

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

**на тему:**

**«Механізація вирощування кукурудзи з модернізацією просапної сівалки»**

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи AI-22мбз-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_Фесечко Андрій Віталійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_Руслан КІСІЛЬОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_Володимир ЯЦУН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Кропивницький

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание														
1																				
2			<i>Загальна документація</i>																	
3																				
4			<i>Знову розроблена</i>																	
5																				
6	A4	<i>БР 00.000 ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	1																
7																				
8			<i>Документація по</i>																	
9			<i>технологічній частині</i>																	
10																				
11																				
12			<i>Знову розроблена</i>																	
13																				
14	A1	<i>БР 00.002 ТЧ</i>	<i>Операційно-технологічна карта</i>	1																
15																				
16																				
17			<i>Документація по</i>																	
18			<i>інженерній частині</i>																	
19																				
20			<i>Знову розроблена</i>																	
21																				
22	A0	<i>СУПН 00.000 С2</i>	<i>Сівалка СУПН-8А</i>	1																
23																				
24	A1	<i>СУПН 00.030 СБ</i>	<i>Вентилятор</i>	1																
<b>БР 00.000 ВП</b>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>														Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																
Инв. № подл.	Разраб.	Фесечко			<b>Відомість роботи</b>	Лист.	Лист	Листов												
	Проб.	Кісільов					1	2												
	Н.контр.	Мачок				<b>ЦНТУ,</b>														
	Утв.	Василько Василь				<b>гр. АІ-22МДЗ-1</b>														

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1			<u>Документация по</u>			
2			<u>деталях</u>			
3						
4			<i>Знову розроблена</i>			
5						
6	A3	СУПН 00. 030. 401	Ступиця	1		
7						
8	A3	СУПН 00. 030. 602	Штуцер	1		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата				
					Инд. № подл.	Подп. и дата		
							Взам. инв. №	Инд. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>БР 00.000 ВП</b>	Лист
						2

# Зміст

стор.

1. Вступ
  2. Аналіз існуючої технології вирощування кукурудзи  
з визначенням шляхів її удосконалення
  3. Операційна технологія сівби кукурудзи
  4. Інженерна частина
  5. Охорона праці
  6. Висновки
- Використана література
- Додатки

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Попри складну ситуацію, Україна впевнено зміцнює свої позиції як потужна аграрна держава. Завдяки надзвичайно родючим ґрунтам, країна має всі передумови для розширення обсягів виробництва та переробки сільськогосподарської продукції. Більш ніж 35 мільйонів гектарів орних земель, здебільшого чорноземів, створюють стабільну основу для зростання врожаїв сільськогосподарських культур.

Водночас активно ведеться робота над удосконаленням сортів і гібридів - як вітчизняними, так і зарубіжними селекціонерами. Завдяки постійному впровадженню високоврожайних сортів, аграрії мають змогу отримувати стабільно високі результати: 70–130 центнерів з гектара для зернових, 450–650 ц/га для цукрових буряків, понад 100 ц/га для кукурудзи на зерно та 30–50 ц/га для соняшника.

Невід'ємним елементом ефективного землеробства є сучасна сільськогосподарська техніка та обладнання, що забезпечують якісне виконання всіх технологічних операцій при вирощуванні культур. Особливу увагу приділяють постійному вдосконаленню посівної техніки - удосконалюються конструкції сівалок, впроваджуються інноваційні методи сівби, зменшується трудомісткість процесів і підвищується продуктивність техніки.

Сьогодні для посіву просапних культур застосовуються різноманітні технології разом із відповідною спеціалізованою технікою. Традиційно використовується пунктирний метод висіву, який реалізується як закордонними пневматичними сівалками, так і вітчизняними моделями типу СУПН-8, СУПН-8А, УПС-6 та УПС-12 з міжряддям 70 см.

Для забезпечення високої врожайності таких культур, як соняшник і кукурудза, необхідно вносити мінеральні добрива у визначених нормах безпосередньо під час сівби. Під час вибору посівної техніки особливу увагу приділяють точності висіву насіння, якості його загортання, а також надійності

					БР 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фесечко			Вступ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Кісільов						
Реценз.								
Н. Контр.		Мачок						
Затвер.		Васильковський						
						ЦНТУ, гр. АІ-22мбз-1		

конструктивних елементів. Фахівці заздалегідь оцінюють основні робочі вузли, зокрема механізми дозування, типи висівних апаратів, сошники та прикочувальні котки.

Постійне вдосконалення сівалок має на меті покращення рівномірного розподілу насіння та добрив між сошниками, точність загортання на задану глибину, стабільність довжини рядків, а також збільшення об'ємів баків для насіння і добрив. Це дозволяє зменшити кількість зупинок на дозаправку і полегшити транспортування широкозахватних агрегатів.

Зважаючи на агротехнічні вимоги та зазначені чинники, тема цієї бакалаврської роботи є надзвичайно актуальною й присвячена вдосконаленню конструкції сошникової групи просапних сівалок типу СУПН-8А.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



створюватися несприятливі умови, які гальмують процес мінералізації азоту, що негативно впливає на живлення рослин..

### **Розпушування ґрунту**

Глибоке розпушування є ефективним способом обробки ґрунту, особливо після використання дискових або плоскорізних агрегатів. Така операція дозволяє зруйнувати плужну підшву, що покращує водопроникність і повітрообмін у ґрунті. Високий рівень ґрунтозахисного ефекту досягається завдяки збереженню пожнивних решток на поверхні та зміні напрямку поверхневого стікання води.

