

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 першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування сої з удосконаленням сівалки точного
висіву»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-21

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Мельник Владислав Олександрович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро ПЕТРЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Олег БЕВЗ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

Тема: «Механізація вирощування сої з удосконаленням сівалки точного висіву»

соя, механізація, посів, додатковий диск

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічну карту вирощування сої із сучасними агротехнологіями, обґрунтовано склад механізованих агрегатів та їх оптимальні режими роботи. Запропоновано удосконалення пневмомеханічних висівних апаратів для точного дозування насіння, а також виконано інженерні розрахунки модернізованої сівалки. Надано рекомендації з охорони праці. Отримані результати та розроблені практичні рекомендації можуть бути використані для підвищення ефективності виробництва.

Abstract

Topic: «Mechanization of soybean cultivation with improvement of precision seed drill»

soybean, mechanization, sowing, additional disk

The qualification work developed a technological map for soybean cultivation with modern agricultural technologies, substantiated the composition of mechanized units and their optimal operating modes. Improved pneumo-mechanical seeding machines for accurate seed dosing were proposed, and engineering calculations of a modernized seeder were also performed. Recommendations on occupational safety are provided. The results obtained and practical recommendations developed can be used to improve production efficiency.

ЗМІСТ

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	
2	Розробка технологічної карти вирощування сої	
3	Операційна технологія посіву сої	
4	Інженерна частина	
5	Охорона праці	
6	Висновки	
-	Список використаної літератури	
-	Додатки	

1. ВСТУП

Сучасне сільське господарство стоїть перед викликом забезпечення зростаючого світового попиту на продовольство та сировину, і соя відіграє в цьому ключову роль. В Україні, де аграрний сектор є одним з провідних, механізація вирощування сої є визначальним фактором для підвищення врожайності та економічної ефективності. Незважаючи на значні досягнення в галузі сільськогосподарського машинобудування, існуючі технології та техніка часто не повною мірою відповідають високим вимогам інтенсивного виробництва сої, особливо в частині точності та якості сівби. Саме етап сівби є фундаментом майбутнього врожаю, адже від нього залежить оптимальна густота стояння рослин, їх рівномірний розвиток та, як наслідок, максимальна реалізація потенціалу культури.

Існуючі сівалки точного висіву, хоч і забезпечують значно кращі показники порівняно з рядовими, все ж мають певні недоліки, що обмежують їх ефективність при сівбі сої – це і нерівномірність розміщення насінин у рядку, і пошкодження посівного матеріалу, і складність налаштування. Ці фактори прямо впливають на зниження врожайності та збільшення виробничих витрат. Отже, удосконалення сівалки точного висіву для оптимізації процесу сівби сої є не просто актуальною, а й критично важливою задачею для українського агропромислового комплексу. Дана кваліфікаційна робота присвячена вирішенню саме цієї проблеми, аналізуючи існуючі недоліки та пропонуючи інноваційні підходи до вдосконалення механізації, що забезпечить підвищення ефективності вирощування сої та сприятиме сталому розвитку аграрного виробництва.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Мельник</i>					<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Петренко</i>						<i>Аркушів</i>
<i>Н. контр.</i>	<i>Мачок</i>				<i>Пояснювальна записка</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Васильковський</i>						
					<i>ЦНТУ, гр. АІ-21</i>		

лушення стерні на глибину 6-8 см. Ця операція має кілька ключових цілей: вона провокує проростання насіння бур'янів (які потім будуть знищені), перериває капілярний зв'язок ґрунту з нижніми шарами, що допомагає зберегти дорогоцінну вологу, та частково заробляє поживні рештки [4]. Для ефективного виконання цієї операції на 42 гектарах використовуємо потужний агрегат: трактор Т-150К у комплекті з луцильником ЛДГ-10.[14-19] Така комбінація забезпечує високу продуктивність та якість обробітку на значних площах.

Внесення органічних добрив: Природне збагачення ґрунту[2]. Заплановане внесення органіки, а саме перегною в кількості 15 т/га, здійснюється у вересні-жовтні. Це не лише збагачує ґрунт необхідними поживними елементами, але й значно покращує його структуру, водопроникність та мікробіологічну активність. Для цієї важливої операції задіюється агрегат у складі трактора Т-150К та розкидача ПРТ-10, що дозволяє рівномірно розподілити значні обсяги органічних добрив по всій площі поля.

Оранка зябу: Створення ідеального середовища. Протягом вересня-жовтня, після внесення органічних добрив, проводиться глибока оранка зябу на глибину 25-27 см. Оранка є ключовим етапом, що забезпечує глибоке зароблення поживних решток і добрив, поліпшує фізичні властивості ґрунту, сприяє його аерації та створює сприятливі умови для накопичення зимової вологи [5]. Для виконання цієї трудомісткої операції використовуємо надійний агрегат: трактор Т-150К у тандемі з плугом ПЛН-5-35, що дозволяє якісно обробити великі площі.

Весняна підготовка ґрунту має вирішальне значення для успішного старту сої. Її основна мета — зберегти накопичену вологу, створити оптимальну дрібногрудкувату структуру ґрунту та підготувати ідеальне насіннєве ложе.

Закриття вологи: Кожен міліметр на вагу золота. У березні, як тільки ґрунтові умови дозволяють вихід техніки в поле, проводиться

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Десикація (за потреби): Контрольоване дозрівання. У серпні, приблизно за 7-10 днів до планового збирання, за потреби може проводитись десикація посівів. Цей агротехнічний прийом дозволяє прискорити дозрівання рослин, вирівняти їхню вологість та полегшити подальше збирання, особливо за умов нерівномірного дозрівання або сильної забур'яненості [14]. Виконується причіпним обприскувачем ОП-2000 з трактором МТЗ-82.

Збирання: Оптимальна вологість – запорука якості. Збирання врожаю сої проводиться у вересні, коли вологість зерна досягає оптимальних 12-14%. Надмірна вологість може призвести до псування зерна під час зберігання, тоді як пересушування може спричинити розтріскування бобів та осипання насіння, що призводить до значних втрат[22]. Для ефективного збирання використовується зернозбиральний комбайн John Deere 9500, оснащений спеціально адаптованою жаткою для сої John Deere 925F. Цей комбайн добре зарекомендував себе в умовах українського агропромислового комплексу, забезпечуючи високу продуктивність та мінімальні втрати.

Висновки по розділу

Розробка технологічної карти вирощування сої є ключовим елементом успішного агровиробництва. Цей розділ детально обґрунтовує кожен етап, від вибору оптимального попередника (озима пшениця) та сорту сої "Софія", до механізації всіх операцій. Акцент на широкорядному посіві з міжряддям 70 см, адаптованій нормі висіву та відповідній техніці (УПС-8, КРН-5,6) дозволяє максимально ефективно використовувати потенціал культури. Комплексний підхід до удобрення, захисту та догляду за посівами, з урахуванням досвіду господарств та кліматичних умов, забезпечує високу врожайність та економічну доцільність, що буде підтверджено подальшими розрахунками.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОСІВУ СОЇ

Умови виконання операції

Показники	Значення показників
Технологічна операція	Сівба широкорядним пунктирним способом на кінцеву густоту 31 насінин на 1 м.
Клас та марка трактора	1,4; МТЗ-82
Марка машини	УПС-8
Середня довжина гонів, L м	860
Характеристика фону поля	Підготовлене під посів
Найбільше значення кута підйому поля, %	3.5%

Підготовка та налаштування посівного агрегату до експлуатації.

