

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 соняшника з модернізацією турбінного
сепаратора»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи АІ-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Кочубей Андрій Юрійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро ПЕТРЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ доц. Руслан ОСІН

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

Тема: «Механізація вирощування соняшника з модернізацією турбінного сепаратора»

соняшник, механізація, очищення, турбінний сепаратор

В роботі проведено комплексне обґрунтування необхідності та шляхів модернізації технологічних процесів вирощування та післязбиральної обробки соняшника, з особливим акцентом на удосконаленні турбінного сепаратора. Отримані результати та розроблені практичні рекомендації можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами для підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції та забезпечення безпечних умов праці.

Abstract

Topic: «Sunflower cultivation mechanization with the modernization of the turbine separator»

sunflower, mechanization, grain cleaning, turbine separator

The work provides a comprehensive justification of the need and ways to modernize the technological processes of growing and post-harvest processing of sunflower, with a special emphasis on improving the turbine separator. The results obtained and the developed practical recommendations can be used by agricultural enterprises to increase production efficiency, improve product quality, and ensure safe working conditions.

ЗМІСТ

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	
2	Система землеробства при вирощуванні соняшника	
3	Операційно-технологічні розрахунки операції післязбирального обробітку	
4	Інженерна частина	
5	Охорона праці	
6	Загальні висновки	
-	Список використаної літератури	
-	Додатки	

1. ВСТУП

Соняшник є однією з найважливіших олійних культур в Україні, що становить основу агропромислового комплексу країни та забезпечує суттєву частку експортного потенціалу [1-3]. Сучасне виробництво соняшника вимагає комплексного підходу до механізації всіх етапів вирощування – від передпосівної підготовки ґрунту до збирання та післязбиральної обробки врожаю. Особливої уваги заслуговує етап післязбирального очищення насіння, оскільки саме від якості очищення залежить рентабельність виробництва та відповідність продукції міжнародним стандартам [2, 4].

Турбінні сепаратори посідають чільне місце серед обладнання для післязбирального очищення насіння соняшника, забезпечуючи видалення різноманітних домішок за рахунок аеродинамічних властивостей компонентів. Проте існуючі конструкції сепараторів часто не забезпечують належної ефективності при змінних характеристиках вихідного матеріалу, що призводить до втрат якісного насіння та неповного видалення небажаних домішок [4, 13].

Модернізація турбінних сепараторів шляхом впровадження інноваційних технічних рішень дозволяє суттєво підвищити продуктивність післязбирального очищення, зменшити енергоємність процесу та забезпечити стабільно високу якість кінцевого продукту.

Актуальність дослідження механізації вирощування соняшника з акцентом на модернізацію турбінного сепаратора зумовлена необхідністю підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції на світовому ринку та збільшення прибутковості галузі в умовах зростаючої конкуренції та підвищення вимог до якості насіння соняшника.

					МВСН 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Кочубей				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Петренко						
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ гр. АІ-22мб-1		
Затверд.	Васильковський						
<i>Пояснювальна записка</i>							

2. СИСТЕМА ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКА

Місце соняшника в сівозміні.

Соняшник, як стратегічно важлива олійна культура, посідає особливе місце в структурі сівозмін сучасного землеробства України. Раціональне розміщення цієї культури в сівозміні є вирішальним фактором для забезпечення високих та сталих врожаїв при збереженні родючості ґрунту.

Оптимальним попередником для соняшника вважаються озимі зернові, насамперед пшениця та ячмінь, а також кукурудза на зерно [2, 3]. Вони залишають поле відносно чистим від бур'янів та хвороб, характерних для соняшника. Повертати соняшник на попереднє місце вирощування рекомендується не раніше, ніж через 7-8 років, що обумовлено накопиченням специфічних патогенів та виснаженням ґрунту [2-4].

У класичних сівозмінах, особливо для степової зони України, частка соняшника не повинна перевищувати 10-12% від загальної площі ріллі. Порушення цієї рекомендації призводить до розповсюдження шкідників та хвороб, зокрема вовчка соняшникового, фомопсису та білої гнилі, а також до погіршення водного та поживного режимів ґрунту для наступних культур [2-4].

Сортові якості соняшника в умовах України.

Сортові якості соняшника в умовах України є визначальним фактором ефективності виробництва цієї стратегічної олійної культури. Сучасні сорти соняшника, представлені на українському ринку, характеризуються значним різноманіттям, що сприяє адаптивності до різноманітних ґрунтово-кліматичних зон країни [1-4].

Для степової зони, яка є основним регіоном вирощування, пріоритетними є посухостійкі сорти та гібриди з високим вмістом олії (48-52%) та коротким вегетаційним періодом (90-100 днів) [1-4]. У лісостеповій зоні перевагу надають сортам із підвищеною стійкістю до хвороб, зокрема до фомопсису та склеротинії, з потенційною врожайністю 3,5-4,0 т/га [1-4].

Важливою сортовою характеристикою в сучасних умовах є стійкість до гербіцидів імідазолінової та сульфонілсечовинної груп, що забезпечує

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

ефективний контроль бур'янів, включаючи вовчок соняшниковий. Високоолеїнові сорти з вмістом олеїнової кислоти понад 82% набувають все більшого поширення завдяки підвищеному попиту на міжнародному ринку [1-7].

Селекційні програми провідних українських установ орієнтовані на створення адаптивних сортів з оптимальним поєднанням урожайності, олійності, стійкості до стресових факторів та вирівняності за морфологічними ознаками, що сприяє однорідності посівів та рівномірності досягання. Крім того, розробляються відповідні рекомендації [2] щодо агротехнологічних особливостей вирощування на основі результатів наукових дослідів.

Серед розгалуженої мережі дослідницьких центрів виокремлюється, в першу чергу, всесвітньовідомий Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва [5], де створено унікальний генетичний банк зародкової плазми соняшника, що не має аналогів у Східній Європі. Саме тут народжуються гібриди, здатні протистояти найагресивнішим расам вовчка, використовуючи піонерські молекулярно-генетичні маркери.

Ще одним форпостом української селекції є Одеський Селекційно-генетичний інститут, який відзначається розробкою високоолеїнових форм соняшника з показниками олеїнової кислоти, що сягають рекордних 92-95% [6]. Слід також відзначити Запорізький Інститут олійних культур, який переписав правила селекції, створивши кондитерські сорти соняшника з крупноплідним насінням та зниженим вмістом лущиння, які стали візитною картою української селекції на міжнародних виставках [7].

Підготовка ґрунту при вирощуванні соняшника.

Підготовка ґрунту під соняшник є вирішальним етапом у технології вирощування цієї культури. Від якості обробітку ґрунту на 60% залежить майбутній урожай. Сучасні агротехнології передбачають використання спеціалізованої техніки, що дозволяє створити оптимальні умови для сходження та розвитку рослин [2].

Основні етапи підготовки ґрунту наступні.

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

Першим етапом після збирання попередньої культури, зокрема зернових колосових або кукурудзи, є лущення стерні. Ця операція спрямована на подрібнення пожнивних решток, провокування проростання бур'янів та падалиці, а також на затримання вологи в ґрунті. Для виконання цього завдання широко застосовуються дискові луцильники. Легкі дискові борони (типу БДН-3, БДМ-4) з глибиною обробітку до 8-10 см ефективно розпушують верхній шар ґрунту, створюючи сприятливі умови для проростання насіння бур'янів. Важкі дискові борони (Lemken Rubin 9/600 та інші) з глибиною обробітку до 15-20 см використовуються для більш інтенсивного подрібнення великої кількості пожнивних решток та первинного розпушування ущільнених ґрунтів [2].