Цей метод також сприяє кращому накопиченню вологи, особливо у періоди вологих осінніх умов. Після проведення глибокого розпушування не утворюється суцільна кірка, що забезпечує ефективне вбирання талої води та зменшує її втрати через стік, особливо в умовах пізньої осені. Зазвичай глибина такої обробки становить від 30 до 45 см.

### **Дискування**

Дискування за допомогою важкої дискової борони відноситься до безполицевих методів обробки ґрунту, що виконується агрегатами з дисковими робочими органами на глибину 6–20 см. Цей спосіб ефективно забезпечує розпушування та часткове перемішування ґрунтового шару, одночасно знищуючи різноманітні бур'яни. Найбільш доцільно застосовувати дискування після збирання стерньових культур та просапних рослин. У практиці переважна більшість господарств віддає перевагу саме важким дисковим боронам.

Ця технологічна операція виконує кілька ключових функцій: знищення бур'янів, шкідників і збудників хвороб; збереження та накопичення вологи у ґрунті; стимуляція мікробіологічної активності; рівномірне загортання післяжнивних решток і добрив у верхній шар ґрунту; створення сприятливих умов для подальших агротехнічних заходів.

### **Оранка**

Зяблеву оранку проводять восени під ярі культури, що дає суттєві переваги порівняно з весняним обробітком ґрунту як для ранніх, так і для пізніх посівів. Цей спосіб особливо ефективний на сильно забур'яненних ділянках, зокрема при

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



температури ґрунту 6–7 °С сприяє кращому засвоєнню вологи, а цвітіння в такому разі не припадає на період високих температур, що позитивно впливає на запилення. Водночас недоліком ранніх строків є затримка появи сходів — вони з'являються лише на 14–16-й день після сівби або й пізніше.

### **Способи сівби кукурудзи**

Серед популярних способів посіву кукурудзи вирізняється пунктирний метод, при якому ширина міжрядь становить 45 см, 70 см або іншу величину залежно від доступної техніки. Однак при надмірній густоті посіву можливе погіршення формування качана. Щоб отримати дружні й рівномірні сходи, важливо витримувати однакову глибину загортання насіння. Цього можна досягти шляхом ретельного вирівнювання поверхні поля та точного налаштування сівалки на задану глибину.

У лісостеповій та поліській зонах насіння загортають на 4–6 см. На легких ґрунтах або за умов недостатньої вологості глибина загортання збільшується до 5–8 см. На зволжених ділянках вона, навпаки, зменшується до 3–4 см. У західних регіонах України холодостійкі ранньостиглі гібриди висівають трохи глибше — на 2–3 см нижче рекомендованого рівня. У степовій зоні, де часто спостерігається нестача вологи у верхньому шарі ґрунту, насіння висівають глибше — на 6–10 см.

### **Норми висіву даної культури**

Для умов України рекомендована густина посіву кукурудзи становить від 25 до 80 тисяч рослин на гектар. Ранньостиглі гібриди висівають із більшою щільністю — приблизно 85–90 тисяч рослин на гектар. При міжрядді 70 см на кожен погонний метр рядка доцільно висівати 5–6 насінин, що відповідає густоті близько 80 тисяч рослин на гектар, або 7 насінин на метр для досягнення 100 тисяч. До цього додають страховий запас насіння — у Лісостепу та на Поліссі він становить 30–40 %.

Вагова норма висіву зазвичай коливається в межах 15–25 кг на гектар, а при вирощуванні кукурудзи на силос або за умов зменшення міжряддя може зростати до 30–40 кг/га.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Зрошення кукурудзи

Волога є одним із ключових чинників успішного вирощування кукурудзи. Для забезпечення рослин необхідною кількістю води використовують системи зрошення, серед яких дедалі більшої популярності набуває крапельне зрошення. Цей метод забезпечує ефективне використання води та дає змогу подавати її разом із добривами (фертигація) у найважливіші фази росту культури.

Крапельне зрошення вважається економічно вигідним і високоефективним рішенням, особливо в країнах з розвиненим сільським господарством. Однією з основних переваг такої технології є суттєва економія води — до 30–50 % у порівнянні з традиційним дощуванням. Для отримання стабільного врожаю кукурудза потребує від 3500 до 8000 м<sup>3</sup> води на гектар, залежно від клімату та групи стиглості.

Полив бажано здійснювати вночі або в періоди низької сонячної активності, щоб зменшити втрати через випаровування та покращити поглинання вологи. Ще одна важлива перевага крапельного зрошення — можливість вносити добрива в критичні моменти росту. Кукурудза особливо чутлива до фосфору на ранніх стадіях, коли формуються корені та закладається врожай, тоді як азот і калій необхідні впродовж усієї вегетації.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Операційна технологія сівби кукурудзи

#### 3.1. Процес сівби кукурудзи

Для проведення операції використовуємо сівалку СУПН-8А, яка технічно підготовлена для агрегування з трактором МТЗ-82. Швидкість руху агрегату під час сівби є 9,5 км/год. Час, що так необхідний для ефективного повороту даного агрегату, дорівнює 0,026 години, а показник завантаження самої сівалки насінням складає всього 0,14 години.

Сумарна місткість насінневих бункерів є 0,16 м<sup>3</sup>, а об'ємна маса насіння кукурудзи - 829 кг/м<sup>3</sup>.

