

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням висівного апарата сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу,

групи AI-22

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності «Агроінженерія»

_____Соловйов Руслан Миколайович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

« ____ » _____ 2026 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина

Спеціальність Н7Агроінженерія

Освітньо-наукова програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Соловйова Руслана Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням висівного апарата сівалки»

- ## 2. Керівник роботи (проекту)

Васильковський Олексій Михайлович, к.т.н., професор

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

3. Строк подання роботи до захисту
- 15.06.2026

- #### 4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту)

Підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно

5. Перелік графічного матеріалу: операційно-технологічна карта сівби; схема
(загальний вигляд) сівалки, висівний апарат, деталювання

Всього: не менше 4 арк. А1 (масштабованих)

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	О. Васильковський		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	31.05.2026	
	Графічна частина	05.06.2025	
	Захист роботи	15-30.06.2026	

Дата видачі завдання

«12» березня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«12» березня 2026 р.

Підпис здобувача _____ Руслан СОЛОВЙОВ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена вирішенню задачі підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно.

В роботі здійснено огляд технології вирощування кукурудзи на зерно, в ході чого було виявлено можливості підвищення продуктивності сівби за рахунок підвищення швидкості посівного агрегату. Підвищення швидкості без втрати якості досягається шляхом використання модернізованих висівних апаратів сівалки СУПН-8.

У технологічному розділі наведено обґрунтування змін у технології і розраховано операційно-технологічну карту на сівбу. У інженерній частині роботи наведено обґрунтування параметрів модернізованого висівного апарату сівалки.

Суть проведених удосконалень наведено у ілюстративній частині.

технологія, операційно-технологічна карта, кукурудза, висівний апарат

ABSTRACT

The qualification work is devoted to solving the problem of increasing the efficiency of growing corn for grain.

The work reviews the technology of growing corn for grain, during which it was revealed the possibilities of increasing the productivity of sowing by increasing the speed of the sowing unit. Increasing the speed without loss of quality is achieved by using modernized sowing units of the SUPN-8 seeder.

The technological section provides a justification for changes in technology and calculates an operational-technological map for sowing. The engineering part of the work provides a justification for the parameters of the modernized sowing unit of the seeder.

The essence of the improvements is given in the illustrative part.

technology, operational-technological map, corn, suspension system

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			ДП 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A1			ДП 00.001 ТЧ	Операційно-технологічна карта	1	
A1			ДП 00.000 ВО	Схема функціональна СУПН-8	1	
				<u>Документація</u>		
				<u>по складальним одиницям</u>		
A1			ДП 00.010 СБ	Апарат висівний	1	
				<u>Деталі</u>		
A1			ДП 00.010.101	Кришка	1	
A3			ДП 00.010.402	Диск	1	
A3			ДП 00.010.603	Диск	1	
						</

ЗМІСТ

1. Вступ	7
2. Аналіз типової технології вирощування кукурудзи	9
3. Операційна технологія сівби	12
4. Інженерна частина	22
5. Охорона праці	35
6. Висновки	37
Список використаної літератури	38
Додатки	41

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1. ВСТУП

За нинішніх умов ведення господарства, щоб забезпечити подальше зростання аграрного сектору, першочергова увага має бути зосереджена на формуванні належних умов для ефективного використання машинно-тракторного парку (МТП). Розвинене сільське господарство, яке отримує фінансову підтримку від держави, здатне стати рушієм виходу країни з економічної кризи.

Україна володіє значним природним потенціалом для розбудови потужного агропромислового комплексу та перетворення його на один із ключових секторів національної економіки. Це дозволило б забезпечити країну продовольством, створити нові робочі місця та зміцнити позиції України на світовому аграрному ринку. Зокрема, на частку нашої держави припадає близько третини світових запасів чорноземів і 27% орних угідь Європи – показник забезпеченості орною землею на одного жителя в Україні складає 0,66 га проти 0,25 га в середньому по Європі. Попри такі переваги, аграрна галузь європейських країн функціонує значно ефективніше, що пояснюється насамперед системною державною підтримкою сільськогосподарського виробництва та організацією праці на засадах сучасної науки.

Підтримання МТП у технічно справному стані, необхідному для якісного виконання польових робіт, досягається шляхом своєчасного та ретельного здійснення повного комплексу заходів з технічного обслуговування й ремонту. Впровадження прогресивних підходів до організації та проведення технічного обслуговування і ремонту МТП із застосуванням сучасних технологій і обладнання сприятиме зниженню собівартості сільськогосподарської продукції та підвищенню врожайності –

					ДП 00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата								
Розроб.	Соловийов				Пояснювальна записка				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Васильковський										7	38
Н.контр.	Артеменко											
Затв.	Васильковський											
					ЦНТУ, гр. АІ-22-1							

адже всі роботи виконуватимуться в оптимальні агротехнічні строки, що мінімізує втрати при збиранні врожаю.

Нині особливої актуальності набула проблема розроблення практичних рекомендацій щодо формування оптимального складу МТП фермерських господарств, а також планування та організації технічного обслуговування й ремонту сільськогосподарської техніки в цих господарствах.

У нашій роботі обґрунтовано удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно з модернізацією висівного апарату сівалки, що дало змогу підвищити продуктивність сівби і отримати загальногосподарських ефект.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

2.1. Агротехнічні вимоги при посіві зернових культур

Спираючись на опрацьовані джерела [1–3], можна виділити ключові агротехнічні стандарти для проведення сівби кукурудзи:

2.1.1. Часові межі сівби

Починати посівні роботи рекомендується за умови прогріву ґрунту на глибині висіву (8–10 см) до стабільної температури 10–12°C або вище. Передчасна сівба в недостатньо прогріту землю негативно впливає на польову схожість та гальмує ріст культури на ранніх етапах. Для степової зони найбільш сприятливим періодом вважається перша та друга декади квітня.

2. Глибина загортання насіння

Цей параметр коригується відповідно до типу ґрунту та рівня його зволоженості:

- на важких глинистих ділянках – 4–5 см;
- на ґрунтах середнього механічного складу – 5–6 см;
- на легких супісках або в умовах дефіциту вологи у верхньому шарі – 6–8 см.

Припустиме відхилення від встановленої глибини не має перевищувати ± 1 см.

3. Норма висіву та параметри міжрядь

Обсяг висіву насіння розраховується з огляду на цільову густоту посіву, яка варіюється за природно-кліматичними зонами:

- Полісся: 55–65 тис. одиниць/га;
- Лісостеп: 50–60 тис. одиниць/га;
- Степ: 40–55 тис. одиниць/га.

Загальноприйнята ширина міжрядь при використанні пунктирного методу становить 70 см. Допустима похибка ширини міжрядь – ± 2 см, а відхилення кроку посіву (відстані між зернами в рядку) – до ± 2 см.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. Показники рівномірності висіву

Для якісної сівби нерівномірність розподілу насіння між висівними апаратами не повинна бути більшою за $\pm 3\%$ від середнього показника. Рівень пропусків у рядках (випадки, коли дистанція між насінинами перевищує заданий крок утричі) обмежується межею у 3–5%.