Наступним важливим етапом є основний обробіток ґрунту, який проводиться з метою глибокого розпушування, заробки пожнивних решток та бур'янів, а також поліпшення аерації та вологопроникності ґрунту. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов та попередника, застосовують різні знаряддя.

Плужна оранка, що передбачає обертання пласта, є ефективним способом боротьби з зимуючими бур'янами та шкідниками, а також сприяє заробці великої кількості органічної маси. Глибина роботи при цьому має становити 22-25 см для чорноземів, 18-20 см для легких ґрунтів. Для виконання цієї операції використовуються плуги різної конструкції – від простих навісних до потужних оборотних агрегатів (н-д ПЛН-5-35, ПЛН-6-35) [2].

Проте, в системах мінімального обробітку ґрунту та при ерозійних загрозах для ґрунтів перевага надається безполицевому розпушуванню. Для цього застосовують глибокорозпушувачі, які розрихлюють ґрунт на глибину до 40-60 см без обертання пласта, що сприяє збереженню структури ґрунту та зменшенню ерозійних процесів [2]. Також використовуються чизельні плуги, які поєднують розпушування з частковим обертанням пласта (типу КЧН-5,4, КЧ-5,1).

Крім цього, слід звернути увагу на спеціалізовані машини, зокрема комбіновані агрегати, найефективнішими серед яких відзначимо агрегати типу "АКШ" (АКШ-7,2, АКШ-9), комплекси з активними робочими органами

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

(Amazone Cenius 4000), комбісистеми з котками (Horsch Tiger 6 AS), які дозволяють провести комплексний обробіток ґрунту однією машиною за один прохід агрегата [1, 2].

Для вирівнювання поверхні поля після основного обробітку та створення оптимального насінневого ложа застосовують культиватори та борони. Культиватори забезпечують розпушування верхнього шару ґрунту, знищення сходів бур'янів та вирівнювання мікрорельєфу. Борони, зокрема зубові та шлейф-борони, використовуються для остаточного вирівнювання поверхні та закриття вологи.

Передпосівна підготовка (глибина: 8-10 см з одночасним вирівнюванням) виконується або культиваторами зі стрічковими боронами (типу КПС-4, КШУ-8), або комбінованими ґрунтообробними машинами (типу Lemken Karat 9/300 тощо).

У сучасних агротехнологіях все більшого поширення набувають комбіновані ґрунтообробні агрегати, які за один прохід виконують кілька операцій, наприклад, розпушування, вирівнювання та коткування. Це дозволяє значно скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити витрати пального та покращити якість підготовки ґрунту. До таких агрегатів належать комбіновані культиватори, диско-лапові агрегати та інші багатофункціональні знаряддя.

Інноваційні технології, які можливо застосовувати в сучасних реаліях: мінімальний обробіток з використанням спеціалізованих сівалок-культиваторів (типу Horsch Focus, John Deere 750A), технологію Strip-Till (сівалки типу Great Plains Yield-Pro та інші), системи точного землеробства, які включають: автоматичне регулювання глибини (RTK-навігація), датчики вологості ґрунту, системи змінного глибинного обробітку.

Вимогами до якості обробітку передбачено наступний фізико-технологічний стан ґрунту [1, 2]: дрібногрудкувата структура (90% фракцій 1-3 см); врівноважена вологість; відсутність переувільнень; вирівняність поверхні (перепади не більше ± 2 см).

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

Організація підготовки до посіву та посів соняшника: технології та механізація технологічних операцій.

Підготовка насіння соняшника до посіву є ключовим етапом, що безпосередньо впливає на якість сходів та майбутній урожай. Цей процес включає низку важливих заходів, спрямованих на підвищення посівних якостей насіння та захист молодих рослин від хвороб і шкідників.

Першим етапом є очищення та калібрування насіння. Після збирання врожаю насіння соняшника проходить первинну обробку на зерноочисних машинах, таких як решітні і повітряні сепаратори та трієри [2, 4]. Ці агрегати видаляють домішки, бите та пошкоджене насіння, а також здійснюють сортування за розміром, аеродинамічними властивостями, питомою вагою тощо. Каліброване насіння забезпечує більш рівномірні сходи та полегшує налаштування сівалок.

Ефективне очищення насіння соняшника від різноманітних домішок, таких як стебла, листя, недорозвинені зерна, насіння бур'янів та інші сторонні включення, є критично важливим для забезпечення високої якості посівного матеріалу та товарної продукції. Саме на цьому етапі сепаратори відіграють ключову роль.

Сепаратори різних типів використовуються для очищення насіння соняшника, кожен з яких має свої переваги та особливості застосування. Серед них особливе місце займають сепаратори турбінного типу, принцип дії яких базується на використанні вертикального повітряного потоку у каналах кільцевого типу [9-16]. Принцип роботи турбінного сепаратора полягає в наступному: неочищене насіння подається в камеру сепарації, де потужний потік повітря, створений турбіною, проходить крізь шар зернової маси. Завдяки різниці в аеродинамічних властивостях компонентів суміші (парусності, швидкості витання), легкі домішки підхоплюються повітряним потоком і видаляються з машини, тоді як більш важке та якісне насіння під дією сили тяжіння опускається вниз і виводиться окремо.

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

Переваги використання турбінних сепараторів при очищенні насіння соняшника є значними. Висока продуктивність – турбінні сепаратори здатні обробляти значні обсяги насіннєвого матеріалу за одиницю часу, що є важливим під час збирання врожаю. Ефективне видалення легких домішок – повітряний потік ефективно відділяє легкі фракції, такі як пил, лушпиння, дрібне листя та насіння бур'янів з малою питомою вагою. Можливість регулювання параметрів – інтенсивність повітряного потоку в турбінних сепараторах може регулюватися залежно від типу та ступеня забрудненості насіння, що дозволяє оптимізувати процес очищення для різних умов. Простота конструкції та обслуговування – у порівнянні з деякими іншими типами сепараторів, турбінні часто мають відносно просту конструкцію, що полегшує їх експлуатацію та технічне обслуговування.

Однак, слід зазначити, що турбінні сепаратори можуть бути менш ефективними при видаленні важких домішок, які мають схожі аеродинамічні властивості з насінням соняшника, таких як камінці або великі уламки стебел. У таких випадках часто застосовують комбіновані системи очищення, що включають, крім турбінних сепараторів, решітні стани, вібраційні столи або інші сепаруючі елементи.

Наступним важливим етапом є протруювання насіння. Ця процедура передбачає обробку насіння спеціальними хімічними або біологічними препаратами для захисту від ґрунтових шкідників та хвороб на початкових етапах розвитку. Протруювання здійснюється за допомогою машин для протруювання насіння (н-д ПС-10, ПНШ-5, ПК-20-02, ПНС-5 тощо), які забезпечують рівномірне нанесення захисних речовин на поверхню кожної насінини [2, 4].

За необхідності може проводитися інкрустація або дражування насіння. Інкрустація передбачає покриття насіння тонкою оболонкою, що містить, крім захисних препаратів, мікроелементи та стимулятори росту. Дражування полягає у збільшенні розміру насіння за рахунок нанесення спеціальної

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

оболонки, що полегшує точний висів. Ці процеси також виконуються на спеціалізованому обладнанні, зокрема в апаратах ПНШ-3 (-5) та інших [2, 4].

Безпосередньо посів насіння соняшника є заключним етапом підготовки до посівної кампанії. Він здійснюється за допомогою сівалок точного висіву. Ці високотехнологічні агрегати забезпечують точне розміщення кожної насінини на задану глибину та відстань у рядку, що сприяє оптимальному використанню поживних речовин, світла та вологи. Сучасні сівалки можуть бути обладнані системами контролю висіву, внесення добрив та навігаційними системами для підвищення точності та ефективності посіву.