Отже, довжина шляху, пройденого агрегатом між заправками сівалки, обчислюємо згідно наступного виразу:

$$L = \frac{10^4 \cdot V_{н.я} \cdot l_n \cdot \psi}{P \cdot B_c},$$

де:  $V_{н.я}$  – показник, що вказує на загальний об'єм насінневих бункерів, м<sup>3</sup>;

$l_n$  - значення об'ємної ваги кукурудзи, кг/м<sup>3</sup>;

$\psi$  - коефіцієнт, що характеризує використання об'єму бункерів, він є  $\psi=0,96$ ;

$P$  – встановлена норма висіву кукурудзи, кг/га;

$B_c$  – ширина захвату даної сівалки, становить 5,6 м.

Підставляємо до виразу відомі значення та отримаємо:

$$L = \frac{10^4 \cdot 0,16 \cdot 829 \cdot 0,96}{25 \cdot 5,6} = 9095 \text{ м.}$$

Показник, що враховує робочий хід за технологічний цикл обчислюємо за виразом:

$$\tau_{р.х.ц} = \frac{L}{\mathcal{G}_p},$$

де:  $\mathcal{G}_p$  – робоча швидкість даного агрегату при сівбі, км/год.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 00.000 ПЗ

$$\tau_{p.x.u} = \frac{9,1}{9,5} = 0,95 \text{ год.}$$

Обчислюємо показник тривалості технологічного циклу за наступною формулою:

$$\tau_u = \tau_{p.x.u} + K \cdot \tau_{нов} + \tau_z,$$

де:  $\tau_{нов}$  – показник, що враховує тривалість одного повороту, год;

$K$  – кількість виконаних поворотів за цикл;

$\tau_z$  – тривалість завантаження просапної сівалки, год.

Отже:

$$\tau_u = 0,95 + 0,075 + 0,14 = 1,17 \text{ год.}$$

Обчислюємо технологічний час зміни:

$$T_{тех} = T_{зм} \cdot \delta,$$

$T_{зм}$  – показник, що враховує тривалість зміни, год.;

$\delta$  - чинник використання для змінного часу,  $\delta = 0,74$ .

$$T_{техн} = 8 \cdot 0,74 = 5,92 \text{ год.}$$

Тепер обчислюємо кількість циклів:

$$K_u = \frac{T_{техн}}{\tau_u},$$

де:  $H_{тех}$  – показник технологічного часу для однієї зміни, год.;

$\tau_u$  – час встановленого циклу, год.

Отже:

$$K_u = \frac{5,92}{1,17} = 5,06$$

Показник продуктивності за годину змінного часу обґрунтованого агрегату обчислюємо згідно виразу:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Тепер характерні витрати праці на посів 1 га знаходимо за наступним виразом:

$$B_n^o = \frac{1}{1,5} = 0,667 \text{ чол.}\cdot\text{год./га.}$$

Таким чином, на виконання заданого загального об'єму робіт застосовуємо вираз:

$$П_n = 3700 \cdot 0,667 = 2466 \text{ чол.}\cdot\text{год.}$$

### 3.2. Основні показники при технології збирання кукурудзи

Збирання кукурудзи розпочинається восени — наприкінці воскової або на початку повної стиглості, коли вологість зерна не перевищує 40 %, а для обмолочування качанів — до 30 %. Згідно з вимогами агротехніки, повнота збирання качанів має становити не менше 97 %, а рівень пошкодженого цілого зерна — не більше 2,5 %. Зріз стебел проводиться на висоті близько 15 см, а довжина подрібнення листостеблової маси має становити від 20 до 45 мм.

Ключові показники збирання кукурудзи:

- повнота збору повноцінного зерна — не менше 98,5 %;
- вміст зерна в листостебловій масі — не більше 2 %;
- якість очищення качанів — щонайменше 90 %;
- збір незернової частини врожаю — не менше 80 %;
- середня висота стерні — не більше 15 см;
- чистота повноцінного зерна — щонайменше 95 %.

Збирання врожаю на зерно повинно виконуватись у стислі терміни, дотримуючись агротехнічних норм, щоб зменшити втрати при комбайновому збиранні та уникнути обвисання качанів, що негативно впливає на якість і врожайність.

### 3.3. Розрахунок показників сформованого складу посівного агрегату

Робимо підбір показника швидкості для встановлених енергетичних засобів: отже, для колісного трактора МТЗ-82 він становить 9,5 км/год на V-й передачі. Тепер показник швидкості руху під час проведення операції сівби кукурудзи має становити:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_p = G_m (1 - \phi),$$

де:  $G_m$  - швидкість встановленого агрегату без урахування процесу буксування, км/год.;

$\phi$  - коефіцієнт буксування, для колісних тракторів він становить 0,17, а для гусеничних - 0,08.

