

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Модернізація просапної сівалки з дослідженням параметрів
висівного апарата»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-23М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
_____Драндалуш Іван Васильович
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____Ірина СИСОЛІНА
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент
професор, докт. техн. наук
_____Віктор АУЛІН
« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

1. Вступ

Посів насіння має визначальне місце в системі агротехнічних заходів. Від його проведення особливо залежить якість сходів, розвиток рослин, а також урожай. Тому до посівної техніки та якості сівби пред'являлись і пред'являються жорсткі агротехнічні вимоги [4]. Крім того, сьогодні точність і продуктивність сівби просапних культур (соняшник і особливо кукурудза) мають визначальне значення для бюджету аграрних господарств [13].

Аналіз ринку сучасної посівної техніки свідчить, що останнім часом зростає інтерес до таких універсальних сівалок, які працюють за ресурсозберігаючими технологіями [8].

Прийоми посіву кукурудзи на зерно і силос – широкорядний, квадратно-гніздовий і пунктирний. Пунктирний посів виконують пневматичними сівалками СУПН – 8, СУПН – 8А, СУПН – 6, СУПН – 6А, СПЧ – 6М з міжряддям 70 см, відстанню між рослинами у рядку в залежності щодо густини їх стояння 10 – 43 см. Пунктирний посів підвищує продуктивність праці і спрощує технологію обробки кукурудзи.

Дослідженням питання модернізації просапної сівалки та обґрунтування важливих її параметрів займалися такі вчені як Бойко А.І. [1], Войтюк Д.Г. [2, 9], Заїка П.М. [6], Сисолін П.В. [10, 11,12] та інші.

Однак в теперішній час машин для посіву кукурудзи недостатньо, вони не в повній мірі відповідають агротехнічним вимогам і мають ряд недоліків, які впливають на урожайність культур. Тому розробки магістерської роботи направлені на модернізацію таких вузлів сівалки СУПН – 8А як висівного апарату, так і коробки зміни передач, що дозволить підвищити продуктивність сівалки, значно знизити металоємність і покращити якість посіву з метою найбільш повної відповідності сівалки СУПН – 8А агротехнічним вимогам.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Інженерна частина

В даній магістерській роботі проводиться модернізація кукурудзяної сівалки СУПН-8А

2.1. Агротехнічні вимоги

2.1.1. Призначення машин

Сівалка призначена для пунктирного висіву насіння кукурудзи, соняшника й інших культур просапних, із одночасно внесенням, одночасно, мінеральних добрив.

2.1.2. Зона використання

Повсюди в районах, де вирощується кукурудза, крім зон гірського землеробства.

2.1.3. Якісні показники технологічного процесу

2.1.3.1. Сівалка повинна забезпечувати висів насіння просапних культур з міжряддям 70 см.

2.1.3.2. Сівалка повинна забезпечувати висів заданої кількості насіння на гектар: кукурудза, соняшник – 25...150 тис. шт/га; сорго – 50...450 тис. шт/га; сої - 300...900 тис. шт/га.

Допустиме відхилення від заданої норми висіву 5%

2.1.3.3. Пошкодження насіння при висіванні пневматичним апаратом – 0,2 %

2.1.3.4. Сівалка повинна забезпечувати рівномірне розподілення насіння в рядку

2.1.3.5. Насіння повинно укладатись на ущільнене ложе, а глибина заробки насіння повинна регулюватись в межах 4...12 см.

2.1.3.6. Одночасно з висівом насіння сівалка повинна забезпечувати рядкове внесення мінеральних добрив з нормою 50...250 кг/га.

2.1.4. Техніко-експлуатаційні вимоги

2.1.4.1. Посівний агрегат в процесі роботи повинен обслуговуватись

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.1.4.2. Ширина сівалки в положенні дальнього транспортування не повинна перевищувати 4 м.

2.1.4.3. Сівалка повинна бути обладнана маркерами двохсторонньої дії

2.1.4.4. Посівний агрегат повинен бути обладнаний пристроєм, контролюючим висів насіння в кожному сошнику, рівень насіння та добрив в бункерах.

2.1.4.5. Підсумкова місткість бункерів для насіння повинна бути 260 дм³, для добрив – не менше 180 дм³.

2.1.4.6. Гарантований термін служби сівалки 2 роки (8 років)

2.1.5. Принцип дії сівалки

Оберти дисків висівних та шнеків туковисівних апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс через ланцюгові передачі та механізми зміни передач.

Розрідження в порожнині висівного апарата створюється вентилятором, оберти якому надаються від ВВП трактора.

Насіння присмоктується до отворів обертального диска, які знаходяться в зоні вакууму і транспортуються з забірної камери до місця викиду.

В нижній частині висівного апарата при переході отворів з зони розрідження до зони атмосферного тиску насіння по одному відпадає від отворів і укладається на дно борозни, яку утворила п'ята сошника.

Усунення «зайвого насіння», яке присмокталось до отвору, здійснюється скидачем зайвого насіння, який встановлено в забірній камері.

Одночасно з висівом насіння виконується висів мінеральних добрив.

Пружинні шнеки виносять добрива з бункера до воронкопроводів. Розсіювачі, які встановлені у воронках, забезпечують рівномірний висів мінеральних добрив на дно борозни, яку утворює туковий сошник.

Підгортальники закривають ґрунтом борозни з висіяними насінням та добривами. Прикочуючи колеса, які знаходяться за підгортальниками, ущільнюють ґрунт над борозною, створюючи умови для підтягування вологи до насіння, а шлейфи вирівнюють ґрунт після проходу агрегату.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Коли агрегат просувається по полю, маркер, який знаходиться на ґрунті, робить слід для послідуєчого проходу агрегату.

Процес висіву контролюється системою контролю УСК.

Принципову схему технологічного процесу висіву рисунок 2.1.

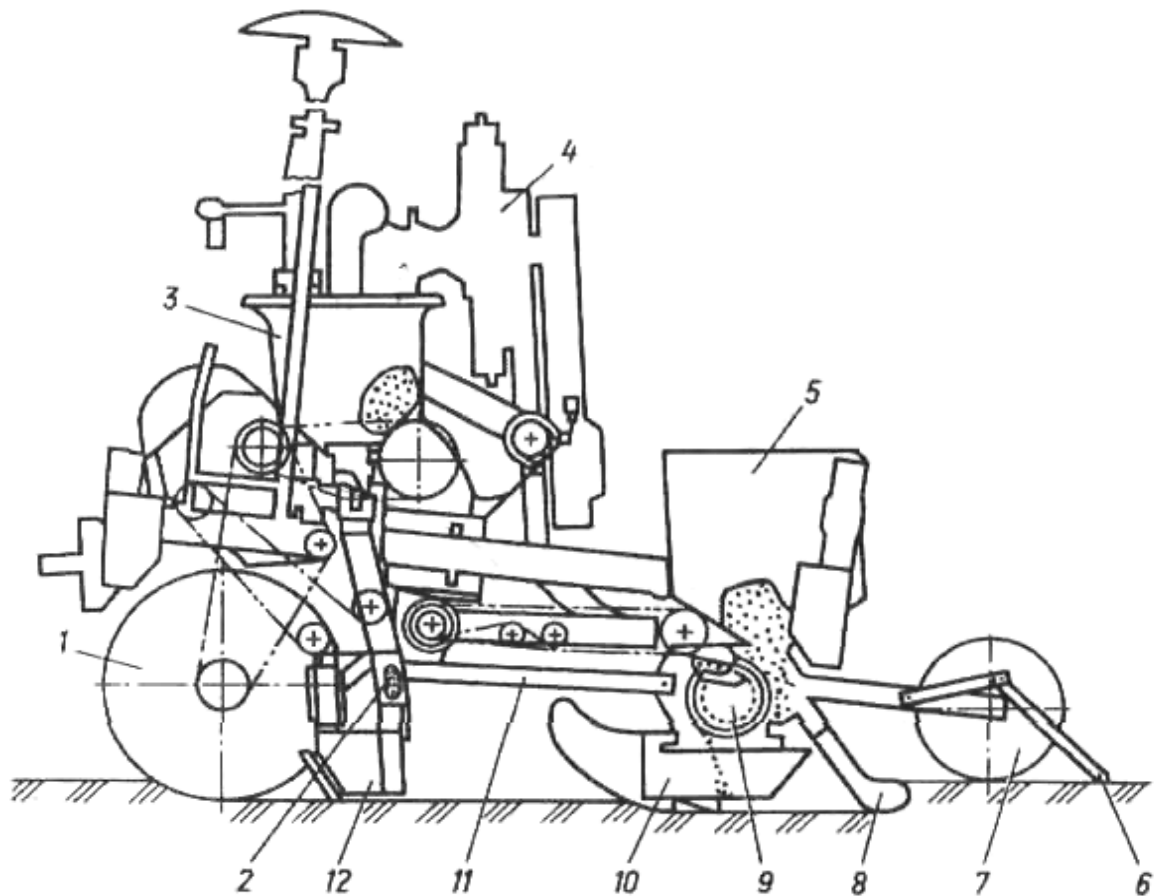


Рисунок 2.1. Схема технологічного процесу висіву

1- опорно-приводне колесо; 2 – тукопровід; 3 – туковисівний апарат; 4 – вентилятор; 5 – бункер для насіння посівної секції; 6 – шлейф; 7 – прикочувальне колесо; 8 – загортальні системи; 9 – насінневисівний апарат; 10 – сошник; 11 – паралелограмна підвіска; 12 – туковий сошник.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.2. Літературний огляд машин

Практично всі сівалки для сівби просапних культур здійснюється точний, або пунктирний висів.

Найбільше розповсюдження отримали пневматичні сівалки на принципі розрідження. Відомі також сівалки з централізованим висівним апаратом фірми 114 Corn, США; Bapardo, Франція, але вони не знайшли широкого розповсюдження.