Відповідно до наукових джерел [1–3], технологія вирощування кукурудзи базується на суворому дотриманні агротехнічних стандартів, починаючи від підготовки насіння і закінчуючи збиранням урожаю. Якісний посівний матеріал повинен мати схожість не нижче 92%, чистоту від 99% та вологість до 14%, а також бути обов'язково відкаліброваним і протруєним. Процес сівби розпочинають, коли ґрунт на глибині 8–10 см прогрівається до 10–12°C (для сучасних пневматичних сівалок допускається 12–14°C), що зазвичай припадає на першу-другу декади квітня в умовах Степу. Глибина загортання насіння коригується залежно від типу ґрунту: від 4–5 см на важких глинистих до 6–8 см на легких супіщаних, при цьому відхилення не повинно перевищувати ± 1 см. Важливою умовою є щільний контакт насіння з вологим шаром ґрунту, що досягається використанням прикочувальних котків для забезпечення дружних сходів на вирівняній поверхні поля.

Стандартна ширина міжрядь становить 70 см, а густота стояння рослин варіюється від 40–55 тис./га у Степу до 55–65 тис./га на Поліссі. Точність висіву вимагає мінімальних похибок: ± 2 см за шириною міжрядь та відстанню між насінинами, а також не більше 3% нерівномірності між секціями сівалки. Прямолінійність рядків має витримуватися в межах ± 2 –3 см на кожні 50 метрів гону для полегшення подальшого догляду.

Типова технологія вирощування передбачає лущення стерні на глибину 7–10 см одразу після попередника (агрегатами ЛДГ-10 чи БД-10 з трактором Т-150) та внесення органічних добрив у кількості 4–5 т/га. Мінеральне живлення розраховується відповідно до планової врожайності, зазвичай включаючи 7–10 кг азоту на тонну пожнивних рештків та 50% норми азоту, фосфору і калію безпосередньо перед оранкою. Основний обробіток виконується плугами ПЛН-

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5-35 на глибину 30–32 см для створення гомогенного шару. Весняний цикл включає раннє боронування (БЗТС-1,0) для закриття вологи та передпосівну культивуацію на 5–7 см (КПС-4). Після сівби, протягом 4 днів, вносяться досходові гербіциди (300–400 л/га), а за потреби проводяться боронування сходів та міжрядна культивуація на глибину 8–10 см (КРН-4,2). Збирання розпочинають при повній стиглості зерна та його вологості 18–20% комбайнами класу ДОН-1500.

Для підвищення ефективності виробництва пропонується модернізація базового посівного агрегату (СУПН-8 + МТЗ-82) шляхом використання оновленої моделі СУПН-8. Це дозволяє збільшити робочу швидкість з базових 6–9 км/год до 12 км/год завдяки вдосконаленим висівним апаратам, що забезпечують точне дозування навіть при прискоренні руху $P_{н.гак}$ [4].

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СІВБИ

У відповідності до запропонованої пропозиції використання посівного агрегату МТЗ-82 + модернізована СУПН-8, що забезпечує підвищену швидкість роботи при точному дозування, проведемо розрахунки для обґрунтування параметрів операційно-технологічної карти сівби.

Характеристики агрегатів.

Для базової:

$$V_T^{III} = 7,24 \text{ км/год},$$

$$P_{\text{н.гак}}^{III} = 14,0 \text{ кН},$$

$$V_T^{IV} = 8,9 \text{ км/год},$$

$$P_{\text{н.гак}}^{IV} = 14,0 \text{ кН}.$$

Для проектної

$$V_T^V = 10,54 \text{ км/год},$$

$$P_{\text{н.гак}}^V = 11,5 \text{ кН}.$$

Дізнаємось тягове зусилля трактора з урахуванням величини підйому використовуючи формулу

$$P_{\text{гак}} = (P_{\text{н.гак}} - G_{\text{тр}}) \times i ,$$

де $P_{\text{н.гак}}$ - номінальне тягове зусилля до відповідних передач;

$G_{\text{тр}}$ - вага, кН ($G_{\text{тр}} = 36,4 \text{ кН}$)[4];

i - величина підйому, ($i = 0,01$ – із характеристики поля).

Для базової

$$P_{\text{гак}}^{III} = 14,0 - 36,4 \times 0,01 = 13,64 \text{ кН} ,$$

$$P_{\text{гак}}^{IV} = 14,0 - 36,4 \times 0,01 = 13,64 \text{ кН} .$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для проєктної

$$P_{\text{гак}}^V = 11,5 - 36,4 \times 0,01 = 11,14 \text{ кН} .$$

Дізнаємось максимальну ширину захвату агрегату при робочих передачах використовуючи формулу:

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{гак}}}{K_o^v + R_i},$$

де $P_{\text{гак}}$ - тягове зусилля, кН;

R_i – додатковий опір, котрий виникає через підйом агрегату, кН/м.

K_o^v - питомий опір кН/м;

Коли зростає швидкість – зростає і питомий опір . Величина питомого опору при пришвидшенні руху визначається такою формулою:

$$K_o^v = K_o \times [1 + 0,006(V_p^2 - V_o^2)]$$

де K_o – питомий опір при $V_o = 5$ км/год, кН/м² , ($K_o = 1,4$ Н/м²);

V_p - робоча швидкість агрегату, км/год;

V_o – швидкість руху агрегату ($V_o = 5$ км/год).

Тому :

Для базової

$$K_o^{III} = 1,4 \times [1 + 0,006(6,37^2 - 5^2)] = 1,53 \text{ кН/м}^2 ,$$

$$K_o^{IV} = 1,4 \times [1 + 0,006(7,83^2 - 5^2)] = 1,7 \text{ кН/м}^2 .$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для проектної

$$K_o^V = 1,4 \times [1 + 0,006(9,27^2 - 5^2)] = 1,9 \text{ кН/м}^2 .$$

$$R_i = \frac{G_M}{B_K} \times i = \frac{11,0}{5,6} \times 0,01 = 0,02 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для базової:

$$B_{max}^{III} = \frac{13,64}{1,53+0,02} = 8,8 \text{ м} ,$$

$$B_{max}^{IV} = \frac{13,64}{1,7+0,02} = 7,9 \text{ м} .$$

Для проектної

$$B_{max}^V = \frac{11,14}{1,9+0,02} = 5,8 \text{ м} .$$

Дізнаємось скільки сівалок у агрегаті:

$$n_K = \frac{B_{max}}{B_K} ,$$

де B_{max} - максимальна ширина захвату, м ;

B_K – конструктивна ширина захвату ($B_K = 5,6$). [4].