Отже:

$$G_p = 9,5 \cdot (1 - 0,17) = 7,88 \text{ км/год.}$$

Таким чином, продуктивність даного агрегату за годину змінного часу буде дорівнювати:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot G_p \cdot \mu.$$

$$W_{год} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,88 \cdot 0,56 = 2,47 \text{ га/год.}$$

Згідно виразу обчислимо значення витрати пального за годину:

$$P_{год} = \frac{p_p \cdot t_p + p_n \cdot t_n + p_z \cdot t_z}{\sum t},$$

де:  $p_p, p_n, p_z$  - показники питомих витрат для кількості пального на виконання операції сівби, а також повороти, вимушені зупинки, кг/год.;

$t_p, t_n, t_z$  - параметри часу на виконання операції сівби, також поворотів та окремих зупинок, год.

$$\sum t = t_p + t_n + t_z.$$

$$t_p = 8 \cdot 0,85 = 6,8 \text{ год.}$$

$$t_n = 8 \cdot 0,12 = 0,96 \text{ год.}$$

$$t_z = 8 \cdot 0,05 = 0,4 \text{ год.}$$

$$P_{год} = \frac{13 \cdot 6,8 + 8 \cdot 0,96 + 1,2 \cdot 0,4}{8} = 12,07 \text{ кг/год.}$$

Обчислюємо згідно виразу витрати пального на 1 га поля, що потрібно засіяти:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР 00.000 ПЗ

$$P_{za} = \frac{P_{zod}}{W_{zod}},$$

$$P_{za} = \frac{12,07}{2,47} = 4,88 \text{ кг/га.}$$

Тепер отримуємо за виразом витрати людської праці на операції сівби всієї загальної площі:

$$X = \frac{S \cdot \sum z}{W_{zod}},$$

де:  $S$  – чинник необхідної площі поля, га.

$\sum z$  - кількість потрібного обслуговуючого персоналу.

$$X = \frac{150 \cdot 1}{2,47} = 60,73 \text{ чол.·год./поле.}$$

Отже, використовуючи наступний вираз витрати людської праці на 1 га складатимуть:

$$X_0 = \frac{z_{mex} + z_{don}}{W_{zod}},$$

де:  $z_{mex}$  – кількість операторів, які спеціалізуються на обслуговуванні вибраного нами агрегату;

$z_{don}$  – кількість потрібних допоміжних операторів.

$$X_0 = \frac{1}{2,47} = 0,4 \text{ чол.·год./поле.}$$

Обчислюємо кількість робочих ходів по визначеному полю за наступною формулою:

$$\gamma = \frac{J_{p.x}}{J_{p.x} + J_{x.x}},$$

де:  $J_{p.x}$  – загальна довжина кількості проходів агрегату, м;

$J_{x.x}$  – довжина стосовно холостих проходів вибраного нами агрегату, м.

Отже:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





### Технічна характеристика сівалки

назва	значення
Тип машини	начіпна
Продуктивність за годину основного часу при швидкості трактора 12 км/год., га/год.	6.7
Ширина захвату, м	5,6
Робоча швидкість, км/год.	12
Маса, кг:	
– конструктивна (з урахуванням запчастин, змінних деталей, інструменту і обладнань)	1050 ± 3%
– експлуатаційна	1295
Характеристика робочих органів:	
сошники <u>полосовидні</u> комбіновані з роздільним закладенням насіння і добрив, шт.;	8
висівні апарати для висіву:	
насіння – пневматичні на принципі розрідження з вертикально розташованим диском, шт.;	8
– мінеральних добрив – спіральний – гвинтові	4
ємкість бункерів:	
– для насіння	176
– для мінеральних добрив	180
Характеристика пневмосистеми:	
тип вентилятора	відцентровий
частота обертання валу гідромотора, об/хв	1500
частота обертання валу ротора вентилятора, с <sup>-1</sup> (об/хв.)	70(4200)
потужність на привід вентилятора, кВт	3.3
створюване розрідження, Па	320 ± 20
продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	800
напрямок обертання	ліве
Габаритні розміри:	
в робочому положенні (без урахування вильоту маркерів), мм:	
– ширина	5740 ± 60
– довжина	1960 ± 20
– висота	1600 ± 12
Агротехнічні показники:	
Ширина міжряддя, мм	700
Глибина загортання насіння, мм	40-120
Норми висіву:	
– насіння, тис. шт./га	25 – 150
– добрив, кг/га	50...250
Нерівномірність висіву між окремими апаратами, не більше, %	
– для насіння зернових культур	3
– для мінеральних добрив	10
Елементи автоматики:	
число контрольованих висівних апаратів, шт.	8
число контрольованих бункерів з насінням, шт.	2
число контрольованих бункерів з добривами, шт.	2
час затримки включення сигналізації регулюється в межах, с	0.3-1.6

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 00.000 ПЗ

Арк.

1	2
габаритні розміри, без кабелю, мм	
пульта	183×118×108
блоку	356×156×59
маса системи контролю, кг	13
напруга живлення постійного струму, В	10.8-15
струм який споживається від електромережі трактора, не більше, А	2
Сівалка агрегатується із тракторами, кН	14
Середній тяговий опір в роботі при повному наборі сошників, Н (кГс)	7840 (800)
Працездатність агрегування машин з трактором, люд./год.	0.1
Умови руху:	
Транспортна швидкість не більше, км/год	15
мінімальний транспортний просвіт, мм	400
Ширина колії, мм	2800
Діаметр опорно-приводних коліс, мм	510
Передаточні відношення повинні бути:	
На вал висівних апаратів	0.208-1.206
На вал туковисівних апаратів	0.092-0.936
Показники надійності:	
Гарантійний термін експлуатації, місяців	30
Термін служби, років	8
Коефіцієнт готовності	0.98

#### 4.1.1. Принцип роботи сівалки

Обертання дисків насінневисівних апаратів і пружинних шнеків туковисівних механізмів здійснюється від опорно-приводних коліс через систему передач, встановлену на сівалці.