Провідна американська фірма John Deere пропонує різні види просапних сівалок (Max-Eterge 2), в тому числі причіпних і начіпних. За рядністю і міжряддями налічується 75 виконань з пристосуваннями для здвоєння рядів і гребеневої сівби і 2 моделі сівалок з незалежним приводом секцій. Більшість цих моделей має головний брус одного й того ж перерізу /сталева труба 178 x і 78/, а деякі легкі /7200 Standart, 4-6-рядна/ мають полегшений брус перерізом 127 x 178 мм.

Посівні секції монтують на опорному брусі за допомогою паралелограмної підвіски з одинарною або подвоєною пружиною, на секціях встановлюють дискові, без дискові або пневматичні висівні апарати зі стандартним або збільшеним бункером /56 або 106 дм³/.

Сівалки, обладнані посівними секціями Max-Eterge 2, забезпечують стабільність загортання насіння в ґрунт на задану глибину, поліпшують рівномірність розташування насіння в рядку та його контакт з ґрунтом, а також забезпечують ефективний контроль за якістю поверхневого ущільнення.

Сівалки після переобладнання можна використовувати на полях із мінімальною обробкою ґрунту. У стандартному виконанні до посівної секції входять полозковий сошник, хвилястий або рифлений диск діаметром 400 мм і прикочувальний коток. Дисковий борозник або V- подібний нарізувач грядок доповнюють секцію в посушливих або у вологих умовах (рис.2.2.).

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

На сівалці також можуть встановлюватись культиваторні лапи, які розпушують насіннєве ложе, звільняють рядок від грудок землі, руйнують ґрунтову кірку і знищують дрібні бур'яни перед сошником.

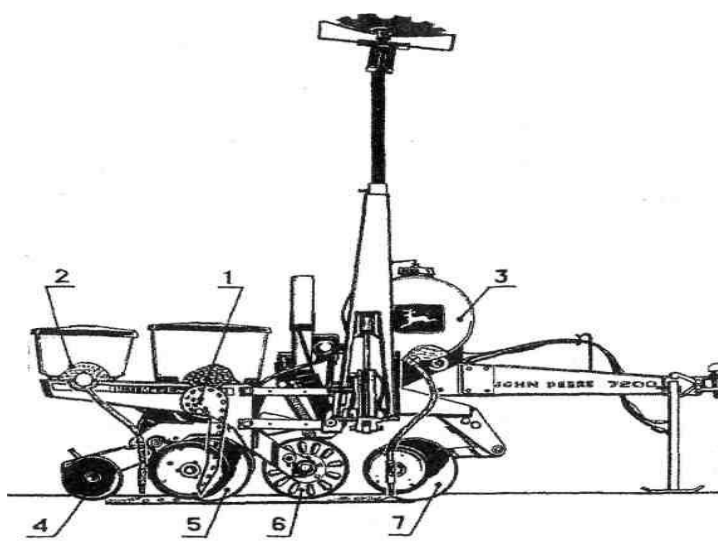


Рис. 2.2. Схема просапної сівалки моделі 7200

1 - висівний апарат; 2 - пристосування для внесення сухих пестицидів; 3 - пристосування для внесення рідких добрив; 4 - прикочувальний коток; 5 - дводисковий сошник із ребордою; 6 - хвилястий або рифлений диск; 7 - туковий сошник із ребордою.

Фірма Case IH (США) пропонує великий вибір сівалок різних розмірів і видів в залежності від способу обробки ґрунту, розмірів оброблюваної площі та рельєфу місцевості. Випускаються причіпні і начіпні сівалки з суцільнобрусною рамою; начіпні з рамою, що складається у вертикальній площині, 4-, 6-, 8-, 12- і 17-рядні для звичайного /762 мм/ і широкорядного /914, 965 і 1016 мм/ посіву.

Сівалки серії 900 обладнують механічними дисковими висівними апаратами або пневматичними апаратами централізованого висіву.

Сівалки можуть комплектуватися додатковим устаткуванням: пристроями для внесення сухих або рідких добрив, хімічних гранульованих препаратів, для рядового обробітку ґрунту при роботі на різних фонах (рис. 2.3).

На широкозахватних сівалках моделі 900 встановлені гідрофіковані маркери, широко профільні шини опорних коліс, а також електронна система контролю.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

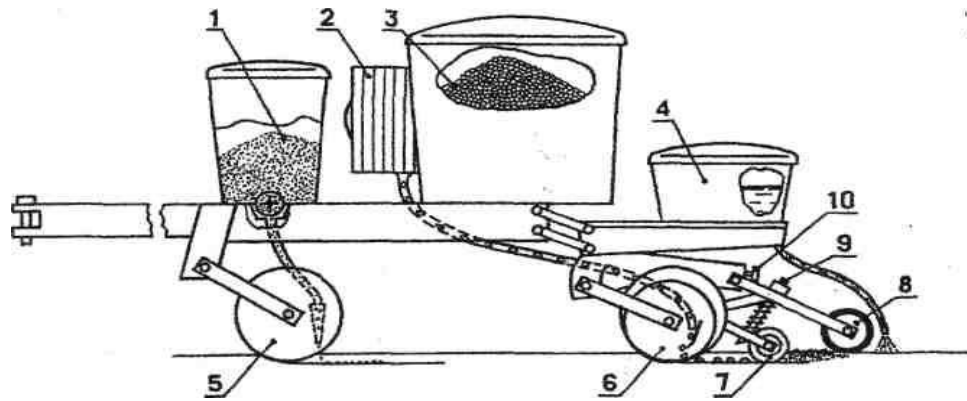


Рис. 2.3. Схема причіпної просапної сівалки моделі Cyclo-900 фірми Case IH

1 - пристрій для внесення сухих добрив; 2 - висівний апарат; 3 - централізований бункер для насіння; 4 - пристрій для внесення рідких або сухих пестицидів; 5 - туковий сошник; 6 - насінневий сошник із ребордою; 7 - дисковий загортач; 8 - прикочувальний коток; 9 - гвинтовий регулятор заглиблення загортачів; 10 - гвинтовий регулятор глибини ходу висівної секції.

Фірма США White створила різні види просапних сівалок моделей 5100, 51008, 5100H 5700, які випускають у 4-, 6-, 8- і 12-рядному виконанні із традиційними для фірми пневматичними висівними апаратами надлишкового тиску. Сівалки додатково обладнуються різальними дисками, вантажами і прикочуючими котками для прямого посіву (рис. 2.4).

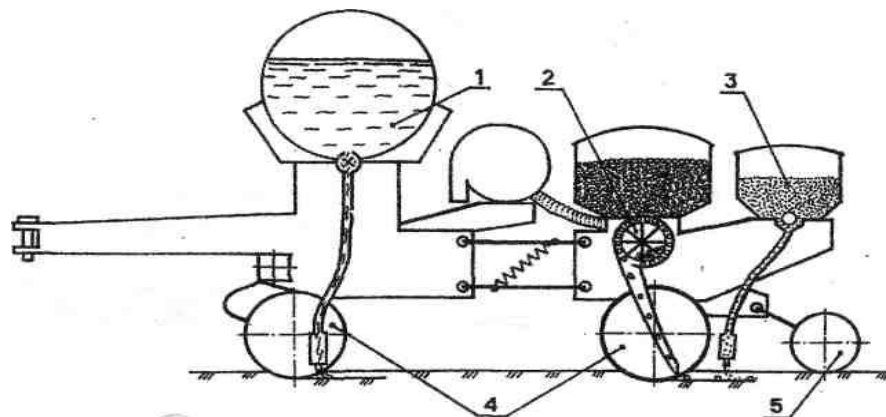


Рис.2.4. Схема просапної сівалки фірми White.

1- пристрій для внесення рідких добрив; 2- пневматичний висівний апарат; 3- пристрій для внесення сухих пестицидів; 4- дводисковий сошник; 5- прикочувальний коток.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для сівби сої зі звуженими міжряддями /380 або 482 мм/ на сівалці монтується додаткову раму з посівними секціями. Ця операція займає не більше 20 хвилин.

В останні роки широко рекламує свою продукцію фірма Кіпзе. На сівалках застосовують посівні секції типу Max-Eterge 2 з набором із трьох комплектів змінних висівних апаратів: пальцевого, внутрішньо реберчастого та з горизонтальним диском.

Привод висівних апаратів - централізований від опорно-приводного колеса через коробку зміни передач зі змінними шестернями. Сівалки випускаються в 2-24-рядному виконанні.

Фірма США Deutz-Allis випускає сівалки (Twin-Line), які в залежності від умов праці /мінімальна або звичайна обробка ґрунту/ комплектуються посівними секціями, що шарнірно начеплені на двосекційний трубчастий брус за допомогою паралелограмної підвіски.

Висівні апарати - горизонтально-дисківі або пневматичні, комплектуються набором дисків для сівби різного насіння просапних культур. У залежності від виду ґрунтів сівалки обладнані полозковими або дводисковими сошниками. Сівалки також комплектуються п'ятьма типами прикочуючих котків, маркерами з гідроприводом.

У залежності від довжини рами сівалки випускаються рядністю від 2 до 24. Сівалки виконуються з універсальним брусом, начіпними, причіпними зі складаною рамою і забезпечують посів із міжряддям від 38 до 100 см.