Перед початком посівної кампанії необхідно здійснити комплексну підготовку агрегату, яка включає технічну перевірку трактора і сівалки, їхнє з'єднання в єдиний технологічний комплекс, а також проведення пробного висіву для оцінки відповідності робочих параметрів заданим нормам. Окрім того, виконується щозмінне технічне обслуговування згідно з вимогами інструкції з експлуатації.

Ефективність функціонування комплексу залежить від повного використання потужності трактора, що забезпечується правильним узгодженням його тягових характеристик з параметрами навісного та причіпного обладнання. Важливо також забезпечити відповідність продуктивності агрегату встановленим агротехнічним строкам та площам, які підлягають обробітку.

Налаштування агрегату здійснюється на спеціальному стенді, де проводиться перевірка комплектації, калібрування висівних систем, дозаторів добрив, діагностика технічного стану робочих органів і механізмів. Необхідним етапом є також змащування всіх рухомих вузлів.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому спосіб агрегування обирається з урахуванням допустимих тягових зусиль на гаку трактора та оптимальної швидкості руху агрегату (V_m), яка для даного типу сівалки становить до 9 км/год. Тобто[13]:

$$V_{p.T}^{III} = 7,24 \text{ км/год} \quad P_T^{III} = 14,3 \text{ кН}$$

$$V_T^{IV} = 8,9 \text{ км/год} \quad P_T^{IV} = 14,1 \text{ кН}$$

Максимально можлива ширина захвату посівного агрегату залежно від вибраного діапазону передач[16]:

$$B_{\max}^i = \frac{P_T^i}{K_{o.cb}^i + R_i}$$

де $K_{o.cb}^i$ – значення питомого опору сівалки УПС-8, виражене в кН/м, що розраховується на основі заданих умов експлуатації:

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_{к.азр} = 0,68 \cdot 2,06 = 1,4 \text{ м}$$

$K_{o.cb}$ – Питомий опір ґрунту, з урахуванням стандартної швидкості виконання технологічної операції $V_{o.cb} = 5$ км/год, ($K_{o.cb} = 1,1 \dots 1,7$ кН/м) [14];

k_v – коефіцієнт, який відображає динаміку зростання питомого опору у зв'язку з підвищенням швидкості руху сівалки, ($k_v = 1,0 \dots 1,6\%$) [14];

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_{p.T}$ – робоча швидкість агрегату, яка забезпечується при заданій передачі трактора, км/год.

$$V_{p.T}^i = V_T^i \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right)$$

де V_T^i – теоретично визначена швидкість агрегату на обраній передачі, км/год

δ – коефіцієнт, що враховує втрати швидкості трактора внаслідок буксування коліс ($\delta = 5 \dots 21\%$) [16].

Матимемо,

$$V_{p.T}^{III} = 7,24 \cdot \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 6,2 \text{ км/год}$$

$$V_{p.T}^{IV} = 8,9 \cdot \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 7,6 \text{ км/год}$$

Тоді:

$$K_{o.св}^{III} = 1,3 \left(1 + 0,014(6,2 - 5)\right) = 1,32 \text{ кН};$$

$$K_{o.св}^{IV} = 1,3 \left(1 + 0,014(7,6 - 5)\right) = 1,35 \text{ кН}$$

Додатковий опір, який виникає при русі агрегату на підйом, кН/м:

$$R_i = \frac{G_{agr}}{B_{к.св}} \cdot i$$

де G_{agr} – маса посівного агрегату ($G_{agr} = 17,26 \text{ кН}$) [17];

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$B_{к.св}$ – конструктивна ширина захвату сівалки УПС-8 з вибраним міжряддям 70 см, $B_{к.св} = 8 \cdot 0,7 = 5,6$ м.

Отже:

$$R_i = \frac{17,26}{5,6} \cdot 0,035 = 0,11 \text{ кН/м}$$

Максимальна величина ширини захвату посівного агрегату буде:

$$B_{\max}^{III} = \frac{14,3}{1,32 + 0,11} = 10 \text{ м}$$

$$B_{\max}^{IV} = \frac{14,1}{1,35 + 0,11} = 9,65 \text{ м}$$

Встановимо можливість агрегування одним трактором декількох сівалок, підібравши оптимальну робочу передачу:

$$n_{св}^i = \frac{B_{\max}^i}{B_{к.св}}$$

$$n_{св}^{III} = \frac{10}{5,6} = 1,78 \text{ – приймаємо 1 сівалку}$$

$$n_{св}^{IV} = \frac{9,65}{5,6} = 1,73 \text{ – приймаємо 1 сівалку}$$

Визначимо величину сумарного тягового опору посівного агрегату відповідно до залежності. [19]:

$$R_{св.агр} = (K_{о.св}^i) \cdot B_{р.св} \cdot n_{св}^i + R_{зч}$$

$$R_{св.агр}^{III} = (1,32) \cdot 5,6 \cdot 1 + 0 = 7,4 \text{ кН}$$

$$R_{св.агр}^{IV} = (1,35) \cdot 5,6 \cdot 1 + 0 = 7,6 \text{ кН}$$

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступінь використання тягового зусилля трактора визначимо через коефіцієнт завантаженості, який відображає ефективність використання потужності, переданої на гак:

$$\eta_{ТЗ}^{III} = \frac{7,4}{14,3} = 0,52$$

$$\eta_{ТЗ}^{IV} = \frac{7,6}{14,1} = 0,54$$

Таким чином, застосування 4-ї передачі сприяє раціональному використанню потужності двигуна при наявності запасу по перевантаженню в межах 46 %.

