

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 соняшнику з вдосконаленням конструкції
просапної сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Ткаченко Валерій Олегович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Тимофій РУДЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

м. Кропивницький

Анотація

**Тема: «Механізація вирощування соняшнику з вдосконаленням конструкції
просапної сівалки»**

соняшник, механізація, висівний апарат, ворушилка, вирощування

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічну карту вирощування соняшнику на основі сучасних агротехнологій, обґрунтовано склад механізованих агрегатів та їх оптимальні режими роботи. Виконано комплексне обґрунтування необхідності та шляхів модернізації процесів посіву культури з особливим акцентом на удосконаленні пневмомеханічного висівного апарата за рахунок оновлення конструкції ворушилки для точного дозування насіння. Проведено відповідні інженерні розрахунки модернізованої сівалки та надано рекомендації з охорони праці. Отримані результати та розроблені практичні рекомендації можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами для підвищення ефективності виробництва, покращення якості розкладки посівного матеріалу та забезпечення безпечних умов праці.

Abstract

**Topic: « Mechanization of sunflower cultivation with improvement of the design of
the row seeder »**

sunflower, mechanization, sowing machine, tedder, growing

The qualification work developed a technological map of sunflower cultivation based on modern agricultural technologies, substantiated the composition of mechanized units and their optimal operating modes. A comprehensive justification of the need and ways to modernize the processes of sowing crops was carried out with a special emphasis on improving the pneumomechanical sowing machine by updating the design of the tedder for accurate seed dosing. Relevant engineering calculations of the modernized seeder were carried out and recommendations on labor protection were provided. The results obtained and practical recommendations developed can be used by agricultural enterprises to increase production efficiency, improve the quality of seed placement and ensure safe working conditions.

1. ВСТУП

В умовах постійного зростання потреб населення у продуктах харчування та рослинній сировині особливого значення набуває підвищення ефективності виробництва сільськогосподарських культур. Серед них важливе місце посідає соняшник, який є однією з провідних олійних культур і має значний вплив на розвиток аграрного сектору. Для України, де сільське господарство є стратегічною галуззю економіки, удосконалення технологій вирощування соняшнику виступає важливою передумовою збільшення валових зборів насіння та підвищення рентабельності виробництва.

Одним із ключових чинників досягнення високих показників урожайності є впровадження сучасних засобів механізації виробничих процесів. Проте, незважаючи на суттєвий прогрес у сфері розробки та вдосконалення сільськогосподарської техніки, наявні технічні рішення не завжди забезпечують виконання вимог інтенсивних технологій вирощування соняшнику. Особливо це стосується операції сівби, до якої висуваються підвищені вимоги щодо точності розміщення насіння та дотримання заданої густоти посіву.

Якісне проведення сівби створює основу для формування майбутнього врожаю, оскільки саме на цьому етапі закладаються умови для рівномірного розподілу рослин на площі, їх дружних сходів і повноцінного розвитку протягом вегетаційного періоду. Забезпечення оптимальної площі живлення кожної рослини сприяє більш повній реалізації генетичного потенціалу соняшнику та отриманню високих і стабільних урожаїв.

					МВС 00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив	Ткаченко				Пояснювальна записка					Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Леценко											
Н. контр.	Артеменко									ЦНТУ, зр. АІ-23мб-І.І		
Затверд.	Васильковський											

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

У сучасному сільськогосподарському виробництві досягнення високих результатів значною мірою визначається якістю планування технологічних процесів та неухильним дотриманням агротехнічних вимог. Технологічна карта вирощування соняшнику є важливим організаційно-технологічним документом, який містить детальний перелік усіх виробничих операцій – від підготовки ґрунту та передпосівного обробітку до збирання врожаю і післязбиральної доробки продукції. Її складання дає змогу раціонально використовувати матеріально-технічні ресурси, своєчасно виконувати польові роботи, знижувати виробничі ризики та створювати передумови для отримання запланованого врожаю з високими економічними показниками.

У цьому розділі наведено розробку технологічної карти вирощування соняшнику на площі 54 га в умовах центральної частини України. Як попередник культури розглядається озиме жито, що є одним із найбільш поширених і агрономічно доцільних попередників для соняшнику. Запропонована технологія враховує біологічні особливості культури, ґрунтово-кліматичні умови регіону та сучасні вимоги до ефективного ведення рослинництва.

З метою отримання високих показників урожайності та формування якісної товарної продукції для вирощування було обрано гібрид соняшнику "НК Неома" селекції компанії Syngenta. Даний гібрид добре пристосований до ґрунтово-кліматичних умов центральних регіонів України та характеризується високим генетичним потенціалом продуктивності. Крім того, він відзначається підвищеною стійкістю до посухи, що сприяє збереженню врожаю навіть за несприятливих погодних умов. Ця особливість має важливе значення під час механізованого збирання, оскільки забезпечує зменшення втрат насіння та підвищує ефективність роботи збиральної техніки. Завдяки поєднанню високої

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

продуктивності, адаптивності та технологічності вирощування, гібрид "НК Неома" є перспективним рішенням для сучасного виробництва соняшнику.

Озиме жито є одним із найкращих попередників для соняшнику. Після його збирання поле залишається відносно чистим від бур'янів, а ґрунт не зазнає значного виснаження. Крім того, пожнивні рештки жита сприяють накопиченню органічної речовини в ґрунті. Це створює сприятливі умови для росту й розвитку соняшнику та покращує забезпечення рослин поживними речовинами.

Основний обробіток ґрунту є одним із найважливіших етапів технології вирощування соняшнику. Від його якості значною мірою залежать водний, повітряний і температурний режими ґрунту, а також умови для розвитку кореневої системи рослин та активності ґрунтової мікрофлори.

Лущення стерні є першою технологічною операцією після збирання попередника, спрямованою на збереження ґрунтової вологи та підготовку поля до подальшого обробітку. Після збирання озимого жита, яке зазвичай проводять наприкінці липня, виконують поверхневий обробіток ґрунту [7] на глибину 4–6 см. Цей захід сприяє проростанню насіння бур'янів для їх подальшого знищення, руйнує ґрунтові капіляри, зменшуючи втрати вологи, а також забезпечує часткове загортання поживних решток. Для проведення лущення на площі 54 га доцільно використовувати трактор CASE IH-310 в агрегаті з луцильником ЛДГ-15, що дозволяє якісно та своєчасно виконати роботи з високою продуктивністю.

Природне збагачення ґрунту шляхом внесення органіки [1]. Протягом вересня та жовтня передбачено підживлення поля перегноєм із розрахунку 8 т/га. Такий захід насичує землю поживними речовинами, а також позитивно впливає на її структурні характеристики, здатність пропускати вологу та життєдіяльність мікроорганізмів. Виконання цієї технологічної операції покладено на високоефективний комплекс: трактор

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

CASE IH-310 у зчїпці з розкидачем Brochard EV 2200-90. Це обладнання гарантує однорідне покриття добривами всієї території ділянки.

Глибокий осінній обробіток: формування оптимальних умов. У вересні-жовтні, після завершення етапу органічного підживлення, здійснюється суцільне полицеве розпушування на глибину 28–30 см. Цей процес є критично важливим, оскільки він гарантує якісне загортання рослинних решток і добрив у нижні шари, оптимізує пористість ґрунту, покращує його повітрообмін та закладає основу для ефективного депонування зимових опадів [10]. Для проведення цієї енергоємної процедури залучається перевірений комплекс: трактор CASE IH-310 у зчїпці з плугом Lemken EurOpal 8, що гарантує високу якість роботи на великих масивах.