Агротехнічні вимоги до посіву насіння соняшника є визначальними факторами для забезпечення оптимальної густоти стояння рослин, дружніх та рівномірних сходів, а в кінцевому підсумку – для досягнення високої врожайності. Недотримання цих вимог може призвести до зріджених або загущених посівів, нерівномірного розвитку рослин та зниження потенційного врожаю. Розглянемо основні агротехнічні вимоги до посіву насіння соняшника.

Норма висіву є одним з найважливіших параметрів і визначається кількістю насінин, що висіваються на одиницю площі (зазвичай на гектар). Оптимальна норма висіву залежить від багатьох факторів, включаючи: гібрид соняшника – різні гібриди мають різну потенційну продуктивність та здатність до компенсації густоти стояння; ґрунтово-кліматичні умови – у більш посушливих регіонах рекомендується зменшувати норму висіву для забезпечення кожної рослини достатньою кількістю вологи та поживних речовин, на родючих ґрунтах з достатнім зволоженням можна застосовувати вищі норми; рівень агротехніки – при високому рівні агротехніки, що включає якісний обробіток ґрунту, внесення збалансованих доз добрив та ефективний захист від шкідників і хвороб, можна збільшувати норму висіву для більш повного використання потенціалу поля; призначення посіву – для вирощування на товарне насіння застосовуються одні норми, для сировини під олію – інші.

Зазвичай, рекомендовані норми висіву для соняшника коливаються в межах 50-80 тисяч насінин на гектар. Проте, конкретне значення необхідно

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

визначати з урахуванням вищезазначених факторів та рекомендацій виробника насіння.

Глибина загортання насіння є ще однією критично важливою вимогою. Оптимальна глибина забезпечує достатній контакт насіння з вологим ґрунтом, захист від пересихання верхнього шару та сприяє дружнім сходам. Занадто глибоке загортання може призвести до запізнілих та ослаблених сходів через виснаження запасів поживних речовин у насінні до моменту виходу на поверхню. Занадто мілке загортання підвищує ризик пересихання насіння та пошкодження птахами. Рекомендована глибина загортання насіння соняшника становить 4-8 см [1-4]. На важких ґрунтах та при достатньому зволоженні можна висівати на меншу глибину (4-5 см), а на легких, швидковисихаючих ґрунтах та при недостатньому зволоженні – на більшу (6-8 см) [1-4]. Важливо враховувати вологість верхнього шару ґрунту на момент посіву.

Інші важливі агротехнічні вимоги до посіву соняшника включають: рівномірність висіву – сівалки точного висіву повинні забезпечувати рівномірне розміщення насінин у рядку на заданій відстані, нерівномірність призводить до конкуренції між рослинами за світло, вологу та поживні речовини; температура ґрунту – посів слід проводити при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до оптимальної температури, яка зазвичай становить 8-12°C, занадто ранній посів у холодний ґрунт може призвести до затягування проростання, ураження хворобами та шкідниками; якість насінневого матеріалу – для посіву слід використовувати якісне, відкаліброване та протруєне насіння з високою енергією проростання та схожістю; строки посіву – оптимальні строки посіву визначаються ґрунтово-кліматичними умовами регіону та настанням стійкого потепління, зазвичай, це період, коли мине загроза пізніх весняних заморозків.

Сучасні сівалки для соняшника: пневматичні точного висіву (типу Monosem NG Plus, Gaspardo ST), механічні (н-д СУПН-8, СПЧ-6М), комбіновані (типу Horsch Pronto, John Deere 1725) [2, 4].

Технологічні параметри посіву [2]:

- глибина загортання: 5-7 см (на важких ґрунтах 4-5 см);

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

- швидкість агрегату: 5-7 км/год;
- міжряддя: 70 см (стандарт), 45 см (вузькорядний);
- норма висіву: 50-70 тис. нас./га.

Організація збирання врожаю соняшнику: технології та засоби механізації.

Організація збирання врожаю соняшнику – це відповідальний етап, що вимагає чіткого планування та своєчасного виконання агротехнічних операцій із застосуванням відповідної техніки. Основна мета збирання полягає у мінімізації втрат насіння та забезпеченні високої якості зібраного врожаю.

Підготовка до збирання передбачає визначення оптимальних термінів початку жнив – при вологості зерна 12-14% і пожовтінні 85-90% кошиків [2]. Перед збиранням проводять: десикацію (при потребі) оприскувачами (н-д Hardi Commander), налагодження техніки, підготовку місць для зберігання, організацію логістичного процесу комбайнування-транспортування-приймальний пункт.

Ключову роль у збиранні соняшнику відіграють соняшникові жатки. Ці спеціалізовані навісні агрегати призначені для зрізування кошиків соняшника незалежно від висоти їхнього розташування та подальшого транспортування до молотильного апарату комбайна. Конструкція соняшникових жаток включає ряд важливих елементів [2, 4, 18], таких як ліфтери (підйомники стебел), які підводять нахилені та полегли рослини до різального апарату, мотовило для спрямування кошиків до шнека, та шнековий транспортер, що подає зрізані кошики до похилої камери комбайна. Сучасні соняшникові жатки можуть бути як рядковими, так і суцільного зрізу, відрізнятися шириною захвату та продуктивністю.

Основним агрегатом для збирання соняшнику є зернозбиральний комбайн, обладнаний соняшnikовою жаткою [2, 18]. Комбайн здійснює обмолот зрізаних кошиків, відокремлення насіння від лущиння та інших домішок, а також транспортування очищеного насіння до бункера. Для мінімізації втрат насіння під час обмолоту необхідно правильно налаштувати

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

робочі органи комбайна, зокрема оберти молотильного барабана та величину підбарабанного зазору, враховуючи вологість та стан рослин.

Агротехнічні вимоги до збирання соняшнику є визначальними для оптимізації процесу та зменшення втрат. До них належать [2]:

- визначення оптимальних строків збирання. Збирання слід розпочинати при досягненні фізіологічної стиглості насіння, коли його вологість становить 12-18%. Занадто раннє збирання призводить до недобору врожаю та підвищеної вологості насіння, а запізнiле – до осипання та пошкодження кошиків птахами. Оптимальний час збирання визначається візуально за зміною кольору кошиків та вологістю насіння, а також за допомогою лабораторних аналізів.
- регулювання висоти зрізування. Соняшникова жатка повинна бути налаштована на зрізування лише кошиків, без захоплення зайвої стеблової маси. Це зменшує навантаження на молотильний апарат комбайна та знижує витрату пального.
- дотримання оптимальної швидкості руху комбайна. Швидкість руху комбайна повинна відповідати пропускну́й здатності молотильного апарату та стану посівів. Занадто висока швидкість може призвести до збільшення втрат насіння.
- контроль за втратами врожаю. Під час збирання необхідно регулярно контролювати величину втрат на різних етапах роботи комбайна (на жатці, під барабаном, на очистці). Допустимі втрати не повинні перевищувати 2-3%.
- організація транспортного забезпечення. Для своєчасного вивезення зібраного врожаю від комбайнів необхідно організувати достатню кількість транспортних засобів (зерновозів).

Соняшникові жатки є ключовим елементом технології, зокрема спеціалізовані конструкції включають платформові жатки (найпоширеніші) вітчизняні типу ЖСН-6,1 (ширина 6,1 м), ЖСН-7,2 (7,2 м), зарубіжні аналоги (Shelbourne Reynolds, Honey Bee), роторні жатки (для високоякісного збирання)

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

Case 4060 (6 м), John Deere 625R (7,5 м), особливість яких полягає в тому, що застосовані обертові пальці для м'якого відділення кошиків [2, 4].

