_1 = 1,25G_c \cdot l \cos \varphi_1 - C \cdot \frac{l^2}{4} \cdot \sin \varphi_1 - G_c \cdot \kappa_v^2 \cdot l \quad (2.36)$$

де: $L_\partial = l \cdot \varphi$ – довжина дуги, яку описує ложка.

Для спрощення запису рівнянь приймемо деякі позначення:

$$1,25G_c = A; C \cdot \frac{l^2}{4} = B; C_c \cdot \kappa_v^2 = D \quad (2.37)$$

Тоді рівняння (2.36) матиме вигляд:

$$J_y \ddot{\varphi}_1 = A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \sin \varphi_1 - D \quad (2.38)$$

Рівняння руху насіння в момент скидання з ложки:

$$\varphi_c = -\left(\frac{4Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}{C \cdot l} + \varphi_m\right) \cdot \cos nt + \frac{4Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}{C \cdot l} \quad (2.39)$$

Кутову швидкість руху насіння визначимо за першою похідною від φ_c :

$$\dot{\varphi}_c = -\left(\frac{4Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}{C \cdot l} + \varphi_m\right) \cdot n \sin nt . \quad (2.40)$$

Кутове прискорення визначимо за рівнянням:

..

$$\ddot{\varphi}_c = -\left(\frac{4Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}{C \cdot l} + \varphi_m\right) \cdot n^2 \cos nt . \quad (2.41)$$

Відповідно до схеми (рис. 2.3) кутова швидкість повороту ложки є складовою руху насіння і його загальне переміщення при незначних кутах особливого впливу не матиме. Тобто кутова швидкість буде дорівнювати нулю. Про це свідчить і рівняння (2.41).

В результаті отримаємо вираз для визначення окружної швидкості насіння при ударі ложки об упор:

$$\ln \left| \frac{\sqrt{a} \cdot \dot{x} - \sqrt{b \cdot g}}{\sqrt{a} \cdot \dot{x} + \sqrt{b \cdot g}} \right| = 2 \cdot \sqrt{a \cdot g \cdot b} \cdot t + C. \quad (2.42)$$

Для визначення «С» приймаємо умову зупинки ложки при контакті з упором: $t = 0$; $x = v_0 = 0$

Тоді швидкість руху насіння на початку відриву від ложки визначимо за рівнянням:

$$\dot{x} = \frac{1 + e^2 \sqrt{\frac{1}{f \cdot a} g \cdot \left(1 - \frac{3k_l}{4} + \frac{\varphi_m \cdot C \cdot a}{Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}\right)} \cdot \sqrt{g \left(1 - \frac{3k_l}{4} + \frac{\varphi_m \cdot C \cdot a}{Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}\right)}}{1 + e^2 \sqrt{\frac{1}{f \cdot a} g \cdot \left(1 - \frac{3k_l}{4} + \frac{\varphi_m \cdot C \cdot a}{Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)}\right)} \cdot \sqrt{\frac{1}{fa}}}. \quad (2.43)$$

Швидкість повітряного потоку, яка дорівнює швидкості витання насіння визначимо за рівнянням [28]:

$$j = k \cdot \gamma \cdot F \cdot \frac{U^2}{G}, \quad (2.44)$$

де: γ – щільність повітря, кг/м³;

j - прискорення насіння, від повітряного потоку, м/с;

U – швидкість потоку повітря, $U = U_s$,

G – вага пророслого насіння, Н;

k – коефіцієнт опору;

F – площа міделевого перерізу насіння, м²;

U_s – швидкість повітряного потоку, відповідна швидкості витання, м/с.

Для підтримання керованого процесу скидання насіння з ложки необхідно

витримати умову швидкість повітря забезпечувала швидкість витання пророслого насіння і не перевищувала її. Тоді з рівняння (2.44):

$$U = \sqrt{\frac{j}{k_n}}, \text{де: } k_n = k \cdot \gamma \cdot \frac{F}{G} \quad (2.45)$$

Де:

$$U_s \leq \left[\frac{g - \frac{\omega^2 L}{f} - g \cdot l \left[\frac{3}{41} + \frac{\varphi_m \cdot c}{Gc \cdot (1,25 - \kappa_v^2)} \right]}{10^3 \cdot k_n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.46)$$

В рівнянні (2.46) коефіцієнт k_v та жорсткість пружини «С» є змінними величинами. Інші величини рівняння будуть постійними.

Вираз (2.46) найзручніше вирішувати числовим методом у системі «Mathcad». На рисунку 2.5 наведено результати розрахунку швидкості повітря.

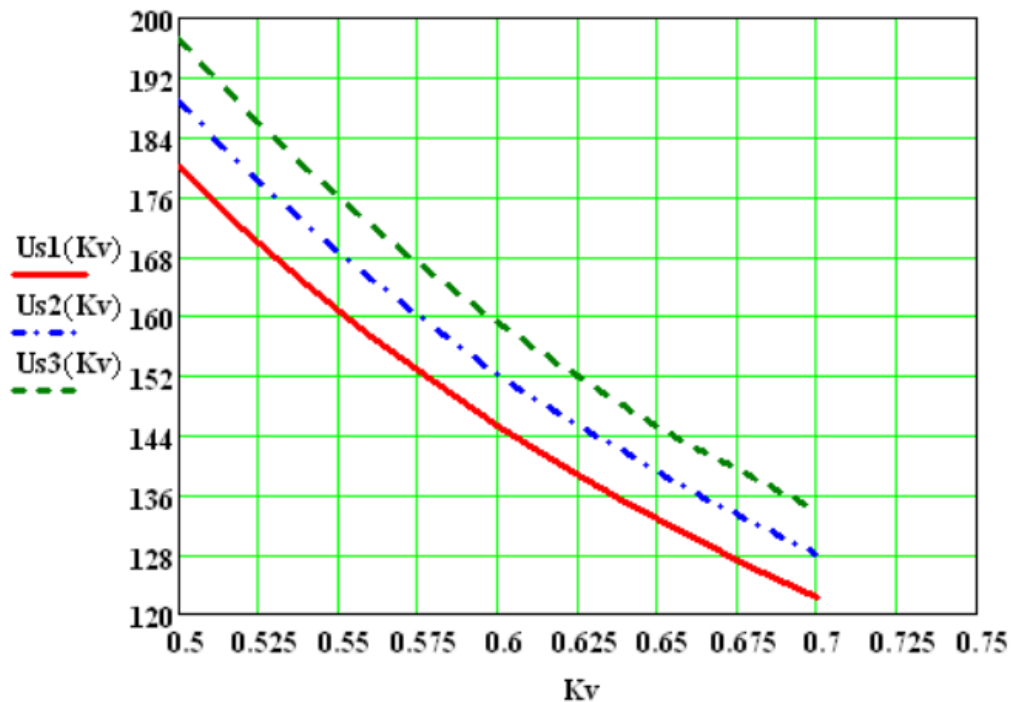


Рисунок 2.5 – Залежність швидкості потоку повітря від коефіцієнта витання пророслого насіння

2.4 Розрахунок штуцера для подачі повітря

Як раніше зазначалося, у конструкції висівного апарату в нижній частині резервуару для рідини з насінням встановлюється штуцер для подачі повітря для формування киплячого шару. Штуцер виконано у наконечника із зворотним клапаном. На рисунку 2.6 наведено схему подачі повітря для формування киплячого шару з рідини та пророслого насіння.

В зв'язку не великою висотою шару рідини не більше 200 мм повітря проходить через неї нерозривним потоком, тому в розрахунках використаємо рівняння Бернуллі [29].

Розглянемо два перерізи: переріз I-I – знаходиться в площині початку подачі повітря в камеру; переріз II-II – знаходиться на поверхні рідини в бакові. Відповідно у перерізі II-II (P_2) діє атмосферний тиск, а у перерізі I-I тиск буде більше атмосферного $P_1 > P_2$. H – напор. Значення напору під час роботи залишається постійним. Втратами на опір при проходженні повітря по магістралі можна знехтувати.

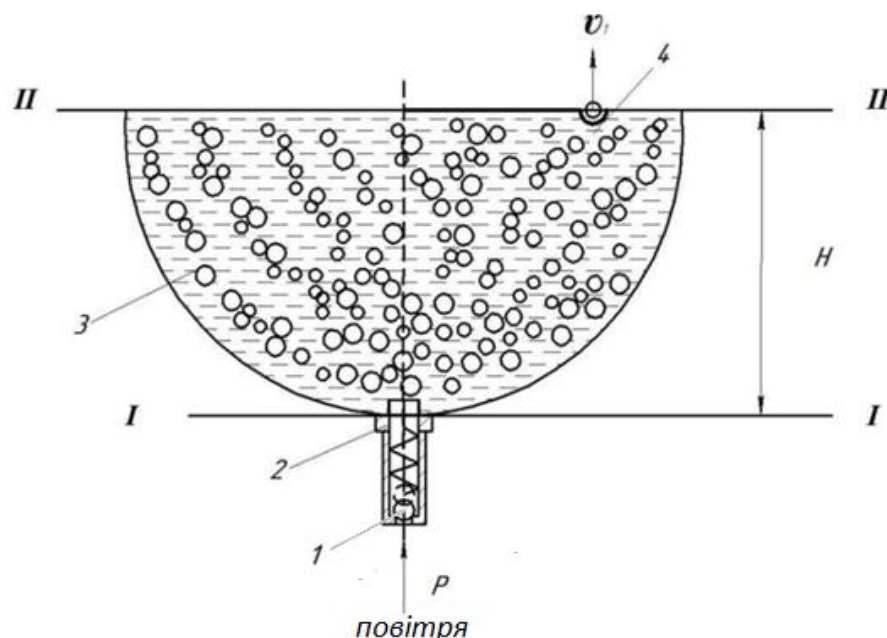


Рисунок 2.6 –Подача повітря до резервуару

- 1 – зворотній клапан; 2 – штуцер; 3 – рідина з насінням;
4 –потік повітря.

Повітря надходить в рідину з пророслим насінням, а отже цілком доречно розглядати процес витікання повітря через затоплений отвір.

Рівняння Бернуллі може бути подане у вигляді [29]:

$$Z_1 + \frac{P_{ATM}}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_{ATM}}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi \cdot \frac{v_2^2}{2g}, \quad (2.47)$$

де: γ - щільність рідини з пророслим насінням кг/м³;

v_2 – швидкість рідини в перерізі II-II, м/с;

ξ – коефіцієнт опору при проходженні рідини;

Z_1 і Z_2 – рівні рідини;

v_1 – швидкість рідини в перерізі I-I, м/с.

Рівняння такого виду не може бути використане, тому проведемо перетворення:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_{ATM}}{\gamma_1} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi_1 \cdot \frac{v_2^2}{2g} + H, \quad (2.48)$$

де: P_1 – тиск повітря в магістралі на вході, Па; γ_1 – щільність повітря, кг/м³;
 v_1 – швидкість повітря в штуцері на вході, м/с; v_2 – швидкість повітря при виході з рідини, м/с; ξ_1 – коефіцієнт опору повітря в рідині; H – висота стовпа рідини над штуцером.

Тоді:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_{ATM}}{\gamma_1} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho_{ВОЗД}}{\rho_{ВОД}} \cdot \frac{v_2^2}{2g} + L \quad (2.49)$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_{ATM}}{\gamma_1} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi_1 \cdot \frac{v_2^2}{2g} + L - \frac{P_1}{\gamma_1}. \quad (2.50)$$

Тоді швидкість повітря на вході визначимо за рівнянням:

$$v_1 = \left[\left(\frac{P_{ATM}}{\gamma_1} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi_1 \cdot \frac{v_2^2}{2g} + L - \frac{P_1}{\gamma_1} \right) \cdot 2g \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.51)$$

Згрупуємо члени з однаковими знаменниками та проведемо математичні перетворення:

$$v_1 = \left[\frac{2g}{\gamma_1} (P_{ATM} - P_1) + v_2^2 (1 + \xi_1) + L \cdot 2g \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.52)$$

Перший доданок з триманого рівняння представимо у вигляді:

$$\frac{\Delta P_n}{\gamma_1} = \frac{P_{ATM} - P_1}{\gamma_1} = H_{II}, \quad (2.53)$$

де: H_n – теоретичне значення напору,

ΔP_n – надлишковий тиск у перерізі I-I, Па.

Надлишковий тиск визначимо за рівнянням:

$$\Delta P_n = H_{II} \cdot \gamma_1. \quad (2.54)$$

Врахувавши прийняті позначення отримаємо рівняння:

$$v_1 = \left[2gH_{II}\gamma_1 + v_2^2 (1 + \xi_1) + L \cdot 2g \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.55)$$

де v_2 – швидкість повітряного потоку, що дорівнює швидкості витання пророслого насіння $v_{кр}$.

Теоретичне значення напору H_n визначимо за формулою:

$$H_{II} = \frac{N}{Q_B}, \quad (2.56)$$

де: N – потужність на приводі компресора, Вт;

Q_B – подача повітря, м³/с.

Силу необхідну для прокачування повітря через штуцер визначимо за рівнянням:

$$P = S_1 \cdot \frac{v_1^2}{g} \cdot \gamma_B, \quad (2.57)$$

де: S_1 – площа перерізу штуцера, м²;

γ_B – щільність повітря, кгс/м³;

v_1 – швидкість потоку повітря на виході з штуцера, м/с.