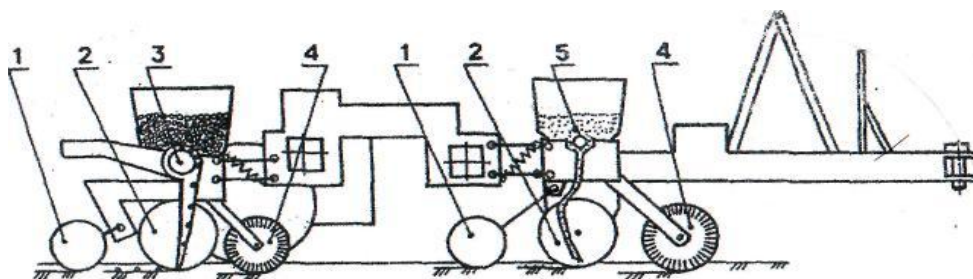


Рис. 2.5. Схема сівалки Twin-Line.

1 - прикочувальний коток; 2 - дводисковий сошник; 3 - висівний апарат; 4 - різальний диск; 5 - бункер для насіння.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Широкозахватні сівалки моделі 390 8-,12-, 16- або 24-рядні зі складаною вперед рамою агрегатуються з трактором потужністю ПО - 160 к.с. На 8- і 12-рядних сівалках складання рами виконується під дією восьми електрокерованих гідроциліндрів.

Для порівняння сівалки СУПН-8А з закордонними зразками наведені агротехнічні показники (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Агротехнічні показники висівних систем

Фірма	Модель	Ширина захвату, м	Кількість Рядків	Норма висіву, кг/га		Нерівномірність висіву насіння, %	Пошкодження насіння, %.
				Насіння	добрива		
Morris	M-600 Genesis	9,5	31	3-180	263	5,5-12	0,1-0,6
		7,6	25	3,5-135	245	5,5-8,2	1-5,5
Flexi-Coil	1600	10,9	36	15-140	320	3,2-10	0,6-1,7
Con-Cord	AS1002	6	20	3-120	244	9-11	0,4-4
Great Plains	ADC-0285	13,3	75	4-135	180	8-22	1-5
John Shearer	МК-3	9,9	30	24-105	265	8-18	0,1-1,4
АТ Ельворті	СУПН-8А	5,6	8	25-150	50-250	3	0,2

Вивчивши різні конструкції вітчизняних і закордонних сівалок,робимо висновок,що сівалка СУПН-8А хоча і має багато відмінностей у конструкції, але за агротехнічними і технічними показниками мало чим відрізняється від закордонних зразків. А також має навіть ряд переваг: менше дроблення насіння,менша нерівномірність висіву та інше.

2.3. Обґрунтування напрямку вдосконалення конструкції

Підставою для обґрунтування напрямку вдосконалення конструкції було вивчення недоліків серійної конструкції висівного апарата сівалки.

Одним із суттєвих недоліків пневматичного висівного апарату є недостатньо рівномірне розподілення насіння вздовж рядка. Однією з причин

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

цього є незабезпечення 100% заповнення отворів, особливо при роботі на підвищених частотах обертання висівного диска.

На підставі викладеного визначасмо напрямки модернізації базової сівалки.

Дослідження проводяться на визначення чинників, які дадуть змогу покращити процес висіву кукурудзи, їх характер та ступінь впливу.

Важливим є показник якості присмокування насіння до отворів розподільчого елемента залежить від конструктивних параметрів і режимів роботи висівного апарата, зокрема від параметрів вакуум камери (довжина, глибина), параметрів отворів розподільчого елемента (діаметри присмокувальних та вакуумних отворів) а також режимів роботи (частота обертання диска, глибина вакууму).

Оскільки якість заповнення розподільчого елемента в значній ступені залежить від одно зернового заповнення отворів насінинами, то при проведенні досліджень будуть визначатися оптимальні умови та режими роботи пневматичного висівного апарата.

2.4. Технологічні розрахунки

2.4.1. Розрахунок конструктивних параметрів і режиму роботи пневматичного висівного апарата

Основними конструктивними параметрами і показниками режиму роботи, які впливають на якість і норму висіву, є: діаметр, кількість присмокувальних отворів, діаметр та колова швидкість диску, розміщення зони присмокування і спосіб віддалення зайвого насіння, величина розрідження у вакуумній камері.

Приймаємо основні вихідні дані:

- робоча швидкість, км/год. – 7,2 ;
- норма висіву, шт./га – $25 \cdot 10^3$; $125 \cdot 10^3$;
- ширина міжрядь, см – 70;
- кількість рядків, які засіваються ,шт. – 8;

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- діаметр приводного колеса, м – 0,482(з урахуванням прогину шини).

Щоб насіння не потрапило у вакуумну камеру та не заклинювалося у присмоктувальних отворах, діаметр останніх вибирають за співвідношенням:

$$d_e = (0,7 - 0,8) \cdot B_{\min} \quad (2.1)$$

де B_{\min} - мінімальна ширина насіння, для кукурудзи приймаємо $B_{\min} = 7$ мм.

Тоді, з рівняння (4.1), $d_e = 4,9/5,6$ мм, приймаємо $d_e = 5,5$ мм.

Крок між отворами для однонасінневого висіву визначаємо за формулою:

$$t_1 = 2 \cdot l - d_e \quad (2.2)$$

де l - максимальна довжина насіння, для насіння кукурудзи приймаємо $l = 11$ мм.

Тоді $t_1 = 2 \cdot 11 - 5,5 = 16,5$ мм

Таким чином, крок між отворами висівного диску повинен бути не менше 16,5 мм, тоді, навіть при самому несприятливому розташуванні насіння біля суміжних отворів, вони не будуть заважати нормальному присмоктуванню їх до отворів.

Перевіримо чи відповідають цим вимогам висівні диски з кількістю отворів $z = 22$.

При заданій кількості отворів z на певному діаметрі їх розміщення d крок між отворами t визначається залежністю:

$$t = \frac{\pi \cdot d}{z} \quad (2.3)$$

При діаметрі розташування отворів $d = 120$ мм крок між отворами буде становити:

$$t = \frac{3,14 \cdot 120}{22} = 17,1 \text{ мм}$$

Таким чином, умови забезпечення мінімально допустимого кроку між отворами забезпечується, оскільки $t > t_1$ ($17,1 > 16,5$).

Визначимо необхідну частоту обертання висівного диску із умови забезпечення заданої норми висіву насіння кукурудзи.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Оберти висівного диску n_d визначаємо за формулою:

$$n_d = \frac{V_c \cdot 60 \cdot 10^4}{a_o \cdot z}, \text{об/хв} \quad (2.4)$$

де V_c - робоча швидкість сівалки, м/с ($V_c = 7,2$ км/год, або 2 м/с);

a_o - інтервал між насінинами в ряду.

Так як норма висіву задана кількістю насіння на га ($N_{\min} = 25 \cdot 10^3$ шт./га та $N_{\max} = 125 \cdot 10^3$ шт./га), то необхідно визначити її через інтервал a_o :

$$a_o = 10^4 / N \cdot b \quad (2.5)$$

де b - ширина міжрядь, м ($b = 0,7$ м)

Тоді:

$$a_{o \min} = 10^4 / 25 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 0,57 \text{ м} = 57 \text{ см}$$

$$a_{o \max} = 10^4 / 125 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 0,11 \text{ м} = 11 \text{ см}$$

Із формули 2.4 знаходимо:

$$n_{\min} = \frac{V_c \cdot 60 \cdot 10^2}{a_{o \min} \cdot z} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^2}{57 \cdot 14} = 15 \text{ об/хв}$$

$$n_{\max} = \frac{V_c \cdot 60 \cdot 10^2}{a_{o \max} \cdot z} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^2}{11 \cdot 22} = 49,6 \text{ об/хв}$$

Примітка: для максимальних норм висіву на серійних сівалках СУПН-8А використовують висівні диски з $z = 22$, а для мінімальних – $z = 14$.

Оберти ходового колеса будуть дорівнювати:

$$n_{x.k.} = \frac{60 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot V_c}{\pi \cdot D_{xk}}, \text{об/хв} \quad (2.6)$$

де ε – коефіцієнт ковзання ходових (опорно-приводних) коліс (для пневма-тичних коліс $\varepsilon = 0,05$);

D_{xk} – діаметр ходового колеса (із рахуванням прогину шини можна прийняти $D_{xk} = 0,482$ м).

Тоді:

$$n_{x.k.} = 60(1 - 0,05) \cdot 2/3,14 \cdot 0,482 = 75,5 \text{ об/хв.}$$

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо максимальне і мінімальне передаточні відношення механізму приводу:

$$i = n_d / n_{x.k.} \quad (2.7)$$

де n_d – частота обертання висівного диску , об/хв;

$n_{x.k.}$ – загальне передаточне відношення механізму приводу сівалки.

$$i_{\min} = 15/75,5 = 0,199$$

$$i_{\max} = 49,6/75,5 = 0,66$$

2.4.2. Вибір об'єму насінневого бункера.

Об'єм бункера вибираємо із умови забезпечення роботи сівалки без дозаправки насінням на заданій довжині шляху при максимальній нормі висіву.

Для просапних сівалок об'єм бункера визначають за залежністю:

$$V_B = \frac{(1,1 - 1,15) \cdot L \cdot B \cdot Q}{y_c \cdot 10^4} \text{ дм}^3 \quad (2.8)$$

де L – довжина шляху, який проходить сівалка від заправки до заправки, м

$L = l \cdot n$ (l – довжина гону, n – кількість гонів), з урахуванням характеристики конкретного поля, приймаємо $l = 1000$ м, $n = 6$;

B – ширина захвату сівалки (для СУПН-8А $b = 5,6$ м);

Q – норма висіву насіння, кг/га.

Знаючи кількісну норму висіву $N_{\max} = 125 \cdot 10^3$ і абсолютну масу насіння кукурудзи δ ($\delta = 280$ г).

Визначаємо вагову норму:

$$Q = \frac{N \cdot \delta}{10^6} = \frac{125 \cdot 10^3 \cdot 280}{10^6} = 35 \text{ кг/га}$$

де δ - об'ємна маса зернин кукурудзи, приймаємо $\delta = 0,87$ кг/дм³.