Популярні моделі: Claas Lexion 760+ (з системою SunFlow), John Deere S790 (з жаткою 625R), New Holland CR7.90 (з адаптованою камерою обмолоту).

Технологічні параметри збирання:

- висота зрізу: 25-30 см;
- швидкість комбайна: 4-6 км/год;
- оберти молотарки: 400-600 об/хв;
- втрати насіння: $\leq 1,5\%$.

Висновки по розділу

У результаті проведеного огляду наукових праць у даному розділі було здійснено аналіз технологічних нюансів районування соняшника. Це стало підґрунтям для розробки технологічної карти його вирощування, візуалізованої у графічній частині роботи. Запропонована технологічна карта базується на принципах комплексної механізації всього спектру агротехнічних операцій, а здійснені технологічні розрахунки надають можливість оптимізувати використання наявного парку сільськогосподарської техніки.

Згідно з проведеним аналізом існуючих технологій післязбиральної обробки соняшника, особливу увагу приділено етапу очищення зернової маси. На цій операції обґрунтовано доцільність застосування зерноочисної машини, що функціонує за турбінним принципом. Проведене дослідження функціонування зазначеного типу обладнання виявило потенціал для підвищення його експлуатаційної ефективності шляхом здійснення певних конструктивних удосконалень.

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

3. ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОПЕРАЦІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ

Ефективне функціонування зерноочисної машини (ЗОМ) в агротехнологічних умовах вимагає ретельного врахування низки ключових параметрів. За заданої продуктивності, рівня засміченості вхідної зерноsumіші та встановленого критерію ефективності сепарації (допустимого вмісту домішок у насінні), ЗОМ повинна забезпечити високоякісне очищення зерна соняшника за один прохід. При цьому, якість очищеного зерна має повністю відповідати вимогам ДСТУ 7011:2009 «Соняшник. Технічні умови», що регламентують показники для насіння, призначеного для заготівлі підприємствами, поставок на харчові, технічні, кормові потреби та експортні операції.

Особливої уваги потребує питання збереження цілісності насіння. Будь-які пошкодження, спричинені робочими органами та механізмами ЗОМ, є неприпустимими. Водночас, ДСТУ допускає мінімальну наявність битого або ушкодженого (обрушеного) насіння, що слід враховувати при налаштуванні обладнання.

Серед важливих експлуатаційних характеристик слід відзначити високі показники міцності та довговічності конструкції машини, простоту її технічного обслуговування та зручність управління. Не менш важливими є легкість регулювання робочих елементів, забезпечення безпеки експлуатації та дотримання екологічних норм роботи.

Для забезпечення безперебійної та ефективної роботи комплексу необхідно розрахувати оптимальну чисельність операторів, залучених до експлуатації та технічного обслуговування зерноочисної машини.

Визначальним етапом є встановлення необхідної продуктивності першого сепараторного блоку ЗОМ, що безпосередньо залежить від добового завантаження всього технологічного комплексу. Встановлюємо потрібну продуктивність першого сепараторного блоку, зважаючи на добове завантаження комплексу:

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

$$P_{зк} = \kappa \cdot P_{зав},$$

де $P_{зав}$ – добова інтегральна величина завантаження технологічного комплексу, яка характеризується значенням для удосконаленої і базової машин $P_{зав} = 240$ т/доб.

κ – коефіцієнт, який встановлює необхідність врахування технологічного і експлуатаційного запасу часу, $\kappa = 1,18 \dots 1,22$.

Зважаючи на це, продуктивність сепараційної системи повинна відповідати значенню:

- для базового і удосконаленого обладнання

$$P_{зк}^{\delta} = P_{зк}^{\mu} = 1,2 \cdot 240 = 288 \text{ т/доб};$$

Розраховуємо необхідну кількість обладнання:

$$z_{зом} = \frac{P_{зк}}{T_{зм} \cdot P_{зом}},$$

де $P_{зом}$ – продуктивність обладнання згідно його характеристики, т/год;

$T_{зм}$ – тривалість, протягом якої обладнання працює за зміну, год.

Враховуючи це, потрібно обладнання даного типу в кількості:

$$z_{зом}^{\delta} = \frac{288}{10 \cdot 25} = 1,15 \text{ шт};$$

$$z_{зом}^{\mu} = \frac{288}{10 \cdot 30} = 0,96 \text{ шт};$$

для забезпечення обробітку всього обсягу потрібно $z_{зом}^{\delta} = 2$, проте,

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

зважаючи на можливість збільшити тривалість роботи протягом доби, приймемо $z_{30M}^{\delta} = 1$ шт.; для удосконаленого обладнання достатньо $z_{30M}^M = 1$ шт без збільшення тривалості часу зміни.

Враховуючи продуктивність обладнання, необхідно розрахувати тривалість циклу обробітку одиниці партії матеріалу:

$$t_{ц.н.} = \frac{M_{ц.н.}}{\Pi_{30M}},$$

де $M_{ц.н.}$ – масова характеристика одиначної партії зерносуміші, величина якої знаходиться з врахуванням маси матеріалу, що знаходиться у бункері обладнання:

$$M_{ц.н.} = \frac{\Pi_{зав} \cdot \tau}{T_{зм}}$$

де $\tau = 0,6$ год – емпірично встановлене значення часу, протягом якого матеріал перебуває у бункері.

Відповідно маса однієї партії складе:

$$M_{ц}^{\delta} = M_{ц}^M = \frac{288 \cdot 0,6}{10} = 17,28 \text{ т,}$$

а один цикл обробітку партії зерноматеріалу триватиме:

$$t_{ц.н.}^{\delta} = \frac{17,28}{25} = 0,69 \text{ год.};$$

$$t_{ц.н.}^M = \frac{17,28}{30} = 0,57 \text{ год.}$$

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

Визначимо значення тривалості обробітку відповідно до експлуатаційного використання, що враховує обслуговування обладнання, скориставшись залежністю:

$$t_e = t_{зв.} + t_{вв.д.} + t_{вв.н.},$$

де $t_{зв.}$ – час, який витрачається при завантаженні партії зерноsumіші до бункера обладнання, год;

$t_{вв.д.}$ – час, який витрачається при вивантаженні партії домішок, год;

$t_{вв.н.}$ – час, який витрачається при вивантаженні очищеного насіння, год.

При розрахунку експлуатаційного часу враховуємо емпіричні дані, які будуть залежати від додаткового технологічного обладнання, що використовується разом з зерноочисним сепаратором, отож:

$$t_e = 0,018 + 0,005 + 0,011 = 0,034 \text{ год.}$$

Обґрунтуємо кількість операторів, що будуть забезпечувати обслуговування зерноочисного обладнання:

$$Q_{on} = \frac{t_e}{t_{ц.н.}};$$

відповідно

$$Q_{on}^{\delta} = \frac{0,034}{0,69} = 0,05,$$

достатньо 1 оператора;

$$Q_{on}^m = \frac{0,034}{0,57} = 0,06,$$

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

також приймаємо 1 оператора.

Величина трудомісткості виконання вторинного очищення становитиме:

$$Tp_n = \frac{П_{зк}}{H_{зм}} \cdot T_{зм} \cdot Ч_{оп} ,$$

де $H_{зм}$ – величина нормативного виробітку протягом зміни, т/зм;

$$Tp_n^{\delta} = \frac{240}{250} \cdot 10 \cdot 1 = 9,6 \text{ люд} \cdot \text{год};$$

$$Tp_n^m = \frac{240}{300} \cdot 10 \cdot 1 = 8 \text{ люд} \cdot \text{год}.$$

Величина енергетичних витрат, що приходяться на виконання робіт відповідно до очищення всього обсягу зерноsumіші відповідним зерноочисним обладнанням:

$$E_{оч} = E_{nm} \cdot П_{зк} ,$$

де E_{nm} – значення питомих енергетичних витрат, що приходяться на очищення 1 т зерноsumіші, кВт/т:

$$E_{nm} = \frac{N_{np}}{П_{зom}}$$

N_{np} – питомі витрати електроенергії відносно 1 год. експлуатаційного часу, які припадають на привод зерноочисного обладнання, кВт/год.