Використовуючи теоретичні положення сількогосподарських машин [30] отримаємо рівність:

$$P = S_1 \cdot \frac{v_1^2}{g} \cdot \gamma_B. \quad (2.58)$$

Тоді:

$$S_1 \cdot \frac{v_1^2}{g} \cdot \gamma_B = H_{II} \cdot Q_B \quad (2.59)$$

Переріз струменя повітря S_1 повинен бути меншим або рівним перерізу отвору в ложці, щоб не створювати некерований вплив на розміщене в ложці насіння.

Врахувавши дані вимоги запишемо рівняння:

$$S_1 = S_{OT} = \pi \cdot \frac{v_1 \cdot V^3}{\mu_{Ж}} \quad (2.60)$$

Тоді з рівняння (2.60) визначимо швидкість на вході:

$$v_1 = \sqrt[3]{\frac{H_{II} \cdot Q_B \cdot g}{S_1 \cdot \gamma_B}} = \sqrt[3]{\frac{H_{II} \cdot Q_B \cdot \mu_{Ж} \cdot g}{\pi \cdot V^3 \cdot v_1 \cdot \gamma_B}}. \quad (2.61)$$

Витрата повітря визначимо за рівнянням:

$$Q_B = S_H \cdot v_B, \quad (2.62)$$

де: S_H – поперечний переріз штуцера, м²;

v_B – швидкість повітря що проходить через штуцер, $v_B = v_1$, м/с.

Звідси:

$$v_1 = \sqrt[3]{\frac{H_{II} \cdot S_H \cdot \mu_{ж} \cdot g}{\pi \cdot V^3 \cdot \gamma_B}}. \quad (2.63)$$

$$S_H = \frac{V^3 \cdot \gamma_B \cdot \pi \cdot v_1^3}{H_{II} \cdot \mu_{ж} \cdot g}. \quad (2.64)$$

$$S_H = \pi \cdot r_H^2, \quad (2.65)$$

де: r_H – радіус вихідного отвору наконечника штуцера, м.

$$r_H = \sqrt{\frac{V^3 \cdot \gamma_B \cdot \pi \cdot v_1^3}{H_{II} \cdot \mu_{ж} \cdot g \cdot \pi}}. \quad (2.66)$$

Підставимо в рівняння замість v_1 його значення згідно рівняння (2.63):

$$r_H = \left[\frac{[2gH_{II} \cdot \gamma_1 + v_{кр}^2 (1 + \xi_1) + 2gL]^{\frac{3}{2}} \cdot \pi \cdot V^3 \cdot \gamma_B}{H_{II} \cdot \mu_{ж} \cdot g \cdot \pi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.67)$$

За результатами проведених теоретичних досліджень радіус отвору в ложці визначимо за рівнянням:

$$r_{om} = \sqrt{\frac{V_{om} \cdot v_2}{\mu_k \cdot \pi}} \quad (2.68)$$

де μ_k – кінематична в'язкість, Ст (м²/с);

V_{om} - об'єм рідини, що витікає через отвір, м³;

v_2 – швидкість за отвором, м/с.

Всі величини в рівнянні (2.67) отримані з використанням експериментів та теоретичного аналізу, що дозволяє досить точно визначити основний параметр штуцера, а саме радіус його наконечника.

2.5 Висновки

1. Радіус отвору ложки змінюється за досить складною залежністю, але його значення цілком визначальне за рівнянням (2.68).

2. Для підтримання контрольованого процесу розвантаження ложки від насіння, необхідно щоб швидкість повітря забезпечила швидкість витання насіння і не перевищувала її згідно рівняння (2.46).

3. Основними змінними факторами, які впливають на значення швидкості повітряного потоку являється жорсткість пружини «С» та коефіцієнт витання пророслого насіння.

4. Переріз струменя повітря S_1 має бути меншим або рівним перерізу отвору в ложці, порушення даної умови порушить процес однонасінної дозованої подачі насіння до сошника(2.60).

5. Визначено основний параметр повітряного наконечника, а саме його радіус. Усі величини в отриманому виразі визначені за допомогою теоретичного аналізу, а також експериментально (2. 67).

6. Отримані складні теоретичні залежності необхідно виконувати з використанням програмного пакету «Mathcad».

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Розробка програми досліджень

Програму досліджень складаємо та виконуємо з врахуванням загальноприйнятих положень для експериментальним досліджень посівної техніки розглянутих в працях Листопада Р. Е., Горячкіна В. П., Надикта В.Т., Веденяпіна Г.В., та ін.[31, 32].

Розробку програми проведення експериментальних досліджень виконуємо з врахуванням проведених попередньо теоретичних досліджень, за наступними питаннями:

1. Дослідження фізико-механічних властивостей пророслого насіння овочевих культур
2. Дослідження критичної швидкості пророслого насіння
3. Дослідження роботи висівного апарату гідравлічної сівалки для посіву пророслого насіння овочевих культур.
5. Польові випробування гідравлічної сівалки на посівах огірків та кабачка.
6. Обробка експериментальних даних з використанням математичного апарату.

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторії кафедри ТСГМ ДДАЕУ.

Польові експерименти проводились на полях ТОВ АФ «Відродження». Дослідження проводилися на посіві огірків «Фенікс» і «Кібрія», кабачків сорту «Атіла». Розглянуті сорти мають найбільшу зацікавленість у місцевих фермерів завдяки їх стійкості до хвороб та високих температур навколишнього середовища.

3.2 Методика та результати досліджень фізико-механічних властивостей пророслого насіння овочевих культур

Як посівний матеріал ми використовуємо проросле насіння овочевих культур, а значить ми повинні провести дослідження швидкості проростання насіння, для того щоб момент наключення насіння, або величина паростків не перевищували допустимих значень.

Для дослідження особливості проростання ключки насіння взято насіння огірків сортів «Фенікс», «Кібрія» і кабачка сорту «Атіла».

Перед початком дослідження відібрали від загальної маси травмоване щупле, велике насіння. Перебраний посівний матеріал занурили в 3% розчин кухонної солі, перемішали і витримали 6-10 хвилин. Відібрали спливлене насіння, а те що занурилося добре промили під проточною водою. Від кожного сорту було відібрано по 100 насінин посівного матеріалу.

Відібране насіння занурили в воду прогріту до 21...25 °С та залишили на 2,1..3,5 години до повного набухання. Після набухання насіння кожного сорту помістили в бавовняну тканину, просочену теплою водою температурою 25...35 °С в ємності (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Пророщування насіння овочевих культур

Дослідження проводилося зі зміною температури пророщування з фіксацією часу пророщування, зміни довжини паростка.

Досліди виконуємо за наступних температур (20, 25, 30, 35, 38...40) °С. Вибір певних температур при яких відбувалося пророщування насіння не випадковий, $t = 20...24$ °С – температура для пророщування насіння овочевих культур, $t = 24...31$ °С – температура для нормального розвитку овочевих культур, $t = 37... 41$ °С – температура інтенсивної появи паростків насіння овочевих культур. Результати досліджень зміни паростків в залежності від температури проростання представлено на рисунках 3.2-3.4.

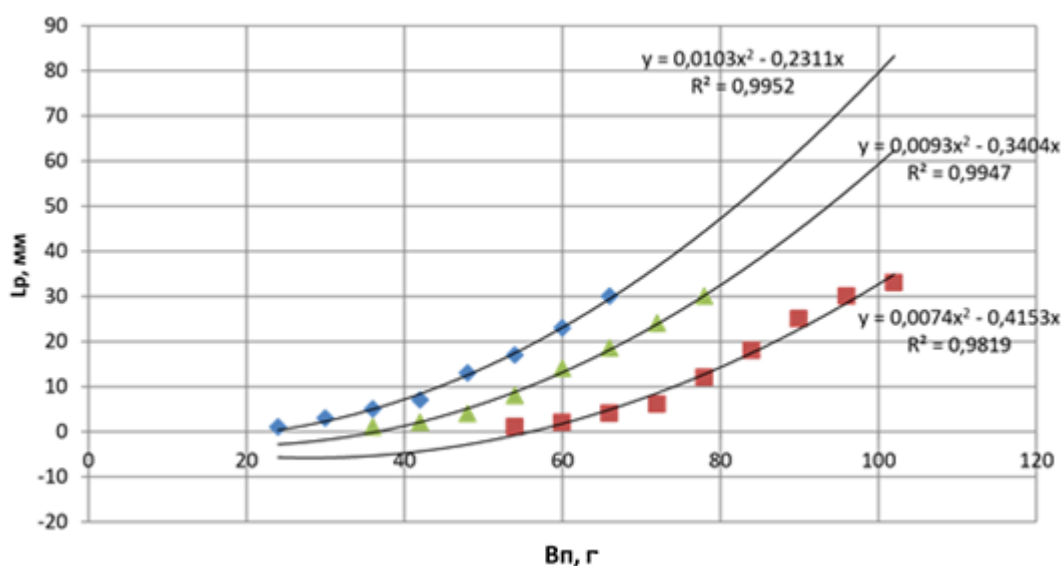


Рисунок 3.2 – Пророщування насіння овочевих культур при температурі $t=25$ °С: ■ – сорт «Фенікс»; ◆ – сорт «Кібрія»; ▲ – сорт «Атіла»

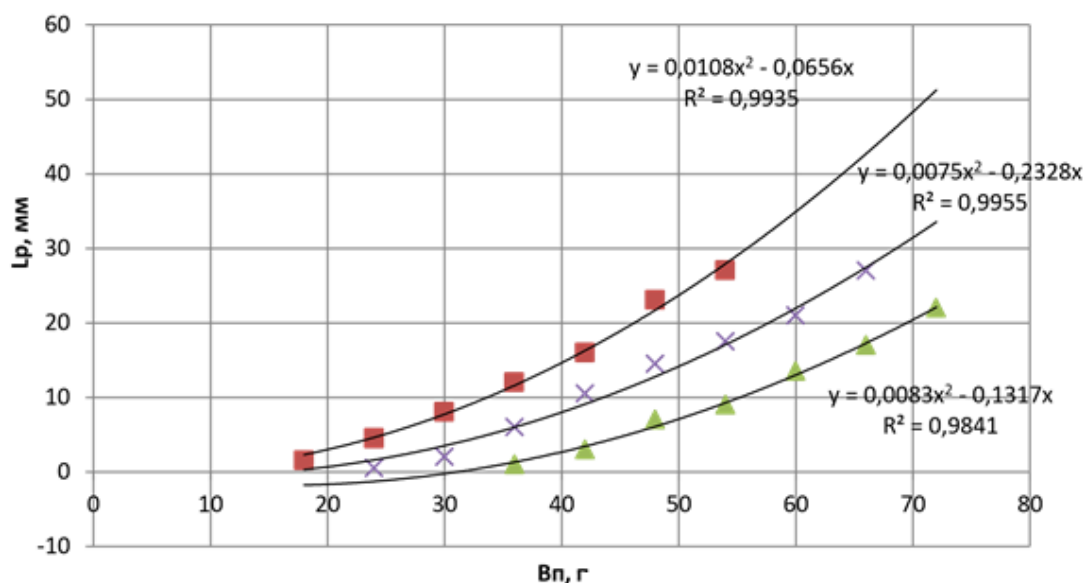


Рисунок 3.3 – Пророщування насіння овочевих культур за температури $t=30$ °С: ▲ – сорт «Фенікс»; ■ – сорт «Кібрія»; × – сорт «Атіла»

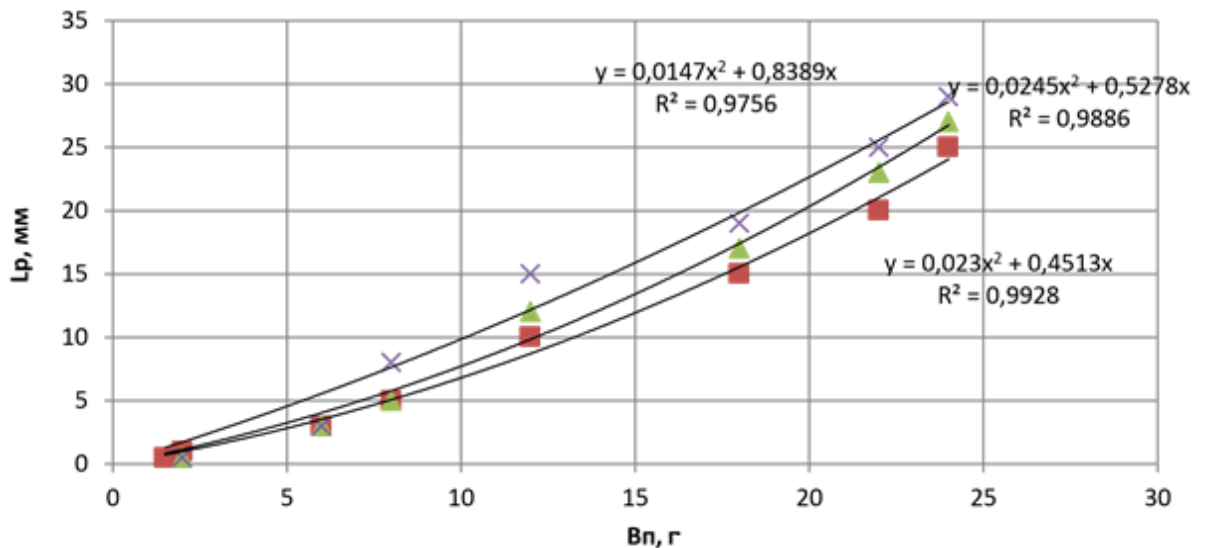


Рисунок 3.4 – Пророщування насіння овочевих культур при температурі $t = 40^{\circ}\text{C}$: ▲ – сорт «Фенікс»; ■ – сорт «Кібрія»; × – сорт «Атіла»

За результатами отриманих залежностей робимо висновок, що динаміка росту паростка значною мірою залежить від температури пророщування насіння. Так за температури $t = 40^{\circ}\text{C}$ паростки з'являються через 1,5 ... 2 години. Ефективна робота висівного апарату гідравлічної сівалки відбувається за оптимальної довжини паростка не більше 3..4 мм тому посів після проростання насіння необхідно провести в стислі терміни. На рисунках 3.2 і 3.3 спостерігається велика різниця за часом проростання насіння, пов'язана з різною структурою оболонки насіння різних сортів, у насіння огірка більш тонка шкіра, в порівнянні насінням кабачків, але при збільшенні температури пророщування різниця проростання за часом різко знижується (рис. 3.4), що також необхідно враховувати під час посіву.