Підставивши усі необхідні величини в рівняння 2.8, отримаємо:

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_B = \frac{1,15 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 5,6 \cdot 35}{0,87 \cdot 10^4} = 155,45 \text{ дм}^3$$

Приймаючи до уваги, що на серійній сівалці об'єм бункера становить 0,176 м³ і виходячи з вимог уніфікації сівалок приймаємо об'єм бункера такий, як і в серійній сівалці, тобто 0,176 м³.

Висновки до розділу.

Проведений аналіз сприяв визначенню недоліків висівного апарата, один з головних - недостатньо рівномірне розподілення насіння вздовж рядка. Причини цього є незабезпечення 100% заповнення отворів, особливо при роботі на підвищених частотах обертання висівного диска, а також присмокування більше однієї зернини.

Покращення роботи висівного апарата досягається за рахунок встановлення диска-екрана, що притискається до насінневої камери, з вирізами розміщеними в зоні розташування отворів висівного диска, таким чином можна запобігти утворенню склепінь в насінневій камері, зменшити відносну швидкість насіння по висівному диску, а також сприяти стабільному заповненню отворів диска насінинами особливо при збільшенні робочої швидкості посіву, тим самим зменшити матеріаломісткість висівного диска і підвищити технологічність його виготовлення.

Об'єкт дослідження – це процес висіву насіння.

Предметом дослідження є параметри конструктивні та ті, що стосуються режимів вакуумної камери, що забезпечують функціонування процесу висіву.

Мета і задачі дослідження

Покращення якості сівби є метою дослідження.

1. Проведення дослідження впливів параметрів і режимів вакуумної камери на заповнення отворів розподільчого елемента насінням і розподіл насіння в борозні.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Проведення дослідження впливів параметрів вакуумної камери на процес присмоктування насіння до отворів.

3 Проведення дослідження впливу епюри розподілу статичного тиску по довжині вакуум камери на заповнення отворів розподільчого елемента.

4. Проведення дослідження впливів параметрів вакуумної камери і епюри розподілу статичного тиску по її довжині на скидання і розподіл насіння в борозні.

5. Проведення дослідження впливів параметрів розподільного елемента на роботу висівного апарату.

6. Визначення оптимальних методів регулювання величини вакууму для висіву насіння кукурудзи.

3. Наукова частина

3.1. Експериментальні дослідження

3.1.1. Методика експериментальних досліджень

При виконанні досліджень для визначення тиску користувалися наступною методикою.

Заповнення отворів розподільчого елемента визначалося шляхом визначення кількості незаповнених отворів розподільчого елемента і кількості висіяного насіння. Тоді кількість отворів, в яких насіння розташовується: по два

$$N_2 = N_o - (N - N_H) \quad (3.1)$$

по одинці

$$\begin{aligned} N_1 &= N - N_H - N_2 = N - N_H - N_o + N - N_H = \\ &2N - 2N_H - N_o = 2(N - N_H) - N_o \end{aligned} \quad (3.2)$$

де N - кількість отворів, що пройшли над місцем висіву;

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

NH - кількість незаповнених отворів;

NO - кількість висіяного насіння.

Для визначення кількості незаповнених отворів використовувався прилад, принципова схема якого представлена на рис. 3.1.

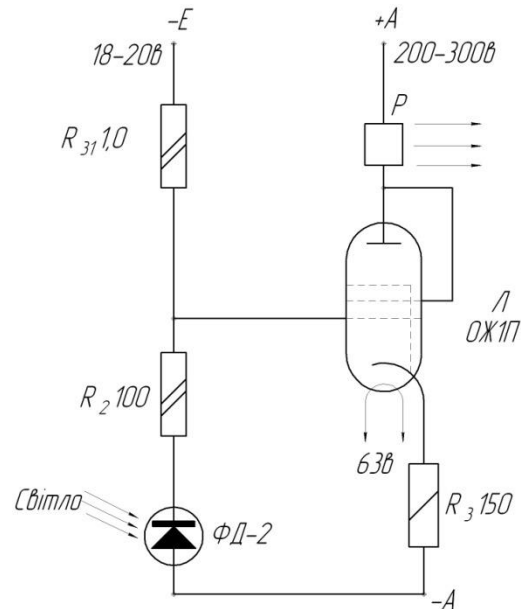


Рис.3.1. Принципова схема приладу для визначення кількості незаповнених отворів

Розподіл насіння на липкій стрічці оцінювався коефіцієнтом варіації.

Кількість повторів у всіх дослідах прийнята рівною 5.

Прийнятий в дослідженнях математичний метод планування експериментів

Складність явищ при пневматичному висіві не дозволяє отримати аналітичним методом достовірну математичну модель процесу. Тому в даній роботі поставлене завдання вирішується експериментально з використанням методів планування екстремальних експериментів.

Загальна схема планування експериментів для вирішення екстремальних завдань виглядає таким чином.

1. Постановка завдання.
2. Обрання параметрів оптимізації.
3. Обрання чинників.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Складання плану, його реалізація і побудова моделі.
5. Опис приладів, матеріалів, установок.

Постановка завдання

Описуваний метод використовувався при: визначенні оптимальних параметрів і режиму обертання розподільчого елемента параметрів і режиму вакуум камери, при яких забезпечується найкраще присмоктування насіння до отворів і розподіл їх в борозні.

Обрання параметрів оптимізації

Параметр оптимізації, що характеризує ефективність процесу, повинен:

1. Характеризувати ефективність процесу з позицій кінцевої мети.
2. Виражатися кількісно і однозначно оцінюватися одним числом; у ідеальному випадку числові значення критерію пропорційні ефективності і рівномірно розподілені у всьому інтервалі змін критерію - цими властивостями володіють тільки економічні критерії.
3. Володіти певною універсальністю для групи однорідних процесів.
4. Бути статистично ефективним, тобто нечутливим до невеликих випадкових коливань.
5. Бути простим і мати чіткий фізичний сенс.

Для оцінки рівномірності розподілу насіння на липкій стрічці використовується коефіцієнт варіації.

Для оцінки якості присмоктування насіння до розподільчого елемента введений показник

$$\lambda = \frac{(N_1 - N_2)}{N}$$

Вибір чинників

Чинником називатимемо вимірну змінну величину, яка має в певний момент певне значення, що відповідає одному з можливих способів дії на об'єкт дослідження.

Вимогами до чинників є:

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. Бажаність кількісної оцінки.
2. Відома точність фіксації значень (відома стабільність).
3. Відсутність лінійної кореляції між будь-якими двома чинниками.
4. Відсутність взаємозамінюваності чинників.

Рівноточність дослідів перевірялася по критерію Кохрена (F - критерії):

$$F = \frac{\sigma_{y_{чmax}}^2}{\sigma_{\Sigma}^2} \quad (3.3)$$

де

$$\sigma_{y_{чmax}}^2 = \frac{\sum_{l=1}^S (y_{ue} - \bar{y}_u)^2}{S - 1}$$

максимальна відрядкова дисперсія;

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sum_{u=1}^N \sigma_{yч}^2$$

сума всіх відрядкових дисперсії.

Якщо $F < F_T$ (F_T - табличне значення критерію для вибраного рівня значущості (0,05) і N незалежних вибірок об'єму S), то досліди рівноточні, тобто процес відтворюваний.

Опис приладів, матеріалів, установок

Оптимізація процесу присмокування насіння до отворів розподільного елемента

Під час дослідів поставлено завдання з'ясувати ступінь впливу досліджуваних чинників на якість роботи пневматичного висіваючого апарату і знайти напрям руху до тієї частини поверхні відгуку, де умови протікання процесу оптимальні.

Прийняті наступні позначення чинників і параметра оптимізації:

x_1 - число обертів n розподільного елемента;

x_2 - величина статичного тиску h_{cm} у вакуум камері;

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Стенд для випробування пневматичних висівних апаратів включає наступні вузли і деталі:

- 1) вентилятор з регульованим числом обертів; Він призначений для створення вакууму до пневмокамери висівного апарату;
- 2) дросель тиску; (за допомогою дроселя регулюється величина тиску в пневмокамері);
- 3) блок-мікроманометрів, слугуючих для виміру тиску в чотирьох точках пневмокамери;
- 4) датчики, статичного і загального тиску в пневмокамері, точніше в її патрубку;
- 5) механізму навішування апарату; (за допомогою цього механізму регулюється розташування висівного апарату у вертикальній площині, тобто розташування апарату над нескінченною стрічкою);
- 6) електродвигун з варіатором приводу розподільчого елемента; (варіатором досягається регулювання частоти обертання в заданих межах)
- 7) електромагнітний пристрій для відбору порцій висівного матеріалу;(він спрацьовує в момент початку відліку обертів, перекриваючи клапаном один з двох насіннепроводів; пристрій спрацьовує через кожні п'ять обертів);
- 8) стрічка призначена для дослідження розташування висівного насіння в борозні; (стрічка нескінченного типу обертається на двох барабанах, один з яких ведучий);
- 9) провідний барабан з регульованим числом оборотів дозволяє змінювати швидкість руху стрічки;
- 10) пневмокамера висівного апарату, в якій створюється вакуум;
- 11) розподільчий елемент (диск);
- 12) фотодіод, призначений для подачі сигналу на підсилювач про незаповнені отвори;
- 13) датчик статичного тиску;
- 14) двоплечий важіль;

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 15) кінцевий вимикач, що вмикає лічильник обертів для електромагнітного пристрою відбору порції висівного матеріалу;
- 16) коробка для відбору проб;
- 17) блок електровиконавчих механізмів;
- 18) блок живлення;
- 19) лічильник незаповнених отворів розподільного елемента;
- 20) лампочка електрична, необхідна для роботи фотодіода.