Для базової

$$n_K^{III} = \frac{8,8}{5,6} = 1,57 \text{ прийmemo 1 сівалку} ,$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже:

$$B_{max}^{IV} = \frac{13,64}{1,7 + 0,02} = 7,9$$

Для проектної

$$B_{max}^V = \frac{11,14}{1,9+0,02} = 5,8 \text{ м.}$$

Дізнаємось скільки сівалок в агрегаті:

$$n_k = \frac{B_{max}}{B_k},$$

де B_{max} - максимальна ширина захвату, м ;

B_k – конструктивна ширина захвату ($B_k = 5,6$). [4].

Для базової

$$n_k^{III} = \frac{8,8}{5,6} = 1,57 \text{ приймемо 1 сівалку,}$$

$$n_k^{IV} = \frac{7,9}{5,6} = 1,41 \text{ приймемо 1 сівалку.}$$

Для проектної

$$n_k^V = \frac{5,8}{5,6} = 1,04 \text{ приймемо 1 сівалку.}$$

Розрахуємо тяговий опір :

$$R_{arp} = (K_o^v + R_i) \times B_k \times n_k ,$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для базової

$$R_{\text{агр}}^{III} = (1,53 + 0,02) \times 5,6 \times 1 = 8,68 \text{ кН},$$

$$R_{\text{агр}}^{IV} = (1,7 + 0,02) \times 5,6 \times 1 = 9,63 \text{ кН}.$$

Для проектної

$$R_{\text{агр}}^V = (1,9 + 0,02) \times 5,6 \times 1 = 10,75 \text{ кН}.$$

Розрахуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, використовуючи таку формулу:

$$\eta_{\text{тз}} = \frac{R_{\text{агр}}}{P_{\text{гак}}},$$

Для базової

$$\eta_{\text{тз}}^{III} = \frac{8,68}{14,0} = 0,62,$$

$$\eta_{\text{тз}}^{IV} = \frac{9,63}{14,0} = 0,68.$$

Для проектної

$$\eta_{\text{тз}}^V = \frac{10,75}{14,0} = 0,77.$$

Дізнаємось змінну продуктивність, га / зм:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \times B_p \times V_p \times T_p,$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де B_p - робоча ширина захвату, м .

$$B_p = B_k \times \beta,$$

де B_k – конструктивна ширина захвату, м;

β – коефіцієнт використання ширини (для сівалки $\beta = 1,0$) [4].

$$B_p = 5,6 \times 1,0 = 5,6 \text{ м.}$$

Дізнаємось робочу швидкість руху, ураховуючи буксування, використовуючи таку формулу:

$$V_p = V_t \times \left(1 - \frac{\delta}{100} \right),$$

де V_t - теоритична швидкість, км/год ;

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 12 \%$)[3 Додаток 2].

Для базової

$$V_p^{III} = 7,24 \times \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 6,37 \text{ км/год,}$$

$$V_p^{IV} = 8,9 \times \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 7,83 \text{ км/год.}$$

Для проєктної

$$V_p^V = 10,54 \times \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 9,27 \text{ км/год.}$$

T_p – чистий робочий час зміни, год.

$$T_p = T_{зм} \times \tau ,$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $T_{зм}$ – час зміни , год. ($T_{зм} = 7$ год.);

τ – коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,8$) [4].

Тож,

$$T_p = 7 \times 0,8 = 5,6 \text{ год.}$$

Для базової

$$W_{зм}^{III} = 0,1 \times 5,6 \times 6,37 \times 5,6 = 19,7 \text{ га/зм},$$

$$W_{зм}^{IV} = 0,1 \times 5,6 \times 7,83 \times 5,6 = 24,6 \text{ га/зм},$$

Для проектної

$$W_{зм}^V = 0,1 \times 5,6 \times 9,27 \times 5,6 = 29,1 \text{ га/зм}.$$

Дізнаємось кількість витрат палива (кг/га):

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}},$$

де $Q_{зм}$ – витрати палива за зміну, кг;

$W_{зм}$ – продуктивність за зміну, га / зм.

$$Q_{зм} = Q_p \times T_p + Q_x \times t_x + Q_z \times t_z,$$

де Q_p, Q_x, Q_z – це витрати палива за годину, протягом роботи робочих та холостих ходів й при зупинках із працюючим двигуном, кг/год [4]

t_x, t_z – це витрачений час на робочі ходи й зупинки з працюючим двигуном, год.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

До розрахунків приймемо $t_x = t_3$, отже:

$$t_x = t_3 = (T_{3м} - T_p) / 2 ,$$

$$t_x = t_3 = (7 - 5,6) / 2 = 0,7 \text{ год.}$$

На III передачі, $Q_p = 16,7 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_x = 11,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_3 = 2,6 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; на IV передачі, $Q_p = 15,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_x = 9,7 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_3 = 1,9 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$,

На V передачі $Q_p = 15,2 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_x = 9,5 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$; $Q_3 = 1,7 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ [4].

Тож витрата палива на 1 га:

Для базової

$$Q_{\text{га}}^{\text{III}} = \frac{16,7 \times 5,6 + 11,4 \times 0,7 + 2,6 \times 0,7}{19,7} = 5,2 \text{ кг/га} ,$$

$$Q_{\text{га}}^{\text{IV}} = \frac{15,4 \times 5,6 + 9,7 \times 0,7 + 1,9 \times 0,7}{24,6} = 3,8 \text{ кг/га} .$$

Для проектної

$$Q_{\text{га}}^{\text{V}} = \frac{15,2 \times 5,6 + 9,5 \times 0,7 + 1,7 \times 0,7}{29,1} = 3,2 \text{ кг/га} .$$

Через розрахунки бачимо, проєктний агрегат в складі трактора МТЗ – 82 і модернізованої сівалки СУПН – 8А буде мати кращу продуктивність та зменшиться витрата пального. Тож можемо вважати дане вдосконалення обґрунтованим.

Розрахунок поворотних смуг.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Орієнтовний розмір поворотної смуги:

При петльових поворотах:

$$E = 3 \times R_{min} + L_a ,$$

де R_{min} – найменший радіус повороту, м ;

L_a – довідкова кінематична довжина агрегату, м.

Радіус посівного агрегату під час роботи:

$$R_{min} = 1,7 \times B ,$$

де B – ширина посівного агрегату, м.

Кінематична довжина посівного агрегата:

$$L_a = L_{тр} + L_m ,$$

де $L_{тр}$ – кінематична довжина обраного трактора , м ;

L_m – кінематична довжина сівалки, м.