Наступним етапом проведемо дослідження розмірних та масових показників пророслого насіння.

Форму та розміри насіння досліджуємо виконавши вимірювання ширину, довжину і товщину насіння електронним штангенциркулем PROTETER 5110-150 з точністю до 0,01 мм, за точності досліджень $N=0,95$ необхідно провести 100 замірів [31].

Дослідження маси пророслого насіння визначали згідно ДСТУ 4138 – 2002 [33]. Масу пророслого насіння кожного сорту визначали окремо.

Перед зважування насіння ретельно перемішувалося та відбиралося три навіски по 500 шт, зважування вконували з точністю до сотих грама. За результатами досліджень знаходили середньо-арифметичне трьох дослідів. Досліди виконували при кімнатній температурі (20...23°C) з використанням лабораторних електронних вагів ТВЕЭ-0,3-0,01. За результатами досліджень побудовано криві залежності маси від часу пророщування (рис. 3.5-3.7).

У результаті були отримані такі дані щодо сортів овочевих культур:

Огірок сорту "Фенікс" $m_{1000} = 26,7 \dots 36,6$ г;

Огірок сорту "Кібрія" $m_{1000} = 16,2 \dots 27,9$ г;

Кабачок сорту "Атіла" $m_{1000} = 159 \dots 272,2$ г.

Аналізуючи отримані криві, представлені на рисунку 3.5-3.7, можна зробити висновок, що маса насіння переважно змінюється перші 2-4 години замочування, а потім зміни маси стають незначними і за появи паростків практично вона незмінна.

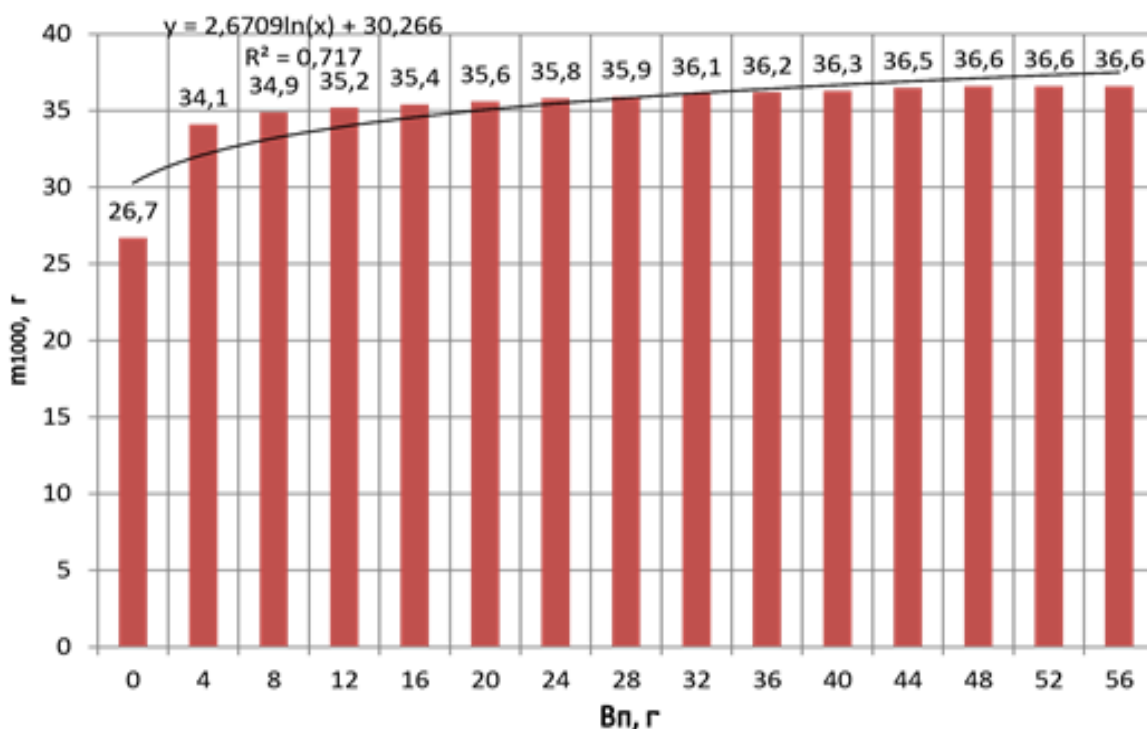


Рисунок 3.5 – Дослідження зміни маси насіння огірка сорту «Фенікс»

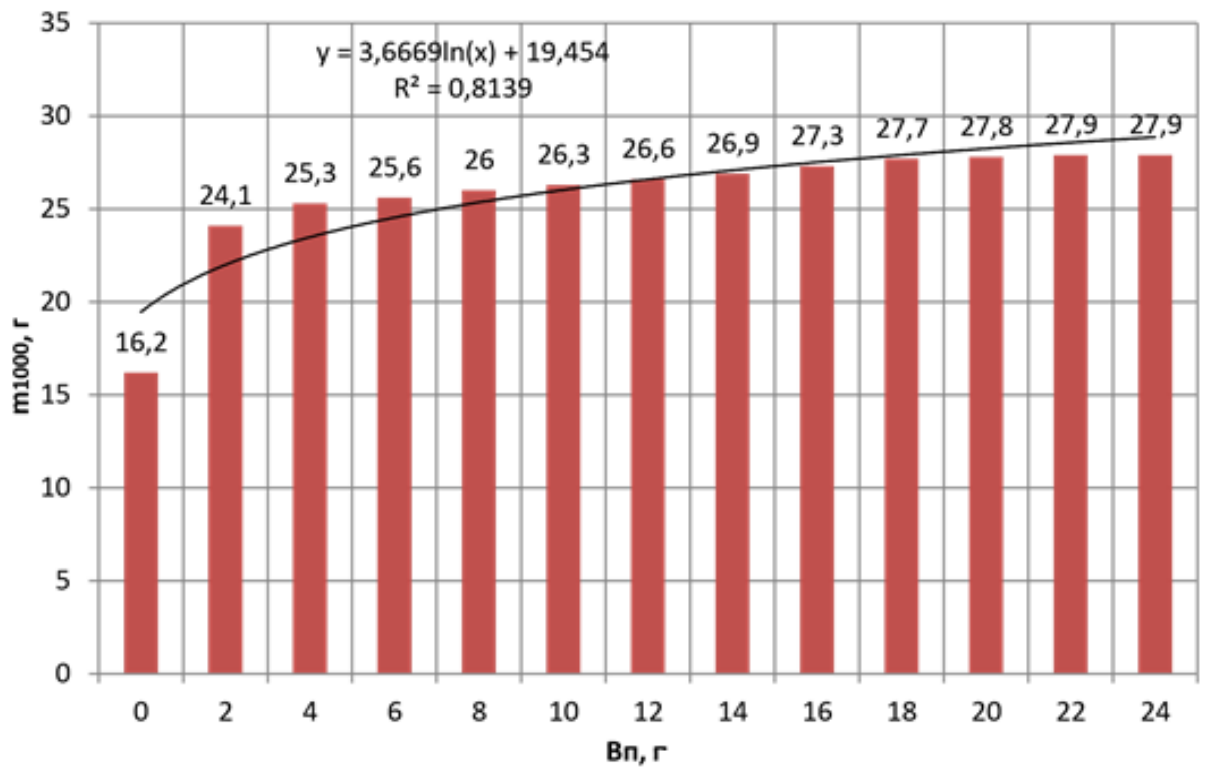


Рисунок 3.6 – Дослідження зміни маси насіння огірка сорту «Кібрія»

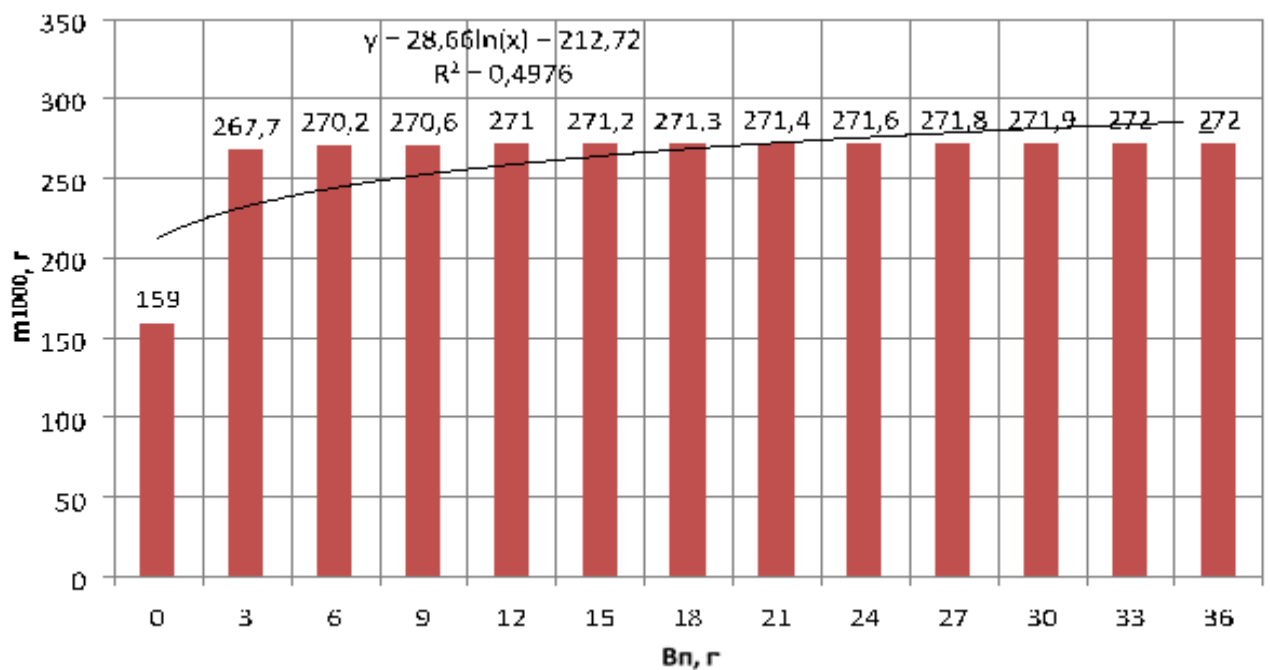


Рисунок 3.7 - Дослідження зміни маси насіння кабачка сорту «Атіла»

3.3 Методика досліджень та результати визначення критичної швидкості пророслого насіння овочевих культур

На аеродинамічну властивість насіння впливають такі фактори, як форма, відносна щільність та абсолютна маса. На стан пророслого насіння перш за все впливає швидкістю повітряного потоку який проходить через його шар [34]. Критичною швидкістю називається швидкість потоку повітря за якої насіння переходить у зважений стан.

Скориставшись вітрильним класифікатором визначимо показник критичної швидкості, схему якого наведено на рисунку 3.8. Прилад дозволяє виміряти швидкість витання в межах від 1 до 6 м/с при цьому точність вимірювань становитиме 0,05 м/с.

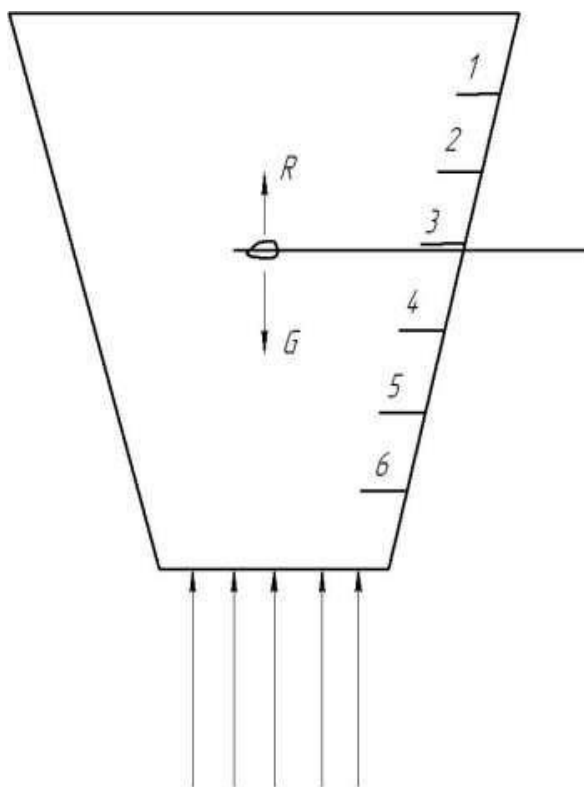


Рисунок 3.8 –Класифікатор парусності насіння

Проросле насіння поміщаємо в середину класифікатора та створюємо висхідний потік повітря внаслідок чого насіння піднімається та переходить у стан витання.