Успішний старт та подальший розвиток посівів соняшнику безпосередньо залежить від весняних польових робіт. Вони проводяться задля того, щоб зупинити випаровування накопиченої води, структурувати ґрунт і сформувати ідеально вирівняну поверхню для точного висіву культури.

Збереження вологи та боротьба за кожен міліметр води. Щойно у березні земля досягає фізичної стиглості, стартує ранньовесняне боронування, орієнтоване на закриття ґрунтової вологи. Завдяки роботі трактора МТЗ-82 у зчїпці із зубовою бороною БПГ-12 руйнується капілярна сітка у верхньому горизонті, що радикально знижує інтенсивність випаровування. Цей крок є вирішальним для формування однорідних та сильних сходів соняшнику, оскільки початкова фаза розвитку культури вимагає максимальної забезпеченості вологою [6].

Живлення мінеральними комплексами: активація початкового росту. У передпосівний період (березень-квітень) передбачено внесення нітроамофоски NPK 15:15:20 за норми 0,15 т/га. Таке раннє підживлення постачає посівам соняшнику критично важливі елементи на перших порах вегетації — саме тоді, коли природний азотфіксуючий апарат

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

бульбочкових бактерій ще перебуває на стадії формування [12]. Процес реалізують за допомогою навісного розкидача РНД-1000 SPINNER, агрегатованого з трактором МТЗ-82, що забезпечує високу точність та рівномірність покриття поля.

Передпосівний обробіток: підготовка ґрунту до сівби. Безпосередньо перед початком посівної кампанії (у квітні-травні) здійснюється культивація на глибину 4–6 см. Ця процедура спрямована на формування якісного дрібноструктурного верхнього шару, ліквідацію сходів бур'янів, а також фінальне вирівнювання рельєфу поля [7]. Виконання завдання покладено на трактор МТЗ-82, що працює у зчіпці з культиватором КПС-4.0. Робота цього комплексу полегшує подальший хід сівалки та закладає основу для заробляння насіннєвого матеріалу на однакову глибину.

Посівна кампанія є фундаментальним етапом у вирощуванні соняшнику. Саме від якості її проведення залежать архітектура майбутнього посіву, синхронність сходів, рівномірний розподіл рослин на площі та, зрештою, фінальні показники збору врожаю.

Базовим критерієм для початку посівної кампанії соняшнику є стійке підвищення температури ґрунту до $+8-12^{\circ}\text{C}$ у зоні висіву. В агрокліматичних зонах Центральної України цей період переважно фіксується у межах кінця квітня – початку травня. Чітке дотримання часового регламенту (максимум два дні на поле) гарантує синхронність фаз початкового розвитку культури [3]. Передчасне закладання насіння у холодну землю призводить до гальмування ростових процесів, активізації ґрунтових патогенів та зниження густоти стояння рослин.

Регламент норми висіву та глибини заробляння насіннєвого матеріалу. Під час вирощування гібриду «НК Неома» рекомендована густина посіву становить 55–60 тис. одиниць каліброваного насіння на один гектар [4,10]. Такий розподіл дозволяє сформувати збалансовану щільність сходів, за якої рослини максимально ефективно засвоюють

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

сонячну радіацію та ґрунтове живлення. Базова глибина заробляння становить 5–6 см. Проте в умовах дефіциту вологи у верхньому горизонті або під час посухи глибину висіву доцільно збільшити до 8 см — це гарантує стабільний контакт посівного матеріалу з вологим шаром ґрунту, що необхідно для швидкого й синхронного старту вегетації. [2,9].

Висів культури виконується за допомогою посівного комплексу, сформованого на базі трактора МТЗ-82 та восьмирядної сівалки точного висіву моделі Весна-8. Конструктивні особливості робочих органів сівалки забезпечують пунктирне закладання насіннєвого матеріалу на міжряддя – 70 см та інтервал між насінинами в рядку 18–20 см. Такий просторовий розподіл є еталонним для соняшнику. Високий рівень точності роботи Весна-8 виключає нерівномірність щільності стеблостою, що є базовою умовою для стабільного формування продуктивності агроценозу.

Оперативний та грамотний догляд за полями виступає головним інструментом контролю забур'яненості, а також стримування поширення збудників хвороб і шкідників. Кожен елемент цієї технологічної ланки покликаний мінімізувати біотичний стрес культури, забезпечуючи її безперешкодний ріст та запобігти втратам продуктивності.

Регулювання фітосанітарного стану поля засобами захисту. Підбір конкретного препарату для боротьби з бур'янами базується на аналізі засміченості поля та сумісності діючої речовини із висіяним гібридом соняшнику [11]. Сама процедура обприскування припадає на травень-червень, коли розвиток культури та бур'янів досягає оптимальних для цього фаз. Для досягнення бездоганної однорідності розподілу розчину по всій площі поля використовується механізований комплекс, що складається з трактора МТЗ-82 та причіпного обприскувача SOKIL–24.

Механічний догляд за міжряддями, аерація та очищення поля. У червневі терміни, орієнтуючись на ступінь забур'яненості посівів, виконують розпушування міжрядь на глибину 4–5 см. Цей технологічний прийом одночасно вирішує два завдання: оптимізує фізичний стан ґрунту,

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

активізуючи повітряний режим та доступ кисню до підземних органів культури, а також механічно знищує смітну рослинність у міжрядних просторах [14]. Виконання операції забезпечується роботою трактора МТЗ-82 у тандемі з культиватором КПК-5,6.

Порятунок урожаю від шкідливих комах та грибків. Щоб соняшник не хворів, а шкідники не нищили листя й кошики, у липні й серпні поле обробляють захисними засобами [6]. Рішення про обприскування приймають лише після ретельного огляду рослин. Це допомагає зупинити загрозу на самому початку і зберегти тонни врожаю. Рівномірно розпилити інсектициди та фунгіциди по всьому полю допомагає причіпний оприскувач SOKIL–24 у зчипці з трактором МТЗ-82.

Позакореневе підживлення розкриває потенціал соняшнику. У період вегетації культури, проводять підживлення по листу мікродобривами (особливо бором, а також Zn, Mn, Mg) у сучасній хелатній формі. Потребу в такій обробці визначають за допомогою листової діагностики або при візуальному дефіциті елементів. Хелатна форма дозволяє соняшнику миттєво вбирати живлення, що прискорює його розвиток, посилює імунітет до стресів і стимулює формування великих, добре наповнених кошиків [7].

Збирання соняшнику підсумовує всю тривалу роботу з догляду за культурою [5]. На цьому завершальному етапі всі зусилля спрямовані на дві речі: зібрати насіння з мінімальними втратами та не зіпсувати його товарні якості під час обмолоту.

Жнива соняшнику та контроль вологості для безпечного зберігання. Збиральну кампанію розпочинають у вересні або жовтні, коли вологість насіння знижується до оптимальних 8–10%. Якщо змолотити занадто вологий соняшник, він швидко зіпсується на складі. Водночас надмірне перестоювання в полі призводить до пересушування кошиків, через що насіння починає масово висипатися від найменшого вітру, приносячи великі збитки [20]. Щоб зібрати все чисто й швидко, у поле виводять

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

зернозбиральний комбайн Case IH 5088 з спеціальною соняшниковою жаткою Sunfloro ЖСБ-9.2. Ця машина чудово підходить для українських полів, оскільки працює продуктивно та практично без втрат.

Висновки по розділу

Результати розробки операційно-технологічної карти свідчать, що чітке планування є базовим інструментом для оптимізації агровиробництва. Пропонована модель детально обґрунтовує весь цикл вегетації соняшнику "НК Неома" за умови його вирощування після озимого жита. Завдяки застосуванню пунктирного посіву з міжряддями 70 см та залученню висівного комплексу Весна-8, досягається раціональний розподіл площі живлення культури. Системний підхід до мінерального живлення та фітосанітарного контролю, заснований на практичному досвіді та кліматичних чинниках регіону, створює умови для максимального збору біомаси. Економічна доцільність та окупність інвестицій для даної схеми детально обчислені у наступному розділі.