Робоча ширина

$$B_p = B_k \times \beta = 5,6 \times 1,0 = 5,6 \text{ м.}$$

Розрахуємо показники при петльовому повороті :

$$L_a = 0,94 + 1,1 = 2,04 \text{ м,}$$

$$R_{min} = 1,7 \times 5,6 = 9,52 \text{ м,}$$

$$E = 3 \times 9,52 + 2,04 = 30,6 \text{ м.}$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Візьмемо ширину поворотної смуги кратну ширині захвату агрегата:

$$E = K \times B_p$$

де $K = \frac{E}{B_p}$.

$$K = \frac{30,6}{5,6} = 5,5,$$

Заокругливши величину К до найближчого цілого – К=6, одержимо:

$$E = 6 \times 5,6 = 33,6 \text{ м.}$$

Поворотні смуги, перед початком сівби відмічають вішками з подальшим нарізанням борозен

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Будова сівалки

Начіпна сівалка СУПН-8 являє собою машину, побудовану на рамі з автоначіпкою, що об'єднує вісім посівних секцій, чотири туковисівні блоки, відцентровий вентилятор та інтелектуальну систему контролю. Функціонування машини базується на передачі крутного моменту від опорно-приводних коліс через ланцюгові механізми до висівних дисків та шнеків для добрив.

Процес висіву реалізується за допомогою вакууму, який створюється вентилятором від вала відбору потужності трактора: насіння присмоктується до отворів диска, де спеціальний скидач відсікає зайві зернини, забезпечуючи поштучний відбір. При виході з зони розрідження насіння гравітаційно випадає на дно борозни, сформованої п'ятою сошника, після чого заробляється підгортальниками та ущільнюється котками. Паралельно з цим пружинні шнеки дозують мінеральні добрива, спрямовуючи їх через тукопроводи та розсіювачі в окремі борозни, що дозволяє поєднувати сівбу з підживленням за один прохід агрегату.

Технічна характеристика сівалки

Тип сівалки	начіпна
Сівалка з тракторами класу, кн.	14
Продуктивність за годину основного часу, га/год.	до 9,2
Робоча швидкість руху при посівах, км/год.	до 10
Робоча ширина захвату, м	5,6
Ширина міжрядь, см	70
Норма висіву насіння кукурудзи, тис. шт./га	25...150
Норма внесення мінеральних добрив, кг/га	50...250
Глибина заробки насіння, см	4...12
Маса сівалки, кг	1280
Місткість бункерів для зерна, дм ³	260

Місткість бункерів для мінеральних добрив, дм ³	180
Частота обертів вентилятора, с ⁻¹ (об/хв.)	67 (4200)
Гарантований строк експлуатації, місяців	30
Дорожній просвіт, мм	300
Транспортна швидкість, км/год.	15
Оперативна трудомісткість переобладнання машини, люд/год:	
- Для вирощення іншої культури	0,4
- У транспортне становище й навпаки, по	0,25
Габаритні розміри сівалки в транспортному стані, не більше ніж , мм	
довжина	6900
ширина	2900
висота	3500

Завершальний етап робочого циклу сівалки полягає у закритті посівних борозен із насінням та добривами за допомогою підгортальників, після чого прикочувальні колеса ущільнюють верхній шар ґрунту. Таке притискання критично важливе для капілярного підняття вологи до насіннєвого ложа, тоді як фінальні шлейфи забезпечують рівномірне розрівнювання поверхні поля. Для підтримки точності міжрядних інтервалів під час руху агрегату використовуються маркери, що залишають орієнтир для наступного проходу, а за стабільністю та якістю всього технологічного процесу в реальному часі стежить уніфікована система контролю (УСК) рис. 4.1.

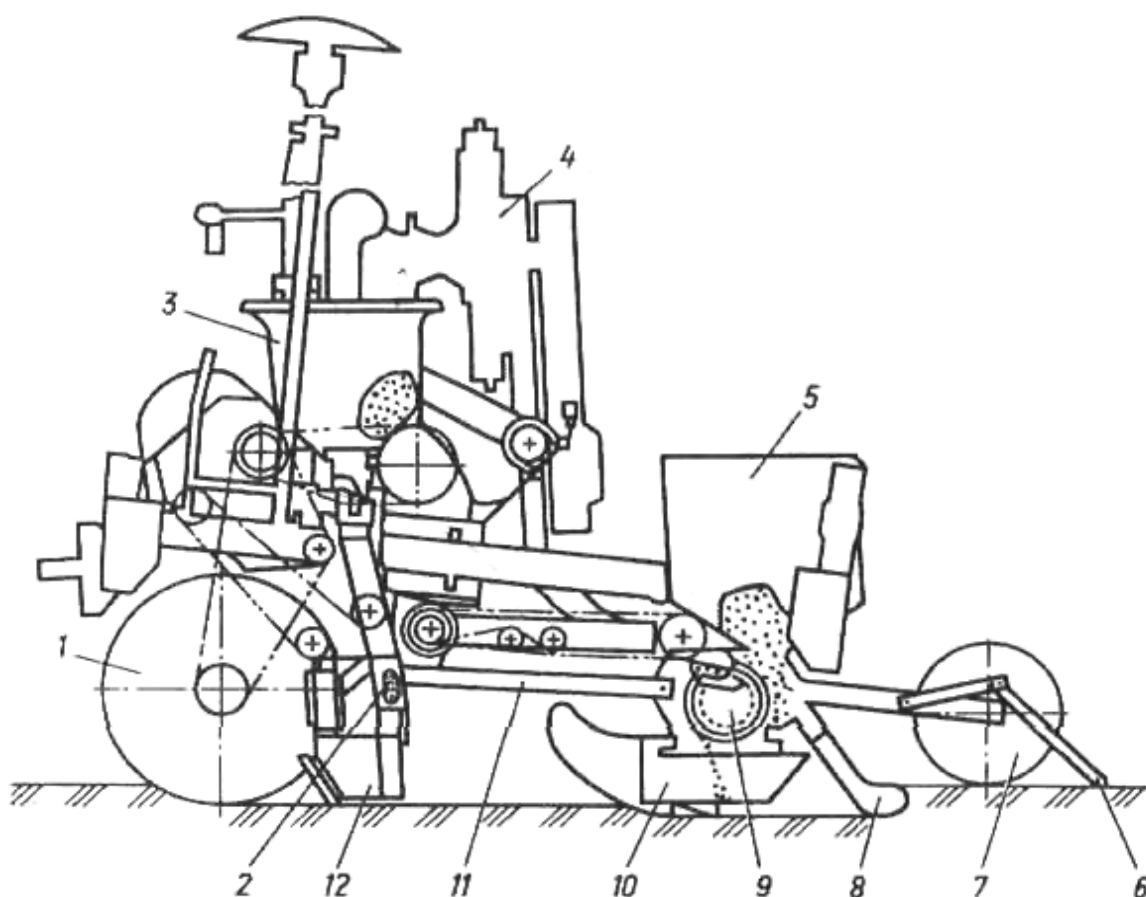


Рис. 4.1. Схема технологічного процесу:

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

4.2. Напрями модернізації сівалки СУПН – 8

Ключовим недоліком пневматичних висівних систем залишається нерівномірність розподілу насіння в рядку, що зумовлено неповним заповненням отворів диска, особливо при високих швидкостях роботи. Для розв'язання цієї проблеми пропонується модернізація апарату шляхом встановлення додаткового зубчастого диска, співвісного з основними отворами. Таке конструктивне рішення стабілізує процес захоплення насіння, запобігає появі «двійників» та дозволяє підвищити робочу швидкість без втрати якості висіву.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП 00.000 ПЗ

Арк.