Необхідний вакуум у підковоподібній порожнині кришки висівного апарата створюється відцентровим вентилятором, який може приводитися в дію або гідромотором від гідросистеми трактора, або за допомогою пасової передачі.

Для контролю рівня розрідження на вентиляторі встановлений вимірювальний прилад - мембранний тягомір.

Насіння кукурудзи всмоктується до конусних отворів, розташованих у зоні розрідження, завдяки обертанню диска. Далі насіння транспортується із забірної камери до зони скидання.

Надлишкове насіння, що одночасно присмокталося до отворів, видаляється назад у забірну камеру за допомогою скидача у вигляді вилки зі штирями. Вона розташована в зоні забору, і в процесі обертання диска насіння проходить між штирями, що дозволяє відокремити зайві зерна від основного потоку.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР 00.000 ПЗ

У нижній частині висівного апарата, при переході отворів із насінням кукурудзи із зони розрідження до зони атмосферного тиску, зерна поодиноці відокремлюються від отворів і вкладаються на підготовлене й ущільнене дно борозни. Формування цього ложе забезпечується п'яткою сошника.

Пружинні шнеки туковисівного апарата, що мають ліву та праву навивку, подають добрива з бункера до висівної канавки. Завдяки спеціальній конструкції розсіювачів і коливальним рухам у зоні вихідних отворів канавок потік туків розпушується, що забезпечує рівномірне надходження добрив через усі тукопроводи до борозен, сформованих туковими п'ятами сошників.

Після цього загортачі засипають борозни вологим ґрунтом, у який уже закладено насіння кукурудзи та добрива. Далі прикочувальні котки, що розташовані за загортачами, ущільнюють ґрунт над борознами, створюючи щільний контакт насіння з ґрунтовим середовищем, що сприяє кращому капілярному підняттю вологи. На завершення шлейфи вирівнюють поверхню поля після проходу сошників, формуючи рівномірний шар розпушеного ґрунту в зоні посівних рядків.

Зміна кількісної норми висіву насіння на сівалці здійснюється двома способами: шляхом заміни висівного диска на інший із відповідною кількістю отворів, а також шляхом зміни частоти обертання встановленого диска.

Для реалізації різних норм висіву кукурудзи використовуються два типи дисків — із 14 та 22 отворами. Як правило, диск з більшою кількістю отворів застосовується при потребі у збільшених нормах висіву будь-якої культури.

Регулювання частоти обертання висівного диска виконується шляхом зміни передавального відношення. Це досягається перестановкою ланцюга передачі на відповідні зірочки, які мають певну кількість зубців. Зірочки встановлюються на вихідному валу механізму передачі та на валу кронштейна паралелограмної підвіски секції.

Норма висіву добрив також регулюється зміною частоти обертання туковисівного механізму за допомогою встановленого набору передач, які є частиною конструкції апарата.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Глибина заглиблення сошника налаштовується перестановкою швидкозмінного пружинного шплінта в отворах куліси, яка шарнірно з'єднана з корпусом висівного апарата.

Усі налаштування просапної сівалки, а також контроль за її роботою виконуються обслуговуючим персоналом.

## 4.2. Технологічні розрахунки

### 4.2.1. Визначення об'єму насіннєвого бункера

Висівні апарати сівалки СУПН-8 здатні висівати насіння різних сільськогосподарських культур. У межах даного завдання розрахунок об'єму бункера виконується для насіння кукурудзи. Абсолютна маса 1000 насінин становить 220 г.

Об'єм бункера визначається з урахуванням двох основних чинників: по-перше, забезпечення достатньої тривалості роботи сівалки між заправками, і по-друге - дотримання допустимої технологічної маси агрегату. Це пояснюється тим, що зі збільшенням розміру бункера зростає й матеріаломісткість сівалки.

Обчислюємо об'єм бункера за наступною формулою:

$$V_{\sigma} = \frac{(1,1 \dots 1,5) L \cdot B \cdot U}{10^4 \gamma_c}, \quad (4.1)$$

де:  $U$  – норма висіву кукурудзи, кг/га

$$U = 65 \text{ тис. шт./га} = 13,6 \text{ кг/га} = 13600 \text{ г/га};$$

$B$  – ширина захвату даної сівалки, м, що становить 5,6 м;

$\gamma_c$  – об'ємна вага кукурудзи; має бути  $\gamma_c = 730 - 870 \text{ г/дм}^3$ , приймаємо  $870 \text{ г/дм}^3$ ;

$L$  – довжина гону,  $L = 900 \cdot 4 = 3600 \text{ м}$ .

Отже, об'єм одного насіннєвого бункера дорівнює:

$$V_{\sigma} = \frac{1,2 \cdot 3600 \cdot 5,6 \cdot 13600}{10^4 \cdot 870} = 37,8 \text{ дм}^3.$$

Тепер загальний об'єм бункерів становить:

$$V_{\text{заг.б}} = 37,8 \cdot 8 = 302 \text{ дм}^3.$$

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$P = 0,5 \cdot \kappa \cdot \rho \cdot S \cdot V^2;$$

- потім сила тяжіння,  $mg$ ;

- і нарешті, сила тертя збоку маси насіння:

$$F = P_y \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де:  $\kappa$  – безрозмірний коефіцієнт;

$\rho$  – густина діючого повітря;

$S$  – площа проекції насінини на площину, що є перпендикулярною до напрямку руху;

$V$  – значення швидкості повітряного потоку;

$P_y$  – осьовий тиск у масі насіння кукурудзи;

$\varphi$  – значення кута внутрішнього тертя.