Критична швидкість визначається відносно поділок шкали класифікатора де насіння зависає.

Дослідження проводилися на пророщеному насінні огірків сорту «Фенікс» та «Кібрія» та кабачків сорту «Атіла». За результатами досліджень встановлено такі показники критичної швидкості для сорту «Кібрія» – 2,8 м/с, «Фенікс» – 3 м/с для сорту кабачків «Атіла» – 3,46 м/с.

Регулюючи витрату повітряного потоку, для насіння огірка і кабачка необхідно створити своє значення швидкості потоку для підтримання насіння в зваженому стані. Витрата повітря регулюється краном, встановленим на магістралі пневмосистеми гідравлічної сівалки.

3.4 Методика та результати дослідження роботи висівного апарата овочевої гідравлічної сівалки

Основними показниками якості роботи сівалок точного висіву являються: точність посіву, коефіцієнт розподілення (варіації) насіння в рядку, пропуски та пошкодження насіння [35]. Пошкодження пророслого насіння, відривання паростків приймали у відсотках від загальної кількості насіння.

Пропуски висів насіння визначали в рядку на погонному метрі після проведення посіву у відсотках до загальної кількості висівів з заданим інтервалом. Дані показники досліджувалися в умовах лабораторії з використанням лабораторної установки висівного апарату гідравлічної сівалки (рис. 3.9). Дослідження проводилися в наступному порядку. В бак 12 засипали насіння з рідиною. За допомогою компресором 8 стиснуте повітря подавалося через клапан 9 до штуцера 11 і далі в бак збурюючи насіння та формуючи киплячий шар. Обертаючи вал 1 з висівним диском 3 відбувалося захоплення насіння ложкою 2, та дозована його подача до уловлювача 10 і далі через сошник до насіннєвого ложе.

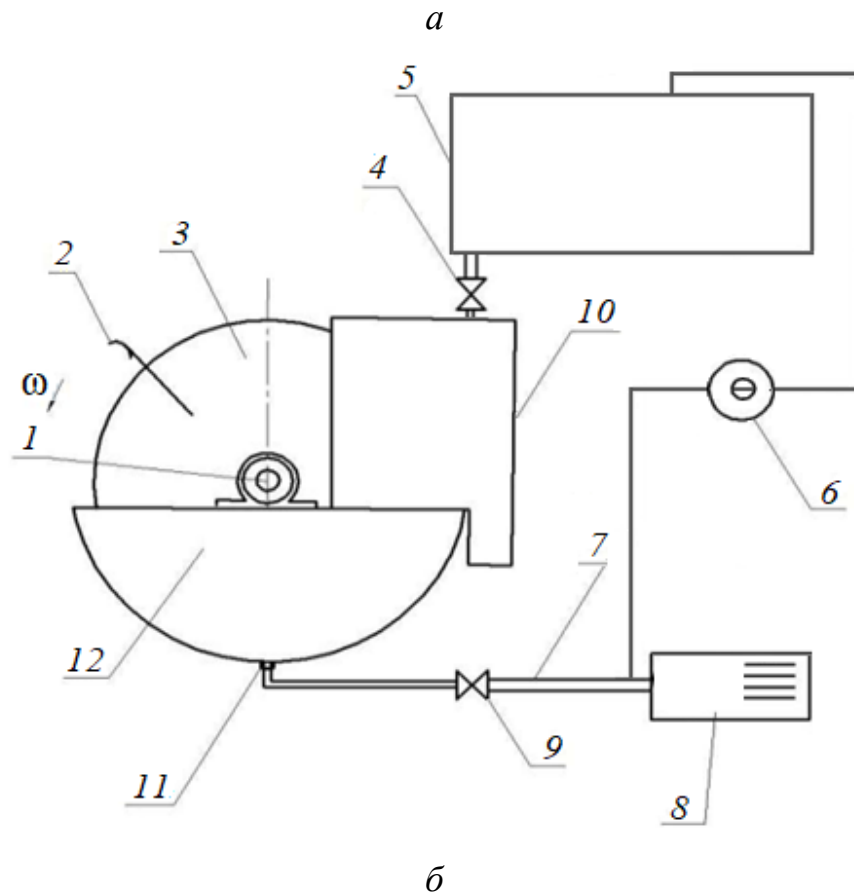


Рисунок 3.1 – Об'єкт досліджень

а – лабораторна установка висівного апарату гідросівалки; б – схема висівного апарату гідравлічної сівалки; 1 – привідний вал; 2 – ложка; 3 – висівний диск; 4 – гідравлічний клапан; 5 – резервуар для рідини; 6 – редуктор; 7 – магістраль подачі повітря; 8 – компресор; 9 – пневмоклапан; 10 – уловлювач; 11 – штуцер; 12 – насіннєвий бак

Частоту обертання валу визначали за допомогою цифрового лазерного фототахометра АТ- 6.

Окружну швидкість визначали через відстань від вісі обертання диска до ложки, за формулою:

$$v_l = \frac{\pi \cdot n_d \cdot R}{30} = \omega \cdot R, \quad (3.1)$$

де: R – відстань від осі обертання диска до ложки, м;

n_d – частота обертання висівного диска, хв^{-1} .

Змінюючи значення частоти обертання висівного диска, визначимо бажані значення, за яких пропуски та пошкодження пророслого насіння будуть мінімальні. Основними факторами, що впливають на роботу висівного апарату гідравлічної сівалки є: тиск наддуву рідини для скидання насіння з висівної ложки, жорсткість пружини державки висівної ложки, частота обертання висівного диску, швидкість потоку повітря. При дослідженні впливу даних факторів на якість посіву підбиралися умови необхідні для дотримання агровимог.

На рисунку 3.10 приведено результати досліджень точності висіву. Так пропуски при посіві пророслого насіння склали від 1...19% в залежності від частоти обертання висівного диску. Мінімальні пропуски близько 1% спостерігалися за частоти обертання 19 с^{-1} для всіх розглянутих сортів, максимальне число пропусків 20% спостерігалось при частоті обертання висівного диску близько $50,25 \text{ с}^{-1}$ на посів огірків сорту «Фенікс». За результатами досліджень встановлено бажане значення частоти обертання висівного диска на рівні $18,9 \text{ с}^{-1}$, при зменшенні та збільшенні обертів валу диска насіння не встигає потрапляти в ложку.

Мінімальне число пропусків близько 1% спостерігалось за жорсткості пружини 550 Н/м, максимальне значення пропусків – 17% спостерігалось на посіві огірків сорту «Кібрія» при жорсткості пружини 890 Н/м (рис. 3.11). За меншої жорсткості пружини проросле насіння не потрапляє до ложки, а при більшій жорсткості випадає з ложки раніше моменту його скидання.

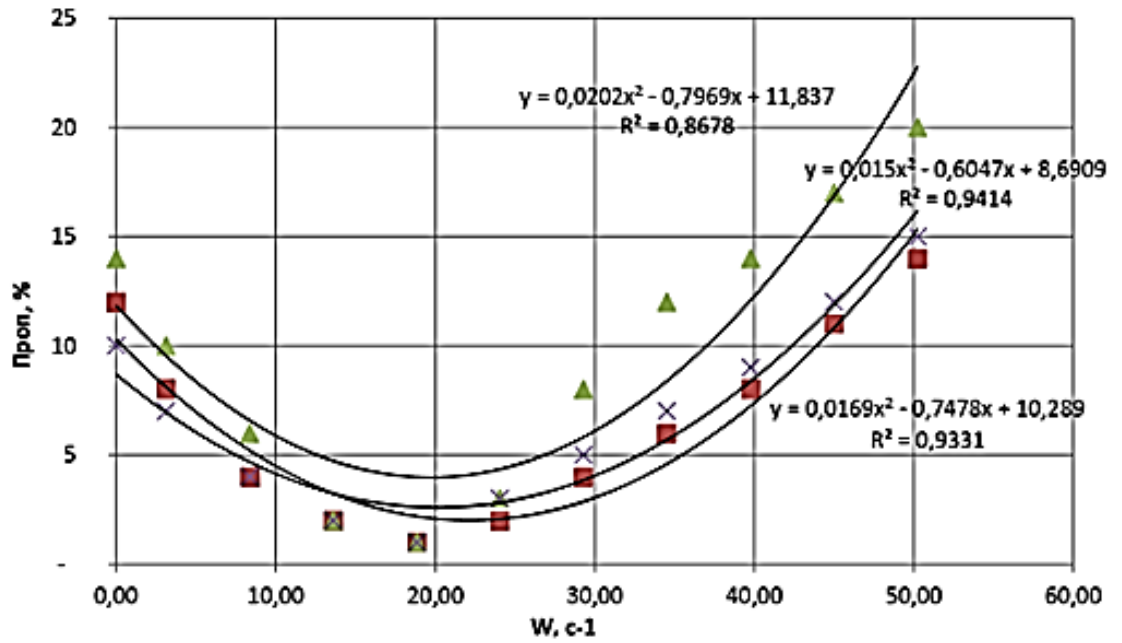


Рисунок 3.10 –Пропуски насіння в залежності від частоти обертання висівного диску:

▲ – сорт «Фенікс»; ■ – сорт «Кібрія»; × – сорт «Атіла»

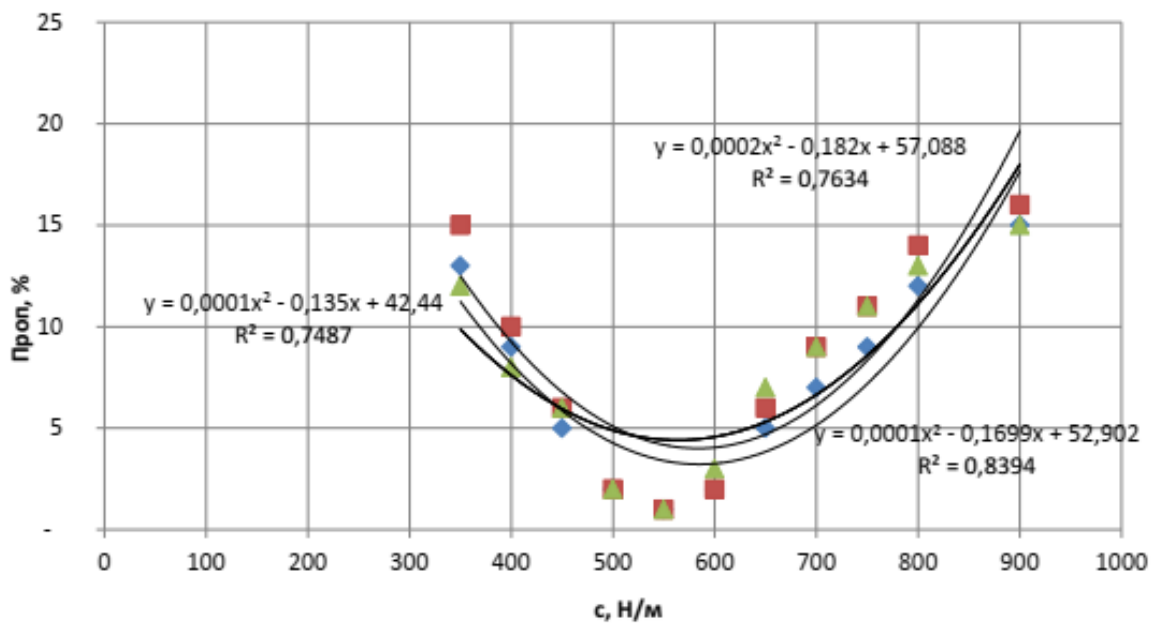


Рисунок 3.11 –Пропуски насіння в залежності від жорсткості пружини

▲ – сорт «Фенікс»; ■ – сорт «Кібрія»; ◆ – сорт «Атіла»

За швидкості потоку повітря 6 м/с, що спрямовується в насінневий бак мінімальна кількість пропусків складала 2% для всіх сортів, максимальне значення пропусків 20% встановлене за швидкості потоку 15 м/с для кабачка сорту «Атіла» (рис.3.12). Збільшення швидкості повітря призводило до швидкого хаотичного пересування пророслого насіння, що призводить до зниження ймовірності потрапляння насіння до висівної ложки.