24

4.3. Технологічний розрахунок

Визначення об'єму насіннєвого бункера.

При розрахунку технологічних параметрів, зокрема місткості насіннєвого бункера для кукурудзи маса 1000 зернин – в середньому становить 220 г, враховується баланс між автономністю роботи агрегату та його загальною масою. Об'єм бункера має бути достатнім для тривалої роботи між заправками, проте не надмірним, щоб не збільшувати матеріаломісткість машини та не створювати зайвого тиску на ґрунт.

Об'єм бункера визначаємо за формулою:

$$V_{\text{б}} = \frac{(1,1...1,5)L \cdot B \cdot Q}{10^4 \gamma_c},$$

де Q – норма висіву, кг/га

$$Q = 60 \text{ тис.шт/га} = 13,2 \text{ кг/га} = 13200 \text{ г/га};$$

B – ширина захвату сівалки, м, 5,6 м;

γ_c – об'ємна вага зерна (насіннєвого матеріалу);

$$\gamma_c = 730 - 870 \text{ г/дм}^3, \text{ прийmemo } 750 \text{ г/дм}^3;$$

L – довжина гона, м

$$L = 800 : 4 = 3200 \text{ м.}$$

Об'єм одного насіннєвого бункера дорівнює

$$V_{\text{б}} = \frac{1,2 \cdot 3200 \cdot 5,6 \cdot 13200}{10^4 \cdot 750} = 37,85 \text{ дм}^3$$

Повний об'єм бункерів дорівнює

$$37,85 \cdot 8 = 302,8 \text{ дм}^3$$

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дізнаємось об'єм бункерів для туків

$$V_T = V_6 \cdot 2 = 65 \text{ дм}^3$$

Розрахуємо фактичну довжину гона, котрим можемо працювати без дозаправки сівалки СУПН – 8

$$L = \frac{10^4 \cdot V_6 \cdot \gamma_c}{1.2 \cdot B \cdot Q}$$

$$L = \frac{10^4 \cdot 37.85 \cdot 750}{1.2 \cdot 5.6 \cdot 13200} \approx 3200 \text{ м}$$

Для зручного обслуговування машини, заправку сівалки роблять із однієї сторони поля. Через це, довжина поля, котра засівається дорівнює

$$\frac{L}{2} = \frac{3200}{2} = 1600 \text{ м}$$

Дана довжина гона - задовільна, через те, що фактична довжина гона в основних зерносіючих районах розташовується у межах 1,5 км.

Розрахунок висівного апарата

Принцип роботи пневматичного висівного апарату пунктирного типу базується на використанні аеродинамічної сили: під дією вакууму, що створюється у спеціальній камері, насіння притягується до отворів висівного диска. Коли диск обертається крізь насіннєву масу, повітряний потік фіксує

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

зернини на отворах, виносячи їх із забірної камери до точки скидання. Для надійного захоплення та стабільного утримання насінини в отворі необхідно підтримувати оптимальний рівень розрідження в системі. Аналізуючи фізику процесу, можна визначити умови, за яких гарантується винесення саме поодинокі насінини — для цього на зернину, що присмокталася до диска, мають збалансовано діяти три основні сили:

- присмоктувальна сила повітряного потоку: $P = 0.5 \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$;
- сила тяжіння, mg ;
- сила тертя збоку маси насіння: $F = P_y \cdot \operatorname{tg} \varphi$,

де c – безрозмірний коефіцієнт;

ρ – густина повітря;

S – площа проекції зерна на площину, перпендикулярну до напрямку руху;

V – швидкість повітряного потоку;

P_y – осьовий тиск в масі зерна;

φ – кут внутрішнього тертя.

Тож загальна умова надійного присмоктування насіння становитиме

$$0,5 \cdot c \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \geq mg + P_y \operatorname{tg} \varphi$$

Аналіз цієї умови вказує на те, що сила опору насінневої маси P суттєво знижується в момент виходу отвору диска на поверхню шару (рис. 4.2, позиція II) порівняно з його перебуванням у товщі зерна. Саме через це процес остаточного захоплення та відриву насінини відбувається переважно у верхній частині забірної камери, де опір навколишніх зерен є мінімальним.

При умові, що швидкість насіння в момент присмоктування доходить до нуля

$$H_1 \geq \left(\frac{G}{S_1 \cdot k_n \varphi} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{V_d^2}{g \cdot \tau_d} \right)^2} - 2 \cdot V_d^2 \cdot \frac{\sin \alpha}{g \cdot \tau_d} + \frac{g^2}{g \cdot d} \right),$$

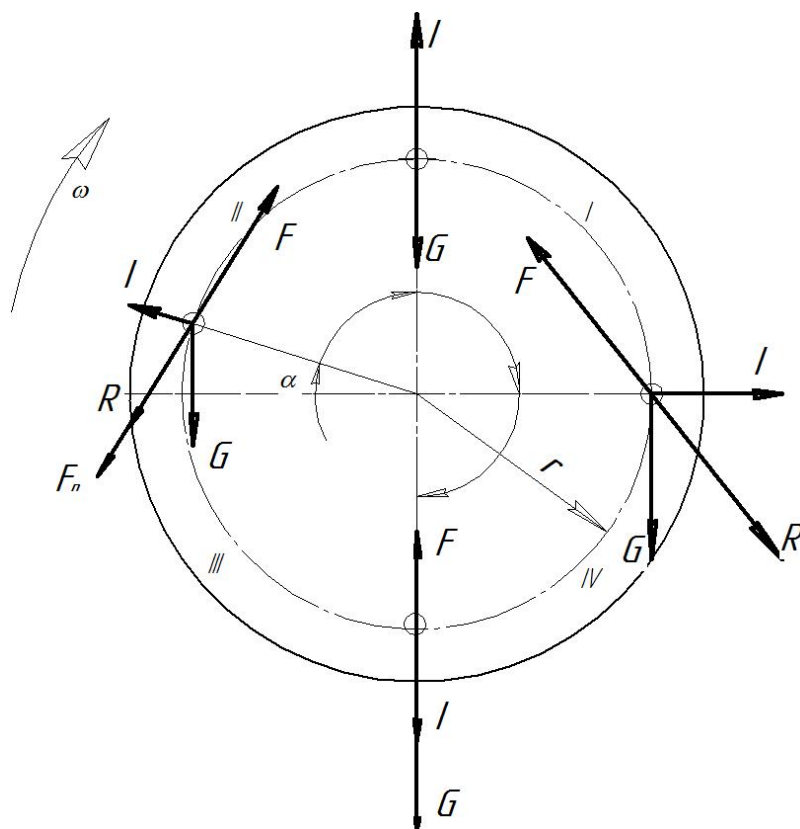


Рис. 4.2. Схема присмокування зерна до отворів.