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

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОСІВУ СОНЯШНИКУ

Умови виконання операції

Показники	Значення показників
Технологічна операція	Сівбу здійснюють широкорядним пунктирним способом із кінцевою густотою 5 насінин на 1 м рядка
Клас та марка трактора	1,4; МТЗ-82
Марка машини	Весна-8
Середня довжина гонів, L м	890
Параметри та стан поверхні поля	Підготовлене під посів
Найбільше значення кута підйому поля, %	3.2%

Як готують техніку до виїзду в поле. Перед тим як розпочати сівбу, весь агрегат треба ретельно перевірити та налаштувати. Спершу майстри оглядають трактор і сівалку окремо, потім чіпляють їх один до одного і обов'язково роблять пробний висів на невеликій ділянці. Це потрібно, щоб переконатися, що сівалка кидає саме стільки насіння, скільки задумано. Крім того, щодня перед кожною зміною механізатор має почистити, змастити та оглянути вузли машини, як того вимагає заводська інструкція.

Щоб забезпечити високу продуктивність технічного комплексу, необхідно раціонально завантажувати потужність трактора, узгоджуючи його тягові можливості з робочими вузлами суміжного обладнання. Разом із цим, функціонування системи має гарантувати виконання польових робіт у межах встановлених агротехнічних дедлайнів на всій прогнозованій території обробітку.

Передпускова підготовка комплексу реалізується на спеціалізованому стендовому обладнанні. Цей процес передбачає контроль комплектності, тарування дозувальних пристроїв і висівних апаратів, а також оцінку справності функціональних елементів та передавальних

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

механізмів. Обов'язковою умовою є сервісне змащення рухомих з'єднань. Своєю чергою, формат з'єднання машин визначається на основі граничних тягових навантажень на гакову систему енергетичного засобу та раціонального швидкісного режиму (V_m), що для цієї модифікації сівалки обмежений значенням 9 км/год тобто[14]:

$$V_{p.T}^{III} = 7,32 \text{ км/год} \quad P_T^{III} = 14,1 \text{ кН}$$

$$V_{p.T}^{IV} = 8,7 \text{ км/год} \quad P_T^{IV} = 13,9 \text{ кН}$$

Максимально допустима ширина захвату посівного агрегату визначається потужністю трактора та обраним діапазоном передач [17]:

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

де $K_{o.civ}^i$ – значення питомого опору сівалки Весна-8, виражене в кН/м, розраховують з урахуванням конкретних умов роботи агрегату в полі:

$$K_{o.civ}^i = K_{o.civ} [1 + k_v \times (V_{p.T} - V_{o.cv})]$$

$K_{o.civ}$ – значення питомого опору ґрунту з урахуванням стандартної робочої швидкості агрегату $V_{o.cv} = 5$ км/год, ($K_{o.civ} = 1,0 \dots 1,6$ кН/м) [14];

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

k_v – величина, яка характеризує інтенсивність зростання питомого опору агрегату зі збільшенням швидкості виконання посівних робіт, ($k_v = 1,1 \dots 1,7\%$) [14];

$V_{p.T}$ – швидкість руху машинно-тракторного агрегату, що досягається на обраній передачі трактора, км/год.

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

де V_T^i – розрахункова швидкість агрегату, що відповідає обраній передачі трактора, км/год

δ – Величина, що характеризує втрати швидкості машинно-тракторного агрегату через недостатнє зчеплення коліс із ґрунтом (буксування) ($\delta = 6 \dots 20\%$) [14].

Матимемо,

$$V_{p.T}^{III} = 7,32 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 6,7 \text{ км/год}$$

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

Тоді:

$$K_{o.cig}^{III} = 1,2(1 + 0,016(6,7 - 5)) = 1,23 \text{ кН};$$

$$K_{o.cig}^{IV} = 1,2(1 + 0,016(7,9 - 5)) = 1,25 \text{ кН}$$

Опір пересуванню агрегату, викликаний наявністю підйому, кН/м:

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

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

де G_{aep} – маса посівного агрегату ($G_{aep} = 23,14$ кН) [17];

$B_{к.св}$ – ширина захвату сівалки Весна-8, визначена кількістю висівних секцій та прийнятою шириною міжрядь 70 см, $B_{к.св} = 8 \cdot 0,7 = 5,6$ м.

Отже:

$$R_i = \frac{23,14}{5,6} \cdot 0,032 = 0,13 \text{ кН/м}$$

Максимально можлива ширина захвату посівного агрегату становитиме:

$$B_{\max}^{III} = \frac{14,1}{1,23 + 0,13} = 10,4 \text{ м}$$

$$B_{\max}^{IV} = \frac{13,9}{1,25 + 0,13} = 10,1 \text{ м}$$

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

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

$$n_{св}^{III} = \frac{10,4}{5,6} = 1,86 - \text{приймаємо 1 сівалку}$$

$$n_{св}^{IV} = \frac{10,1}{5,6} = 1,80 - \text{приймаємо 1 сівалку}$$

Сумарний тяговий опір посівного агрегату визначаємо за такою розрахунковою залежністю [19]:

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

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

$$R_{св.агр}^{III} = (1,23) \cdot 5,6 \cdot 1 + 0 = 6,9 \text{ кН}$$

$$R_{св.агр}^{IV} = (1,25) \cdot 5,6 \cdot 1 + 0 = 7 \text{ кН}$$

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

$$\eta_{ТЗ}^{III} = \frac{6,9}{14,1} = 0,49$$

$$\eta_{ТЗ}^{IV} = \frac{7}{13,9} = 0,51$$

Отже, робота агрегату на 4-й передачі забезпечує раціональне використання потужності двигуна, при цьому запас за тяговим навантаженням становить 49 %.

Для обґрунтування раціонального режиму роботи виконаємо аналіз продуктивності агрегату та його паливних витрат на обраних передачах трактора.

Величину змінної продуктивності агрегату визначаємо за такою розрахунковою залежністю, га/зм:

$$W_{3M}^i = 0,1 \cdot B_{p.св} \cdot V_{p.T}^i \cdot T_{TP.3M}$$

$T_{TP.3M}$ – прийнята в господарстві тривалість робочої зміни для виконання посівних робіт

$$T_{Tr.3M} = T_{зм.н} \cdot \tau$$

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

де $T_{зм.н}$ – тривалість робочої зміни, передбачена діючими нормами господарства (відповідно до чинного трудового законодавства $T_{зм.н} = 10$ год)[14];

τ – коефіцієнт використання тривалості робочої зміни в процесі посіву ($\tau = 0,84$):

$$T_{тр.зм} = 10 \cdot 0,84 = 8,4 \text{ год.}$$

Величини змінної продуктивності, визначені для кожної з розглянутих передач трактора, становлять:

$$W_{зм}^{III} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,7 \cdot 8,4 = 31,51 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,9 \cdot 8,4 = 37,16 \text{ га/зм}$$

Визначені значення питомих витрат пального на гектар у разі використання різних передач трактора наведені нижче, кг/га:

$$Q_{за}^i = \frac{Q_{зм.тр}^i}{W_{зм}}$$

де $Q_{зм.тр}^i$ – повні витрати палива за тривалість робочої зміни агрегату, кг:

$$Q_{зм.тр}^i = Q_p^i \cdot T_{тр.зм} + Q_{хх}^i \cdot T_{хх.зм} + Q_{зуп}^i \cdot T_{зуп.зм}$$