Проведемо порівняльний аналіз роботи агрегату на вибраних передачах трактора з урахуванням продуктивності та витрат пального

Значення змінної продуктивності агрегату розрахуємо на основі відповідної залежності, га/зм:

$$W_{ЗМ}^i = 0,1 \cdot B_{p,cv} \cdot V_{p,T}^i \cdot T_{Тр.ЗМ}$$

$T_{Тр.ЗМ}$ – тривалість робочої зміни під час сівби відповідно до умов господарства, год

$$T_{Тр.ЗМ} = T_{зм.н} \cdot \tau$$

де $T_{зм.н}$ – тривалість робочої зміни, передбачена нормативними актами господарства (відповідно до чинного трудового законодавства $T_{зм.н} = 9$ год)[14];

τ – коефіцієнт ефективного використання тривалості зміни під час виконання посівних робіт ($\tau = 0,82$):

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{тр.Зм}} = 9 \cdot 0,82 = 7,38 \text{ год.}$$

Для кожної з розглянутих передач трактора розрахована змінна продуктивність становить:

$$W_{\text{ЗМ}}^{\text{III}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,2 \cdot 7,38 = 25,6 \text{ га/ЗМ}$$

$$W_{\text{ЗМ}}^{\text{IV}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,6 \cdot 7,38 = 31,4 \text{ га/ЗМ}$$

Питомі витрати пального на гектар при роботі трактора на різних передачах мають такі значення, кг/га

$$Q_{\text{га}}^i = \frac{Q_{\text{ЗМ.ТР}}^i}{W_{\text{ЗМ}}}$$

де $Q_{\text{ЗМ.ТР}}^i$ – загальні витрати пального за тривалість робочої зміни, кг:

$$Q_{\text{ЗМ.ТР}}^i = Q_p^i \cdot T_{\text{ТР.ЗМ}} + Q_{\text{ХХ}}^i \cdot T_{\text{ХХ.ЗМ}} + Q_{\text{ЗВП}}^i \cdot T_{\text{ЗВП.ЗМ}}$$

де $Q_p^i, Q_{\text{ХХ}}^i, Q_{\text{ЗВП}}^i$ – відповідні витрати пального під час проведення робочого та холостого ходу, а також при зупинці агрегату з працюючим двигуном трактора, км/год;

$T_{\text{ТР.ЗМ}}, T_{\text{ХХ.ЗМ}}, T_{\text{ЗВП.ЗМ}}$ – тривалість виконання робочих і холостих ходів, а також зупинок агрегату, год

$$T_{\text{ХХ.ЗМ}} = T_{\text{ЗВП.ЗМ}} = \frac{9 - 7,38}{2} = 0,81 \text{ год}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При $\eta_{тз}^{III} = 0,52$; $Q_p^{III} = 15,9$ кг/год; $Q_{xx}^{III} = 9,9$ кг/год; $Q_{зп}^{III} = 2,2$ кг/год

при $\eta_{тз}^{IV} = 0,54$; $Q_p^{IV} = 16,4$ кг/год; $Q_{xx}^{IV} = 10,3$ кг/год; $Q_{зп}^{IV} = 2,2$ кг/год

В підсумку, витрати пального на гектар складуть:

$$Q_{га}^{III} = \frac{15,9 \cdot 7,38 + 9,9 \cdot 0,81 + 2,2 \cdot 0,81}{25,6} = 4,97 \text{ кг/га}$$

$$Q_{га}^{IV} = \frac{16,4 \cdot 7,38 + 10,3 \cdot 0,81 + 2,2 \cdot 0,81}{31,4} = 4,18 \text{ кг/га}$$

На основі аналізу отриманих результатів можемо зробити висновок, що використання четвертої передачі трактора МТЗ-82 в агрегаті з сівалкою УПС-8 під час сівби сої є найбільш раціональним та економічно доцільним.

Перейдемо до операційних розрахунків, пов'язаних із підготовкою поля до посіву обраним посівним агрегатом.

Підготовка включає чітку організацію роботи агрегату: визначення зон для розворотів і поворотів, розміщення точок дозакправки бункерів насінням та добривами. Безпосередньо перед початком польових робіт необхідно здійснити візуальний огляд поля. У разі виявлення перешкод, що можуть завадити руху агрегату, їх слід усунути або, якщо це неможливо, позначити попереджувальними знаками.

Зважаючи на конфігурацію поля, як оптимальний варіант обирається рух агрегату вздовж довгої сторони гони довжиною $L = 860$ м. Спосіб руху – човниковий з петльовими розворотами (рис. 3.1).

Визначимо кінематичну довжину посівного агрегату:

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{к.агр} = L_T + L_{св}$$

де L_T , $L_{св}$ – кінематичні розміри агрегату, а саме: довжина трактора МТЗ-82 і сівалки УПС-8 [12]:

$$L_T = 0,96 \text{ м}, L_{св} = 1,1 \text{ м}$$

Тоді:

$$L_{к.агр} = 0,96 + 1,1 = 2,06 \text{ м}$$

Спираючись на рекомендації [13] щодо петльових розворотів, визначимо раціональне значення ширини поворотних смуг, необхідне для продуктивної роботи посівного агрегату

$$E_p = 3 \cdot R_{\min} + e$$

де R_{\min} – мінімальний радіус петльового повороту, м.

$$R_{\min} = 1,1 \cdot B_{п.св} = 1,1 \cdot 5,6 = 6,16 \text{ м}$$

e – довжина розвороту агрегату за межами робочого гону, яка визначає точку переходу сівалки в транспортне або робоче положення, розраховується з урахуванням кінематичної довжини агрегату:

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_{к.агр} = 0,68 \cdot 2,06 = 1,4 \text{ м}$$

Тоді

$$E_p = 3 \cdot 6,16 + 1,4 = 19,88 \text{ м.}$$

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширину поворотних смуг встановлюють з урахуванням коефіцієнта кратності N , що дозволяє агрегату здійснювати ціле число проходів без залишкових ділянок:

$$E_{\phi} = N \cdot B_{p,cv}$$

$$N = \frac{E_p}{B_{p,cv}} = \frac{19,88}{5,6} = 3,65 \cong 4$$

тоді

$$E_{\phi} = 4 \cdot 5,6 = 22,4 \text{ м}$$

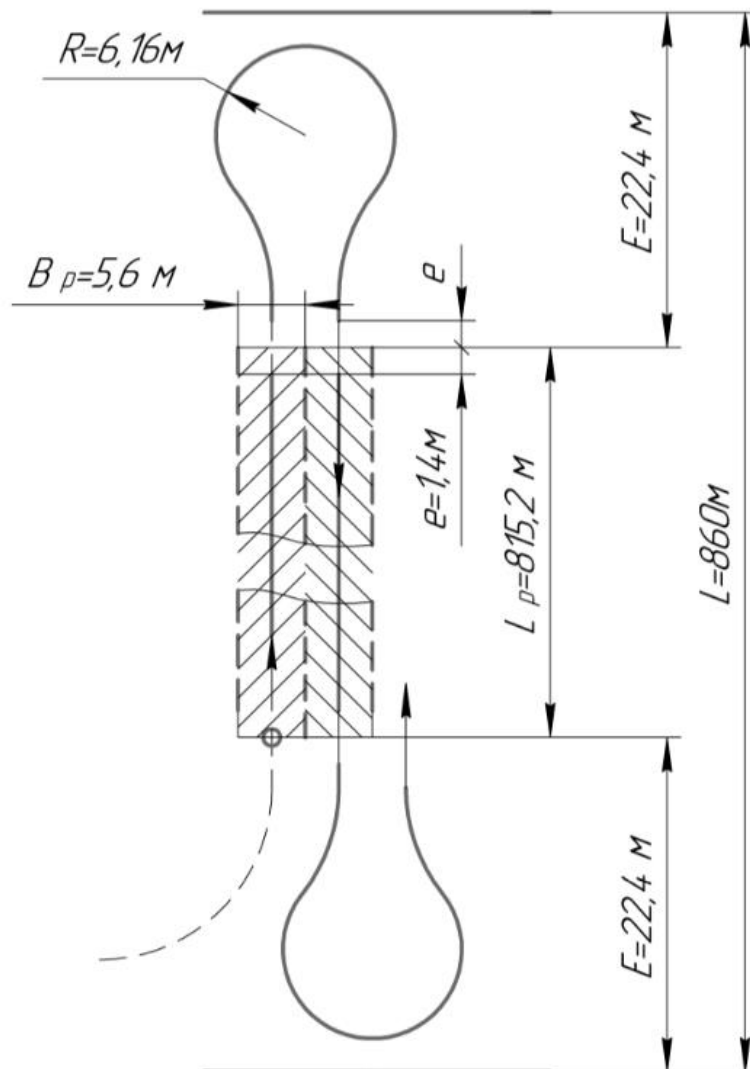


Рис. 3.1 – Схема руху посівного агрегату в загинці

						МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Для ефективного використання посівного агрегату протягом робочої зміни обґрунтуємо ширину робочої заїнки:

$$C_{заг} = \frac{10^4 \cdot (2...3)W_{зм}^{IV}}{L_{р.заг}}$$

де $L_{р.заг}$ – довжина робочого гону заїнки, м;

$$L_{р.заг} = L - 2E$$

$$L_{р.заг} = 860 - 2 \cdot 22,4 = 815,2 \text{ м.}$$

$$C_{заг} = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 31,4}{815,2} = 770,4 \text{ м}$$

Виходячи з кількості робочих проходів агрегату:

$$N = \frac{C_{заг}}{B_{р.св}} = \frac{770,4}{5,6} \approx 138$$

$$C_{ф.заг} = 138 \cdot 5,6 = 772,8$$

Кількість заїнок:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L_{р.заг} \cdot C_{ф.заг}}$$

де F – площа посівів, га;

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 42}{815,2 \cdot 772,8} = 0,67$$

Таким чином матимемо 1 робочу заїнку шириною 488,4 м

Отримані результати технологічних розрахунків посівної операції з використанням обраного агрегату використовуються для побудови операційно-технологічної карти, що представлена у графічній частині даної роботи.

Крім основних параметрів, необхідно провести низку додаткових розрахунків, що дозволяють оцінити організаційні аспекти виконання технологічної операції.

Зокрема, визначимо тривалість одного технологічного циклу роботи агрегату при посіві в межах заїнки:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_{\text{п.заг}}}{10^2 \cdot V_{\text{п.Т}}^{\text{IV}}} + 2 \cdot T_R$$

де T_R – час, який витрачається при поворотах, ($T_R = 1,5 \dots 2 \text{хв.}$ [15])

Отже:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 815,2}{10^2 \cdot 7,6} + 2 \cdot 1,7 = 16,3 \text{ хв} = 0,27 \text{ год}$$

Продуктивність агрегату в межах одного робочого циклу визначається як, га/ц:

$$W_{\text{ц}}^{\text{IV}} = 0,1 \cdot B_{\text{п.св}} \cdot V_{\text{п.Т}}^{\text{IV}} \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau$$

$$W_{\text{ц}}^{\text{IV}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,6 \cdot 0,27 \cdot 0,82 = 1,01 \text{ га/ц.}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число робочих циклів, які припадають на встановлену тривалість зміни:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}^{\text{IV}}}{W_{\text{ц}}^{\text{IV}}} = \frac{31,4}{1,01} = 31,09 \text{ ц/зм}$$

Витрати палива за робочу зміну:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{са}}^{\text{IV}} \cdot W_{\text{зм}}^{\text{IV}} = 4,18 \cdot 31,09 = 129,9 \text{ кг/зм}$$

Отримані операційні показники вносяться до операційної карти сівби сої, а також до загальної технологічної карти вирощування культури.

Висновки по розділу

У цьому розділі розглянуто питання комплектування та ефективної організації роботи посівного агрегату, що складається з трактора МТЗ-82 та сівалки УПС-8. Визначено, що оптимальним режимом роботи є використання четвертої передачі трактора, яка забезпечує належну продуктивність при економній витраті пального і мінімальних затратах праці. Проведені розрахунки підтверджують можливість виконання сівби всієї площі поля протягом одного дня за умови двозмінної роботи. Загальні витрати пального становлять 175,6 кг.

Також обґрунтовано технологічні параметри роботи агрегату в загинці.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

Обґрунтування удосконалення конструкції висівного апарата сівалки УПС-8.

Одним із ключових завдань, яке покладається на сівалки, є точне та оптимальне розміщення насіння у ґрунтовому шарі. Це створює сприятливі умови для швидкого проростання, рівномірного розвитку рослин і синхронного дозрівання врожаю.

Висівний апарат просапної сівалки має гарантувати задану норму висіву насіння сої на кожен гектар. Цього досягають завдяки стабільній та рівномірній подачі насіння до сошників, без пропусків чи надлишкових висівів, що безпосередньо впливає на якість функціонування апарата.

У пневмомеханічних висівних системах особливо важливими залишаються два аспекти: повнота заповнення отворів висівного диска насінням і ефективне видалення двійників. Саме ці параметри часто викликають труднощі в роботі серійних сівалок, зокрема при збільшенні швидкості руху агрегату.

З метою усунення зазначених недоліків та підвищення точності заповнення висівного диска нами запропоновано модернізовану конструкцію висівного апарата (рис. 4.2), у якій передбачено використання додаткового підпiрного диска оригінальної форми (рис. 4.1)

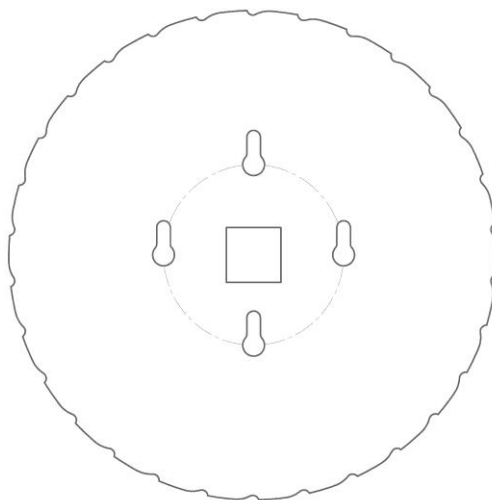
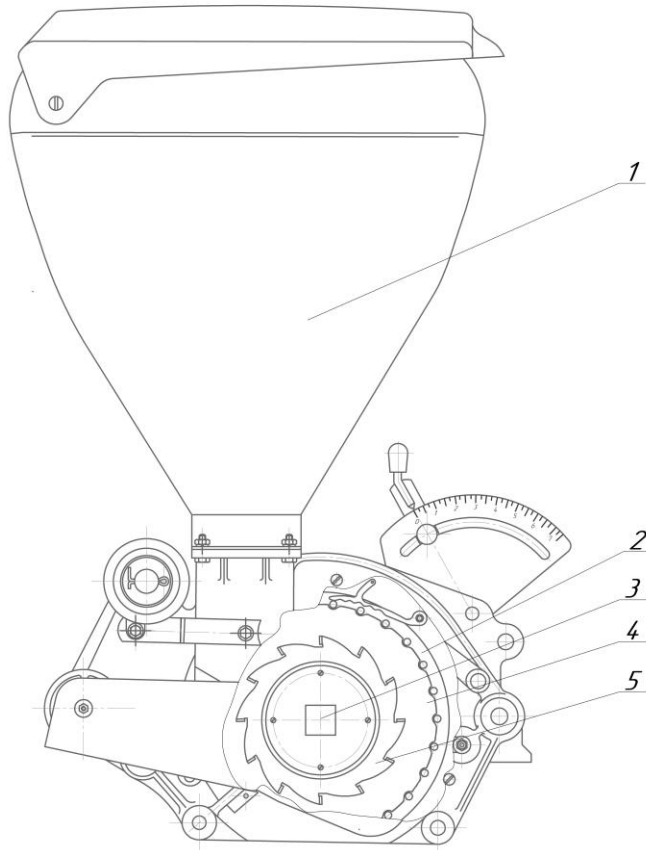