При умові, що швидкість насіння в момент присмокування - швидкість обертання присмокуючого отвору

$$H_2 \geq \left(\frac{G}{S_1 \cdot k_n \varphi} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{V_d^2}{g \cdot \tau_d} \right)^2} - 2 \cdot V_d^2 \cdot \frac{\sin \alpha}{g \cdot \tau_d} \right),$$

де $H_{1,2}$ – розрідження та вакуумній камері висівного апарата;

G – сила тяжіння зерна ($G = m \cdot g = 0,00035 \cdot 9.81 = 0,0034 = \text{кгм/с}^2$);

k_n – коефіцієнт присмокування;

S – площа проекції зерна на площину, перпендикулярну до напрямку руху; $S = \pi d_1^2/4$

d_1 – діаметр зернини;

$$d_1 = (0,7 \dots 0,85) \varphi$$

φ – мінімальна ширина зерна

$$d_1 = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ мм}$$

$$S = 3,14 \cdot 6^2/4 = 28,26 \text{ мм}^2 = 0,028 \text{ м}^2$$

φ – коефіцієнт тертя руху об поверхню диску;

τ_d - радіус кола, по якому розміщені присмоктуючі отвори;

v_d – колова швидкість диску за радіусом $> d_1$, яка не повинна перевищувати 0,5 м/с, $v_d = 0,35 \text{ м/с}$;

α – кут повороту диску із насінням, що присмокталося (критичним положенням зерна, через що його транспортування до кінця скидання у насіннєпровід або борозну - точка, де $\alpha = 3/2\pi = 270^\circ$);

d – діаметр присмоктуючого отвору.

$$H_1 \geq \left(\frac{0,0034}{0,028 \cdot 0,25 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,35^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,35^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} + \frac{0,35^2}{9,81 \cdot 0,0055} \right) =$$

$$= 385,7 \cdot 1,208 + 2,27 = 486,1956 \text{ Н} \approx 4682 \text{ Па}$$

$$H_2 \geq \left(\frac{261}{0,028 \cdot 0,25 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,35^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,35^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} \right) =$$

$$= 385,7 \cdot 1,208 = 485,9 \text{ Н} \approx 4660 \text{ Па}$$

Показник розрідження у 4660 Па є цілком достатнім для стабільного функціонування висівного механізму під час роботи з насінням кукурудзи.

Спираючись на встановлене значення вакууму в камері, можна розрахувати обсяг витрат повітря, необхідний для коректної роботи всієї пневматичної системи сівалки.

$$Q = \frac{1}{4} \eta \cdot \pi d^2 k \cdot z \sqrt{\frac{2gH}{\gamma}},$$

де η – коефіцієнт опору, $\eta = 0,65 \dots 0,75$;

γ – питома вага повітря, $11,4 \text{ Н/м}^3$;

k – кількість висівних апаратів, 8;

z – кількість отворів на висівному диску, котрі розташовані у зоні руху вакуумної камери, $z = 12$;

H – величина розрідження у вакуумній камері, 4660 Па .

$$Q = \frac{1}{4} 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,0055^2 \cdot 8 \cdot 12 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4660}{11,4}} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$$

Враховуючи неминучі втрати тиску в системі повітропроводів та безпосередньо в робочих вузлах, для надійної роботи вентилятор має забезпечувати розрідження на рівні 4682 Па .

Важливою особливістю пневмомеханічних апаратів є те, що діаметр отворів у дисках суттєво менший за габарити насіння. Це часто спричиняє засмічення каналів пилом або дрібними частинками зерна, що унеможливорює присмоктування наступних насінин і призводить до появи пропусків. Для розв'язання цієї проблеми та підвищення стабільності висіву пропонується вдосконалена конструкція диска, що складається з двох компонентів: основної металевої бази та змінного зубчастого елемента. Таке рішення, де зубчастий диск розташований разом з отворами, запобігає їх забиванню та гарантує рівномірність роботи апарату.

Розрахунок маркерів

Паралельно з налаштуванням висіву проводиться розрахунок параметрів маркерів. Їхня роль полягає у забезпеченні точного курсу агрегату, що дозволяє

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

витримувати нормативну ширину стикового міжряддя між сусідніми проходами сівалки (рис. 3.3).

Величину вильотів маркерів вираховуємо за допомогою формули[2]:

- для правого

$$M_n = \frac{A - C}{2} + b_{cm},$$

- для лівого

$$M_l = \frac{A - C}{2} + b_{cm},$$

де A – відстань між крайніми сошниками сівалки, м;

C – ширина колії передніх коліс трактора, м;

b_{cm} – стикове міжряддя, м.

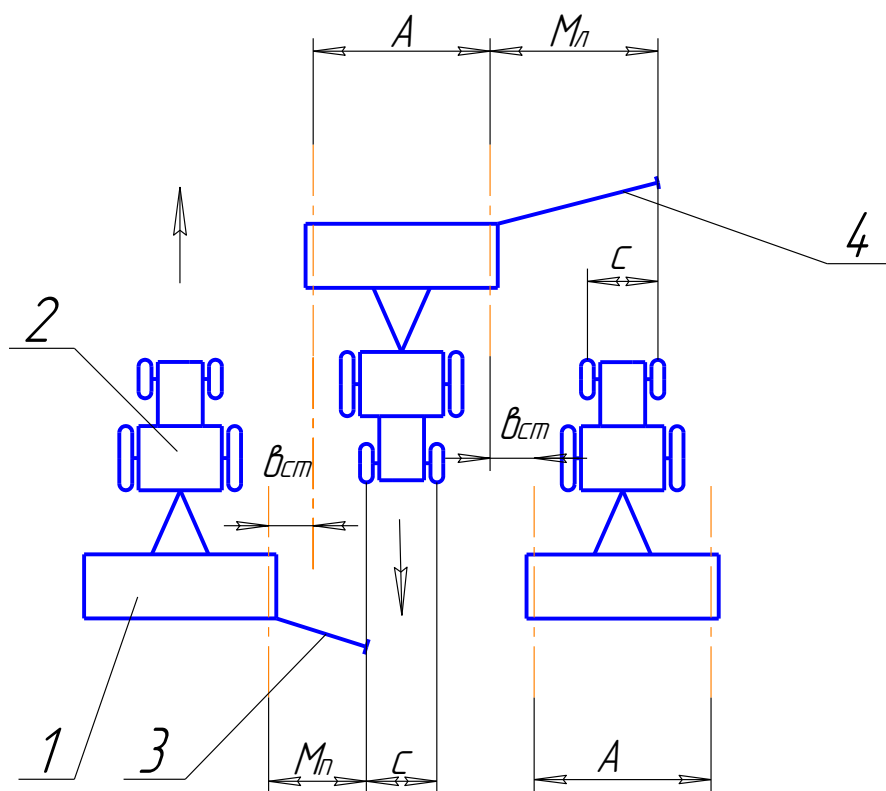


Рис. 3.3. Схема для визначення вильоту маркерів:

1 – сівалка; 2 – трактор; 3 – правий маркер; 4 – лівий маркер.