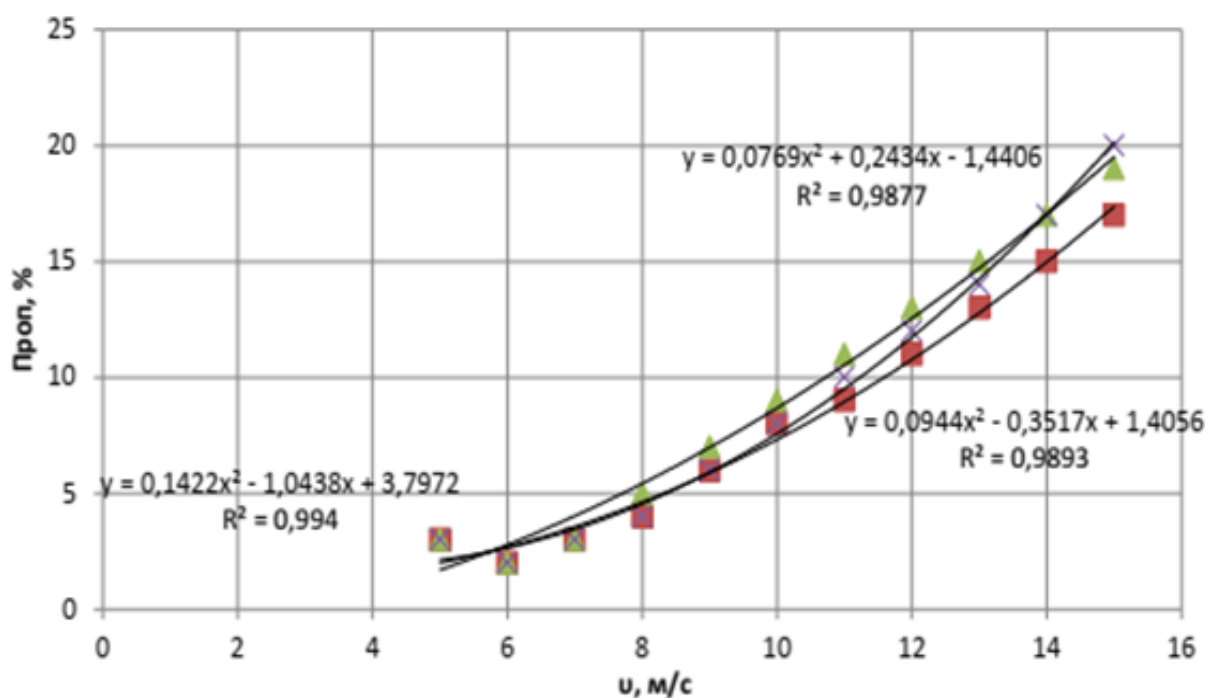


Рисунок 3.12 – Пропуски насіння в залежності від швидкості потоку повітря

▲ – сорт «Фенікс»; ■ – сорт «Кібрія»; × – сорт «Атіла»

Наступним етапом проведено оптимізацію конструктивних параметрів висівного апарату гідравлічної сівалки з метою встановлення бажаних значень параметрів для забезпечення максимальної точності посівів та зниження відсотка пропусків. Для цього використаємо стандартну методику статистичного аналізу отриманих даних досліджень [36]. Основні фактори та інтервали їх варіювань наведено в таблиці 3.1.

В якості вихідного показника оптимізації на етапі лабораторних досліджень прийнято – пропуски насіння П, виражені у %.

Відповідно до прийнятої методики, для встановлення оптимумів було реалізовано план Рехтшафнера для 3-х факторного експерименту наведений в додатку А. Результати досліджень за планом наведено в додатку Б.

Таблиця 3.1 - Фактори, їх рівні та інтервали варіювання

Фактори	Рівні факторів			Інтервали варіювання, ε
	-1	0	+1	
x_1 – частота обертання диска, c^{-1}	13,61	18,85	24,09	5,24
x_2 – тиск наддуву рідини для скидання насіння, атм.	1	2	3	1
x_3 – швидкість потоку повітря, м/с	5	6	7	1,00

На підставі експериментальних даних за запропонованою програмою [31, 36] розраховані коефіцієнти B_0 , B_i , B_{ij} і B_{ii} рівняння регресії:

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 \quad (3.2)$$

Значимість коефіцієнтів рівняння (3.2) оцінювалася за критерієм Стьюдента. Малозначимі коефіцієнти не приймалися до уваги і видалялися з рівняння регресії. В результаті розрахунків отримані рівняння регресії в кодованому вигляді:

$$Y = 2,22 + 0,13x_1 + 0,15x_2 - 0,17x_3 - 1,47x_1x_2 + 2,15x_1x_3 + 0,98x_2x_3 + 4,65x_1^2 + 5,13x_3^2 \quad (3.3)$$

Використовуючи критерій Фішера оцінювалася адекватність математичних моделей [36],

$$F = \frac{S_{факт}^2}{S_{ост}^2} \quad (3.4)$$

$$S^2_{ост} = \frac{\left(\sum_1^N \sum_1^n [y_{iq} - y_i]^2 \right)}{N(n+1)} \text{ де } - \text{ дисперсія помилки експерименту};$$

$$S^2_{факт} = \frac{\left(n \sum_1^N (\bar{y}_i - y_i)^2 \right)}{(N - [k + 1])} - \text{ дисперсія неадекватності моделі},$$

де \bar{y} - випадкова величина, розрахована по математичній залежності;

y_i - середньоарифметичне значення випадкової величини;

y_{iq} - значення i -тої величини в q -тім досліді;

n - число повторень досліді;

N - число рядків матриці плану;

k - число факторів.

При дослідженні пропусків насіння $F = 1,065$, а табличне значення критерію Фішера за рівня значимості 5% становить $F_{0,05}=2.1646$, умова адекватності математичної моделі виконується $F_{0,05}>F$.

За допомогою запропонованої програми [31] було визначено оптимальні значення факторів, табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Оптимальні значення факторів

Фактор	Оптимальні значення факторів
x_1 - частота обертання висівного диска, c^{-1}	<u>-0,02</u> 18,75
x_2 - тиск наддуву рідини для скидання насіння, атм.	<u>-0,02</u> 1,54
x_3 - швидкість потоку, м/с	<u>0,03</u> 6,03

Для аналізу та систематизації отриману математичну модель другого порядку запишемо в канонічній формі:

$$\Pi = -2,21 + 3,26x_1^2 + 5,5x_2^2 + 5,87x_3^2 \quad (3.5)$$

Оскільки всі коефіцієнти при квадратних членах мають позитивні знаки, то поверхні відгуків, описані рівнянням (3.3), є не що інше, як тривимірні параболоїди з координатами центрів поверхонь в оптимальних значеннях факторів.

При розгляді двовимірного перерізу поверхонь відгуку за рівнянням регресії (3.3), щодо частоти обертання висівного диска x_1 і тиску наддуву рідини для скидання насіння x_2 , фактор швидкість потоку повітря знаходився на оптимальному значенні $x_3=0,03$. За результатами розрахунків отримано графічні залежності представлені на рисунку 3.13

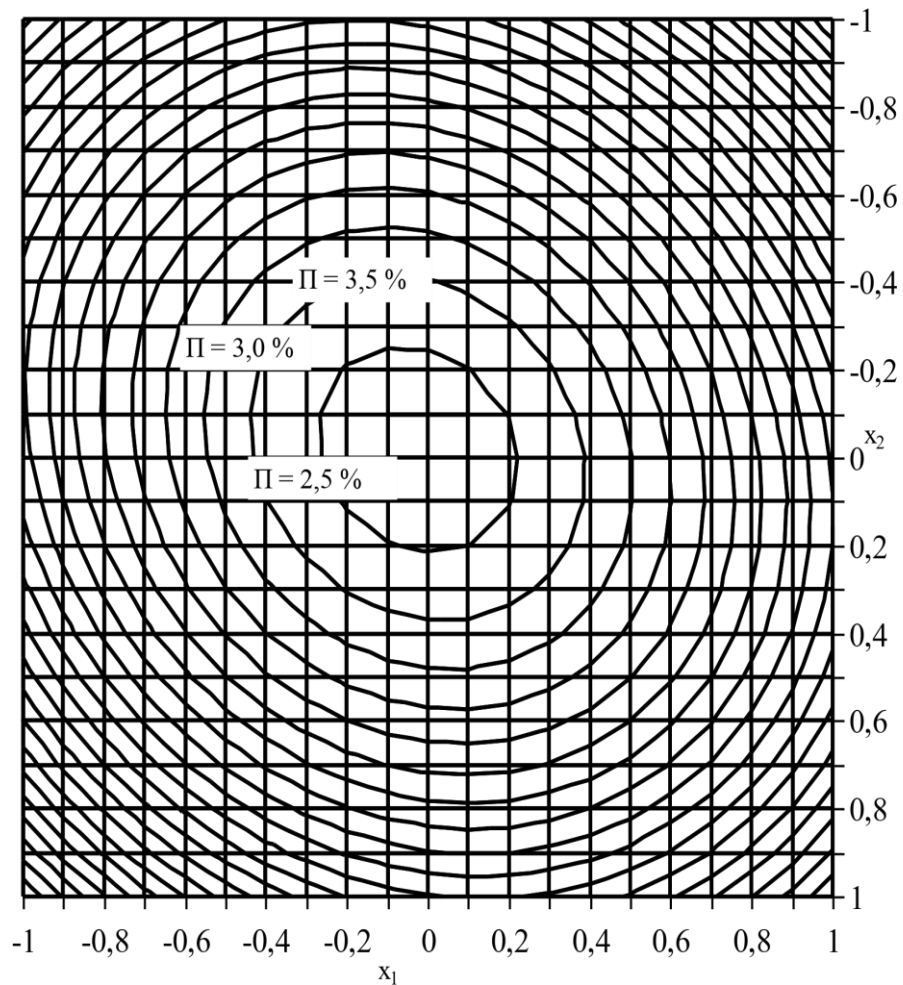


Рисунок 3.13 –Вплив факторів x_1 та x_2 при $x_3 = 0,03$ на пропуск насіння Π

При розгляді двовимірного перерізу поверхонь відгуку за рівнянням регресії (3.3), щодо частоти обертання висівного диску x_1 та швидкості потоку повітря (x_3), фактор тиск наддуву рідини для скидання насіння знаходився на оптимальному значенні $x_2 = -0,02$.

За результатами розрахунків отримано графічні залежності представлені на рисунку 3.14

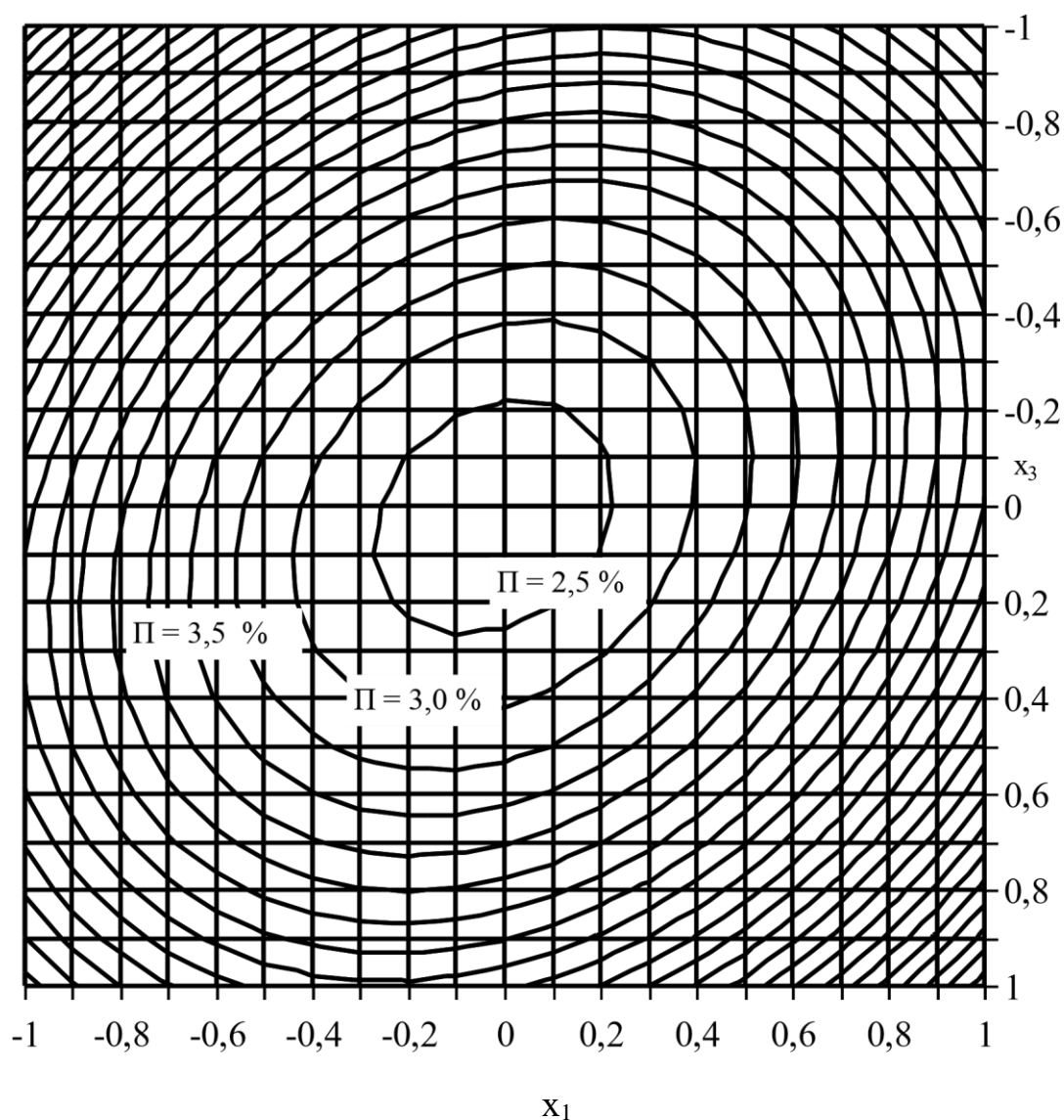


Рисунок 3.14 – Вплив факторів x_1 та x_3 при $x_2 = -0,02$ на пропуск насіння Π

При розгляді двомірного перерізу поверхонь відгуку щодо рівняння регресії (3.3) щодо тиску наддуву рідини для скидання насіння x_2 та швидкості потоку повітря x_3 , фактор частоти обертання висівного диска знаходився на оптимальному значенні $x_1 = -0,02$.