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

де $Q_p^i, Q_{xx}^i, Q_{зуп}^i$ – обсяги пального, витрачені під час виконання технологічної операції, включаючи робочі проходи, холості переїзди та простої з працюючим двигуном, км/год;

$T_{тр.3м}, T_{xx.3м}, T_{зуп.3м}$ – сумарна тривалість робочих і холостих ходів та зупинок агрегату, год

$$T_{xx.3м} = T_{зуп.3м} = \frac{10 - 8,4}{2} = 0,8 \text{ год}$$

При $\eta_{тз}^{III} = 0,49$; $Q_p^{III} = 14,3$ кг/год; $Q_{xx}^{III} = 11,2$ кг/год; $Q_{зуп}^{III} = 1,8$ кг/год

при $\eta_{тз}^{IV} = 0,51$; $Q_p^{IV} = 14,8$ кг/год; $Q_{xx}^{IV} = 10,9$ кг/год; $Q_{зуп}^{IV} = 1,8$ кг/год

В підсумку, витрати пального на гектар складуть:

$$Q_{га}^{III} = \frac{14,3 \cdot 8,4 + 11,2 \cdot 0,8 + 1,8 \cdot 0,8}{31,51} = 4,14 \text{ кг/га}$$

$$Q_{га}^{IV} = \frac{14,8 \cdot 8,4 + 10,9 \cdot 0,8 + 1,8 \cdot 0,8}{37,16} = 3,61 \text{ кг/га}$$

Головний висновок із розрахунків. Отримані результати чітко доводять, що під час сівби соняшнику агрегатом у складі трактора МТЗ-82 та сівалки Весна-8 найкраще вмикати четверту передачу. Саме на такій швидкості посівна кампанія проходить максимально якісно, а витрати пального та робочого часу будуть найвигоднішими для господарства.

Тепер проведемо необхідні математичні обчислення, що регламентують процес підготовки поля до роботи сформованого посівного комплексу.

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

Робочий процес будується за чітким планом: спочатку розмічають поворотні смуги для розворотів техніки та визначають місця, де заправлятимуть сівалку насінням і добривами. Перед самим виїздом поле обов'язково оглядають. Якщо помічають перешкоди, які заважатимуть трактору, їх прибирають, а великі чи нерухомі об'єкти просто позначають яскравими прапорцями або знаками.

Щоб мінімізувати кількість розворотів, техніку краще спрямувати по довшій осі поля, де робочий хід $L = 890$ м. Спосіб руху – човниковий з петльовими розворотами (рис. 3.1).

Обчислимо кінематичну довжину посівного агрегату:

$$L_{к.агр} = L_T + L_{св}$$

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

$$L_T = 0,93 \text{ м}, L_{св} = 1,2 \text{ м}$$

Тоді:

$$L_{к.агр} = 0,93 + 1,2 = 2,13 \text{ м}$$

Щоб забезпечити високу продуктивність комплексу, розрахуємо правильну ширину смуги для петльових розворотів, спираючись на правила організації маневрів [13]

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

де $R_{\min}$ – мінімальне значення радіуса повороту петльового типу, м.

$$R_{\min} = 1,2 \cdot B_{п.св} = 1,2 \cdot 5,6 = 6,72 \text{ м}$$

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

e – довжину розворотної ділянки за межами робочого гону, на якій здійснюється переведення сівалки в транспортне або робоче положення, визначають з урахуванням кінематичної довжини агрегату:

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_{\kappa.агр} = 0,61 \cdot 2,13 = 1,3 \text{ м}$$

Тоді
$$E_p = 3 \cdot 6,72 + 1,3 = 21,46 \text{ м.}$$

Розрахунок поворотної смуги проводять через коефіцієнт кратності N , щоб її загальна ширина дорівнювала цілій кількості проходів сівалки без утворення пропусків чи перекриттів:

$$E_{\phi} = N \cdot B_{p.св}$$

$$N = \frac{E_p}{B_{p.св}} = \frac{21,46}{5,6} = 3,83 \cong 4$$

тоді

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

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

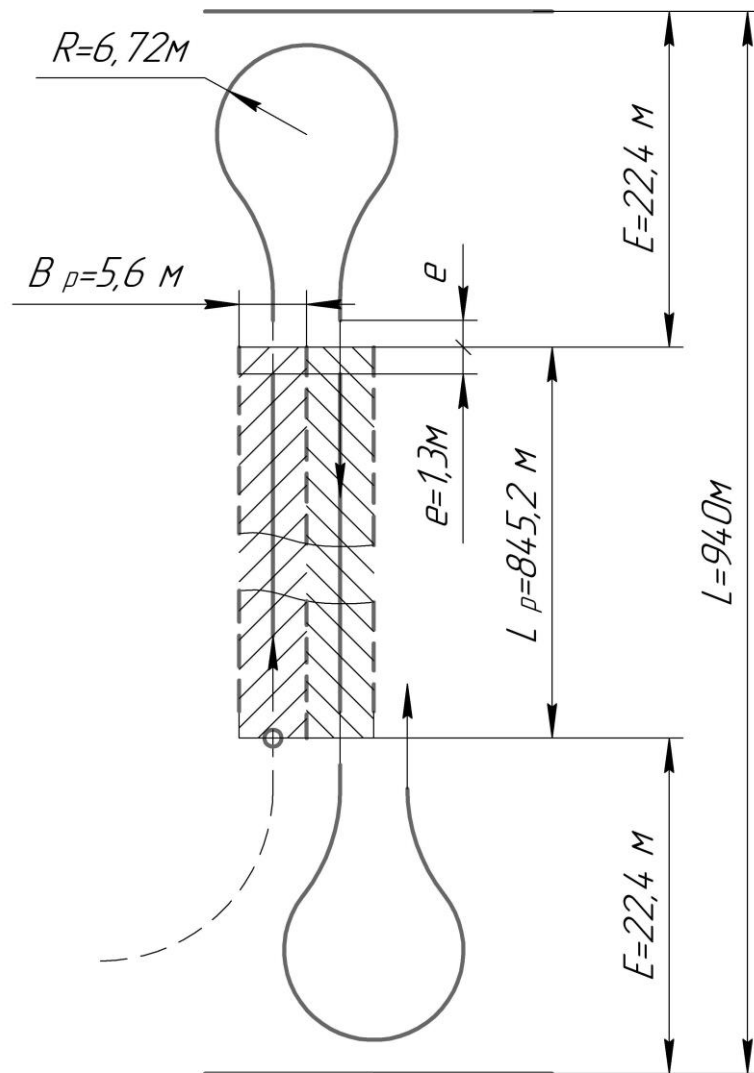


Рис. 3.1 – Схема руху посівного агрегату в загінці

Щоб досягти максимальної продуктивності посівного комплексу протягом зміни, розрахуємо оптимальну ширину робочої загінки:

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

де $L_{\text{р.заг}}$ – довжина чистого робочого ходу на загінці, м;

$$L_{\text{р.заг}} = L - 2E$$

$$L_{p.заг} = 890 - 2 \cdot 22,4 = 845,2 \text{ м.}$$

$$C_{заг} = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 37,16}{845,2} = 879,3 \text{ м}$$

Зважаючи на число повних проходів посівного комплексу:

$$N = \frac{C_{заг}}{B_{p.св}} = \frac{879,3}{5,6} \approx 157$$

$$C_{ф.заг} = 157 \cdot 5,6 = 879,2$$

Кількість загінок:

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

де F – площа посівів, га;

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 54}{845,2 \cdot 879,3} = 0,73$$

Таким чином матимемо 1 робочу загінку шириною 606,8 м

На основі виконаних інженерних обчислень сформовано операційно-технологічну карту посіву, що представлена у графічній частині даної роботи.