Рис. 4.1 – Додатковий підпiрний диск

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з висунутою гіпотезою, удосконалена конструкція сприятиме створенню додаткових підпірних зусиль у процесі виведення насіння з насінневої камери. Це, у свою чергу, забезпечить повноцінне заповнення всіх комірок висівного диска та мінімізує ймовірність пропусків.



1 – бункер апарата; 2 – приводний вал; 3 – основний висівний диск;
4 – додатковий підпірний диск; 5 – ворушилка.

Рис. 4.2 – Удосконалений пневмомеханічний висівний апарат

Технологічні розрахунки удосконалення конструкції висівного апарата

До ключових чинників, що впливають на ефективність роботи пневмомеханічного висівного апарата, слід віднести аеродинамічні характеристики насіння, їхню відносну швидкість щодо отворів висівного диска, коефіцієнти тертя, питому вагу, а також низку інших фізико-механічних властивостей.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо умови, за яких відбувається захоплення та висів насіння висівним диском. Як відомо з наукових джерел [14–18], на насініну, яка утримується біля отвору під дією вакууму, впливають три основні сили (рис. 4.3).

Розглянемо кожну з них окремо.

$$P = 0,5 \cdot \zeta \cdot \rho \cdot S \cdot U^2$$

де ζ – коефіцієнт, що характеризує опір повітряного середовища;

ρ – щільність повітря;

S – міделевий переріз насініни;

U – швидкість, з якою діє повітряний потік.

Сила ваги насіння:

$$G = m \cdot g$$

m – вага насініни;

g – прискорення вільного падіння.

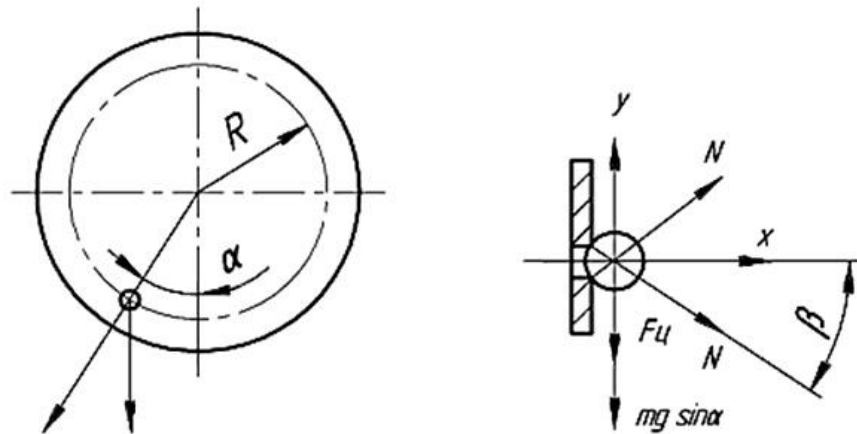


Рис. 4.3 – Схема взаємодії насініни з отвором висівного диска при пневматичному захопленні

Сила внутрішнього тертя, що виникає внаслідок взаємодії насінін у загальній масі:

$$F_{тр.} = P_{от.} \cdot tg \varphi$$

$P_{от.}$ – величина осьового тиску у масі насіння;

φ – кут, що визначає внутрішнє тертя насінневої маси.

Загальна умова присмокування насінин до отворів диска матиме вигляд:

$$0,5 \cdot \zeta \cdot \rho \cdot S \cdot U^2 \geq mg + P_{от.} \cdot tg\varphi$$

За умови, що в момент присмокування до отворів швидкість насінини дорівнює нулю, величину розрідження у вакуумній камері висівного апарата можна визначити з залежності:

$$H_1 \geq \left(\frac{G}{S \cdot k_{пар.} \cdot \varphi} \right) \cdot \left(\sqrt{1 + \left(\frac{V_R^2}{g \cdot R} \right)^2 - 2 \cdot V_R^2 \cdot \frac{\sin \alpha}{g \cdot R}} \right) + \left(\frac{V_R^2}{g \cdot d} \right)$$

де $k_{пар.}$ – коефіцієнт парусності насіння сої, $k_{пар.} = 0,23 \text{ м}^{-1}$;

V_R – лінійна швидкість руху отвору по радіусу R , $V_R = 0,33 \text{ м/с}$;

d – діаметр отвору висівного диска, $d = 0,004 \text{ м}$.

За умови, що швидкість насінини в момент присмокування відмінна від нуля, величина розрідження становитиме:

$$H_2 \geq \left(\frac{G}{S \cdot k_{пар.} \cdot \varphi} \right) \cdot \left(\sqrt{1 + \left(\frac{V_R^2}{g \cdot R} \right)^2 - 2 \cdot V_R^2 \cdot \frac{\sin \alpha}{g \cdot R}} \right)$$

Визначимо значення величин.

Сила ваги насінини

$$G = m \cdot g = 0,25 \cdot 9,81 = 2,453 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 2,453 \text{ Н}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міделевий переріз насінини, що присмокталась до отвору круглого перерізу:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,004^2}{4} = 0,000013 \text{ м}^2$$

Величина кута α повороту диску з присмоктаним до отвору насінням, який визначається критичним положенням насінини при транспортуванні до місця скидання

$$\alpha = \frac{3}{2} \pi = 270^\circ.$$

Тоді матимемо:

$$H_1 \geq \left(\frac{2,453}{13 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,33^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,33^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} \right) + \frac{0,33^2}{9,81 \cdot 0,004} =$$

$$= 7692 \text{ Н/м}^2 = 7692 \text{ Па}$$

$$H_2 \geq \left(\frac{2,453}{9 \cdot 10^{-6} \cdot 0,23 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,33^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,33^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} \right) =$$

$$= 1896 \text{ Н/м}^2 = 1896 \text{ Па}.$$

Відповідно до визначеної величини розрідження у вакуумній камері встановимо величину витрат повітря висівною системою сівалки:

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \eta \cdot \pi \cdot d^2 \cdot K \cdot Z_0 \sqrt{\frac{2g \cdot H_2}{\rho}}$$

де η – коефіцієнт, що характеризує аеродинамічний опір системи, $\eta = 0,65 \dots 0,75$;

K – кількість висівних апаратів, 8 шт.;

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Z_0 – кількість отворів висівного диска, які одночасно перебувають в зоні дії вакуумної камери, $Z_0=12$.

$$Q = \frac{1}{4} \cdot 0,68 \cdot 3,14 \cdot 0,004^2 \cdot 8 \cdot 12 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1896}{11,2}} = 0,05 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Беручи до уваги додаткові втрати тиску, що виникають у самій системі висівних апаратів, приймаємо значення необхідного розрідження, яке має бути створене вентилятором. $P_a=4200$ Па.