Отже, загальною умовою надійного та якісного присмоктування насіння буде наступне:

$$0,5 \cdot \kappa \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \geq mg + P_y \operatorname{tg} \varphi \quad (4.3)$$

Під час аналізу цієї умови можна відзначити, що сила опору насіння  $P$  суттєво зменшується в зоні, де отвір висівного диска виходить із шару насіння, порівняно з його глибинними шарами. Тому насіння здебільшого відривається з верхньої частини шару.

Формулу (4.3) складно застосовувати в інженерних розрахунках через її складність. У зв'язку з цим багато дослідників прагнули розробити більш зручні математичні моделі, які б дозволяли виконувати інженерні обчислення з урахуванням характеристик повітряного потоку, кінематичних параметрів апарата, геометрії насіння та елементів конструкції.

Більш точні та практичні формули для інженерного розрахунку пневмомеханічних висівних апаратів були запропоновані В. П. Чічкінім.

За такої умови, коли швидкість насіння в момент присмоктування дорівнює нулю, будемо мати наступне:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Значення розрідження 5556 Па достатньо для якісної роботи висівного апарату при сівбі насіння кукурудзи.

Тепер, знаючи величину розрідження у вакуумній камері, обчислюємо витрати повітря всією висівною системою даної сівалки за наступною формулою:

$$Q = \frac{1}{4} \eta \cdot \pi d^2 \kappa \cdot \delta \sqrt{\frac{2gH}{\gamma}}, \quad (4.6)$$

де:  $\eta$  – коефіцієнт встановленого опору, він має бути наступним  $\eta = 0,65 \dots 0,75$ ;

$\gamma$  – чинник питомої ваги повітря,  $11,6 \text{ Н/м}^3$ ;

$\kappa$  – кількість висівних апаратів,  $\kappa=8$  шт;

$\delta$  – кількість отворів на конструкції висівного диску, що знаходяться в зоні дії вакуумної камери,  $\delta = 12$ ;

$H$  – величина розрідження у вакуумній камері,  $H=5556$  Па.

Отже, витрати повітря становлять:

$$Q = \frac{1}{4} 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,0055^2 \cdot 8 \cdot 12 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 5556}{11,4}} = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$$

З урахуванням додаткових втрат повітря у повітропроводах і самих висівних апаратах, приймається розрідження на рівні 5600 Па - саме такий тиск повинен забезпечувати вентилятор.

Існує три типові ситуації взаємодії насіння з отворами висівного диска:

- насіння розташоване безпосередньо біля отвору, на відстані, що співмірна з його розмірами;
- насіння потрапляє у зону дії повітряного потоку, захоплюється ребрами отвору та притягується до поверхні диска;
- насіння вже притиснуто до отвору й обертається разом із диском.

Проводимо обчислення для випадку, коли насіння присмокталося до отвору диска і обертається разом з диском, що зображено на рисунку 4.2:

$$\Delta P_2 = \frac{4 \cdot m \cdot g (k - \sin \alpha) \sqrt[3]{d_{\text{нас}}^2 - d_{\text{отв}}^2}}{\pi \cdot d_{\text{отв}}^3},$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 00.000 ПЗ

де:  $d_{нас}$  – діаметр насіння кукурудзи, мм;

$m$  – маса одної насінини кукурудзи, кг;

$d_{отв}$  – діаметр виготовленого отвору в диску, мм;

$\alpha$  – відповідно кутлова координата, град.

Таким чином, підставляємо до виразу відомі значення:

$$\Delta P_2 = \frac{4 \cdot 0,00032 \cdot 9,81 (964 - \sin 38)^3 \sqrt{12^2 - 4^2}}{3,14 \cdot 4^3} = 0,29$$

Рівномірне захоплення насіння отворами диска та його скидання в борозну в одній точці за сталою траєкторією дозволяє суттєво підвищити якість сівби. За результатами випробувань, це може забезпечити покращення показників сівби до 25%.

### 4.2.3. Розрахунок вентилятора

Встановлений на даній сівалці вентилятор вакуумної дії та повинен мати невеликі габарити, а також не заважати встановленню інших механізмів або робочих органів.

Для вищевказаного вентилятора частота обертів становить  $n = 4400$  об/хв., що є досить оптимальним значенням.

Обчислюємо швидкохідність обертання за наступною формулою:

$$n_o = 53 \frac{Q^{0.5} \cdot \omega}{H^{0.75}} = 53 \frac{0.14^{0.15} \cdot 440}{4682^{0.75}} 15,3,$$

де:  $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 4400}{30} = 460 \text{ с}^{-1}$ .

Діаметр входу в вентилятор обчислюємо, виходячи з умов мінімальних втрат при входженні певного струменя повітря на лопатки:

$$D_o = \kappa^3 \sqrt{\frac{Q}{\omega}}, \quad (4.7)$$

де:  $\kappa = 1,6 \dots 1,8$  та суттєво залежить від значення частоти обертання  $n_d$ .  
Приймаємо:  $\kappa = 1,8$  для вентиляторів із загнутими вперед лопатками при значенні  $n_o = 15 \dots 20$ .

Отже:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 00.000 ПЗ

$$D_o = 1,8 \sqrt[3]{\frac{0,14}{440}} = 0,13, \text{ м.}$$

Діаметр входу  $D_1$  в колесо приймаємо згідно конструктивних міркувань, коли  $D_1 > D_o$ . Приймаємо:  $D_1 = 0,16$  м.