Вильоти відповідних маркерів становитимуть

$$M_n = \frac{4,9 - 1,4}{2} + 0,7 = 2,45м$$

$$M_n = \frac{4,9 + 1,4}{2} + 0,7 = 3,85м.$$

4.4. Кінематичний розрахунок

Обертання на вали висівних вузлів сівалки транслюється від опорно-приводних коліс за допомогою системи ланцюгових передач та редукційного механізму (рис. 4.4). Розрахунок передатних чисел цього механізму здійснюється на основі необхідного діапазону норм висіву, що дозволяє гнучко налаштовувати агрегат на мінімальну або максимальну подачу насіння та добрив.

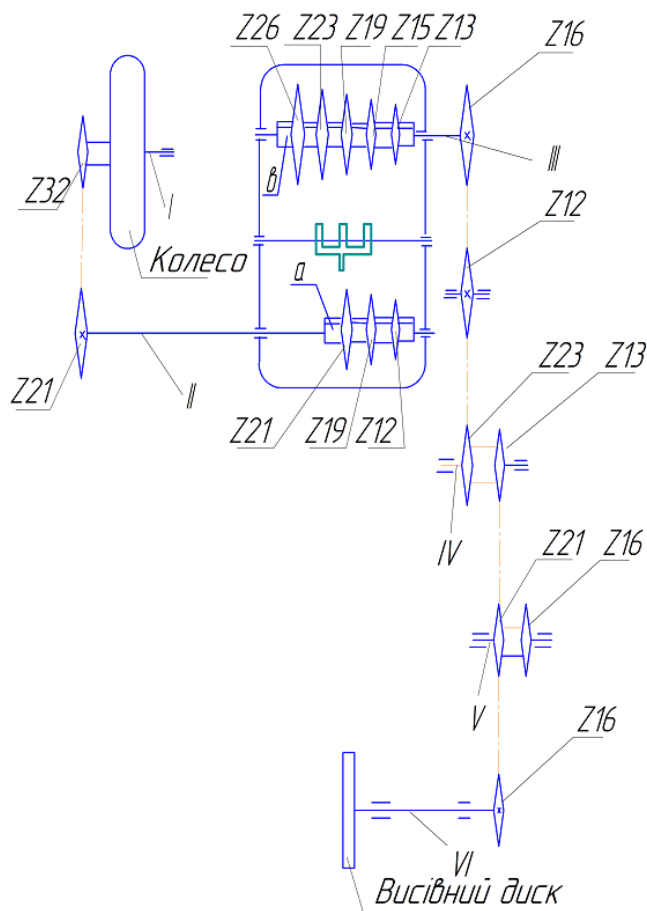


Рис. 4.4. Кінематична схема механізму привода сівалки СУПН-8

Загальне передаточне число від опорно-приводного колеса до диска висівального апарата, котре треба для забезпечення максимальної та мінімальної норм висіву

$$i = \frac{2\pi R_{cm} QB}{10000 \cdot P \cdot k}$$

де R_{CT} – статичний радіус опорно-приводного колеса, $R_{CT} = 0,241$ м;

Q – норма висіву насіння ($Q_{min} = 25$ тис. шт/га; $Q_{max} = 150$ тис. шт./га);

k – коефіцієнт враховуючий проковзування шини по ґрунті, $k = 1 - \varepsilon$;

ε – коефіцієнт проковзування колеса $\varepsilon = 0,04 - 0,05$;

z – кількість отворів у висівному диску $z = 14$; $z = 22$;

B – ширина міжрядь, $B = 0,7$ м;

$k = 0,90 - 0,95$, приймаємо $0,95$.

$$i_{min} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,241 \cdot 25000 \cdot 0,7}{10000 \cdot 14 \cdot 0,95} = 0,199$$

$$i_{max} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,241 \cdot 150000 \cdot 0,7}{10000 \cdot 22 \cdot 0,95} = 0,76$$

Розрахуємо можливі грані передаточних чисел від опорно-приводного колеса до висівного диска у випадку використання схеми передач сівалки.

$$i_{заг} = i_1 \cdot i_{к.п} \cdot i_2$$

де i_1 – передаточне число ланцюгової передачі від опорно-приводного колеса;

$i_{к.п.}$ - передаточне число коробки передач;

i_2 – передаточне число ланцюгової передачі до висівного апарата.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$i_{\min} = \frac{21 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 13 \cdot 13}{21 \cdot 26 \cdot 23 \cdot 19 \cdot 15} = 0,178$$

$$i_{\max} = \frac{21 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 13 \cdot 13}{15 \cdot 13 \cdot 23 \cdot 19 \cdot 15} = 1,224$$

Розрахункові значення $i_{\max}$ і $i_{\min}$ передаточних відношень дозволяють висівати мінімальну норму насіння, застосовуючи диск з $z = 14$; максимальну норму насіння, застосовуючи диск з $z = 22$.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ «Охорона праці» сформовано на основі [22].

До керування посівним агрегатом допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, а також пройшли інструктаж з охорони праці на робочому місці. Забороняється допускати до роботи осіб у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також осіб, які не ознайомлені з будовою та правилами експлуатації агрегату у складі трактора МТЗ-82 і сівалки СУПН-8А.

Перед початком польового сезону механізатор зобов'язаний пройти навчання з безпечних методів праці та скласти відповідний залік.

Перед виїздом в поле механізатор повинен:

Перевірити технічний стан трактора МТЗ-82 – справність гальм, рульового керування, освітлення, звукової сигналізації та з'єднувальних вузлів;

Оглянути сівалку СУПН-8А – перевірити надійність кріплення висівних секцій, стан маркерів, правильність з'єднання карданного вала із заднім ВВП трактора, наявність захисного кожуха на кардані;

Перевірити заправку насінневих ящиків та ємностей для добрив відповідно до норм, уникаючи переповнення;

Переконатися у справності сигналізації між трактористом і сівальниками;

Одягнути засоби індивідуального захисту – спецодяг, захисні рукавиці, при роботі з протруєним насінням – респіратор і захисні окуляри.

Категорично забороняється розпочинати роботу з несправним агрегатом або за відсутності захисних кожухів на обертових частинах.