Визначимо втрати тиску в пневмосистемі сівалки.

Рух повітря по повітропроводах сівалки супроводжується витратами тиску на подолання тертя об стінки повітропроводів $P_{тер}$ та подолання місцевих опорів $P_{м.о}$ у вигляді поворотів, розширень чи звужень тощо:

$$P_v = P_{тер} + P_{м.о}$$

Витрати тиску на тертя для трубопроводів круглого перерізу становлять [14-18]:

$$P_{тер} = \lambda \cdot \frac{l_T}{D} \cdot \frac{\rho \cdot u^2}{29}$$

де l_T – довжина трубопроводу;

D – величина діаметра трубопроводу (рис. 4.4);

u – швидкість, з якою повітряний потік рухається в трубопроводі, $u=12$ м/с [13-15];

λ – коефіцієнт, що визначає опір тертя та є залежним від режиму руху відповідно до функції числа Рейнольдса, визначимо по формулі Нікурадзе:

						МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot R_p^{-0,237}$$

де R_p – число Рейнольдса

$$R_p = \frac{D \cdot u}{\mu};$$

де μ – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

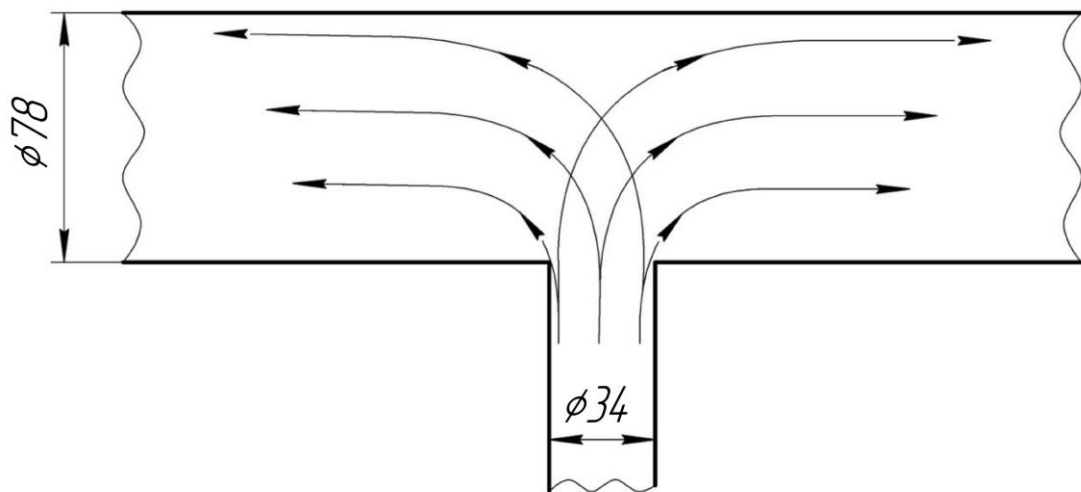


Рис. 4.4 – Схема трубопроводів ресивера

- для діаметра повітропроводу 0,078 м:

$$R_e = \frac{0,078 \cdot 12,0}{0,149 \cdot 10^{-4}} = 6,28 \cdot 10^4;$$

- для діаметра повітропроводу 0,034 м:

$$R_e = \frac{0,034 \cdot 12,0}{0,149 \cdot 10^{-4}} = 2,74 \cdot 10^4.$$

					МВС 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Витрати тиску на подолання тертя пневмосистеми сівалки:

- для ресивера:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (6,28 \cdot 10^4)^{-0,273} = 0,0491$$

$$P_{тр1} = 0,0491 \cdot \frac{2,0}{0,078} \cdot 2 \cdot \frac{1,26 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} = 23,31 \text{ кг / м}^2;$$

- для діаметра повітропроводу 0,078 м:

$$P_{тр2} = 0,0491 \cdot \frac{0,9}{0,078} \cdot 2 \cdot \frac{1,26 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} = 10,48 \text{ кг / м}^2;$$

- для діаметра повітропроводу 0,034 м:

$$\lambda = 0,034 + 0,221 \cdot (2,74 \cdot 10^4)^{-0,237} = 0,045$$

$$P_{тр3} = 0,045 \cdot \frac{0,7}{0,034} \cdot 12 \cdot \frac{1,26 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} = 102,9 \text{ кг / м}^2.$$

Повні втрати тиску на подолання тертя у повітропроводах пневмосистеми сівалки:

$$P_{тр} = 23,31 + 10,48 + 102,9 = 136,69 \text{ кг / м}^2 = 1,36 \text{ кПа}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати тиску, що відбуваються внаслідок подолання місцевих опорів:

$$P_{M.O} = \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

де ξ – коефіцієнт, що характеризує вид місцевого опору.

Розрахуємо коефіцієнт гідравлічного опору, що виникає при різкому розширенні повітряного каналу на ділянці з'єднання ресивера з камерою висівних механізмів. (рис. 4.4):

$$\xi_{P_1} = \left(1 + \frac{f_1}{f_2} \right)^2$$

де f_1 , f_2 – відповідно площі перетину повітропроводу та ресивера[13]:

$$f_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,034^2}{4} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$f_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,078^2}{4} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\xi_{P_1} = \left(1 + \frac{9 \cdot 10^{-4}}{47 \cdot 10^{-4}} \right)^2 = 1,42$$

$$P_{M_{01}} = 1,42 \cdot \frac{1,26 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 12 = 111,1 \text{ кг/м}^2$$

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина коефіцієнта опору при згині повітропроводу становитиме:

$$\xi_k = K_K \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3$$

де $K_K = 0,73$ – емпіричний коефіцієнт пропорційності, величина якого стала;

ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 – відповідно коефіцієнти, які враховують радіус заокруглення повітропроводу, кут повороту коліна та форму перетину.