Враховуючи паспортні і розрахункові дані, встановлюємо значення величини питомих енергетичних затрат при очищенні 1 т зерноsumіші:

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

$$E_{nm}^{\bar{o}} = \frac{3,0}{25} = 0,12 \text{ кВт/т};$$

$$E_{nm}^M = \frac{3,0}{30} = 0,10 \text{ кВт/т.}$$

Враховуючи отримані значення, величина енергетичних витрат по очищенню всього обсягу зерноsumіші відповідним обладнанням, становитиме:

$$E_{oc}^{\bar{o}} = 0,12 \cdot 240 = 28,8 \text{ кВт};$$

$$E_{oc}^M = 0,1 \cdot 240 = 24,0 \text{ кВт.}$$

Таким чином, обсяг економії енергоресурсів при впровадженні удосконаленого зерноочисного обладнання становитиме:

$$E_{ef} = E_{oc}^{\bar{o}} - E_{oc}^M = 28,8 - 24,0 = 4,8 \text{ кВт},$$

що свідчить про ефективність запровадження удосконалень.

Підготовка зерноочисного обладнання та робочого місця до роботи

Зерноочисна машина турбінного типу є стаціонарною машиною та містить у своєму складі пневматичний сепараційний канал кільцевого перерізу, систему завантаження та рівномірного розподілу зерноsumіші по периметру пневмоканалу, вентилятор, що створює повітряний потік в пневмоканалі, систему пилоочищення, енергопривод вентилятора – електродвигун та передаточний механізм. Крім того, застосовуються деякі види додаткового обладнання, зокрема обладнання для завантажування і вивантажування зерноsumіші та фракцій.

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

Підготовчий етап та контроль експлуатації зерноочисного обладнання є запорукою ефективності та безпеки. Перш ніж запустити зерноочисне обладнання в роботу, ключовим є ретельна підготовка робочого простору, що охоплює такі критично важливі аспекти:

Інспекція та верифікація інструментарію – переконатися у наявності та повній готовності до використання всіх необхідних пристроїв та інструментів на робочих місцях.

Оптимізація робочого середовища – усунути будь-які перешкоди, здатні ускладнити або порушити хід технологічного процесу.

Діагностика технічного стану – провести всебічну перевірку працездатності ключових систем зерноочисної машини.

Періодичне технічне обслуговування – забезпечити щозмінне обслуговування всіх без винятку елементів машини та супутнього обладнання.

Для гарантування безпечних умов праці необхідно приділити особливу увагу наступним пунктам:

Контроль заземлення – перевірити надійність та справність заземлення всіх струмопровідних частин ЗОМ та допоміжного обладнання.

Стан електромережі – впевнитися у відсутності будь-яких пошкоджень ізоляції електропроводів.

Перевірка приводних механізмів – оцінити технічний стан приводів, надійність кріплення передавальних елементів та їх загальний стан.

Захисні елементи – перевірити наявність та цілісність усіх захисних кожухів та огорожувальних конструкцій.

Протипожежна готовність – впевнитися у наявності та справності первинних засобів пожежогасіння.

Перед початком обробки зерна слід здійснити пробний запуск ЗОМ з подачею зернового матеріалу. Під час цього процесу необхідно здійснювати постійний моніторинг роботи машини, оперативно вносячи необхідні корективи до налаштувань системи.

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

Процедура контрольних заходів під час роботи і методичні рекомендації з контролю чистоти зерна.

З очищеної маси відібрати репрезентативну пробу та визначити її вагу за допомогою сертифікованих вагів з відповідною точністю.

Провести фракційний поділ проби з використанням аеродинамічного класифікатора. Визначити масу кожної виділеної фракції та на їх основі розрахувати відсотковий вміст домішок у очищеному матеріалі.

Аналогічна методика застосовується для контролю чіткості сепарації, при цьому в якості контрольного матеріалу використовується сміттєва фракція. Встановлено гранично допустиму норму втрат чистого насіння з домішками, яка не повинна перевищувати 0,2 %. Травмування і обрушення насіння соняшника є неприпустимим і контролюється шляхом візуальної оцінки.

У випадку виявлення відхилень будь-якого з контрольованих показників від встановлених норм, необхідно оперативно ідентифікувати причини невідповідності та вжити заходів щодо їх усунення або коригування відповідних параметрів роботи машини.

Висновки

Ефективність вирощування соняшнику за розробленою технологією в конкретних господарських умовах виявила потенціал для оптимізації процесу післязбиральної обробки. Ключовим елементом стала модернізація зерноочисної машини турбінного типу. Ретельно розроблена операційно-технологічна карта вторинного очищення насіння соняшнику стала інструментом порівняльної оцінки продуктивності базової та оновленої машини. Результати проведених розрахунків однозначно підтвердили раціональність та вигоду від впровадження удосконаленої зерноочисної машини для очищення врожаю соняшнику.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

Обґрунтування напрямку вдосконалення конструкції турбінного сепаратора

Підвищення якості сепарації в пневмосепараторах прямо залежить від рівномірності розподілу зернового потоку в повітряному каналі. Традиційні конструкції турбінних сепараторів з кільцевим перерізом досягають зростання продуктивності очищення шляхом інтенсифікації енергоспоживання, де однорідність розподілу матеріалу забезпечується активним завантаженням [16-18]. Однак, такий підхід неминуче призводить до збільшення експлуатаційних витрат, що знижує економічну привабливість обладнання для кінцевого споживача.

Альтернативним рішенням є вертикальні пневмосепаратори з кільцевою геометрією каналу (рис. 4.1), ключовими елементами яких є електродвигун, вентилятор, система очищення повітря після сепарації та, власне, сепаруючий канал. В основі роботи даного типу сепараторів лежить принцип гравітаційної сегрегації в повітряному потоці: легкі фракції домішок піднімаються висхідним повітрям, тоді як повноцінне зерно та важкі включення рухаються вниз під дією власної ваги [16-18].

Принцип функціонування турбінного сепаратора для видалення легких домішок (рис. 4.1) полягає в наступному [15, 16, 18]: вихідний матеріал через вхідний отвір 1 потрапляє до активного розподільника 2. Обертаючись з постійною швидкістю, розподільник забезпечує рівномірний розподіл зернової суміші по всій площі поперечного перерізу вертикального повітряного каналу. Після взаємодії з повітряним потоком важкі компоненти насіння гравітаційно опускаються до нижнього вихідного отвору 3.

Повітряний канал безпосередньо сполучений із вхідним патрубком вентилятора 5. Вентилятор створює вертикальний потік повітря, забираючи його через повітрозабірники 4, що забезпечує ефективне відділення легких домішок від основної фракції в межах повітряного каналу. Згодом ці легкі

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

частки транспортуються вентилятором до циклону – пристрою, призначеного для очищення повітря від пилу та домішок після процесу сепарації. Очищене в циклоні повітря може або виводитися в атмосферу (відкрита циркуляційна система), або повертатися через патрубок та фільтр до повітрязабірників 4 для повторного використання. Інтенсивність повітряного потоку в сепаруючому каналі регулюється за допомогою заслінки, встановленої на вихідному патрубку аспіраційної системи.