Робота стенду

Стенд для випробування пневматичних висівних апаратів працює таким чином . При включенні вентилятора в пневмокамері висівного апарату створюється вакуум, завдяки якому насіння присмоктує до отворів розподільного елемента.

За допомогою варіатора встановлюється необхідне число обертів диска.

При включенні двигуна, що приводить в рух розподільчий елемент (диск), присмоктує насіння рухається разом з диском. У нижній частині вакуум камери вакуум знімається і насіння під дією власної ваги випадає у відкритий канал насіннепроводу.

Відкриття каналів насіннепроводу чергується через п'ять обертів диска, що забезпечується спеціальним пристроєм.

Число отворів, незаповнених насінням фіксується за допомогою лічильника.

На малих обертах можливо також візуальне спостереження за кількістю пропусків, а також двійок на розподільчому елементі.

Залежно від мети дослідів насіння висівають як на стрічку, так і в спеціальну коробку.

При роботі стенду слід контролювати напругу джерела живлення установки, а також регулювати напругу підсилювача електронного лічильника.

Паралельно велася реєстрація повного і статичного тиску в підводному патрубку (рис.3.3)

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

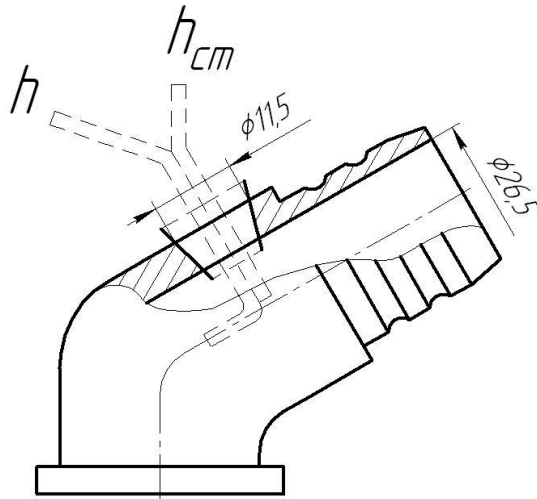


Рис.3.3. Схема виміру тиску в підводному патрубку.

3.2. Умови та результати проведення дослідів

3.2.1. Дослідження впливу параметрів розподільчого елемента на роботу висівного апарату

На якість заповнення отворів розподільчого елемента (диска) насінням, крім параметрів вакуумної камери, впливають діаметри присмоктуючого (d_1) і вакуумного (d_2) отворів.

Дослідження по вибору оптимальних параметрів диска проводилися на насінні кукурудзи, сорти ВІР-42, ІІ-ї фракції.

Параметри пневмокамери і дисків приймалися наступними:

Статичний тиск у вхідному патрубку $h_{ст} = 230$ мм. в. ст. (2270 Па); °; $z=14$ шт. $d_1 = 4,0 - 4,5 - 5,0 - 6,0 - 6,25$ мм; $d_2 = 6,0 - 8,0 - 9,0 - 11,0$ мм.

Дослідження проводилися при таких частотах обертання диска $n = 20, 40, 60, 70$ об/хв., що відповідає $\omega = 2,1-4,2-6,3-7,35$ рад/с.

Агротехнічні вимоги, що пред'являються до сівалок, здійснюючим пунктирним способом однозерновий посів, регламентують відстані між рослинами для кукурудзи повинна бути 20-25 см.,

Маючи дані по розподілу насіння в рядку, кількість отворів в диску і його число обертів, можна здійснити перехід від числа обертів розподільчого елемента до поступальної швидкості сівалки.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Так, для кукурудзи, при $z=14$ шт. і $l = 20$ см., частоті обертання диска $n=70$ об/хв. відповідає робочій швидкості сівалки $V_c= 11,7$ км/год. При відстані між насінням в рядку $l=25$ см, частоті обертання диска $n = 70$ об/хв. відповідає робочій швидкості сівалки $V_c= 13,5$ км/год.

Деякі результати досліджень по вибору оптимальних параметрів розподільчого елемента представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати випробувань по вибору оптимальних параметрів розподільчого елемента

d_2 мм	n об/хв.	d_1 мм	\bar{N}_H	\bar{N}_O	\bar{N}_1	\bar{N}_2	$\bar{\lambda}$	\bar{h}_1	\bar{h}_2	\bar{h}_3	\bar{h}_4
11	20	4	32	38	38	0	0,54	115	125	125	130
		5	9	61	61	0	0,87	120	120	120	130
		6	1	69	67	1	0,94	90	95	100	110
	40	4	51	19	19	0	0,25	120	130	120	130
		5	18	52	52	0	0,75	125	130	120	140
		6	4	66	66	0	0,95	125	120	125	130
	60	4	52	18	18	0	0,25	115	120	125	125
		5	11	59	57	1	0,8	120	120	130	135
		6	26	44	44	0	0,63	80	100	90	110
	70	4	48	22	22	0	0,32	130	130	125	120
		5	36	34	34	0	0,49	96	100	98	100
		6	9	67	61	3	0,83	110	115	120	120
8	20	4	27	43	43	0	0,62	100	110	110	115
		5	3	67	63	2	0,85	120	125	125	125
		6	2	68	66	1	0,93	145	150	140	145
	40	4	55	15	15	0	0,4	120	125	125	130
		5	8	62	62	0	0,88	120	125	120	125
		6	2	68	66	1	0,93	130	135	135	140
	60	4	55	15	15	0	0,3	120	130	130	135
		5	14	56	56	0	0,8	115	130	115	125
		6	18	52	52	0	0,74	130	135	130	135
	70	4	61	9	9	0	0,13	120	125	120	125
		5	48	22	22	0	0,42	120	125	125	125
		6	31	39	39	0	0,56	90	100	95	95
6	20	4	48	22	22	0	0,32	120	120	125	130
		5	4	66	64	1	0,9	100	120	115	115
		6	4	66	66	0	0,94	115	110	115	130
	40	4	64	6	6	0	0,2	120	120	125	128
		5	17	53	49	2	0,67	120	120	125	125
		6	6	64	64	0	0,93	140	145	145	145

					МПС 00.000.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						

6	60	4	57	13	13	0	0,19	110	115	125	120
		5	27	44	44	0	0,63	140	145	145	150
		6	21	49	49	0	0,7	125	130	130	125
	70	4	61	9	9	0	0,13	120	125	125	120
		5	38	32	32	0	0,46	130	130	125	135
		6	28	42	42	0	0,6	140	140	130	140

При вивченні залежності показника заповнення від діаметрів присмоктуючого d_1 і вакуумного отворів d_2 (рис.3.4-3.7) встановлено, що оптимальним для насіння кукурудзи є $d_1 = 5,0 - 5,5$ мм; $d_2 = 10 - 11$ мм.