Відповідно до табличних значень [14-18]:

- $\xi_1 = 0,11$ при співвідношенні $R/D=5$;
- $\xi_2 = 0,6$ при куті заокруглення 40° ;
- $\xi_3 = 1,0$ для трубопроводу круглого перетину.

$$\xi_k = 0,73 \cdot 0,11 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,048;$$

$$P_{M_{02}} = 0,048 \cdot \frac{1,26 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 12 = 5,34 \text{ кг/м}^2;$$

$$P_{M_0} = P_{M_{01}} + P_{M_{02}} = 111,1 + 5,34 = 116,43 \text{ кг/м}^2 = 1,16 \text{ кПа}.$$

Загальна величина втрат тиску пневмосистемою сівалки складе:

$$P_\xi = 1,36 + 1,16 = 2,52 \text{ кПа}.$$

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, сумарний рівень вакууму, необхідний для ефективного виконання технологічного процесу та компенсації опорів у повітряній системі, який має створити вентилятор для забезпечення оптимальної якості висіву насіння сої, дорівнюватиме:

$$\Sigma P = P_a + P_\xi = 4,2 + 2,52 = 6,72 \text{кПа}.$$

Розрахунок вентилятора

Частота обертів валу вентилятора сівалки УПС-8 становить $n=4200$ об/хв.

Визначимо характеристику швидкохідності обертання крильчатки вентилятора:

$$n_d = 53 \cdot \frac{Q^{0,5} \cdot \omega}{H^{0,75}} = 53 \cdot \frac{0,05^{0,5} \cdot 440}{2000^{0,75}} = 18,2,$$

де
$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 4200}{30} = 440 \text{с}^{-1}.$$

Діаметр вхідного вікна вентилятора встановимо з умови забезпечення мінімальних втрат при надходженні струменя повітря на лопатки крильчатки:

$$D_o = \iota \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{\omega}}$$

де $\iota = 1,6 \dots 1,8$ залежно від n_d ;

$\iota = 1,8$ для конструкції вентилятора із загнутими вперед лопатками для швидкохідності $n_d = 15 \dots 20$

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_o = 1,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,05}{440}} = 0,13 \text{ м.}$$

Діаметр вхідного вікна D_1 до колеса крильчатки визначимо з умови $D_1 = 1,3 D_o$, тоді $D_1 = 0,17$ м.

Величина зовнішнього діаметра колеса становитиме:

$$D_2 = D_o \cdot \frac{60}{n_d} = 0,13 \cdot \frac{60}{18,2} = 0,43 \text{ м.}$$

Ширину спіральних лопатей встановимо з залежності:

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

Ширина робочого колеса крильчатки:

$$B = \frac{t \cdot D_o}{4} = \frac{1,8 \cdot 0,13}{4} = 0,059 \text{ м.}$$

Приймаємо $B = 0,06$ м.

Мінімальна кількість лопаток робочого колеса вентилятора складає:

$$z = \frac{\pi \cdot (D_2 + D_1)}{D_2 - D_1} = \frac{3,14 \cdot (0,43 + 0,17)}{0,43 - 0,17} = 7,25.$$

Приймаємо $z = 8$.

Величину кута входу повітряного потоку на лопатки робочого колеса доцільно визначати з урахуванням мінімізації гідравлічних втрат, що є ключовим критерієм для забезпечення ефективної роботи системи. З цією метою приймається значення кута входу β_1 у межах $40 \dots 80^\circ$, де більші

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення характерні для робочих коліс крильчаток вентиляторів із низьким значенням критерію «швидкохідності». Водночас, з аналогічних міркувань, кут виходу потоку з робочого колеса приймається рівним $\beta_2 = 160^\circ$, що сприяє зменшенню гідравлічних втрат при виході з лопаточного каналу[15].

Формування профілю лопатки здійснюється за допомогою геометричної кривизни, яку доцільно реалізовувати у вигляді однієї або кількох дуг кола. У даній конструкції приймається варіант, при якому форма кривизни лопатки задається однією дугою, що забезпечує простоту виготовлення та достатню аеродинамічну ефективність. Визначимо радіус дуги кривизни лопатки:

$$R_n = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4 \cdot (D_2 \cdot \cos \beta_2 - D_1 \cdot \cos \beta_1)}$$

$$R = \frac{0,43^2 - 0,17^2}{4 \cdot (0,43 \cdot \cos 160^\circ - 0,17 \cdot \cos 80^\circ)} = -0,09 \text{ м.}$$

Знак «-» показує, що лопатки будуть загнуті вперед.

Радіус кола, на якому розміщуються центри дуг лопаток становить:

$$R_y = \sqrt{0,25 \cdot D_1^2 + R_n^2 - R_n \cdot D_1 \cdot \cos \beta_1}$$

$$R_y = \sqrt{0,43 \cdot 0,17^2 + 0,08^2 - 0,08 \cdot 0,17 \cdot \cos 80^\circ} = 0,128 \text{ м.}$$

Потужність вентилятора на колесі:

$$N = \frac{Q \cdot P}{\eta}$$

де η – ККД вентилятора, $\eta = 0,55 \dots 0,6$;

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{0,05 \cdot 6,72}{0,6} = 0,56 \text{ кВт.}$$

Виходячи з розрахунків, вибираємо осьовий радіальний вентилятор №2.5, відповідно до ДСТУ ISO 13351-97.

Висновки по розділу

У результаті аналізу експлуатаційних характеристик пневмомеханічних висівних апаратів виявлено необхідність їх модернізації з метою підвищення точності висіву насіння та усунення недоліків, пов'язаних із нерівномірним дозуванням, пропусками та пересівами. Дослідження показали, що ключовою проблемою зазначених апаратів є нестабільність процесу виносу насіння з насінневої камери, що зумовлено неоднорідністю морфологічних характеристик насінин, зокрема сої. Варіативність геометричних параметрів насіння ускладнює створення стабільного балансу сил, які діють на нього в момент присмоктування та транспортування через отвори дозуючого диска.

З метою усунення зазначених недоліків запропоновано конструктивне удосконалення висівного апарата, що передбачає встановлення додаткового підпорного елемента на внутрішній стороні насінневої камери. Така інженерна зміна сприятиме покращенню стабільності виносу насіння та підвищенню якості його захоплення дозуючим механізмом.

Для розробленої конструкції висівного апарата здійснено техніко-інженерне обґрунтування основних параметрів та режимів функціонування. Зокрема, визначено оптимальні характеристики пневматичної системи, а також підібрано кінематичний режим, який відповідає агротехнічним вимогам та параметрам технологічної карти вирощування культури.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вирощування сої супроводжується виконанням низки технологічних операцій, що потребують ретельного дотримання правил охорони праці.

Перед початком основного обробітку ґрунту орний агрегат повинен бути ретельно підготовлений до роботи. Він встановлюється на горизонтальну поверхню, де виконується технічне обслуговування: перевіряється цілісність та надійність кріплень усіх елементів, зокрема робочих органів плуга. Обов'язково перевіряють і підтяжку різьбових з'єднань, а також за необхідності здійснюють заміну або регулювання зношених деталей. [20,21] Усі ці роботи необхідно виконувати з дотриманням правил безпечного користування інструментом, у захисному одязі та рукавицях.

При підготовці дискових знарядь проводиться огляд чистиків, підшипникових вузлів, перевіряється стан та герметичність гідросистеми, гідроциліндрів, а також правильність монтажу й налаштування всіх компонентів. Регулярне змащування зменшує ризики поломок і запобігає аварійним ситуаціям.