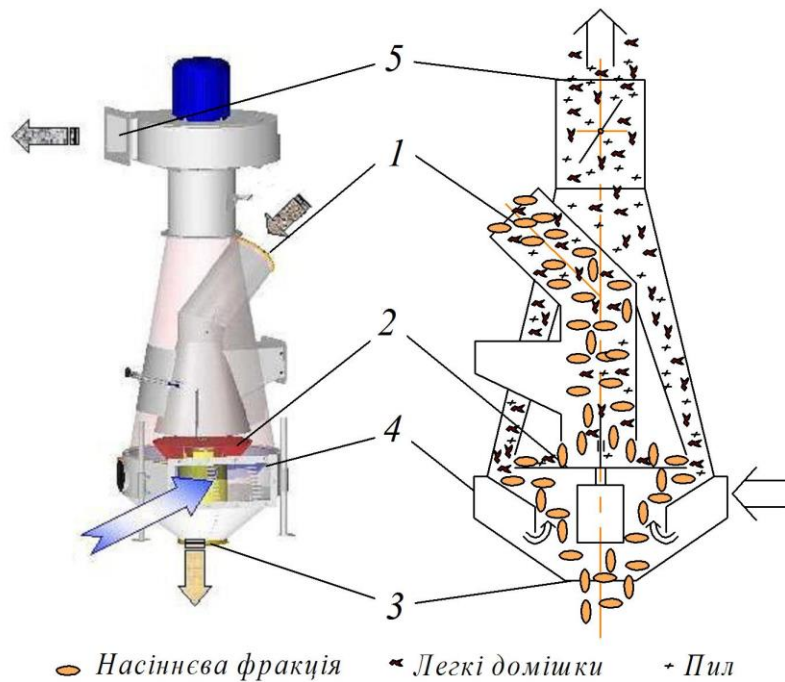


Рис. 4.1. Пневмосепаратор турбінного типу SIGMA фірми "Damas" [12]

У пошуках шляхів оптимізації енергоспоживання процесу очищення зернових матеріалів та одночасного підвищення якості сепарації за умов зростаючих навантажень, нами розроблено інноваційне рішення – удосконалений механізм введення зернового матеріалу в сепаруючий канал. Технічна реалізація запропонованої концепції передбачає заміну активного привода механізму подачі базової машини на пасивний розподільчий конус. Особливістю конструкції є перфорована нижня частина конуса, виконана у вигляді ділильників, що формують чітко структурований струменевий потік зерна, забезпечуючи більш рівномірний розподіл суміші по всій площі повітряного каналу (рис. 4.2).

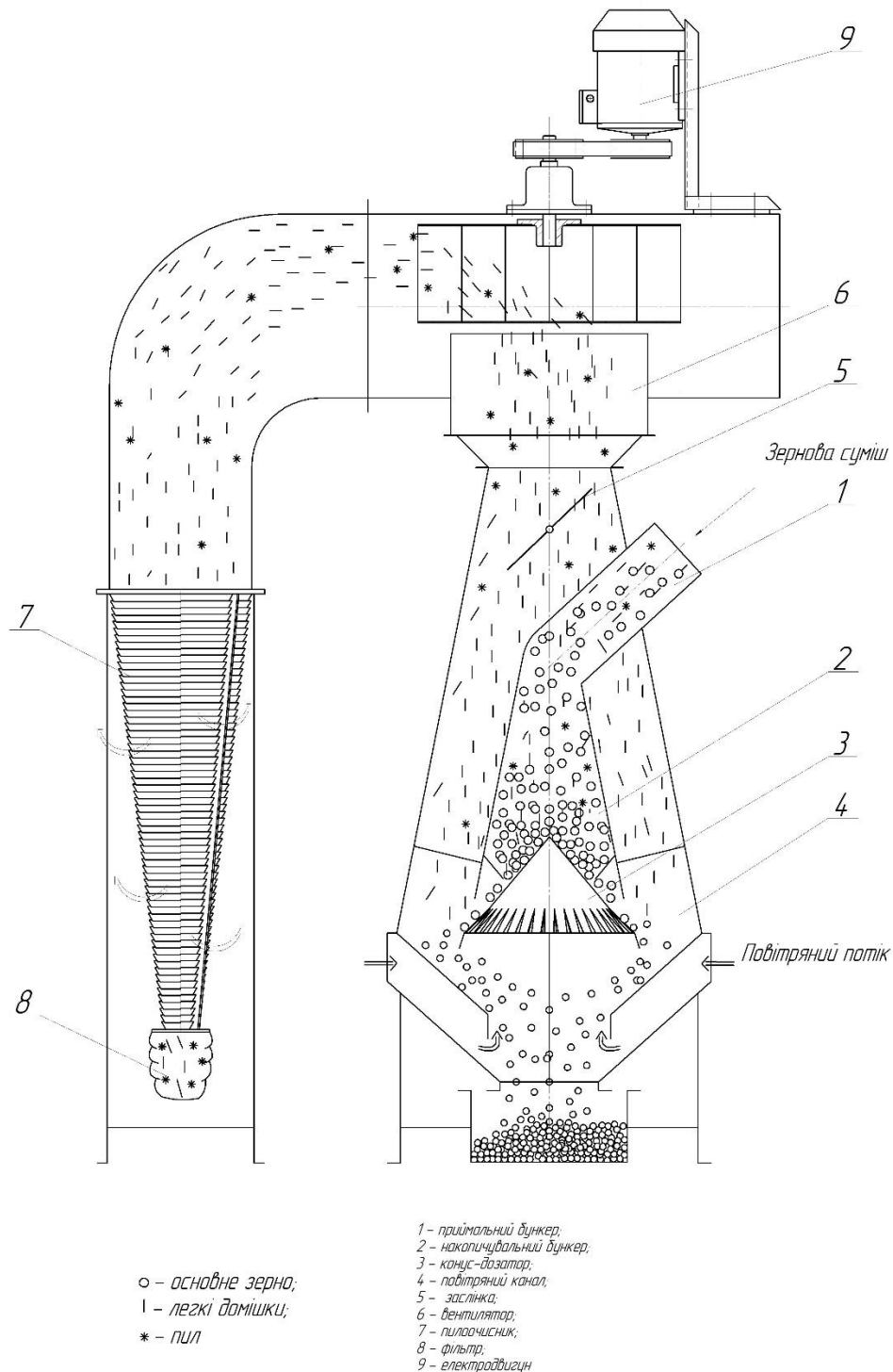


Рис. 4.2. Удосконалений сепаратор турбінного типу

Дане рішення дозволить забезпечити необхідну ефективність пневмосепарації за підвищених значень навантаження на пневмоканал, що є наслідком покращеної взаємодії повітряного потоку з зерновим матеріалом.

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

Технологічні розрахунки

Розрахунок вертикального ПСК кільцевого типу

Серед визначальних конструктивних характеристик пневмоканалів, що безпосередньо обумовлюють якість очищення зернових мас, виокремлюють ширину, глибину та висоту [15]. Ці параметри, як правило, перебувають у складній взаємозалежності. Зокрема, збільшення глибини каналу демонструє позитивний вплив на ефективність очищення, досягаючи певного пікового значення, абсолютна величина якого є функцією навантаження q . Аналогічно, зростання висоти каналу сприяє поліпшенню якості сепарації, проте ця тенденція стабілізується після досягнення певної критичної межі. Натомість, ширина пневмоканалу проявляє більш відчутний вплив на продуктивність очищення зерна повітряним потоком.

Тому, враховуючи необхідність забезпечити максимальну ефективність розділення зернової суміші за зазначеними властивостями необхідним є визначення оптимальних або раціональних значень основних параметрів зерноочисного сепаратора, які чинять вплив на цей процес.