Паралельно з базовими величинами обчисленню підлягає комплекс допоміжних показників, котрі дають змогу всебічно проаналізувати організаційну специфіку реалізації цього технологічного процесу.

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

Окремо визначимо, скільки часу витрачає посівний комплекс на виконання одного замкнутого технологічного циклу в процесі обробітку загінки:

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

де T_R – сумарні затрати часу на виконання маневрів та розворотів агрегату, ($T_R = 1,5 \dots 2 \text{ хв.}$ [15])

Отже:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 845,2}{10^2 \cdot 7,9} + 2 \cdot 1,9 = 16,9 \text{ хв} = 0,28 \text{ год}$$

Показник продуктивності посівного агрегату за період окремого робочого циклу визначається таким чином, га/ц:

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

$$W_{\text{ц}}^{IV} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,9 \cdot 0,28 \cdot 0,8 = 0,99 \text{ га/ц.}$$

Кількість повних технологічних циклів, що виконуються агрегатом протягом усього робочого часу зміни:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}^{IV}}{W_{\text{ц}}^{IV}} = \frac{37,16}{0,99} = 37,54 \text{ ц/зм}$$

Витрати палива за робочу зміну:

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

$$Q_{3M} = Q_{ca}^{IV} \cdot W_{3M}^{IV} = 3,61 \cdot 37,16 = 134,1 \text{ кг/зМ}$$

Зведені експлуатаційні параметри вносять до операційно-технологічної карти сівби соняшнику, а також включають до загального плану вирощування цієї сільськогосподарської культури.

Висновки по розділу

У наведеному розділі детально опрацьовано алгоритм комплектування та раціональної організації посівного комплексу у складі трактора МТЗ-82 та сівалки Весна-8. Розрахунками доведено, що найбільш доцільно експлуатувати техніку на четвертій передачі, оскільки це гарантує високу продуктивність за оптимальної паливної економичності. Встановлено, що організація двозмінної роботи дозволяє завершити сівбу на всій площі ділянки всього за одну добу, витративши при цьому 134,1 кг дизельного пального. Крім того, інженерно обґрунтовано ключові просторові й технологічні параметри руху машин безпосередньо в межах загінки.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

Обґрунтування удосконалення конструкції висівного апарата сівалки Весна-8.

Серед базових технологічних завдань сівалок першочерговим є дотримання оптимальної глибини та рівномірності розподілу насіння в посівному шарі. Це закладає фундамент для швидкої появи сходів, збалансованого вегетаційного розвитку рослин і одночасного збору врожаю.

Ефективність функціонування висівного механізму оцінюють за його здатністю точно витримувати задану норму розкладки соняшнику на гектар. Рівномірний розподіл і безперервний рух насінин до сошникової групи, за яких повністю відсутні пропуски чи парний висів, безпосередньо гарантують високу якість технологічного процесу.

Метою вдосконалення висівного апарата сівалки Весна-8 (рис.4.2) є підвищення рівномірності подачі насіння до висівного диска та забезпечення стабільного процесу його захоплення присмоктувальними отворами. І саме запропонована нами удосконалена конструкція воружилки (рис.4.1) повинна запобігати зависанню, ущільненню та нерівномірному переміщенню насіння в насіннєвій камері, що особливо важливо під час висіву насіння різних фракцій і форм.

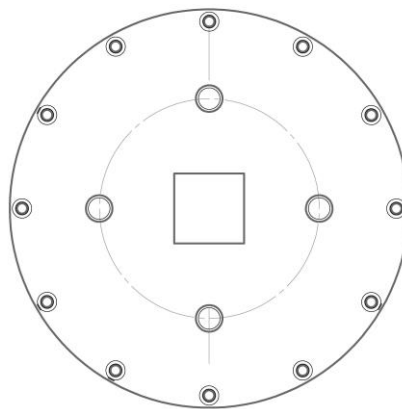
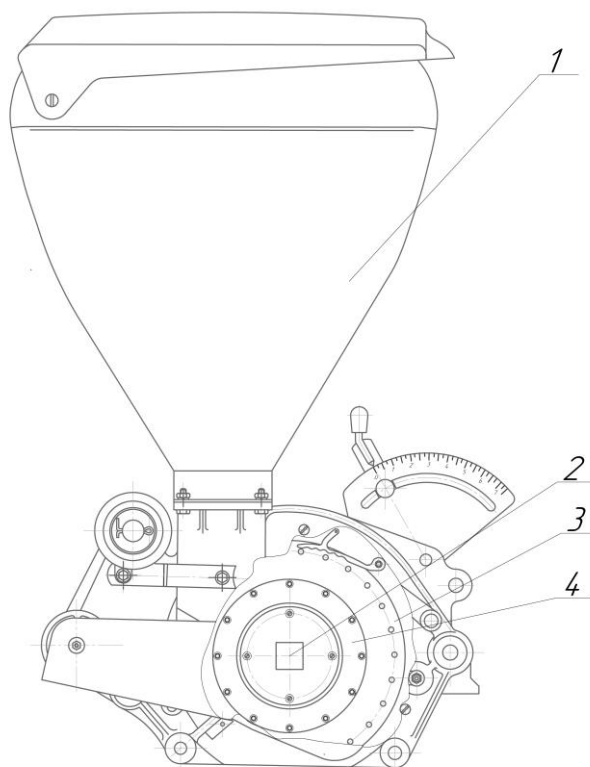


Рис. 4.1 – Воружилка

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

Реалізація запропонованого конструктивного рішення спрямована на зменшення кількості пропусків і двійників, підвищення точності дозування посівного матеріалу та покращення рівномірності розміщення насіння в рядку. Це сприятиме підвищенню якості посіву, забезпеченню дружних сходів, зростанню врожайності культури та покращенню техніко-економічних показників роботи посівного агрегату. Основним результатом удосконалення є підвищення ефективності роботи пневматичного висівного апарата за рахунок стабілізації руху насіння в зоні висіву та покращення умов його відбору висівним диском.

Згідно з висунутою гіпотезою, удосконалена конструкція сприятиме створенню додаткових підпірних зусиль у процесі виведення насіння з насіннєвої 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 – вдосконалена ворущилка.

Рис. 4.2 – Удосконалений пневмомеханічний висівний апарат

Технологічні розрахунки удосконалення конструкції висівного апарата

Ефективність дозувальних систем пневмомеханічного типу безпосередньо залежить від властивостей насіннєвого матеріалу: його аеродинаміки, щільності (питомої ваги) та фрикційних характеристик. Не менш важливим критерієм оцінки є вектор і швидкість руху насінини у момент її контакту з ніздрями чи отворами висівного диска

Дослідимо динаміку взаємодії насінини з висівним робочим органом у момент її фіксації. Як зазначено у наукових працях [14–18], у процесі вакуумного утримання насіння біля отвору диска на кожну одиницю матеріалу одночасно впливають три головні сили (рис. 4.3).

Розглянемо кожну з них окремо.

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

де ζ – Показник аеродинамічного опору, що враховує взаємодію об'єкта з повітряним потоком;

ρ – щільність повітря;

S – міделевий переріз насінини;

U – швидкість, з якою діє повітряний потік.

Сила ваги насіння:

$$G = m \cdot g$$

m – вага насінини;

g – прискорення вільного падіння.