Особливу увагу слід приділити безпечній експлуатації сівалки. Перед початком посівної кампанії перевіряється справність усіх приводів, натяг ременів і ланцюгів, а також робота вентилятора. Карданна передача, як і інші рухомі механізми, повинна бути закрита захисними кожухами. Обслуговування сівалки дозволено лише при зупиненому двигуні трактора і фіксованому положенні сівального агрегату. Усі налаштування й очищення, зокрема сошників, потрібно здійснювати лише за допомогою чистиків з довгими ручками, унеможливаючи безпосередній контакт із робочими елементами.

Забороняється [20,21] перебування людей у межах дії сівалки або поблизу маркерів під час її руху. У разі виконання робіт у темну пору доби

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно заздалегідь перевірити справність світлотехніки, аби забезпечити повну видимість робочої зони.

При роботі з протруєним насінням обов'язковим є проведення спеціального інструктажу для персоналу. Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту— респіратори, захисні рукавиці та окуляри, що запобігають потраплянню отруйних речовин в організм і на шкіру. Особливо це важливо при заправці туковисівних апаратів та роботі з насінням, обробленим пестицидами.

Під час збиральних робіт комбайнер зобов'язаний ознайомитися з конфігурацією поля, відзначити місця розворотів, ухилів, ям або перешкод. Робота жатки вимагає постійного контролю. Намотування рослинних решток на обертові вузли створює ризик перегріву та загоряння. Очищення слід здійснювати лише в рукавицях та із застосуванням спеціальних гачків або щіток.

Важливою вимогою до всіх механізованих операцій є дотримання безпечної швидкості при розворотах – не більше 3-4 км/год. Перед початком польових робіт слід оглянути територію, засипати ями, вирівняти ділянки з надмірним ухилом, а небезпечні зони позначити попереджувальними знаками. У разі виконання запиленних робіт працівник має перебувати з навітряного боку і використовувати респіратор та захисні окуляри. Запуск агрегатів дозволено лише після подачі звукового сигналу механізатором, що сповіщає про готовність до початку руху.

Загалом, [20,21] система охорони праці при вирощуванні сої передбачає комплекс заходів, що охоплюють як технічне обслуговування машин, так і захист працівників від шкідливих виробничих факторів. Лише дотримання вимог безпеки на кожному етапі дозволяє забезпечити не лише ефективність технологічного процесу, а й зберегти здоров'я та працездатність персоналу.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ВИСНОВКИ

У ході кваліфікаційної роботи отримано такі результати.

Розроблено технологічну карту вирощування сої, що враховує сучасні індустріальні агротехнології. Для всіх основних операцій вирощування обґрунтовано склад механізованих агрегатів та проведено відповідні технологічні розрахунки.

Для посівної операції агрегатом, який включає трактор МТЗ-82 та сівалку УПС-8, здійснено обґрунтування оптимальних режимів роботи, а також розроблено організаційні заходи для виконання посіву у відповідності з агротехнічними вимогами, мінімальними витратами ресурсів і в найкоротші строки.

На основі аналізу роботи пневмомеханічних висівних апаратів запропоновано їх удосконалення, що забезпечить точне дозування насіння без пропусків і пересівів. Вдосконалена конструкція висівного апарата передбачає встановлення додаткового підпірного диска зі сторони насінневої камери з напівкруглими вирізами, що сприяє стабільному виносу насіння та якіснішому присмоктуванню до отворів дозуючого диска.

Для розробленої модифікації пневмомеханічного висівного апарата проведено інженерні розрахунки параметрів і режимів роботи, зокрема обґрунтовано параметри пневматичної системи та визначено оптимальний кінематичний режим відповідно до поставлених завдань і технологічної карти. З метою зменшення металомісткості та енергоємності виготовлення модернізованої сівалки виконано технологічні, кінематичні та енергетичні розрахунки. Геометричні та конструктивні параметри для нових і модернізованих механізмів і деталей також обґрунтовано.

У розділі з охорони праці наведено рекомендації з безпечного виконання механізованих операцій під час вирощування сої, що дозволить знизити або усунути вплив шкідливих факторів на працівників.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. К.: Аграрна освіта, 2001. С.356 – 373 с.
2. Soybean productivity depending on fertilizers in the northern steppe of Ukraine / Shepilova, T., Petrenko, D., Skrynnik, I., Karpushyn, S., Leshchenko, S. // Research on Crops – 2020, Volume : 21, Issue : 1, pp. 65-69. DOI: <http://dx.doi.org/10.31830/2348-7542.2020.010>.
3. The influence of sowing time and micro-fertilizers on soybean productivity in the northern steppe of Ukraine / Shepilova, T., Mostipan, M., Petrenko, D., Vasytkovska, K. // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2020, 26(4), pp. 787-792. <http://www.agrojournal.org/26/04-12.html>.
4. Шепілова, Т. П., Петренко, Д. І., Лещенко, С. М., Васильковська, К. В., & Андрейченко, О. Г. (2025). Вплив стимуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України. Scientific Progress & Innovations, 28(1), 11–14. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.02>.
5. Шепілова, Т. П., Петренко, Д. І., Лещенко, С. М., Васильковська, К. В., & Ковальов, М. М. (2023). Науково обґрунтована оптимізація агротехніки вирощування сої. Scientific Progress & Innovations, 26(2), 56-59. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.10>.
6. Соя сорту Софія. Інститут зрошуваного землеробства НААН України. URL: <https://superagronom.com/nasinnya-soya/sofiya-naan-ukrayini-id12170>.
7. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
8. Rebonatti, M. D., Cordeiro, C. F. dos S., Volf, M. R., Gomes da Silva, P. C., & Tiritan, C. S. (2023). Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils. European Journal of Agronomy, 143, 126685. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126685>.
9. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Л.М. Тіщенко /Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 273 с.

- 10.Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.
11. ДСТУ 4964:2008 Соя. Технічні умови.
12. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 208 «Агроінженерія» за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / [уклад. : О. М. Васильковський, Д. І. Петренко, К. В. Васильковська, С. М. Лещенко, С. М. Мороз] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 40 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10501>.
- 13.Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» : для студ. спец. 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. ; [уклад. В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко та ін.]. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/8095>.
14. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини (практичні заняття): навч. посібник. / Сисолін П.В., Сало В.М., Свірень М.О. – Кіровоград: Рай. друкарня, 2002. – 131 с.
15. 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.
16. Машини для обробітку ґрунту та сівби: навч. посіб. / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.

					МВС 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

17. 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.
18. 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.
19. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлице. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.
20. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р. URL: https://techmedia.com.ua/sites/default/files/online_version/ECO_SX/files/assets/basic-html/toc.html.
21. ДСТУ 2189-93 ССБП. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. – К: Держспоживстандарт України, 1993. – 21 с.
22. Методичні вимоги у сфері насінництва щодо збереження сортових та посівних якостей насіння сої (Затверджено Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 26 січня 2023 року № 75).

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		