Тоді зовнішній діаметр колеса становить:

$$D_2 = D_o \frac{60}{n_o} = 0,13 \frac{60}{15,3} = 0,51$$

Ширина спіральних лопатей:

$$B = 0,885 \cdot D_o = 0,885 \cdot 0,13 = 0,1151 = 0,12 \text{ м.}$$

Отже, ширина колеса буде становити наступне:

$$b = \frac{\kappa \cdot D_o}{4} = \frac{1,2 \cdot 0,13}{4} = 0,039 \text{ м,}$$

де:  $\kappa = 1,2 \dots 2,5$ . Приймаємо:  $\kappa = 1,5$

Приймаємо:  $b = 0,04$  м.

Тоді мінімальне число лопаток колеса вентилятора буде становити:

$$z = \frac{\pi(D_2 + D_1)}{D_2 - D_1} = \frac{3,14(0,51 + 0,16)}{0,51 - 0,16} = 6,01.$$

Приймаємо:  $z = 12$ .

Щоб знизити гідравлічні втрати, кут входу потоку на лопатки приймається в межах  $\beta_1 = 40 \dots 80^\circ$ . При цьому більші значення кута характерні для швидкохідних коліс з мінімальним значенням критерію. Кут виходу лопаток з колеса встановлюється  $\beta_2 = 160^\circ$ .

Криволінійна форма лопаток може виконуватись за однією або кількома дугами кола. У цьому випадку приймаємо лопатку, окреслену однією дугою..

Радіус цієї дуги буде становити:

$$R_n = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4(D_2 \cos \beta_2 - D_1 \cos \beta_1)} = \frac{0,51^2 - 0,16^2}{4(0,51 \cdot \cos 160^\circ - 0,16 \cos 80^\circ)} = -0,1 \text{ м}$$

Знак „-” чітко показує, що встановлені лопатки загнуті вперед.

Тепер радіус кола, на якому розміщені центри дуг лопаток, буде становити:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 00.000 ПЗ

$$R_y = \sqrt{0,25D_1^2 + R_n^2 - R_n D \cdot \cos \beta} , \quad (4.8)$$

$$R_y = \sqrt{0,25 \cdot 0,16^2 + 0,1^2 - 0,1 \cdot 0,16 \cdot \cos 80^\circ} = 0,117 \text{ м.}$$

І на решті, потужність вентилятора на колесі визначається з наступного виразу:

$$N = \frac{Q \cdot P}{1000 \cdot \eta} , \quad (4.9)$$

де:  $\eta$  – ККД вентилятора, коли лопатки є загнутими вперед,  $\eta = 0,55 \dots 0,6$ .

$$N = \frac{0,14 \cdot 5600}{1000 \cdot 0,6} = 1,31 \text{ кВт.}$$

#### 4.2.4. Розрахунок пасової передачі

Основними конструктивними характеристиками зубчастого ременя є модуль  $m$ , потім число зубів на ремені  $z_p$  та довжина самого ременя  $L$ .

Модуль ременя обчислюється за формулою:

$$m = 35 \sqrt[3]{P \div n_1} , \quad (4.10)$$

де:  $P$  – значення потужності двигуна, кВт, тобто  $P = 3,35$  кВт;

$n_1$  – число обертів, об/хв, що є  $n = 4400$  об/хв.

Отже:

$$m = 35 \sqrt[3]{3,35 \div 4400} = 3$$

Число зубів меншого шківa  $z_2$  – в залежності від модуля та частоти обертання вибирають з літературних джерел. Вибираємо  $z_2 = 20$ .

Число зубів великого шківa буде становити:

$$z_1 = z_2 \cdot m = 3 \cdot 60 = 180$$

Ширину ременя в залежності від модуля також вибираємо з літературних джерел.

Проведемо обчислення міжосьової відстані:

$$a' = (0,5 \dots 2,0)(d_{p1} + d_{p2}) , \quad (4.11)$$

де:  $d_{p1}, d_{p2}$  - відповідно ділильні діаметри шківів.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$d_{p1} = mz_1 = 3 \cdot 60 = 180 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = mz_2 = 3 \cdot 20 = 60 \text{ мм}$$

$$a' = (0,5 \dots 2,0)(180 + 60) = 360 \text{ мм.}$$

Тепер встановимо попереднє значення довжини ременя  $L^1$  за наступною формулою:

$$L' = \frac{2a + \pi(d_{p1} + d_{p2})}{2 + (d_{p1} - d_{p2})^2 / (4a')} \quad (4.12)$$

Підставляємо до формули 4.12 відомі значення:

$$L' = \frac{2 \cdot 360 + 3,14(180 + 60)}{2 + (180 - 60)^2 / (4 \cdot 360)} = 1042 \text{ мм.}$$

Тепер за величиною  $L'$  знаходимо орієнтовне значення кількості зубів на ремені:

$$z_p' = \frac{L'}{\pi \cdot m} \quad (4.13)$$

$$z_p' = \frac{1042}{(3,14 \cdot 3)} = 110,6$$

Приймаємо:  $z_p = 110$  зубів.