Вихідними даними є:

- тип машини – пневматична з вертикальним каналом кільцевого перерізу;
- заданий рівень продуктивності – 30 т/год;
- питома навантаження – 1500 кг/дм·год [18];
- операція – вторинне очищення насіння соняшника;
- рівень ефекту очищення – не менше 70%;
- рівень чіткості сепарації – до 2 %;
- обмеження висоти сепаратора – 1450 мм.

Значення глибини пневмоканалу C розрахуємо, взявши до уваги умову оптимального завантаження, що забезпечує задану якість. Відповідно до емпіричних залежностей [18]:

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

$$C = \frac{q_{nn} + 1350 \cdot \varepsilon - 1135}{22,7 - 27 \cdot \varepsilon} ;$$

де q_{nn} – питома величина навантаження одиниці ширини пневмоканалу, кг/ дм·год;

$\varepsilon = 0,7 \dots 0,8$ – рівень повноти виділення легких домішок при вторинному очищенні.

Зважаючи на задану продуктивність системи $\Pi_{30M} = 30$ т/год та питомої продуктивності 1500 кг/дм·год, величина глибини пневмоканалу становитиме:

$$C = \frac{1500 + 1350 \cdot 0,7 - 1135}{22,7 - 27 \cdot 0,7} = 344,7 \text{ мм.}$$

Зважаючи на тип каналу, глибина по радіусу становитиме $C = 172$ мм.

Ширину сепаруючого каналу визначимо відповідно до оптимального навантаження:

$$B_{min} = \frac{\Pi_{30M}}{q_{nn}} ;$$

$$B_{min} = \frac{30,0}{1,50 \cdot 1} = 20 \text{ дм} = 200 \text{ мм.}$$

Зважаючи на фактичну ширину пневмоканалу $B_{\phi} = 620$ мм, потрібно встановити величину його внутрішнього діаметру.

З одного боку величина внутрішнього діаметра визначається як :

$$D_{внут} = 2 \cdot R_0 ;$$

при цьому ширина каналу становить:

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

$$B_{\phi} = \pi \cdot R_0;$$

звідки

$$R_0 = \frac{B_{\phi}}{\pi} = \frac{620}{3,14} = 197 \text{ мм.}$$

Таким чином величина внутрішнього діаметра пневмоканалу складе:

$$D_{\text{внут}} = 2 \cdot 197 = 394 \text{ мм.}$$

Значення величини зовнішнього діаметра пневмоканалу (рис. 4.3) становитиме:

$$D_{\text{зов}} = D_{\text{внут}} + 2C$$

$$D_{\text{зов}} = 394 + 2 \cdot 172 = 738 \text{ мм.}$$

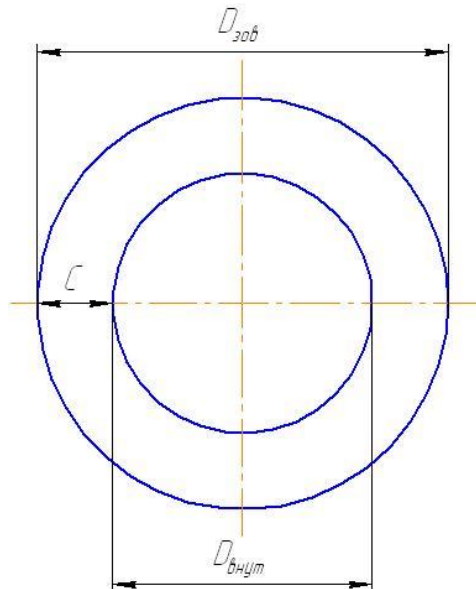


Рис. 4.3 – Параметри пневмоканалу кільцевого перерізу

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

Подача зернового матеріалу в повітряний потік здійснюється під певним кутом α_0 з початковою швидкістю V_0 . Для безперешкодного транспортування зернової суміші критично важливим є дотримання умови $\alpha_0 \geq \varphi$, де α_0 – кут нахилу твірної розподільника, а φ – кут тертя суміші об поверхню розподільника. Експериментальні дослідження виявили [15-18], що кут введення α_0 за незмінних зовнішніх факторів має мінімальний вплив на динаміку розсіювання зерна, визначаючи переважно дистанцію його віддалення від точки вводу. З огляду на це, величина α_0 часто визначається конструктивними міркуваннями, і в практиці може складати близько $\alpha_0 = 50^\circ$ [15-18].

Геометричний параметр – висота сепараційного каналу (H) – істотно впливає на результативність поділу. Спостереження показують, що збільшення H до 1450 мм сприяє підвищенню ефективності сепарації, а її зменшення, навпаки, призводить до погіршення цього процесу. Отже, з огляду на конструктивні можливості, рекомендується обирати максимальну висоту каналу, що становить 1450 мм. Експериментально підтверджено, що швидкість введення зерна до пневмосепаруючого простору, встановлена на рівні 0,3 м/с, забезпечує найвищий рівень ефективності пневмосепарації [16-17].

Аеродинамічна характеристика пневмосепаратора.

Розрахуємо величину витрат повітря в пневмоканалі згідно формули [18]:

$$V = 3600 \cdot S_{mn} \cdot \mathcal{G}_0$$

де S_{mn} – площа поперечного перерізу пневмоканалу;

\mathcal{G}_0 – встановлена величина швидкості повітряного потоку в зоні сепарації пневмоканалу, яка залежить від аеродинамічних властивостей зерноsumіші, приймаємо $\mathcal{G}_0 = 6,4$ м/с.

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

$$S_{\text{шт}} = \pi R_1^2 - \pi R_0^2,$$

де R_1 – радіус зовнішньої стінки пневмоканалу;

R_0 – радіус внутрішньої стінки пневмоканалу.

Таким чином маємо:

$$S_{\text{шт}} = 3,14 \cdot (0,369^2 - 0,197^2) = 0,31 \text{ м}^2,$$

та

$$V = 3600 \cdot 0,31 \cdot 6,4 = 7142 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначимо величину втрат тиску пневмосистемою сепаратора.

Проаналізуємо втрати тиску. Для цього записуємо величину загальних витрат тиску $\Delta N_{\text{пс}}$ турбінного сепаратора як:

$$\Delta N_{\text{пс}} = N_{\text{пс.т.}} + N_{\text{пс.зрн}} + N_{\text{пс.пд}}$$

де $N_{\text{пс.т.}}$ – втрати тиску, які йдуть на тертя повітряного потоку об стінки каналу, враховуючи і місцеві опори, зокрема розширення, звуження, повороти, кг/м²;

$N_{\text{пс.зрн}}$ – втрати тиску, які йдуть на подолання спротиву зернового матеріалу, кг/м²;

$N_{\text{пс.пд}}$ – втрати тиску, які йдуть на підймання легкої фракції у ПСК, кг/м².

Встановимо значення кожної складової втрат тиску відповідно до рекомендацій [15, 18].

Так, величина втрат тиску, які йдуть на тертя повітряного потоку об стінки каналу визначається як:

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

$$N_{нс.т.} = \left(\lambda \cdot \frac{H_{\kappa}}{d_{екв}} + \sum \xi \right) \cdot \rho \cdot \frac{g_0^2}{2 \cdot g},$$

де λ – емпіричний коефіцієнт, який характеризує опір тертя, визначити значення якого наближено можливо згідно залежності Блесса:

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{d_{екв}};$$

H_{κ} – довжина, а в нашому випадку, висота пневмоканалу, $H_{\kappa} = 1,45$ м;

$d_{екв}$ – еквівалентний діаметр повітряного каналу, $d_{екв} = 0,722$ м;

ξ – коефіцієнт, який є характеристикою місцевих опорів, який приймемо $\xi = 1,2$;

ρ – густина повітря, $\rho = 1,2$ кг/м³.