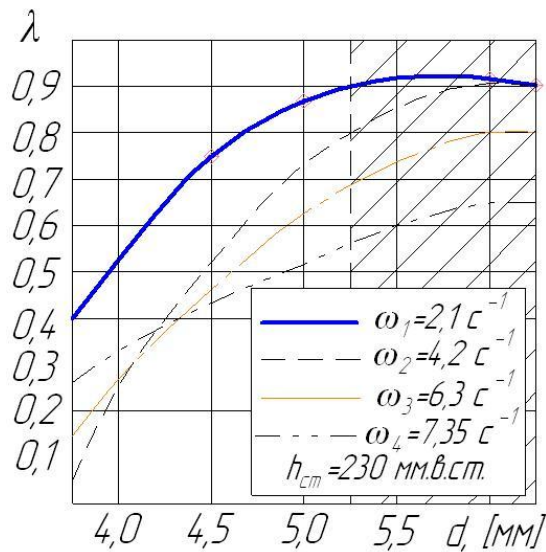


Рис.3.4. Графік зміни $\lambda=f(d_1)$ при вакуумному отворі $d_2=11$ мм

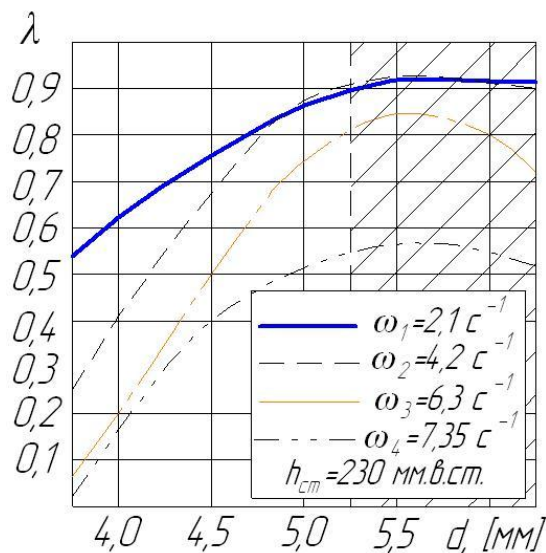


Рис.3.5. Графік зміни $\lambda=f(d_1)$ при вакуумному отворі $d_2=8$ мм

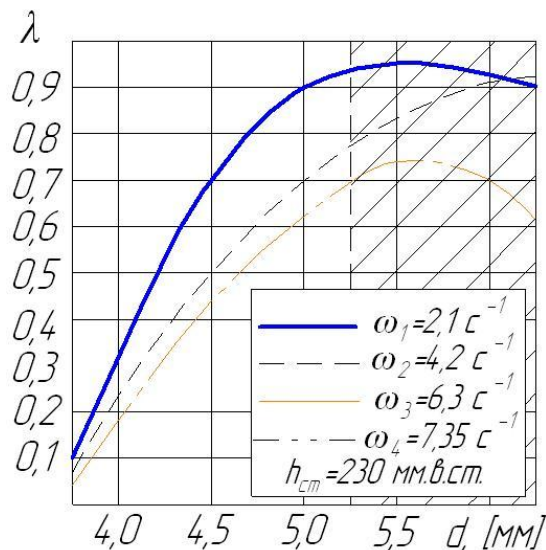


Рис.3.6. Графік зміни $\lambda=f(d_1)$ при вакуумному отворі $d_2=6$ мм

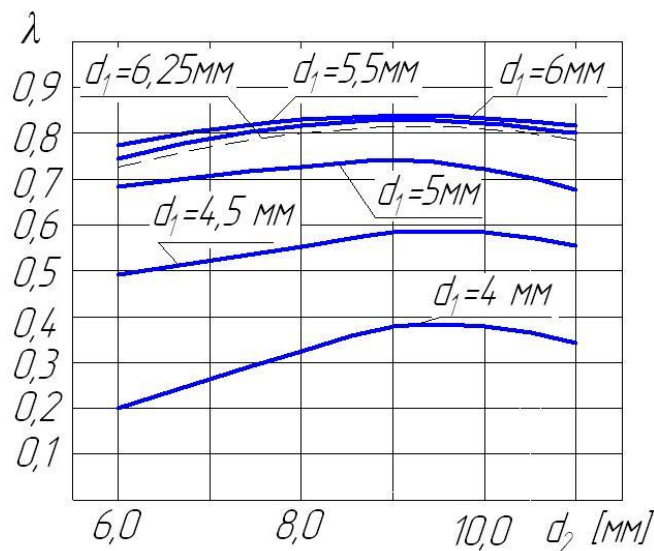


Рис.3.7. Графік зміни $\lambda=f(d_2)$

3.2.2. Оптимізація процесу присмоктування насіння до отворів розподільчого елемента

Досліди рівноточні, оскільки розрахункове значення ξ - критерію, обчисленого за формулою 3.3 ($\xi_T = 0,229$), менше нормативного ($\xi_T = 0,3910$)

Помилка експерименту рівна

$$\sigma_{\bar{\lambda}} = 0,033$$

3.2.3. Дослідження впливу параметрів і режимів вакуум камери на процес присмоктування насіння до отворів розподільчого елемента

Дослідженнями було встановлено, що на якість заповнення отворів розподільчого елемента насінням найбільшою мірою впливають наступні

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

параметри: величина вакууму у вакуум камері $h_{ст.}$, положення верхнього поріжка γ , глибина вакуум камери H і число обертів диска n .

Параметри, присмокування насіння, що істотно впливають на процес змінювалися в наступних межах:

$H = 2, 4, 7, 10, 14$ мм.

$\gamma = -15^\circ, -10^\circ, -5^\circ, 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$;

$h_{ст.} = 100, 150, 200$ мм. в. ст.;

$n = 30, 45, 60$ об/хв. (відповідно $\omega = 3,14; 4,71$ і $6,28$ рад/с).

При зменшенні глибини камери H негативні значення кута повинні збільшуватися.

3.2.4. Дослідження впливу епюри розподілу статичного тиску по довжині вакуумної камери

Одночасно з дослідженням впливу параметрів і режимів вакуум камери на процес присмокування насіння проводилося дослідження впливу епюри розподілу статичного тиску по її довжині.

В відповідності з даними дослідів були побудовані епюри розподілу статичного тиску $h_{ст}$ по точках виміру пневмокамери (рис. 3.8-3.13).

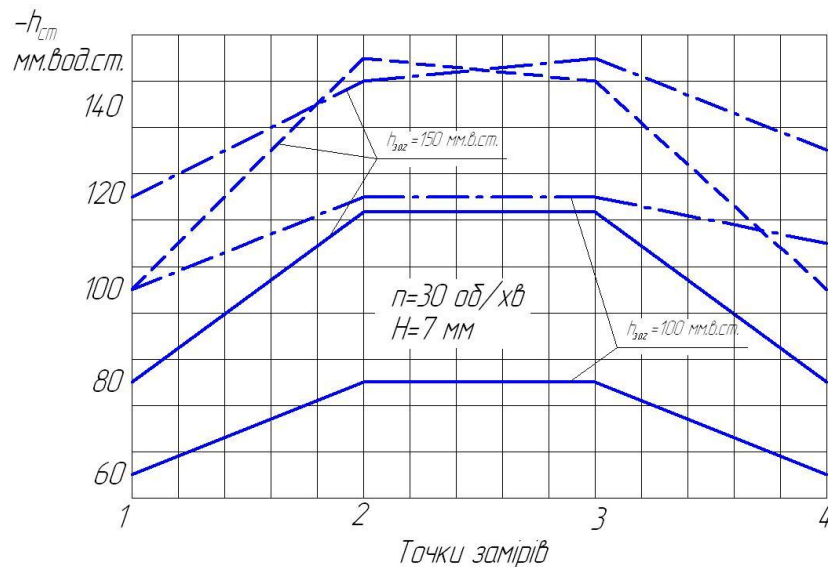


Рис. 3.8. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

- $\gamma = 0$;
- - - $\gamma = +15^\circ$;
- · - $\gamma = -15^\circ$.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

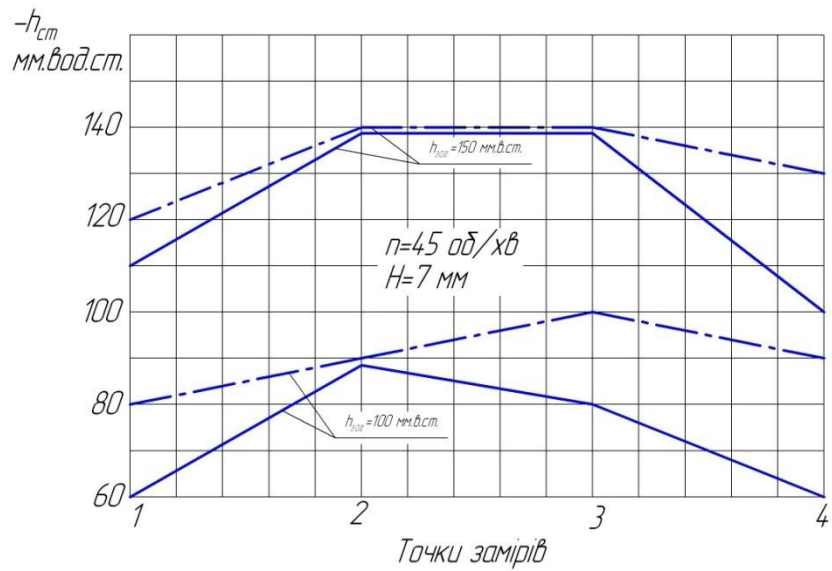


Рис. 3.9. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

— $\gamma = 0^\circ$;
 - - - $\gamma = -15^\circ$.

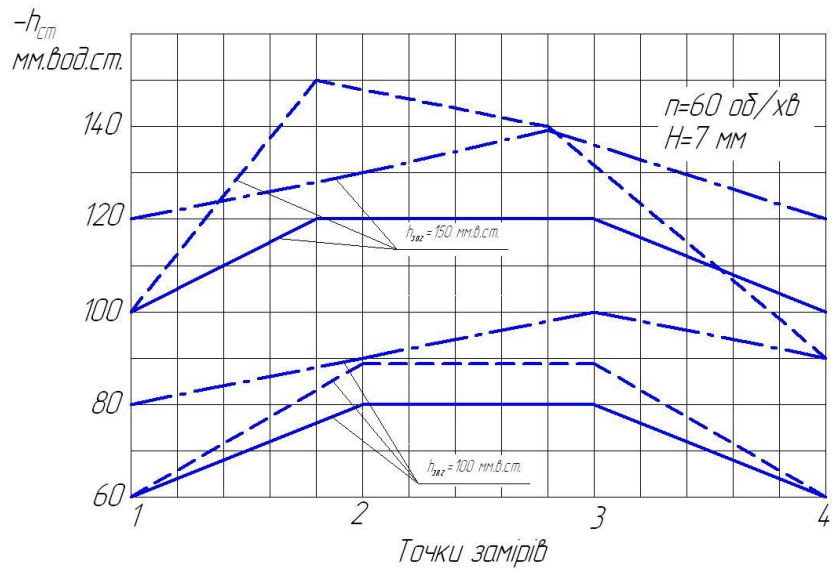


Рис. 3.10. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

— $\gamma = 0^\circ$;
 - - - $\gamma = +15^\circ$;
 - · - $\gamma = -15^\circ$.

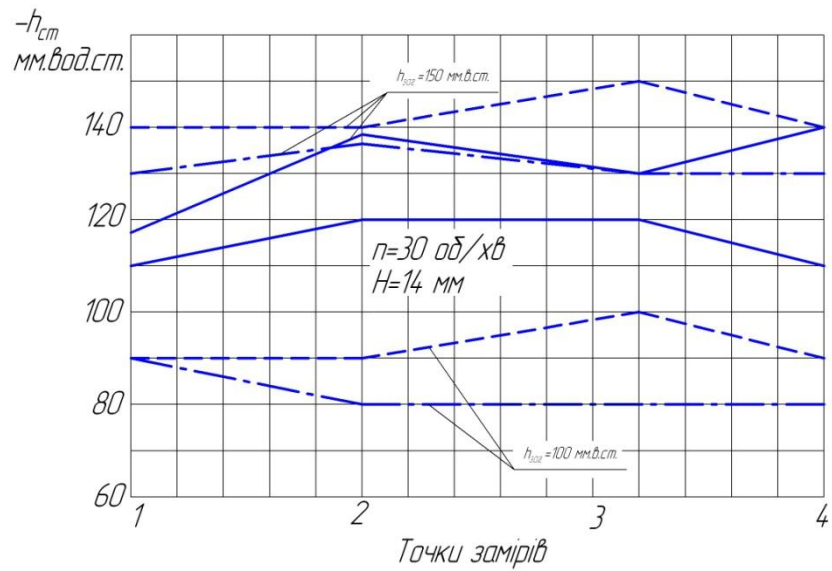


Рис. 3.11. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

- $\gamma=0^\circ$;
- - - $\gamma=+15^\circ$;
- · - $\gamma=-15^\circ$.