За результатами розрахунків отримано графічні залежності представлені на рисунку 3.15

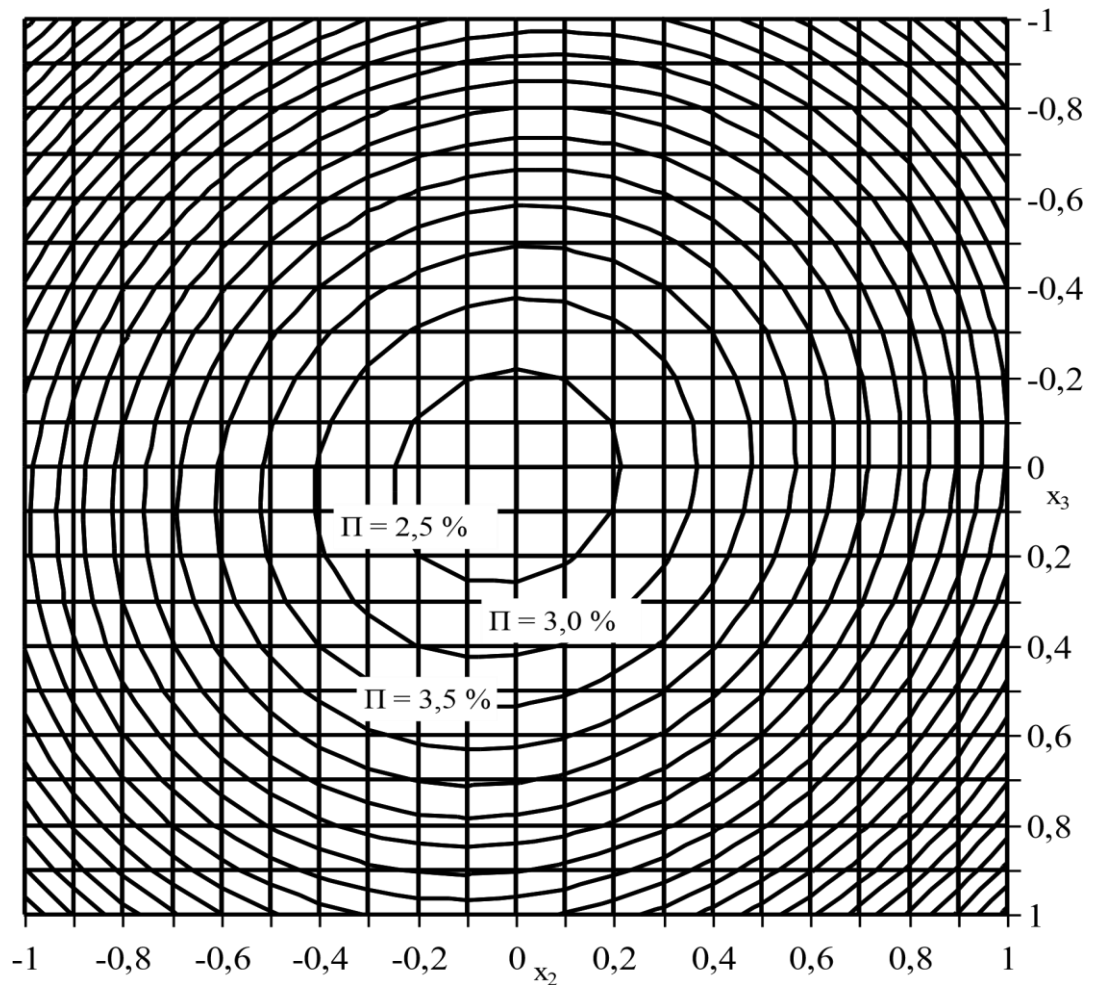


Рисунок 3.15 – Вплив факторів x_2 та x_3 при $x_1 = -0,02$ на пропуск насіння Π

Провівши аналіз отриманих графічних залежностей встановлено бажані значення факторів за яких пропуск насіння матиме найменше значення $\Pi=2,5\%$ відповідно: x_1 – частота обертання висівного диска $18,75 \text{ c}^{-1}$, x_2 – тиск наддуву рідини для скидання насіння $1,54 \text{ атм.}$, x_3 – швидкість потоку повітря $6,3 \text{ м/с}$.

3.5 Методика проведення польових досліджень

Польові випробування проводилися на полі товариства з обмеженою відповідальністю «Відродження» на базі сівалки СУПН-8,0, яку було переобладнано для роботи з штатними посівними секціями та експериментальною посівною секцією гідравлічної сівалки для посіву пророслого насіння (рис. 3.16). Сівалка працювала в агрегаті з трактором FOTON-TD824.

В якості посівного матеріалу використовувалося насіння з трирічним терміном зберігання за таких умов врожайність огірків та кабачків зростає за рахунок збільшення кількості при формуванні жіночих квіток та відповідно зав'язей. Посів пророслого насіння огірків та кабачків відбувався без травмувань з розміром паростків від 1 до до 5 мм з підтриманням заданої рівномірності. Одночасно з пророслим насінням відбувався висів сухим методом, для визначення впливу гідравлічного висіву пророслого насіння на якісні показники вирощуваних культур.

Проростання пророслого насіння розпочалося з третього дня за температури навколишнього середовища + 16... 18 ° С, перші сходи за сухого методу з'явилися пізніше на 11 днів. Схожість насіння на посівах огірків склала близько 98 % , при сухому методі посіву 84 %. Приріст врожайності на вирощуванні огірків сорту «Кібрія» отримано близько 6,5 т/га.



Рисунок 3.16 - Посів пророслого насіння овочевих культур

3.6 Висновки

1. За результатами досліджень пророслого насіння ефективна робота сівалки відбувається за довжини паростка не більше 4 мм. При замочуванні маса насіння змінюється перші 2-4 години, в середньому вага насіння зростає до 30%.

2. Для зменшення налипання насіння до ложок необхідно використовувати матеріал з низьким коефіцієнтом тертя наприклад з ПВХ.

3. Динаміка розвитку паростка залежить від температури пророщування насіння. Так при температурі $t = 38 \dots 40 \text{ }^\circ\text{C}$ поява паростків відбувається через 1,5 ... 2 години, висів пророслого насіння повинен відбуватися стислі терміни.

4. За результатами досліджень середня критична швидкість руху повітряного потоку насіння сорту «Кібрія» становить - 2,8 м/с, для сорту «Фенікс» - 3 м/с, насіння кабачка «Атіла» – 3,46 м/с.

5. За результатами досліджень отримано бажані значення факторів за яких пропуск насіння матиме найменше значення $\Pi=2,5\%$ відповідно: x_1 – частота обертання висівного диску $18,75 \text{ c}^{-1}$, x_2 – тиск наддуву рідини для скидання насіння 1,54 атм., x_3 – швидкість потоку повітря 6,3 м/с.

6. Польовими дослідженнями доведено ефективність гідравлічного висіву так приріст врожаю на посіві огірків склав 4 т/га, що становить 10% від загальної врожайності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Організація охорони праці

Підвищення продуктивності праці неодмінно пов'язане з збільшенням кількості механізованих операцій та експлуатації більшої кількості машин на виробничих лініях. Це вимагає більше приділяти уваги питанню дотримання вимог охорони праці працівників, які експлуатують машини на виробничих лініях в підрозділах господарства. З метою зменшення кількості травм на виробничих ділянках сільськогосподарських підприємств, необхідно постійно проводити профілактичні заходи з охорони праці (інструктажі).

Відповідальність за дотримання охорони праці покладається на директора господарства. На виробничих ділянках відповідальність за проведення профілактичних заходів покладається на головного інженера (машинотракторний парк) та головного агронома (рослинництво). Згідно типового положення про проведення навчань та перевірку засвоєних знань працівниками з питань охорони праці встановлено порядок навчань та проведення інструктажів з охорони праці.

З особами, які приймаються на роботу проводиться вступний інструктаж з реєстрацією в відповідному журналі.

Після вступного інструктажу особи, які приймаються на роботу проходять первинний інструктаж на робочому місці. Інструктаж проводить керівник господарства або відповідальний за виробничий підрозділ індивідуально з кожним працівником.

Не пізніше шести місяців з працівниками після первинного інструктажу проводиться повторний інструктаж. Інформація про його проведення фіксується в журналі реєстрації. Дані заходи в господарстві проводяться згідно встановлених термінів.

В випадку введення нових стандартів з охорони праці, використання нового обладнання, змін виробничих процесів, нещасного випадку на підприємстві проводиться позаплановий інструктаж. Інформація про його проведення позапланового інструктажу також фіксується в журналі реєстрації.

За умови виконання працівниками робіт підвищеної небезпеки проводиться цільовий інструктаж з записом в журналі реєстрації. На виконання робіт підвищеної небезпеки видається наряд – допуск.

Згідно з колективним договором в господарстві виділяється на охорону праці до 3 % від загального прибутку. При укладені трудового договору працівника інформують про умови праці (небезпечні та шкідливі фактори) та заходи з охорони праці. Відповідальність за дотримання заходів з охорони праці покладено на громадський контроль. В головному офісі господарства розміщено кабінет з охорони праці там же знаходиться і медичний пункт де проходять огляд працівники господарства та надається первинна медична допомога. На виробничих ділянках обладнано куточки з охорони праці (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Куток з охорони праці

Підтримання виробничої санітарії досягається за рахунок обладнання виробничих підрозділів: санвузлами з душовими кабінками та туалетами, гардеробними кімнатами.

Фінансування всіх заходів з охорони праці знаходиться на хорошому рівні.

4.2. Стан охорони праці

В господарстві розроблено інструкції та правила охорони праці при експлуатації енергетичних засобів (автомобілів, тракторів, самохідних машин), сільськогосподарських машинах та стаціонарних машин. Також розроблено інструкції при виконанні робіт з використанням фізичної сили тобто ручної праці на різних видах робіт. В кабінеті з охорони праці зберігаються всі реєстраційні журнали та проводяться профілактичні заходи (інструктажі, лекції та ін.).

За результатами проведеного аналізу стану охорони праці встановлено наступне:

- всі інструктажі з охорони праці проводяться вчасно з реєстрацією в журналах;
- Постійно виконується контроль знань працівників задіяних на роботах підвищеної небезпеки;
- виявлено що не всі працівники забезпечені інструментами та засобами індивідуального захисту (рукавички, окуляри);
- керівництво завжди слідкує за контролем відповідності машин та обладнання вимогам правил з охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки;
- не всі будівлі господарства (ангари, адміністративні будівлі) мають громовідводи;
- всі небезпечні об'єкти (завальні ями, елеватори, норії та ін.) обладнані захисними огорожами та кожухами, попереджуючими інформаційними табличками та знаками;

- медичний контроль здійснюється систематично та на хорошому рівні. В кабінеті медика знаходиться все необхідне обладнання та засоби для огляду та надання первинно медичної допомоги.

В таблиці 4.1 наведено основні фінансові витрати на підтримання належного рівня охорони праці в господарстві.

Таблиця 4.1

Фінансові витрати на систему охорони праці, грн/рік.

Показники	2020	2021	2022
Фінансові витрати за лікарняними листами	8526	9103	6423
Вартість техніки, що зіпсовано	21410	15323	13520
Штрафні санкцій за порушення охорони праці	3035	2840	845
Кошти, вкладені в систему охорони праці	49477	54662	75482

Аналізуючи наведені дані в таблиці 4.1 видно, що збільшення фінансової підтримки системи охорони праці, знижує витрати пов'язані з відшкодуванням фінансів на лікування працівників, а також на ремонт або поновлення зіпсованої техніки.

4.3 Аналіз виробничого травматизму

Проведемо розрахунки показників травматизму використавши зареєстровану інформацію в актах та протоколах про виробничі травми в господарстві на виробничих ділянках. Основними причинами травмування є:

неуважність, хворобливий стан, нехтування правилами охорони праці, сторонні особи, що відволікають від виконання виробничих обов'язків.

Нижче приведемо приклад розрахунку за 2022 рік [37].

Частоту травматизму в господарстві визначимо за формулою:

$$K_v = \frac{T \cdot 1000}{n_p} = \frac{1 \cdot 1000}{60} = 17 \quad (4.1)$$

де: n_p – середня кількість робітників, люд., табл. 4.2;

T - число потерпілих із втратою працездатності, чол., табл. 4.2.

Визначимо показник тяжкості травматизму в господарстві за формулою:

$$K_T = \frac{D_n}{n_2} = \frac{64}{1} = 64 \quad (4.2)$$

де: D_n - число днів непрацездатності, дні, згідно табл. 4.2;

n_2 - число потерпілих із втратою працездатності, чол., табл. 4.2.

Коефіцієнт непрацездатності:

$$K_n = \frac{D_n \cdot 1000}{n_p} = \frac{64 \cdot 1000}{60} = 1066,7 \quad (4.3)$$

Таблиця 4.2 – Показники виробничого травматизму

Показники травматизму	Роки		
	2020	2021	2022
Середня кількість робітників, люд.	62	60	60
Кількість нещасних випадків	2	2	1
Число днів непрацездатності, дн.	85	71	64
Коефіцієнти:			
- частоти травматизму	32	33	17
- тяжкості травматизму	43	36	64
- непрацездатності	1371,0	1183,3	1066,7

Постійна фінансова підтримка системи охорони праці постійні профілактичні заходи та контроль з боку керівництва, являються запорукою зниження травматизму.