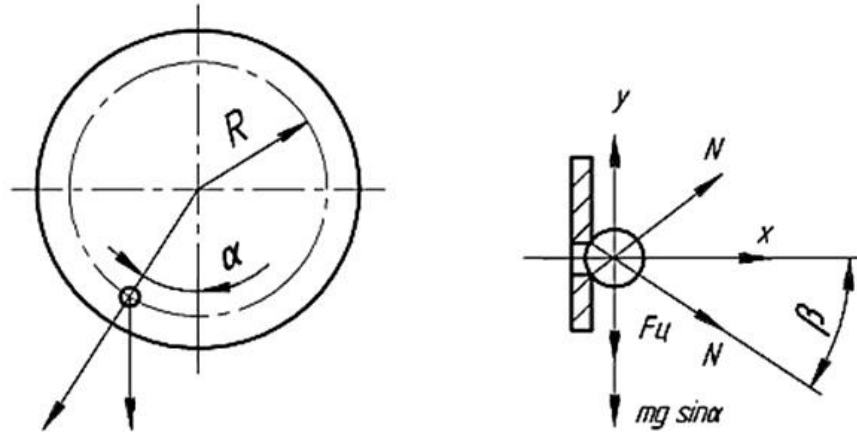


Рис. 4.3 – Схема силової взаємодії насінини та отвору висівного диска при вакуумному захопленні

Сила тертя між насінинами, зумовлена їх взаємним контактом у насіннєвій масі:

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

$P_{от.}$ – величина тиску, що діє вздовж осі насіннєвої маси;

φ – кут внутрішнього тертя насіннєвого матеріалу.

Для забезпечення захоплення насінини отвором диска повинна виконуватися така умова:

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

За умови, що швидкість насінини в момент її фіксації на отворі є нульовою, розрахункове розрідження у вакуумній системі висівного органу обчислюється за формулою:

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

де $k_{пар.}$ – коефіцієнт парусності насіння соняшнику, $k_{пар.} = 0,27 \text{ м}^{-1}$;

V_R – лінійна швидкість руху отвору по радіусу R , $V_R = 0,37 \text{ м/с}$;

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

Якщо в момент захоплення насінина має початкову швидкість, відмінну від нуля, необхідне розрідження визначатиметься за виразом:

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

Визначимо значення величин.

Сила ваги насінини

$$G = m \cdot g = 0,27 \cdot 9,81 = 2,648 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 2,648 \text{ Н}$$

Розрахунковий міделевий переріз насінини при її вакуумному утриманні на отворі круглого перерізу:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,004^2}{4} = 0,0000126 \text{ м}^2$$

Значення кута α повороту дозувального елемента від моменту фіксації насінини на отворі, що розраховується на основі критичної позиції зерна під час транспортування до вікна вивантаження. скидання

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

Тоді матимемо:

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

$$H_1 \geq \left(\frac{2,648}{126 \cdot 10^{-6} \cdot 0,27 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,37^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,37^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} \right) + \frac{0,37^2}{9,81 \cdot 0,004} =$$

$$= 7537 \text{ Н/м}^2 = 7537 \text{ Па}$$

$$H_2 \geq \left(\frac{2,648}{126 \cdot 10^{-6} \cdot 0,27 \cdot 0,8} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{0,37^2}{9,81 \cdot 0,06} \right)^2} - 2 \cdot 0,37^2 \cdot \frac{\sin 270^\circ}{9,81 \cdot 0,06} \right) =$$

$$= 1924 \text{ Н/м}^2 = 1924 \text{ Па.}$$

Визначене розрідження у вакуумній камері дає змогу розрахувати необхідну подачу повітря для роботи висівного механізму:

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

де η – Коефіцієнт, який відображає ступінь аеродинамічного опору елементів системи, $\eta = 0,65 \dots 0,75$;

K – кількість висівних апаратів, 8 шт.;

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

$$Q = \frac{1}{4} \cdot 0,73 \cdot 3,14 \cdot 0,004^2 \cdot 8 \cdot 12 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1924}{11,3}} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$$

З урахуванням аеродинамічних втрат, що виникають під час руху повітря через елементи висівної системи, необхідний рівень розрідження, який має забезпечувати вентилятор, приймаємо рівним. $P_a = 4300 \text{ Па}$.

Визначимо величину аеродинамічних втрат у пневмосистемі посівної машини.

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

Під час переміщення повітряного потоку по каналах пневмосистеми відбувається зниження тиску, зумовлене тертям повітря об внутрішні поверхні повітропроводів $P_{тер}$, а також проходженням через місцеві опори $P_{м.о}$, які виникають на поворотах, у місцях зміни перерізу та інших конструктивних елементах:

$$P_v = P_{тер} + P_{м.о}$$

Зниження тиску внаслідок тертя під час руху повітря по трубопроводах круглого перерізу розраховується за виразом [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, $u=14$ м/с [13-15];

λ – величину коефіцієнта тертя, що характеризує втрати енергії потоку та змінюється залежно від режиму його руху, визначаємо за залежністю Нікурадзе:

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

де R_p – число Рейнольдса

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

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

де μ – показник кінематичної в'язкості.

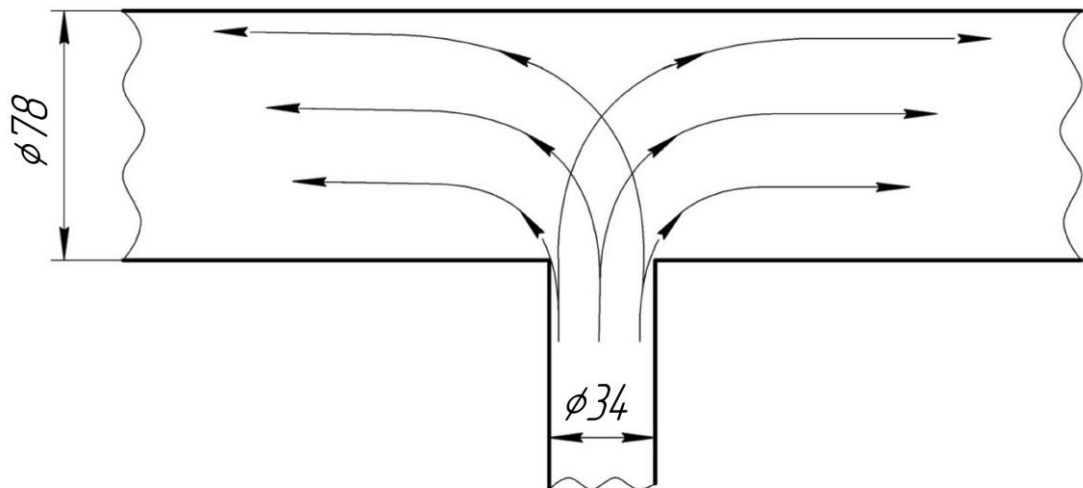


Рис. 4.4 – Схематичне зображення трубопровідної системи ресивера

- для повітропроводу діаметром 0,078 м:

$$R_e = \frac{0,078 \cdot 12,0}{0,152 \cdot 10^{-4}} = 6,15 \cdot 10^4;$$

- для повітропроводу діаметром 0,034 м:

$$R_e = \frac{0,034 \cdot 12,0}{0,152 \cdot 10^{-4}} = 2,68 \cdot 10^4.$$

Втрати тиску, спричинені тертям повітряного потоку в пневмосистемі сівалки:

- для ресивера:

$$\lambda = 0,032 + 0,221 \cdot (6,15 \cdot 10^4)^{-0,273} = 0,0428$$

$$P_{tp_1} = 0,0428 \cdot \frac{2,0}{0,078} \cdot 2 \cdot \frac{1,25 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} = 20,14 \text{ кг / м}^2;$$

- для повітропроводу діаметром 0,078 м:

$$P_{tp_2} = 0,0428 \cdot \frac{0,9}{0,078} \cdot 2 \cdot \frac{1,25 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,8} = 9,07 \text{ кг / м}^2;$$