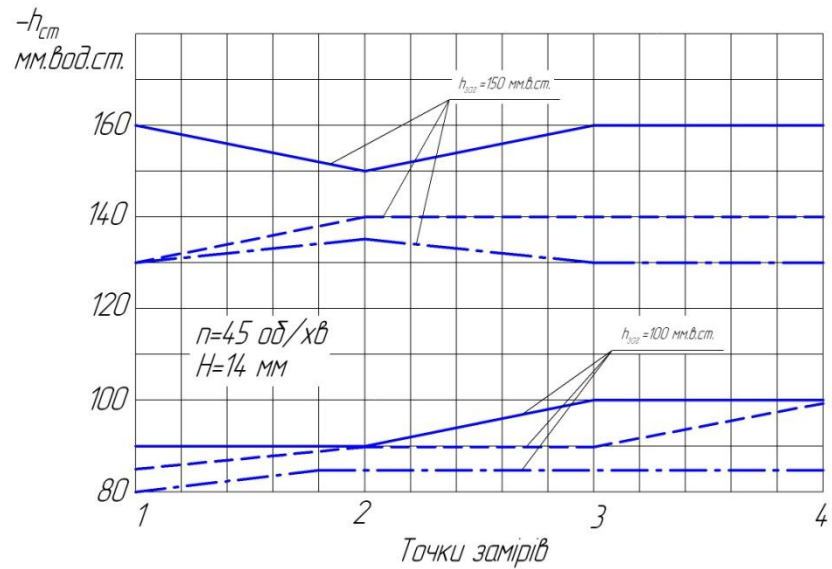


Рис. 3.12. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

- $\gamma=0^\circ$;
- - - $\gamma=+15^\circ$;
- · - $\gamma=-15^\circ$.

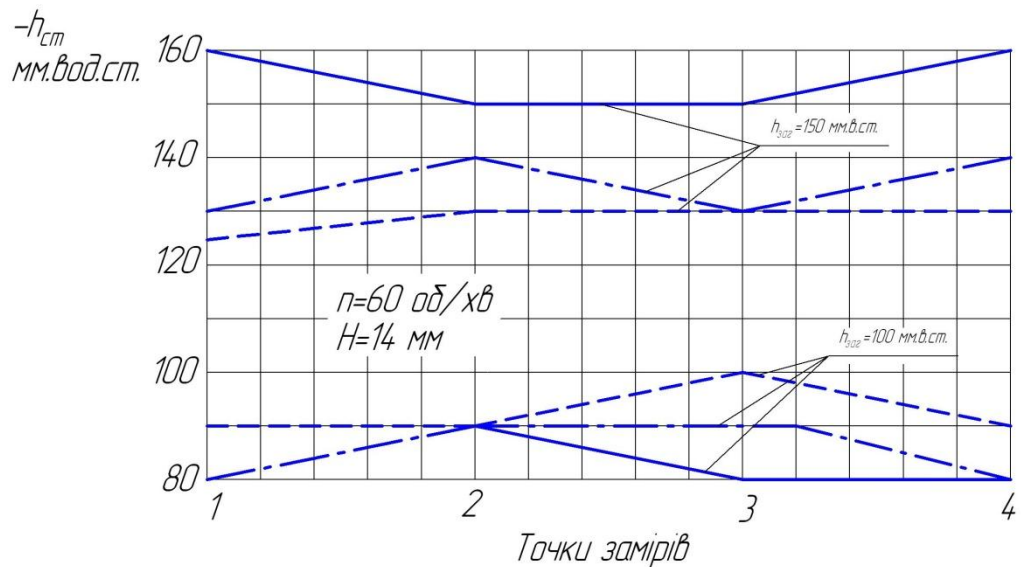


Рис. 3.13. Епюра розподілення статичних тисків по точкам замірів пневмокамери:

— $\gamma=0^\circ$;
 - - - $\gamma=+15^\circ$;
 - · - $\gamma=-15^\circ$.

3.3. Висновки по розділу

I. Дослідження впливу параметрів вакуум камери на процес присмоктування насіння до отворів розподільчого елемента показали наступне

1. На якість заповнення отворів розподільчого елемента найбільшою мірою впливають (коефіцієнти регресії мають найбільші значення) наступні параметри:

- величина вакууму у вакуум камері $h_{ст}$;
- положення верхнього поріжка вакуум камери, обумовлене кутом γ ;
- глибина вакуумної камери H ;
- кутова швидкість розподільного елемента ω (число оборотів n)

2. Оптимальними параметрами вакуум камери можна вважати:

Для насіння кукурудзи

а) $h_{ст} = 2258 \div 2650$ Па ($h_{ст} = 230 \div 270$ мм . вод. ст.);

б) $\gamma; = -7 \div 8^\circ$;

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

в) $H = 13 \div 15$ мм;

г) Кутова швидкість до $\omega = 7,35 \text{ с}^{-1}$ ($n = 70$ об/хв. при $z=14$), що еквівалентно робочій швидкості сівалки до 13,5 км/ч.

3. При дослідженні було встановлено, що зменшення вакууму, нижче обумовлених меж, приводить до збільшення числа незаповнених отворів, збільшення вакууму призводить до зростання кількості насіння, що присмоктується по два до одного отвору.

II При дослідженні впливу параметрів розподільчого елемента на роботу висіваючого апарату було встановлено, що для висіву насіння кукурудзи доцільно застосовувати диски з діаметром присмоктуючого отвору $d_1 = 5 \div 6$ мм; діаметром присмоктуючого отвору диска-екрана $d_1 = 6-7$ мм; і діаметром вакуумного отвору $d_2 = 10 \div 11$ мм.

4. Охорона праці

4.1. Заходи по техніці безпеки

В тракторі встановлено аптечку, термос питної води на 3л, дзеркало заднього виду, вішалку та місце для вогнегасника.

Знімання аптечки і вогнегасника виконується без застосування додаткового інструменту.

Фарбування машини виконано згідно таких вимог: загальний фон кольору машини відрізняється від основного фону ЕЗ, на якому вона експлуатується. Зовнішні поверхні машини, які повинні постійно бути в полі зору оператора покриті фарбою з матовою текстурою.

Впровадження покращеної кабіни, яка має уніфікований кондиціонер, та більш комфортна компоновкою робочого місця [5].

Для забезпечення безпечного завантаження сівалки посівним матеріалом та мінеральними добривами в конструкції передбачені такі заходи безпеки:

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- для того щоб постійно не перевіряти рівень добрив та посівного матеріалу на сівалці встановлено уніфіковану систему контролю, яка попереджує тракториста про рівень посівного матеріалу та добрив за допомогою датчиків рівня встановлених в бункерах, та пульта встановленого в кабіні трактора;

- для зниження рівня травматизму при загрузці сівалки посівним матеріалом і виключення можливості видування мінеральних добрив, і надійного утримання кришок у відкритому та закритому положенні на кришках бункерів встановлені пружини, у вигляді сервомеханізму, які утримують кришки як у закритому, так і у відкритому положеннях;

- на сівалці встановлені дерев'яні лопатки, для розрівнювання посівного матеріалу, та добрив в бункерах;

- на бункерах туковисівних апаратів прикріплені таблички з попередженнями про необхідність використання обслуговуючим персоналом засобів індивідуального захисту.

4.2. Охорона навколишнього середовища

Всі хімічні речовини, які використовують у сільськогосподарському виробництві, в тій чи іншій мірі токсичні. Невірне зберігання, помилкова видача одного препарату замість іншого, порушення агротехнічних вимог при використанні можуть не тільки знизити ефективність препарату, а й викликати загибель урожаю, отруєння людей і тварин, забруднення довкілля.

Таким чином виконання всіх правил користування хімічними речовинами виключає випадки отруєння людей і тварин на виробництві зменшує вірогідність професійних захворювань, сприяє зберігання навколишнього середовища При вирощуванні кукурудзи використовують отрутохімікати для протруєння насіння та мінеральні добрива, внесення яких в ґрунт в надмірних дозах може привести до забруднення самого поля і навколишнього середовища, так і до отруєнь людей і тварин на цієї території.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тому, при застосуванні мінеральних добрив, протруєного насіння та інших хімікатів передбачають заходи захисту як робітників так і довкілля від їх можливої небезпечної дії.

Приміщення для зберігання мінеральних добрив і отрутохімікатів повинні бути захищені від несанкціонованого доступу, їх обладнують відповідними засобами і механізмами для завантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт, а також засобами пожежної техніки.

4.3. Висновки до розділу

Запропоновані заходи по техніці безпеки, зокрема обґрунтовано заходи безпеки при завантаженні посівного агрегату посівним матеріалом та мінеральними добривами.

Розглянуті заходи по охороні навколишнього середовища.

Запропоновані заходи забезпечують: покращення умов праці, підвищення безпеки праці, зменшення вірогідності травматизму та інше.

5. Економічна частина

В інженерній частині була модернізована конструкція сівалки СУПН-8А для висіву просапних культур. В процесі модернізації внесені зміни до конструкції висівного апарата.

Ці зміни дозволять зменшити масу машини на 0,4 кг, та скоротити витрати часу на регулювання та технічний догляд за машиною на 5 хвилин, а на усунення поломок та деформацій на 3 хвилин у робочу зміну.