Під час руху агрегату на полі необхідно дотримуватися таких вимог:

Швидкість руху агрегату при сівбі не повинна перевищувати 6–9 км/год залежно від стану поля;

При необхідності технічного огляду або усунення несправностей сівалки – двигун трактора слід обов'язково заглушити, а важіль коробки передач перевести у нейтральне положення;

Забороняється відкривати, регулювати або прочищати висівні апарати СУПН-8А на ходу агрегату;

Підіймання і опускання сівалки гідравлічним механізмом дозволяється лише на зупиненому агрегаті або при рівномірному повільному русі;

Маркери слід переводити у робоче та транспортне положення плавно, переконавшись у відсутності людей з відповідного боку агрегату;

Забороняється залишати трактор із працюючим двигуном без нагляду;

При роботі з протруєним насінням слід уникати його попадання на шкіру та слизові оболонки – після контакту з насінням необхідно вимити руки з милом.

При переїздах між полями та по дорогах загального користування:

Маркери і слідопоказчики мають бути переведені у транспортне (складене) положення і надійно зафіксовані;

Швидкість руху агрегату в транспортному положенні не повинна перевищувати 20 км/год;

Забороняється перевезення людей на сівалці або причіпному обладнанні;

Виїзд на дороги загального користування дозволяється лише за наявності справних габаритних вогнів і знаку «Тихохідний транспортний засіб».

Після завершення змінного завдання механізатор зобов'язаний:

Очистити сівалку СУПН-8А від залишків насіння, добрив і бруду, використовуючи респіратор і рукавиці;

Промити водою насіннєві ящики та висівні апарати;

Перевести всі робочі органи у транспортне положення;

Поставити агрегат на місце стоянки, заглушити двигун і зняти ключ запалювання;

Повідомити відповідального механіка про виявлені несправності або порушення в роботі агрегату;

Зняти та очистити спецодяг, ретельно вимити руки та обличчя, при необхідності прийняти душ.

4. ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту було проведено аналіз технології вирощування кукурудзи на зерно, в ході чого було виявлено можливості підвищення продуктивності сівби за рахунок підвищення швидкості посівного агрегату. Підвищення швидкості без втрати якості досягається шляхом використання модернізованих висівних апаратів сівалки СУПН-8.

У технологічному розділі наведено обґрунтування змін у технології і розраховано операційно-технологічну карту на сівбу. Проведено порівняльні розрахунки базового і проєктного агрегату, в ході яких виявлено переваги запропонованого.

У інженерній частині роботи наведено обґрунтування параметрів модернізованого висівного апарату сівалки. Проведено розрахунки механізму приводу і обґрунтовано роботу агрегату на схилах.

У розділі Охорона праці запропоновано заходи безпечної роботи посівного агрегату в полі.

У ілюстративній частині проєкту наведено операційно-технологічну карту сівби насіння кукурудзи, загальний вигляд сівалки і креслення удосконаленого висівного апарату та його деталювання.

Запропоновані в роботі удосконалення дозволяють досягти підвищення продуктивності роботи посівного агрегату та знизити витрати паливно-мастильних матеріалів.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, О.В. Бевз, С.О. Магопець. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 99 с.
2. <https://www.agronom.com.ua/kukurudza-osnovni-vymogy-do-vyroshhuva/>
3. <https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya>
4. 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.; іл.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, П. Г. Лузан. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. 170 с.
6. Гапоненко В.С. Сільськогосподарські машини: Підручник / В.С. Гапоненко, Д.Г. Войтюк. – К.: Урожай, 1992.– 448 с.
7. Головчук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник у 3-х кн. Кн. 3. Машини сільськогосподарські. – К.: Грамота, 2005. – 575 с.
8. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструція, проектування. –К, Урожай, 2001. -381с.
9. 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.
10. В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 220 с.: іл.

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- 11.Абрамова В.В. Підвищення ефективності посіву просапних культур / В.В. Абрамова, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко // Матеріали XIII міжн. наук. конф. «Сучасні проблеми землеробської механіки». – Вінниця: ВНАУ. – 2012. С. 55-56.
- 12.Абрамова В.В. Удосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарата / В.В. Абрамова, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, Т.Г. Сабірзянов, М. М. Шокін // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград. - 2012. - Вип. 42 (1). - С.34-38.
- 13.Абрамова В.В. Удосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарата / В. В. Абрамова, О. М. Васильковський, М. М. Шокін. // Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету: Сільськогосподарські машини, ЛНТУ, Луцьк. - 2013. - Вип. 24. - С. 3-9.
- 14.Абрамова, В. В. Дослідження пневмомеханічного висівного апарата з додатковим диском [Електронний ресурс] / В.В. Абрамова, О.М. Васильковський // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». – Кропивницький: ЦНТУ. – 2017. С. 319-321. Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/material_xi.pdf
- 15.Абрамова, В. В. Дослідження пневмомеханічного висівного апарата з додатковим диском [Текст] / В. В. Абрамова, О. М. Васильковський, К. В. Васильковська, // Матеріали науково-практичної конференції «Інноваційні технології в АПК», Луцьк: ЛНТУ – 2015. – С. 3-5.
- 16.Васильковська, К. В. Визначення універсальності пневмомеханічного висівного апарата з периферійним розташуванням комірок та інерційним видаленням зайвого насіння [Текст] / К. В. Васильковська, О. М. Васильковський, С. М. Мороз // Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету: Сільськогосподарські машини, Луцьк: - ЛНТУ. - 2017. - Вип. 36. – С. 16-21.

17. Васильковська, К. В. Визначення якості висіву насіння пневмомеханічним висівним апаратом з периферійним розташуванням комірок та інерційним видаленням зайвого насіння [Текст] / К. В. Васильковська, О. М. Васильковський, М. М. Петренко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – Вип. 254. К.: НУБІП. 2016. – С. 147-157.
18. Васильковська, К. В. Точний висів просапних культур крок до програмування врожаю / К. В. Васильковська, Н. М. Трикіна, О. М. Васильковський // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. - Вип. 4. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2016. - С. 88-97.
19. Васильковський О.М. Експериментальні дослідження пневмомеханічного висівного апарата для висіву насіння просапних культур / О.М. Васильковський, В.В. Абрамова, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. вип. 27 – Кіровоград, КНТУ, 2014. – С. 161-167.
20. Васильковський О.М. Передумови вдосконалення пневмомеханічного висівного апарата / О.М. Васильковський, В.В. Абрамова // IX Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». – Кіровоград: КНТУ, – 2013. С. 73-75.
21. Савченко І., Абрамова В., Васильковський О. Пневмомеханічний висівний апарат з додатковим диском. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Інновації: теорія і практика»*. Кропивницький: АПН. 2022. С. 77-78. URL: <https://apn.biz.ua/edition>.
22. <https://oppb.com.ua/articles/vymogy-ohorony-praci-pry-provedenni-posivnyh-robit>

ДОДАТКИ

					ДП 00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		