- для повітропроводу діаметром 0,034 м:

$$\lambda = 0,034 + 0,221 \cdot (2,68 \cdot 10^4)^{-0,237} = 0,054$$

$$P_{tp_3} = 0,054 \cdot \frac{0,7}{0,034} \cdot 12 \cdot \frac{1,25 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} = 122,4 \text{ кг / м}^2.$$

Сукупні втрати тиску від дії сил тертя під час руху повітря по повітропроводах сівалки становлять:

$$P_{тр} = 20,14 + 9,07 + 122,4 = 151,61 \text{ кг / м}^2 = 1,51 \text{ кПа}$$

Величина втрат тиску внаслідок дії місцевих опорів:

$$P_{м.о} = \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

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

Розрахунок коефіцієнта втрат тиску при раптовому розширенні повітряного каналу в зоні стику ресивера та камери висівних механізмів виконаємо за відповідною залежністю (рис. 4.4):

$$\xi_{p_1} = \left(1 + \frac{f_1}{f_2}\right)^2$$

де f_1 , f_2 – співвідношення площ перерізів повітропроводу та ресивера [13]:

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

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

$$\xi_{p_1} = \left(1 + \frac{9 \cdot 10^{-4}}{47 \cdot 10^{-4}}\right)^2 = 1,42$$

$$P_{m_{01}} = 1,42 \cdot \frac{1,25 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 12 = 156,3 \text{ кг/м}^2$$

Значення коефіцієнта місцевого опору при вигині 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;

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

ξ_1, ξ_2, ξ_3 – коефіцієнти, що враховують радіус заокруглення повітропроводу, кут повороту коліна та форму поперечного перерізу.

Відповідно до табличних значень [14-18]:

- $\xi_1=0,09$ при співвідношенні $R/D=5$;
- $\xi_2=0,8$ при куті заокруглення 40° ;
- $\xi_3=1,2$ для трубопроводу круглого перетину.

$$\xi_k = 0,72 \cdot 0,09 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 0,062;$$

$$P_{M_{02}} = 0,062 \cdot \frac{1,25 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 12 = 6,82 \text{ кг/м}^2;$$

$$P_{M_0} = P_{M_{01}} + P_{M_{02}} = 156,3 + 6,82 = 163,13 \text{ кг/м}^2 = 1,63 \text{ кПа}.$$

Сумарні втрати тиску в пневмосистемі сівалки становитимуть:

$$P_\xi = 1,51 + 1,63 = 3,14 \text{ кПа}.$$

Таким чином, з урахуванням технологічних вимог процесу висіву та втрат тиску в елементах пневмосистеми необхідний рівень вакууму, який повинен створювати вентилятор, становить:

$$\Sigma P = P_a + P_\xi = 4,3 + 3,14 = 7,44 \text{ кПа}.$$

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

Розрахунок вентилятора

Робоча частота обертання вала вентилятора пневматичної системи сівалки Весна-8 становить: $n=4300$ об/хв.

Виконаємо розрахунок показника швидкохідності робочого колеса вентилятора:

$$n_d = 53 \cdot \frac{Q^{0,5} \cdot \omega}{H^{0,75}} = 53 \cdot \frac{0,05^{0,5} \cdot 450}{2000^{0,75}} = 17,8,$$

де
$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 4300}{30} = 450 \text{с}^{-1}.$$

Розмір вхідного вікна вентилятора встановимо виходячи з необхідності зниження втрат енергії повітряного потоку при його підведенні до лопаток робочого колеса:

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

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

$\iota = 1,8$ для крильчатки вентилятора з лопатками, загнутими вперед, при розрахунковому значенні швидкохідності. $n_d = 15 \dots 20$

$$D_o = 1,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,06}{450}} = 0,09 \text{ м.}$$

Діаметр вхідного вікна D_I до колеса крильчатки визначимо з умови $D_I = 1,4 D_o$, тоді $D_I = 0,15 \text{ м.}$

Величина зовнішнього діаметра колеса становитиме:

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

$$D_2 = D_o \cdot \frac{60}{n_d} = 0,15 \cdot \frac{60}{17,8} = 0,50 \text{ м.}$$

Величина ширини спіральних лопатей диктується цією залежністю:

$$B = 0,904 \cdot D_o = 0,904 \cdot 0,15 = 0,14 \text{ м.}$$

Розмір робочого колеса крильчатки за шириною:

$$B = \frac{l \cdot D_o}{4} = \frac{1,7 \cdot 0,14}{4} = 0,06 \text{ м.}$$

Приймаємо $B = 0,06 \text{ м.}$

Мінімально допустима кількість робочих лопаток у вентиляторному колесі складає:

$$z = \frac{\pi \cdot (D_2 + D_1)}{D_2 - D_1} = \frac{3,14 \cdot (0,53 + 0,18)}{0,53 - 0,18} = 7,81.$$

Приймаємо $z = 8.$

Величина вхідного кута потоку повітря β_1 на вентиляторні лопатки підбирається з умови забезпечення мінімального гідравлічного опору. Зазвичай цей параметр лежить у межах $40 \dots 80^\circ$, де більші значення відповідають колесам із низькою швидкохідністю. З метою оптимізації вихідного потоку та зниження втрат у каналі, кут виходу з робочого колеса приймається рівним $\beta_2 = 160^\circ$ [15].

Геометрія профілю лопатки описується кривою, яку практично найпростіше реалізувати за допомогою колових дуг. У запропонованому конструктивному рішенні форму лопатки описує єдина дуга кола. Це гарантує технологічність виготовлення деталі за умов забезпечення

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

належних аеродинамічних характеристик вентилятора. Обчислимо радіус цієї дуги:

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

$$R = \frac{0,50^2 - 0,14^2}{4 \cdot (0,50 \cdot \cos 160^\circ - 0,14 \cdot \cos 80^\circ)} = -0,11 \text{ м.}$$

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

Центри дуг лопаток розташовані на колі, радіус якого дорівнює:

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

$$R_y = \sqrt{0,50 \cdot 0,14^2 + 0,11^2 - 0,11 \cdot 0,14 \cdot \cos 80^\circ} = 0,138 \text{ м.}$$

Потужність вентилятора на колесі:

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

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

$$N = \frac{0,06 \cdot 6,89}{0,7} = 0,59$$

На основі отриманих розрахункових даних приймається вентилятор осьового радіального типу №2.5, відповідно до ДСТУ ISO 13351-97.

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

Висновки по розділу

Детальна оцінка робочих і експлуатаційних параметрів висівних систем пневмомеханічного типу вказує на гостру потребу в їхньому конструктивному доопрацюванні. Така модернізація спрямована на суттєве покращення рівномірності розподілу насіннєвого матеріалу в рядку, а також на ліквідацію технологічних збоїв, що проявляються у вигляді нестабільного порційного дозування, пропусків чи висіву подвійних насінин. Результати аналітичних вишукувань свідчать, що вразливим місцем у роботі цих вузлів є втрата стабільності під час транспортування посівного матеріалу до робочого органу, порушення циклу його фіксації у вакуумних комірках та нерівномірне виведення із забірної камери. Головною причиною цього явища виступає значна мінливість фізико-механічних і морфологічних ознак насіння, що яскраво виражено на прикладі соняшнику. Суттєві коливання лінійних розмірів та форми посівного матеріалу унеможливлюють формування постійного й урівноваженого силового поля, яке впливає на кожну насінину в процесі її присмоктування вакуумом та подальшого переміщення отворами розподільного диска.