Кінцеве значення довжина ременя визначається за наступною формулою:

$$L = m \cdot z_p \cdot \pi = 3 \cdot 110 \cdot 3,14 = 1036 \text{ мм,} \quad (4.14)$$

Кінцеве значення для міжосьової відстані обчислюємо за формулою:

$$a = 0,25 \left[ L - \Delta_1 + \sqrt{(L - \Delta_1)^2 - 8\Delta_2} \right], \quad (4.15)$$

де:  $\Delta_1 = 0,5\pi(d_{p1} + d_{p2}) = 0,5 \cdot 3,14(180 + 60) = 376,8 \text{ мм};$

$$\Delta_2 = 0,25(d_{p1} - d_{p2})^2 = 0,25 \cdot (180 - 60)^2 = 3600 \text{ мм.}$$

Отже:

$$a = 0,25 \left[ 1036 - 376,88 + \sqrt{(1036 - 376,88)^2 - 8 \cdot 3600} \right] = 324 \text{ мм.}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 00.000 ПЗ				



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на посівному агрегаті.

З метою запобігання аваріям та нещасним випадкам у конструкції сівалки передбачені наступні заходи безпеки:

- усі рухомі та обертові елементи закриті захисними кожухами відповідно до існуючих вимог, при цьому вони мають контрастне забарвлення, що відрізняється від основного кольору машини згідно з технічними регламентами;

- передавальні механізми оснащені запобіжними штифтами, які зрізаються у разі перевищення допустимого навантаження на вали;

- гідравлічна система унеможливорює самовільне опускання сівалки;

- для очищення сошників від забивання в комплект входить чистик, який знімається без застосування інструментів;

- поперечна стійкість агрегату з причепленою сівалкою становить не менше 30°, що підтверджено інженерними розрахунками;

- при приєднанні сівалки до трактора навантаження на керовані колеса повинно становити щонайменше 20% загальної маси агрегату;

- сівалка не ускладнює доступ до робочого місця тракториста, забезпечує належний огляд під час виконання технологічних процесів, а також вільний доступ до вузлів та механізмів для обслуговування;

- вузли масою понад 20 кг мають спеціальні петлі для стропування, а місця кріплення позначені відповідними маркуваннями; точки піддомкочування позначені літерами «ДК»;

- на сівалці розміщено попереджувальну табличку про заборону транспортування машини у піднятому стані з завантаженими бункерами;

- система управління і контролю (УСК), якою оснащена сівалка, дозволяє здійснювати нагляд за її роботою безпосередньо з кабіни трактора, без участі додаткового персоналу.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі запропоновано шляхи вдосконалення процесу механізованого вирощування просапної культури - кукурудзи. Проведено аналіз наявної технології вирощування цієї культури, а також розглянуто конкретні заходи щодо покращення як самої технології, так і конструкції посівного агрегату.

У межах роботи внесено зміни до процесу сівби: застосування модернізованого посівного агрегату дало змогу істотно підвищити його продуктивність і забезпечити дружні сходи за рахунок більш якісного внесення мінеральних добрив. У технологічній частині розроблено технологічну та операційно-технологічну карти, в яких детально описані всі етапи виробництва та перелік машин, що забезпечують виконання повного комплексу робіт з вирощування кукурудзи..

В інженерній частині з метою покращення роботи пневмосистеми при операції сівби було модернізовано привод вентилятора. А саме: замість двох клинових ременів застосовано один зубовий ремінь завдяки чому поліпшено працездатність вентилятора, значно спрощено його обслуговування, збільшено строк служби приводу, а головне забезпечено стабільне розрідження в пневмосистемі.

В розділі з охорони праці нами обґрунтовано безпечні заходи та умови праці на посівному агрегаті.

Проведені вдосконалення в технологічному та інженерному розділах свідчать про високу якість проведених змін. Саме тому робота є доцільною та актуальною.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва / за ред. Черновола М.І. – К. Урожай, 2001. – 384 с.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини (практичні заняття): навч. посібник. / Сисолін П.В., Сало В.М., Свірень М.О. – Кіровоград: Рай. друкарня, 2002. – 131 с.
3. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5475>
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с. URL: <http://nmcbook.com.ua/wp-content/uploads/2017/10/Сільськогосподарські-машини.-Основи-теорії-та-розрахунку-.pdf>
5. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 2. Машини для рільництва / за ред. Черновола М.І. – К. Урожай, 2002. – 359 с.
6. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: У 2 т. – Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 443 с.
8. Хайліс Г.А. Основи теорії та розрахунку сільськогосподарських машин. - К.: Вид-во УСГА, 1992. - 235 с.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
1			СУПГ 00.030 СБ	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		СУПА 00.710	Кронштейн	1	
	2		СУПА 00.720	Муфта	1	
	3		СУПА 00.730	<del>Натяжник</del>	1	
	4		СУПА 00.770	Боковина	1	
	5		СУПА 00.740	Кронштейн	1	
	6		СУПА 00.110	Ротор	1	
	7		СУПА 00.780	Боковина	1	
	8		СУПА 00.490	Кожух	1	
	9		СУПА 00.1220	Щиток	1	
				<u>Деталі</u>		
	10		СУПГ 00.007	Шків	1	
	11		СУПГ 00.008	Шків	1	
	12		СУПА 00.005	Прокладка	1	
	13		СУПА 00.037	Прокладка	2	
			СУПГ 00.030			
Зм.	Лист	№ доком.	Піблис	Дата		
Возлоб		Фесечко			Літера	Лист
Перевіриє		Кіслярєв				Листів
						1
						3
Н. контр.		Мачок			ЦНТУ, гр. АІ-22мбз-1	
Затв.		Васильковський				