4.4 Вимоги з охорони праці під час експлуатації гідросівалок в агрегаті з трактором

До роботи з гідросівалками в агрегаті з трактором допускаються особи, які пройшли виробничі навчання експлуатації даного типу посівних машин, не мають протипоказань з боку здоров'я та мають посвідчення на право керування відповідної категорії. Перед початком роботи механізатор повинен пройти інструктаж з виконання операції гідропосіву від керівного персоналу (головного агронома та інженера механіка).

В навчальний курс при роботі з гідросівалками входять такі питання:

- особливість виконання процесу посіву гідросівалкою поруч з електричними опорами та гідрантами системи зрошення полів;
- правила поведження в випадку виникнення пожежі;
- правила поведження в випадку виникнення аварійних ситуацій;
- правила поведження в випадку виникнення нещасних випадків;

При виконанні службових обов'язків на механізатора можуть впливати небезпечні та шкідливі фактори пов'язані з обертовим рухом валів та дисків висівного апарата гідросівалки, підвищене значення рівня шуму при експлуатації посівного агрегату, підвищене значення температурних показників робочих поверхонь елементів машино-тракторного агрегату.

Про виникнення хворобливого стану, аварійних та небезпечних ситуацій, що загрожують життю працівник повинен попередити свого керівника.

Працівник повинен бути забезпечений пілозахисним спецодягом, закритим взуттям, рукавичками за потреби захисними окулярами та респіратором.

Працівник повинен виконувати тільки ті робочі доручення, які входять в його обов'язки, не відволікатися на розмови та сторонні справи.

Неухильно виконувати вимоги охорони праці, пожежної безпеки, санітарних норм, режиму праці та відпочинку.

Перед початком роботи отримавши наряд на виконання роботи від свого керівника, виконати огляд гідросівалки та трактора.

При виявленні дефектів необхідно їх усунути. Несправний машино-тракторний агрегат до роботи не допускається. Інформацію по виявлених дефектах та несправностям доповісти керівнику.

В процесі виконання посіву стежити за роботою гідросівалки та трактора

Після посіву першої загінки виконати контроль глибину та норми висіву насіння на погонний метр. За потреби необхідно провести корегування регулюючих параметрів.

За умови виникнення аварійної ситуації: проінформувати керівника про те, що трапилося, попередити оточуючих про небезпеку. ,

При отриманні травми чи погіршенні самопочуття механізатор повинен припинити роботу, проінформувати керівництво про поганий стан та звернутися до медпункту за потреби викликати швидку допомогу.

Після завершення посіву необхідно вимкнути гідросівалку, провести очистку робочих поверхонь та перевірити на наявність пошкоджень його вузлів.

Зберігання гідросівалки виконуємо в спеціально відведеному сухому місці, яке має хорошу природню вентиляцію.

Завершивши роботу задаємо одяг на прання та приймаємо душ.

4.5 Розрахунок повітрообміну в приміщенні ремонтної майстерні [38]

Вихідні дані для розрахунку: концентрація шкідливих речовин в приміщенні, що виділяються в процесі ремонтних робіт $G = 185$ г/год, допустима концентрація шкідливих речовин, що виділяється в повітря $q_{ГДК} = 28$ г/м³, загальний об'єм ремонтної майстерні становить 180 м³. Схема вентиляції ремонтної майстерні наведена на рисунку 4.2.

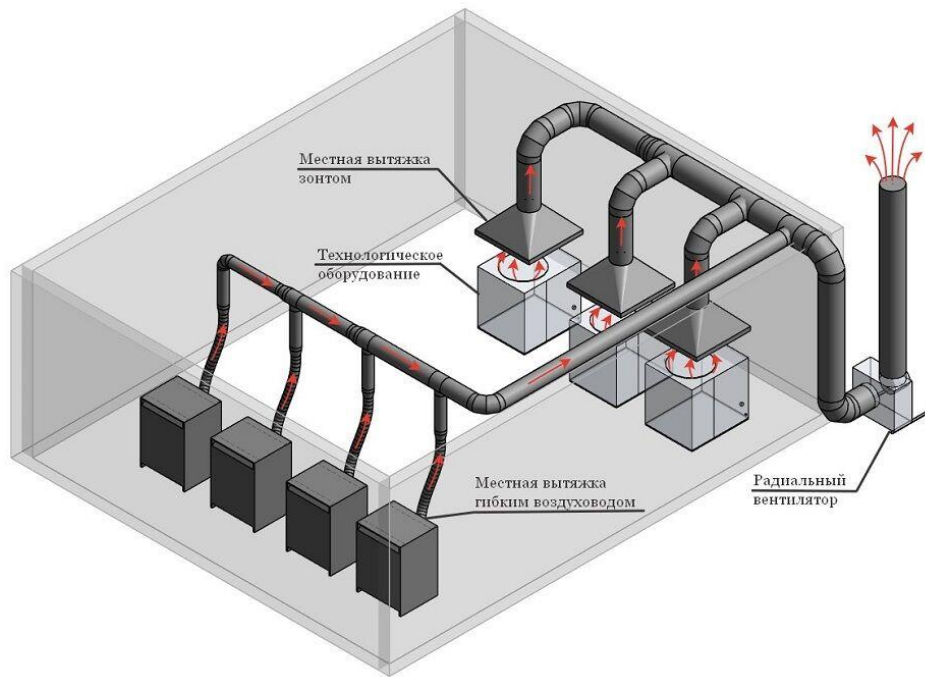


Рисунок 4.2 – Вентиляція ремонтної майстерні

Повітрообмін в ремонтній майстерні визначаємо за рівнянням:

$$L = \frac{G \cdot 3600}{q_{ГДК} \cdot q_{пр}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4)$$

де $q_{ГДК}$ – допустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні майстерні, мг/м³;

G – кількість шкідливих речовин, що виділяються у приміщенні майстерні, г/год;

$q_{пр}$ – концентрація шкідливих речовин у приточному повітрі, що подається в майстерню:

$$q_{пр} = 0,4 \cdot q_{ГДК} = 0,4 \cdot 28 = 11,2, \text{ г/м}^3; \quad (4.5)$$

$$L = \frac{185 \cdot 3600}{28 \cdot 11,2} = 2123,72 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну приміщення визначаємо за формулою:

$$K = \frac{L}{V_B} \quad (4.6)$$

де V_v – внутрішній вільний об'єм повітря, $V_B \approx 0,8 \cdot V = 0,8 \cdot 180 = 144 \text{ м}^3$

$$K = \frac{2123,72}{144} = 14,74$$

Згідно проведених розрахунків повітрообмін ремонтної майстерні становить $2123,72 \text{ м}^3$ та кратність $14,74$.

4.6 Висновки:

За результатами проведеного аналізу встановлено, що стан справ системи охорони праці в господарстві знаходиться на належному рівні, завдяки своєчасному фінансуванню та проведенню профілактичних заходів. Розроблені вимоги, щодо правил експлуатації гідросівалки дозволять уникнути травмування підчас виконання посіву.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Економічна оцінка ефективності розробленого висівного апарату гідросівалки визначена раціональною заміною застарілої посівної техніки, яка до цього часу знаходиться на балансі господарства більш перспективною з можливістю пророслого насіння овочевих культур. Введена в дію сівалка буде служити резервом для посіву пророслого насіння овочевих культур в сільськогосподарських господарствах, та задовольнить попит на машини для посіву пророслого насіння в підприємствах АПК. Розроблена гідросівалка дозволить господарству отримати додатковий прибуток.

На підставі досліджень, проведених нами посів овочевих культур пророслим насінням здатний підвищити польову схожість і забезпечити прискорений розвиток рослин і, як слідство, отримати більш ранню продукцію та валовий збір. Застосування гідросівалки сприяє підвищенню економічних показників виробництва овочевих культур за рахунок економії насіння, зниження трудомісткості подальших процесів механізації, збільшення рентабельності.

Економічна оцінка визначалася на посіві огірків «Кібрія» в господарстві «Відродження» на полі площею 10 га. Оцінка економічної ефективності при впровадженні сільськогосподарської техніки виконувалася згідно стандарту ДСТУ 4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування».

На етапі впровадження розробленої гідросівалки використано порівняльний метод де в першому випадку до складу машино-тракторного агрегату входив трактор FOTON-TD824 та сівалка СУПН-8, а в другому трактор FOTON-TD824 та експериментальна гідравлічна сівалка ЕГС-1.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані базового і удосконаленого варіантів

Показники	Базовий	Проектний
Склад машино-тракторного агрегату	FOTON-TD824 + СУПН-8	FOTON-TD824 + ЕГС-1
Тип висівного апарату	пневматичний	ложковий
Вид виконаних робіт	посів огірків	посів огірків
Балансова вартість машини, грн	185000	174500
Площа посіву сівалкою, га	10	10
Ширина захвату сівалки, м	5,6	5,6
Кількість посівних секцій, шт	4	4
Максимальна швидкість, км/год	8	7,8
Витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га	2,8	2,5
Кількість робітників, люд	1	1
Годинна тарифна ставка, грн/год	120	120
Річне завантаження машини, га	50	50
Тривалість робочої зміни, год	8	8
Маса сівалки, кг	485	435
Врожайність культури, кг/га	39000	43000
Валовий збір, т	390	430
Прибуток від реалізації продукції, грн	2535000	2795000

Продуктивність машино-тракторного агрегату визначили за рівнянням [42]:

$$W_{\tau} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (5.1)$$

де B_p – ширина захвату сівалки, м;

τ – коефіцієнт використання часу зміни приймаємо 0,82;

V_p – швидкість руху сівалки, км/год;

Базовий варіант:

$$W_{\tau} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8 \cdot 0,82 = 3,67 \text{ га/год,}$$

Експериментальний варіант:

$$W_{\tau} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,8 \cdot 0,82 = 3,58 \text{ га/год.}$$

Річне завантаження сівалки, год:

$$t_p = \frac{W_p}{W_{\tau}}, \text{ год,} \quad (5.2)$$

де W_p – річне навантаження на сівалку, га.

Базовий варіант:

$$t_{pB} = \frac{50}{3,67} = 13,6 \text{ год,}$$

Експериментальний варіант:

$$t_{pE} = \frac{50}{3,58} = 13,95 \text{ год.}$$

Далі проведемо розрахунок експлуатаційних витрат за загально прийнятою методикою [43].

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{оп}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \text{ грн/га} \quad (5.3)$$

де: $B_{\text{оп}}$ – витрати та нарахування на заробітну плату робітників, грн/га;

A - амортизаційні відрахування, грн/га;

$B_{\text{рес}}$ - вартість енергоресурсів, грн/га;

IB – інші витрати грн/га;

T - відрахування на поточні ремонти, грн/га.

Витрати на оплату праці:

$$B_{\text{оп}} = Z + H_3, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де: Z – фонд заробітної оплати праці, грн/га.;

H_3 – відрахування в фонд оплати праці, грн/га.

Відрахування в фонд оплати праці становить 22%:

$$H_3 = 0,22 \cdot Z. \quad (5.5)$$

Розрахуємо фонд оплати праці:

$$Z = \frac{H_{\text{тр}} \cdot C_{\text{тр}}}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

де $H_{\text{тр}}$ - кількість людей, які обслуговують машино-тракторний агрегат, чол.;

$C_{\text{тр}}$ - годинна ставка робітників задіяних на посіві, грн/год.

Базовий варіант:

$$З = \frac{1 \cdot 120}{3,67} = 32,7 \text{ грн/га};$$

Експериментальний варіант:

$$З = \frac{1 \cdot 120}{3,58} = 33,5 \text{ грн/га.}$$

Визначимо нарахування на фонд оплати праці,

Базовий варіант:

$$H_з = 0,22 \cdot 32,7 = 7,18 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$H_з = 0,22 \cdot 33,5 = 7,37 \text{ грн/га.}$$

Тоді:

Базовий варіант:

$$B_{on} = 32,7 + 7,18 = 39,85 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$B_{on} = 33,5 + 7,37 = 40,87 \text{ грн/га.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{B_c \cdot a_c}{100 \cdot W_r \cdot t_{pc}}, \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де: B_c – балансова вартість сівалки, грн.;

a_c – річні амортизаційні відрахування на сівалку, 12 %.

t_{pc} – тривалість роботи сівалки за рік, год ;

W_r – продуктивність машино-тракторного агрегату, га/год.

Базовий варіант:

$$A = \frac{185000 \cdot 12}{100 \cdot 3,67 \cdot 13,6} = 444 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$A = \frac{174500 \cdot 12}{100 \cdot 13,95 \cdot 3,58} = 418,8 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на поточний ремонт і обслуговування:

$$T = \frac{B_c \cdot b_c}{100 \cdot W_\tau \cdot t_p}, \text{ грн/га} \quad (5.8)$$

де: b_c – відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, 10 %.

Базовий варіант:

$$T = \frac{185000 \cdot 10}{100 \cdot 13,6 \cdot 3,67} = 370 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$T = \frac{174500 \cdot 10}{100 \cdot 13,95 \cdot 3,58} = 349 \text{ грн/га.}$$

Вартість енергоресурсів:

$$B_{рес} = B_{пмм}, \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

де $B_{пмм}$ - вартість ПММ, грн.;

Вартість ПММ $B_{пмм}$ визначимо за формулою:

$$B_{пмм} = Z_{пмм} \cdot Ц_{пмм}, \text{ грн/га} \quad (5.10)$$

де $Z_{пмм}$ - витрати палива на посіві, кг/га;

$Ц_{пмм}$ – вартість пального, приймаємо 50 грн/кг.