Для підвищення надійності функціонування висівного механізму запропоновано заміну стандартної ворушилки на модернізовану конструкцію. Це дозволяє забезпечити рівномірніше надходження насіння до отворів висівного диска та підвищити точність процесу висіву.

Для запропонованої схеми посівного вузла виконано комплексний комплекс інженерних розрахунків базових характеристик та експлуатаційних режимів. Зокрема, було теоретично й експериментально обґрунтовано оптимальні параметри функціонування пневмосистеми, а також скориговано швидкісний (кінематичний) режим взаємодії робочих органів. Це гарантує точну відповідність розробленого апарата агротехнічним вимогам та параметрам технологічної карти вирощування культури.

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Реалізація технологічного циклу вирощування соняшнику передбачає комплекс польових і стаціонарних робіт, виконання яких жорстко регламентується нормативно-правовими актами з безпеки життєдіяльності та виробничої санітарії.

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 різбових з'єднань, а також за необхідності здійснюють заміну або регулювання зношених деталей. [20] Усі ці роботи необхідно виконувати з дотриманням правил безпечного користування інструментом, у захисному одязі та рукавицях.

Технологічний процес виробництва соняшнику складається із комплексу взаємопов'язаних польових та організаційних операцій, реалізація яких вимагає беззаперечного виконання нормативних вимог щодо техніки безпеки та охорони праці.

Організація безпечного використання посівної техніки вимагає підвищеного рівня контролю з боку обслуговуючого персоналу. До початку виконання весняно-польових робіт обов'язково тестується технічний стан передавальних механізмів, надійність фіксації ланцюгів і пасів, а також експлуатаційні параметри вентилятора повітряної системи. Для запобігання травматизму карданний вал та інші обертові деталі мають бути ізольовані за допомогою захисних щитків. Проведення будь-яких сервісних чи налагоджувальних операцій на сівалці регламентується лише після глушіння двигуна трактора та встановлення агрегату на стопори або опорні підставки. Операції з налагодження вузлів, як і очищення сошникової групи від налиплого ґрунту чи рослинних решток, слід

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

виконувати опосередковано — за допомогою довгоручних чистиків, що повністю виключає ризик безпосереднього дотику до гострих чи рухомих частин машини.

Згідно з нормативними вимогами [20], категорично заборонено знаходження сторонніх осіб у зоні безпосереднього функціонування посівної машини, а також у радіусі вильоту її слідопоказчиків (маркерів) під час виконання технологічного процесу. Якщо посівні роботи проводяться в умовах обмеженої видимості або в нічний час, першочерговою умовою є обов'язкова перевірка робочого стану всієї світлосигнальної та освітлювальної апаратури, що необхідно для якісного огляду всього технологічного простору.

Організація технологічних операцій із хімічно обробленим посівним матеріалом в обов'язковому порядку вимагає попереднього проведення цільового інструктажу з техніки безпеки для всього задіяного персоналу. Обслуговуючий персонал зобов'язаний застосовувати повний комплекс засобів індивідуального захисту, включаючи фільтрувальні респіратори, спеціальні рукавиці та герметичні окуляри. Ці заходи дозволяють виключити ризик проникнення токсичних компонентів в органи дихання, на слизові оболонки та шкірні покриви. Підвищена обережність та суворе дотримання санітарних вимог необхідні під час завантаження туковисівних систем, а також при безпосередньому контакті з насінням, що пройшло передпосівний обробіток пестицидами чи інсектицидами.

При збиральних роботах оператор повинен оцінити контур площі, зазначити місця поворотів, ями, нахили чи перешкоди. Робочі органи жатки контролюються постійно. Намотування рослинної маси на рухомі елементи несе ризик критичного нагріву й самозаймання. Очищувальні маніпуляції виконують виключно в рукавичках за допомогою спеціальних гаків або скребків.

Суворою нормою для механізованих процесів є зниження швидкості руху на розворотах до 3–4 км/год. Перед початком польового етапу

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

здійснюють огляд площі: загортають ями, вирівнюють великі нахили, а зони ризику маркують знаками безпеки. На записаних операціях персонал має працювати з навітряної сторони у захисних окулярах і респіраторі. Рушати з місця дозволено лише після того, як механізатор подасть звуковий сигнал, попереджаючи про запуск.

Таким чином, [20,21] комплекс безпеки праці під час вирощування соняшнику охоплює як належний догляд за технікою, так і захист людей від шкідливого впливу середовища. Суворе дотримання технологічної дисципліни впродовж усього циклу робіт дозволяє оптимізувати виробничий процес і захистити життя та здоров'я колективу.

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

6. ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи отримано такі результати.

Розроблено технологічну карту вирощування соняшнику з урахуванням сучасних індустріальних технологій. Для основних технологічних операцій обґрунтовано склад машинно-тракторних агрегатів та виконано необхідні технологічні розрахунки.

Для посівної операції агрегатом у складі трактора МТЗ-82 та сівалки Весна-8 обґрунтовано раціональні режими роботи й розроблено організаційні заходи, що забезпечують виконання посіву відповідно до агротехнічних вимог, з мінімальними витратами ресурсів та у встановлені строки.

На основі аналізу роботи пневмомеханічних висівних апаратів запропоновано їх удосконалення, спрямоване на підвищення точності висіву насіння та зменшення кількості пропусків і пересівів. Удосконалення передбачає заміну стандартної ворушилки на модернізовану, яка забезпечує інтенсивніше перемішування насіннєвої маси в камері апарата. Це сприяє рівномірнішій подачі насіння до присмоктувальних отворів висівного диска та підвищує стабільність процесу висіву.

Для модернізованого висівного апарата виконано інженерні розрахунки параметрів і режимів роботи, обґрунтовано параметри пневматичної системи та визначено оптимальні кінематичні показники. Проведено конструктивні, технологічні, кінематичні та енергетичні розрахунки, а також обґрунтовано геометричні параметри модернізованих деталей і вузлів.

У розділі з охорони праці розроблено заходи щодо безпечного виконання механізованих робіт під час вирощування соняшнику, реалізація яких сприятиме зниженню впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників.

					МВС 00.000 ПЗ	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. Статистичний збірник «Рослинництво України за 2020 рік» – К.: Державний комітет статистики України, 2020. – 189-205 с.
3. Практикум із землеробства: Навчальний посібник / М.С. Кравченко, О.М. Царенко, Ю.Г. Міщенко та ін.: За ред. М.С. Кравченка і З.М. Томашівського. – К.: Мета, 2003. – 293 с.
4. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д. Іщенко та ін.. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352
5. Машиновикористання у рослинництві. Технологічний регламент використання машин у рослинництві: Навчальний посібник. / Гарькавий А.Д., Калетнік Г.М., Мельник І.І. та ін. – ВДАУ, НУБІП, ЛДАУ, 2009. – 158 с.
6. 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.
7. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 328 с.
8. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тіщенко, С.І. Корнієнко, В.А. Дубровін та ін.: за ред. Л.М. Тіщенка /Харк. нац. техн. ун-т с.-г. ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 273 с.
9. 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.
10. ДСТУ 7011:2009 Соняшник. Технічні умови.
11. Методичні рекомендації до оформлення випускної кваліфікаційної роботи здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності

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

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>.

12. 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>.

13. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини (практичні заняття): навч. посібник. / Сисолін П.В., Сало В.М., Свірень М.О. – Кіровоград: Рай. друкарня, 2002. – 131 с.

14. 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.

15. Машини для обробітку ґрунту та сівби: навч. посіб. / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.

16. 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.

17. 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.

18. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.

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

19. 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.
20. ДСТУ 2189-93 ССБП. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. – К: Держспоживстандарт України, 1993. – 21 с.

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

ДОДАТКИ

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

ЗМІСТ

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