Для оцінки техніко-економічного рівня та економічної ефективності модернізованої машини використовуємо вихідні дані (техніко-економічні показники порівнюваних машин), які наведені в додатку А.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5.1. Основні розрахунки за методикою [3] наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні розрахунки

№ п/п	Показники і формули	Один. вимір.	Розрахункові дані машина	
			Базова	Нова
1	2	3	4	5
1	Собівартість модернізованої сівалки: $C_M = \frac{C_6 - \Pi_{пб}}{M_6 - M_{пб}} \cdot (M_M - M_{пм}) + \Pi_{пм}$	грн.		292589
2	Продуктивність машини за 1 годину експлуатаційного часу: $\Pi_{ек} = 0.1 \cdot V \cdot B \cdot K_{ек}$		2,5	2,55
3	Продуктивність машини за 1 годину змінного часу: $\Pi_{зм} = 0.1 \cdot V \cdot B \cdot K_{вр}$		2,74	2,77
4	Витрати на проектування конструкції: $B_{п} = H_{ор} \cdot T_{кон} \cdot 3_{сг} \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\Pi_{св}}{100}\right)$	грн.		63244,
5	Витрати на розробку технології виготовлення модернізованої машини: $B_T = H_{ор} \cdot T_T \cdot 3_{сг} \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\Pi_{св}}{100}\right)$	грн.		42163,
6	Витрати на виготовлення технологічного оснащення: $B_{осн} = H_{ор} \cdot \sum_{-1}^K K_{тос}(i) \cdot K_{ком}(i) \cdot \Pi_{ос}(i)$			30280

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1	2	3	4	5
7	Витрати на виготовлення дослідного зразка: $B_{дз} = (1,2 + 1,3) \cdot C_m$	грн.		351107,2
8	Інші витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини: $i_{нв} = \frac{K_{ін}}{100} \cdot \sum_1^5 B(1)$	грн.		73019,3
9	Сума витрат на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини: $B_{осв} = B_{п} + B_{т} + B_{осн} + B_{дз} + B_{дп} + I_{нв}$	грн.		559814,5
10	Питомі витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої сівалки $B_{пос} = \frac{B_{осв}}{H_{ср}}$	грн.		699,7
11	Експлуатаційні витрати на 1 га посіву: Заробітна плата обслуговуючого персоналу: $- Z_{п} = \frac{\sum_1^k P_{об}(i) \cdot Z_{ппр}}{P_3},$	грн./га	35,55	34,66
12	Амортизація машини: - $B_{ам} = \frac{K_{п} \cdot Ц_{оп} \cdot H_a \cdot K_m}{100 \cdot П_{ек} \cdot P_3},$ - сівалки - трактора	грн/га	400,7 53,0	392,8 51,96

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1	2	3	4	5
13	Витрати на ремонт та технічний догляд: $V_{ат} = \frac{K_{п} \cdot Ц_{оп} \cdot Н_{р} \cdot K_{м}}{100 \cdot П_{ек} \cdot P_{з}}$ - сівалки - трактора	грн./га	52,5 240	51,5 235,3
14	Витрати на паливо: $V_{п} = \frac{П_{д} \cdot П_{в} \cdot Ц_{п} \cdot K_{в}}{П_{зм}}$ де $П_{д}$ – номінальна потужність двигуна, к. с; $П_{в}$ – питомі витрати пального, кг/1 к. с. – год.; $Ц_{п}$ – ціна 1 кг пального, грн.	грн./га	215	209,6
15	Загальна сума експлуатаційних витрат, які припадають на 1 га посіву	грн./га	1000,35	979,32
16	Питомі капітальні витрати споживача, які припадають на 1 га посіву $П_{кв} = \frac{1}{П_{ек}} \cdot \left(\frac{Б_{вм}}{P_{зм}} + \frac{Б_{вт}}{P_{зт}} + \frac{Б_{ві}}{P_{зі}} \right)$	грн./га	3024	2964,7

5.2. Річний економічний ефект підприємства-виробника від впровадження модернізованої машини у виробництво

$$E_{гв} = (Ц_{опм} - C_{м}) - (Ц_{опб} - C_{б}) - V_{пос} \cdot E_{н},$$

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат.

$$E_{ТВ}=(333900-292589,3)-(333900-292700)- 0,15 \cdot 699,7=5,74\text{грн}$$

5.3. Очікуваний річний економічний ефект споживача модернізованої машини:

$$E_{рсп} = [(E_{вб} + E_n \cdot \Pi_{квб}) - (E_{вм} + E_n \cdot \Pi_{квм})] \cdot \Pi_{екм} \cdot P_{зм}$$

$$E_{рсп}=[(1000,35+0,15 \cdot 3024)-(979,32+0,15 \cdot 2964,7)]2,55 \cdot 70=5342,5 \text{ грн}$$

Як видно із розрахунків виробник і споживач модернізованої машини отримують позитивний економічний ефект, що підтверджує доцільність виконаних в магістерській роботі розробок і можливість рекомендації їх для впровадження у виробництво.

6. Загальні висновки

В науковій частині магістерської роботи на підставі експериментального аналізу процесу присмокування насіння до отворів розподільчого елемента проведеного за допомогою математико-статичних методів, було визначено оптимальні параметри і режими роботи пневматичного висівного апарату з горизонтальною віссю обертання розподільчого елемента, що дозволить оптимізувати процес висіву кукурудзи і підвищити рівномірність розподілу насіння в рядку.

Дослідження впливу параметрів вакуум камери на процес присмокування насіння до отворів розподільчого елемента показали наступне

1. На якість заповнення отворів розподільчого елемента найбільшою мірою впливають наступні параметри:

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- величина вакууму у вакуум камері $h_{ст}$;
- положення верхнього поріжка вакуум камери, обумовлене кутом γ ;
- глибина вакуумної камери H ;
- кутова швидкість розподільного елемента ω (число оборотів n)

2. Оптимальними параметрами вакуум камери можна вважати:

Для насіння кукурудзи

а) $h_{ст} = 2258 \div 2650$ Па ($h_{ст} = 230 \div 270$ мм . вод. ст.);

б) $\gamma; = -7 \div 8^\circ$;

в) $H = 13 \div 15$ мм;

г) Кутова швидкість до $\omega = 7,35$ с⁻¹ ($n = 70$ об/хв.. при $z=14$), що еквівалентно робочій швидкості сівалки до 13,5 км/ч.

3. При дослідженні було встановлено, що:

а) Заповнення отворів розподільного елемента погіршується при виборі кута γ позитивним (тобто при зменшенні довжини вакуум камери).

б) При зменшенні глибини камери H негативне значення кута γ повинно збільшуватися.

в) Зменшення вакууму, нижче обумовлених меж, приводить до збільшення числа незаповнених отворів, збільшення вакууму призводить до зростання кількості насіння, що присмоктується по два до одного отвору.

II При дослідженні впливу параметрів розподільного елемента на роботу висівного апарату було встановлено, що для висіву насіння кукурудзи доцільно застосовувати диски з діаметром присмоктуючого отвору $d_1 = 5 \div 6$ мм; діаметром вакуумного отвору $d_2 = 10 \div 11$ мм.

В конструкторській частині роботи на підставі виявлення недоліків серійної сівалки були внесені конструктивні зміни до висівного апарата.

Покращення роботи висівного апарата досягається за рахунок встановлення диска-екрана, що притискається до насінневої камери, з вирізами розміщеними в зоні розташування отворів висівного диска, таким чином можна запобігти утворенню склепінь в насінневій камері, зменшити відносну швидкість насінин по висівному диску, а також сприяти стабільному

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

заповненню отворів диска насінинами особливо при збільшенні робочої швидкості посіву, тим самим зменшити матеріаломісткість висівного диска і підвищити технологічність його виготовлення.

В частині "Охорона праці" на основі проведеного аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можливі при експлуатації і обслуговуванні агрегату з розробленою сівалкою передбачено та розроблено відповідні заходи для усунення або зменшення їх негативного впливу на обслуговуючий персонал, навколишнє середовище, а також на загальний стан охорони праці, пов'язаний з її використанням в сільськогосподарському виробництві.

Запропоновані заходи забезпечують: покращення умов праці підвищення безпеки праці, зменшення вірогідності травматизму та інше.

В економічній частині роботи на підставі відповідних розрахунків економічної ефективності нової машини було доведено, що виробник і споживач модернізованої отримають позитивний економічний ефект, що підтверджує доцільність виконаних в магістерській роботі розробок і можливість рекомендацій їх для впровадження у виробництво.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Список літератури

1. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. Навч. посібник – Кіровоград, 2003 – 202 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини.: Підручник.- К.: Каравела, 2004. – 552 с.
3. Глух В.М., Романюк Л.М. Методичні вказівки до виконання курсової роботи по організації і плануванню виробництва та економічних розрахунків у дипломних проектах. Для студентів спеціальності 8.090215.
4. Драндалуш І., Сисоліна І. Напрями покращення якості роботи просапної сівалки, ЦНТУ, 2025
5. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: Навч. Посібник. – Львів: Афіша, 2000.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002.-452с.
7. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Галузеве машинобудування»/ Укл.: Васильковський О.М., Гречка А.І., Петренко Д.І., Лещенко С.М., Мороз С.М. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 39 с.
8. Морозов І., Макаренко М., Макаренко О. Тенденції розвитку сівалок. Агробізнес сьогодні / Механізація АПК , 2018. <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/11710-tendentsii-rozvytku-sivalok.html>
9. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. – К.: Вища освіта. – 2005. – 464 с.
10. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва; за заг.ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001 – 384с.

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

11.Сисолін П.В., Сисоліна І.П. Конструкторські та методичні підходи по підвищенню якості висіву: Монографія. Кіровоград: КОД, 2012. – 152с.

12.Сисолін П. В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1994.

13.Черкас В. Критерії вибору просапних сівалок та їх ефективна експлуатація. Агрономія сьогодні. 2024. <https://agronomy.com.ua/statti/2418>

					МПС 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		