Базовий варіант:

$$B_{нмм} = 2,8 \cdot 50 = 140 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$B_{нмм} = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ грн/га.}$$

Тоді:

Базовий варіант:

$$B_{рес} = B_{нмм} = 140 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$B_{рес} = B_{нмм} = 125 \text{ грн/га.}$$

Інші витрати складуть 5% від суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{B_{он} + A + T + B_{рес}}{100} \cdot 5, \quad (5.11)$$

Базовий варіант:

$$IB = \frac{39,85 + 444 + 370 + 140}{100} \cdot 5 = 49,7 \text{ грн/га,}$$

Експериментальний варіант:

$$IB = \frac{40,87 + 418,8 + 349 + 125}{100} \cdot 5 = 46,7 \text{ грн/га.}$$

Тоді річні експлуатаційні витрати становитимуть:

Базовий варіант:

$$B_{екс}^B = 39,85 + 444 + 370 + 140 + 49,7 = 1043,5 \text{ грн/га}$$

Експериментальний варіант:

$$B_{екс}^E = 40,87 + 418,8 + 349 + 125 + 46,7 = 980,35 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект від зменшення витрат на експлуатацію сівалки:

$$E_{EP} = B_{екс}^B - B_{екс}^E, \text{ грн}, \quad (5.12)$$

$$E_{EP} = 1043,5 - 980,35 = 63,18 \text{ грн/га}$$

За рахунок впровадження гідропосіву приріст врожаю склав 4000 кг/га.

Економічний ефект з врахуванням приросту врожайності огірків на гектарові посівної площі визначимо за рівнянням:

$$E_P = (E_{EP} + E_{Bp}) = 63,18 + 26000 = 26063,18, \text{ грн/га}, \quad (5.13)$$

де E_{Bp} – загальний прибуток від збільшення врожайності склав 26000 грн/га;

Загальний річний економічний ефект тоді складе:

$$E_{зр} = E_P \cdot S_o = 26063,18 \cdot 10 = 260631,8 \text{ грн},$$

де S_o - посівна площа, га.

Тоді термін окупності визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{B_c}{E_{зр}} = \frac{174500}{260631,8} = 0,66 \text{ року} \quad (5.14)$$

Економічні показники ефективності роботи гідросівалки на посіві огірків наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники ефективності роботи

Показник	Варіанти		Проектний варіант в грн (+/-) до базового
	Базовий	Експериментальний	
Склад машино-тракторного агрегату	FOTON-TD824 + СУПН-8	FOTON-TD824 + ЕГС-1	-
Вид роботи	посів огірків	посів огірків	-
Балансова вартість сівалки, грн	185000	174500	-10500
Річні експлуатаційні витрати , грн/га	1043,5	980,35	-63,15
У тому числі: заробітна плата з нарахуваннями	39,85	40,87	1,02
відрахування на поточний ремонт і обслуговування, грн/га	370	349	-21
амортизаційні відрахування, грн/га	444	418,8	-25,2
інші витрати	49,69	46,7	-2,99
вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн/га	140	125	-15
Загальний річний економічний ефект, грн/га	26063,18		
Термін окупності, років	0,66		

Висновки

Отримані результати економічної оцінки розробленої гідросівалки ЕГС-1 доводять ефективність гідравлічного посіву, який дозволив отримати приріст урожаю на 4000 кг/га на посівах огірків сорту Кібрія. Загальний економічний ефект з врахуванням експлуатаційних витрат та приросту врожайності склав 26063,18 грн, що дозволить окупити проект за 0,66 року.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. На підставі проведеного аналізу встановлено, що найскладніше висівати гідравлічним способом насіння огірків, кабачків, дині, так як при замочуванні насіння покривається крохмальною плівкою, що спричиняє налипання його на стінках елементів сівалки. Вирішити дану проблему можливо використанням наддуву потоку рідини підчас висіву насіння в ґрунт.

2. За результатами проведених теоретичних досліджень:

- встановлено, що радіус отвору ложки змінюється за досить складною залежністю, але його значення цілком визначальне згідно рівняння (2.68);

- встановлено, що для підтримання контрольованого процесу розвантаження ложки від насіння, необхідно щоб швидкість повітря забезпечила швидкість витання насіння і не перевищувала її згідно рівняння (2.46);

- встановлено, що основними змінними факторами, які впливають на значення швидкості повітряного потоку являється жорсткість пружини «С» та коефіцієнт витання пророслого насіння;

- встановлено, що переріз струменя повітря S_l має бути меншим або рівним перерізу отвору в ложці, порушення даної умови порушить процес однонасінної дозованої подачі насіння до сошника (2.60);

3. За результатами експериментальних досліджень:

- встановлено, що ефективна робота гідросівалки відбувається за довжини паростка не більше 4 мм, а зміна маси насіння при замочуванні відбувається перші 2-4 години при цьому вага насіння зростає до 30%;

- доведено, що зменшити налипання насіння до ложок можливо за умови використання матеріал з низьким коефіцієнтом тертя наприклад з ПВХ;

- встановлено, що динаміка розвитку паростка залежить від температури пророщування насіння, за температури 38...40 °С поява паростків відбувається через 1,5...2 години, висів пророслого насіння повинен відбуватися стислі терміни;

- середня критична швидкість руху повітряного потоку насіння сорту «Кібрія» становить - 2,8 м/с, для сорту «Фенікс» - 3 м/с, насіння кабачка «Атіла» – 3,46 м/с;

- встановлено бажані значення факторів за яких пропуск насіння матиме найменше значення $\Pi=2,5\%$ відповідно становитимуть: x_1 – частота обертання висівного диску $18,75 \text{ c}^{-1}$, x_2 – тиск наддуву рідини для скидання насіння 1,54 атм., x_3 – швидкість потоку повітря 6,3 м/с;

- доведено ефективність гідравлічного висіву так приріст врожаю на посіві огірків склав 4 т/га, що становить 10% від загальної врожайності.

4. За результатами проведеного аналізу встановлено, що завдяки своєчасному фінансуванню та проведенню профілактичних заходів, стан справ системи охорони праці в господарстві знаходиться на належному рівні. Розроблені вимоги, щодо правил експлуатації гідросівалки дозволять уникнути травмування під час виконання посіву.

5. За результати економічної оцінки встановлено ефективність проведеного удосконалення гідросівалки ЕГС-1, яке дозволило отримати приріст урожаю при вирощуванні огірків сорту Кібрія на 4 т/га. Загальний економічний ефект з врахуванням експлуатаційних витрат та приросту врожайності склав 26063,18 грн, що дозволить окупити проект за 0,66 року. Згідно з проведеними розрахунками проведена оптимізація роботи гідравлічної сівалки для посіву насіння овочевих культур з підвищеним вмістом крохмалю забезпечила хорошу ефективність її роботи, що дозволяє рекомендувати сівалку до впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стрижов, О.М. Розповіді про овочі. А. Н. Стрижов. - К: Нива, 1985. – 160 с.
2. Д'яченко, В.П. Біологічні засади отримання високих урожаїв овочевих культур/В.П. Д'яченко, Н.А. Адрицька, . – Херсон: ХДАЕУ, 2020. – 122 с.
3. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
4. Лихацький В.І. Улянич О.І., Гордій М.В., Ковтунюк З.І., Слободяник Г.Я., Щетина С.В., Тернавський А.Г., Накльока О.П., Кецкало В.В. Овочівництво (практикум). Вінниця: Т.Д. Едельвейс, 2012. 457 с.
5. Гіль Л.С. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 1. Закритий ґрунт. Навчальний посібник /Л.С. Гіль, А.І. Пашковський, Л.Т. Сулима. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 367 с.
6. Барабаш О. Ю. Овочівництво: Підручник. – К. : Вища шк., 1994. 374 с.
7. Спосіб координатного гідропневматичного висіву насіння та пристрій для його реалізації. Патент України UA № 90998 A01C7/04. Бюл. № 12, 2010.
8. Овочівництво: навч посіб. / Г.І. Яровий, О.В. Романов. – Харків: ХНАУ, 2017. – 376 с.
9. Технології вирощування огірка: монографія / Г.І. Яровий, І.В. Лебединський, О.В. Сергієнко та ін. – Харків: ХНАУ, 2018. – 190 с.
10. Рекомендації по забезпеченню оптимальної густоти посівів сільськогосподарських культур / за ред. А.Г. Балана –К.: Урожай, 1974. – 64 с.
11. Яровий Г.І. Наукові основи вирощування та захисту основних овочевих і баштанних культур від хвороб і шкідників/ Г.І. Яровий. – Харків: Плеяда, 2010. – 375 с.
12. Болотських О.С. Огірки / О.С. Болотських, М.С. Єфімов, В.М. Лисицин. – Київ: Урожай, 1987. – 136 с.

13. Грунтознавство: навч. пос. / В. І. Аверченко, Н. М. Самойленко. – Харків : Мачулін, 2018. – 118 с.
14. Грунтознавство: Курс лекцій. – Ужгород: Гражда, 2011. – 368 с.
15. Beverly, R.V. A simple tractor mount for a vegetable plot seeder / R.V. Beverly. HortScience, T. 22. N 5, 1987. - p. 955.
16. Якубиця, Т.С. Огірки/Т.С. Якубиця, М.М. Гришкевич, Ю.М. Забара, Н.М. Завадська. - 2-ге вид., перероб. та дод. - Мн.: Урожай, 1987. - 62 с
17. Галушко, Е.Д. Комплексна механізація вирощування овочевих культур/Е.Д. Галушко. - К.: Колос, 1986. - С. 224.
18. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гідропневматичного апарата точного висіву насіння овочевих культур [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.05.11 / Бойко Владислав Борисович ; Тавр. держ. агротехнол. ун-т ім. Дмитра Моторного. - Мелітополь, 2021. - 191 с.
19. Сисолін П.В., М.О. Свірень. Висівні апарати сівалок. Кіровоград. 2004. 160 с.
20. Патент на винахід України №2357393, А01С7/04; Пневматичний висівний апарат / О.М. Зуб, О.М. Кулинич, В.М.; заявл.: 25.12.2007, опубл. 10.06.2009. 6 с.
21. <https://schmotzer.de/de/seeder/195056/pneumatic-vacuum-system-p4000.html>
22. <https://www.matermacc.it/news-events/mso-mso-duo>
23. Авторське свідоцтво №1678225, А01С7/00; Гідравлічна сівалка/М.В. Мюйріпеал, Є.М. Давідсон. - 4771011/15; заявл. 30.10.1989; опубл. 23.09.1991. 2 с.
24. Бакум М.В., Ящук Д.А. Результати порівняльних польових досліджень способів посіву насіння овочевих культур. Вісник ХНТУСГ. Харків. – 2013, Випуск 135. – С. 374-379.
25. Пастушенко С. І., Горбенко О.А., Огієнко М.М. Лабораторно-експериментальні дослідження процесу виділення насіння дині та доробки технологічної маси гідропневмосепаратором. Науковий вісник Національного аграрного університету. К.: НАУ. 2008. Вип. 125. С. 349-355

26. Шапров, М.М. Механіко-технологічне обґрунтування ефективних технологій та технічних засобів для отримання насіння огірків: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Шапров Михайло Миколайович. - Вінниця, 2005. - 393 с.
27. Бойко В.Б. Теоретичні дослідження процесу формування псевдозріженого шару в гідро-пневматичному висівному апараті. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Всеукр. наук.-техн. журнал ВНАУ. Вінниця. 2015. Вип. 3. С. 10-16.
28. Босий, Є.С. Теорія, конструкція та розрахунок сільськогосподарських машин. / Є.С. Босий, О.В. Верняєв, І.І. Смірнов. – К: Машинобудування, 1978. - 568 с.
29. Дідур В.А. Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / В.А. Дідур, Д.П. Журавель. – Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. – 476 с., іл.
30. КОБЕЦЬ А.С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : практикум / КОБЕЦЬ А.С., КОБЕЦЬ О.М., ПУГАЧ А.М. – Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. – 164 с.
31. Веденяпін Г.В. Загальна методика експериментального дослідження та обробки дослідних даних. Вид.2-е, дод. М Колос 1967р. 159с.
32. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. 268 с.
33. Насіння сільськогосподарських культур ДСТУ 4138 – 2002. – Київ Держстандарт України 2003.
34. О.М. Довженко. Класифікатор для визначення критичної швидкості частинок зернового вороху/// науковий журнал «Зерно». Київ. - 2019. - №3. - С. 35-37.
35. Карпенко, О.М. Сільськогосподарські машини/О.М. Карпенко, В.М. Халанський. – 5-те вид. - М.: Колос, 1983. - 495 с.
36. Нечаєв В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005. – 232 с.

37. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
38. Джеджула В. В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів: навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.
39. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки" № 2245-III зі змінами від 09.04.2014 - № 1193-VII набирає чинності з 26.04.2014 р.
40. «Закон України «Про охорону праці». №2695-XII закон діє у редакції від 21 листопада 2002 р. із наступними змінами.
41. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
42. Косачов, Г.Г. Економічна оцінка сільськогосподарської техніки/Г.Г. Косачів.: Колос, 1978. - 240 с.
43. Сичова М.О. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню диплом-них проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі тракторів і автомобілів. Дніпр, держ. агр. ун-т.; уклад. М.О. Сичова, Н.О Шевченко. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. -24 с.