Емпіричний коефіцієнт, який характеризує опір тертя становить:

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{0,722} = 0,014,$$

а втрати тиску, які йдуть на тертя повітряного потоку об стінки каналу:

$$N_{нс.т.} = \left(0,014 \cdot \frac{1,45}{0,722} + 1,2 \right) \cdot 1,2 \cdot \frac{6,4^2}{2 \cdot 9,81} = 3,07 \text{ кг / м}^2.$$

Втрати тиску, які йдуть на подолання спротиву зернового матеріалу знайдемо за залежністю:

$$N_{нс.зрн} = N_{нс.т.} \cdot (1 + K_0 \cdot \mu)$$

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

де K_0 – величина коефіцієнта, який характеризує ряд факторів, серед яких вид домішок, концентрація зерноsumіші, швидкість повітряного потоку, параметри і тип повітропроводу, приймемо $K_0 = 0,75$ [15-18];

μ – коефіцієнт концентрації зерноsumіші у сепараційному каналі, величина якого визначається як відношення маси зерноматеріалу до маси повітря відносно одиниці часу:

$$\mu = \frac{G_{зсм}}{G_n},$$

де $G_{зсм}$ – встановлена подача зерноsumіші до пневмоканалу, кг/год;

G_n – встановлена подача повітря, кг/год.

За заданою продуктивністю машини 30 т/год будемо вважати, що повітряним потоком будуть виділені до 10% від подачі. Таким чином, зважаючи на ефективність сепарації $\varepsilon = 70\%$, значення встановленої подачі зерноsumіші становитиме $G_{зсм} = 1,8$ кг/год.

Встановлену подачу повітря до пневмоканалу сепаратора можемо визначити за формулою:

$$G_n = V \cdot \rho,$$

$$G_n = 7142 \cdot 1,2 = 8570,4 \text{ кг/год.}$$

Величина коефіцієнта концентрації зерноsumіші становитиме:

$$\mu = \frac{1800}{8570,4} = 0,21.$$

Відповідно до рекомендацій [16] приймемо $\mu = 0,28$.

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

Враховуючи знайдені дані, втрати тиску, які йдуть на подолання спротиву зернового матеріалу складають:

$$N_{nc.zrn} = 3,07 \cdot (1 + 0,75 \cdot 0,28) = 3,7 \text{ кг / м}^2.$$

Втрати тиску, які йдуть на підймання легкої фракції у ПСК визначаються як:

$$N_{nc.nd} = \rho \cdot g \cdot H_k \cdot \mu_0 \cdot \sin \beta,$$

де β – кут, під яким нахилено трубопровід відносно горизонту, $\beta = 75^\circ$.

$$N_{nc.nd} = 1,2 \cdot 9,81 \cdot 1,45 \cdot 0,3 \cdot \sin 75^\circ = 4,6 \text{ кг / м}^2.$$

Враховуючи значення складових, величина повної втрати тиску у пневмосистемі становитиме:

$$\Delta N_{nc} = 3,07 + 3,7 + 4,6 = 11,37 \text{ кг/м}^2.$$

З врахуванням опору пилоочисної системи N_{mul} , величина загальних втрат тиску пневмосистемою становитиме:

$$N_{\Sigma} = \Delta N_{nc} + N_{mul}$$

$$N_{\Sigma} = 11,37 + 49,2 = 60,57 \text{ кг / м}^2.$$

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

Враховуючи величину загальних витрат повітря на рівні $V = 7142 \text{ м}^3/\text{год}$ та витрат тиску $N_{\Sigma} = 60,57 \text{ кг/м}^2$ здійснюємо вибір вентилятора, використовуючи їх технічні характеристики [18, 24].

Так, відповідно до результатів розрахунків значень витрат повітря та витрат повного тиску згідно характеристик вентиляторів [18, 24] приймаємо вентилятор серії ВЦ 14-46-2,5, що має наступні характеристики:

- потужність – 3,0 кВт;
- частоту обертання робочого колеса – 2820 об/хв;
- продуктивність – 2850 м³/год;
- масу без електродвигуна – 19 кг.
- об'ємний коефіцієнт корисної дії $\eta \approx 65\%$.

Висновки

На основі проведеного обґрунтування напрямків удосконалення та розрахунку ключових параметрів конструкції турбінного сепаратора, сформульовано наступні висновки.

Застосовані модифікації, зокрема струменеве введення матеріалу, забезпечують підвищену ефективність пневматичної сепарації.

Оптимізація розмірів вертикального пневмоканалу (ширини, глибини та висоти) дозволила досягти зменшення габаритів машини, що, в свою чергу, призвело до зниження її матеріалоемності та скорочення часу на технічне обслуговування й усунення несправностей.

Обґрунтовано вибір та здійснено конструктивні доопрацювання пилоочисника, вентилятора та інших компонентів машини.

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вторинне очищення насіння соняшника є важливим етапом післязбиральної обробки, спрямованим на підвищення якості та товарності продукції. Однак, виконання цих робіт пов'язане з низкою потенційних небезпек, ігнорування яких може призвести до травмування працівників. Тому, забезпечення належних умов охорони праці є першочерговим завданням. Першочерговим є регулярне проведення інструктажів та навчання з питань охорони праці, що є запорукою високого рівня безпеки на виробництві.

Першим кроком до забезпечення безпеки є ретельна ідентифікація потенційних небезпек, пов'язаних з процесом вторинного очищення. Це включає аналіз ризиків, пов'язаних з рухомими частинами обладнання (згідно з вимогами безпеки машин та устаткування), утворенням пилу (відповідно до санітарних норм та гігієнічних регламентів), електробезпекою (згідно з правилами улаштування електроустановок та іншими нормативними актами), шумом та вібрацією (відповідно до гігієнічних нормативів) [25]. На основі оцінки ризиків розробляються та впроваджуються відповідні заходи контролю.

Основними джерелами небезпеки під час вторинного очищення є рухомі частини обладнання: вентилятори, транспортери, привод обладнання та інші механізми [25]. Неуважність або недотримання інструкцій може призвести до затягування одягу, травмування кінцівок. Тому, перед початком роботи необхідно переконатися у справності всіх захисних кожухів та блокувальних пристроїв. Категорично забороняється проводити будь-які ремонтні або налагоджувальні роботи на ввімкненому обладнанні.

Значну небезпеку становить також утворення пилу. Дрібні частинки лушпиння та насінневого пилу можуть подразнювати слизові оболонки дихальних шляхів, викликати алергічні реакції та захворювання легень. Для мінімізації пилоутворення необхідно використовувати ефективні системи вентиляції та пиловідсмоктування. Працівники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту органів дихання – респіраторами або протипиловими масками [25].

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

Не менш важливим є дотримання правил електробезпеки. Електродвигуни та інші електричні компоненти обладнання повинні бути надійно заземлені. Слід уникати використання пошкоджених кабелів та розеток. У разі виявлення будь-яких несправностей в електромережі необхідно негайно вимкнути обладнання та повідомити відповідальну особу.

Окрім того, слід приділяти увагу організації робочого місця. Проходи не повинні бути захарашченими, а підлога – слизькою. Необхідно забезпечити достатнє освітлення робочої зони. Працівники повинні використовувати зручне та відповідне виконуваним роботам спецодяг та спецвзуття.

Технічні заходи безпеки.

Усі обертові та рухомі елементи обладнання (транспортери, вентилятори, приводи) повинні бути обладнані надійними захисними кожухами, що відповідають вимогам ДСТУ EN ISO 14120.

Обладнання повинно бути оснащено системами блокування, що унеможлиблюють несанкціонований доступ до небезпечних зон під час роботи та автоматично зупиняють механізми при відкритті захисних елементів (відповідно до ДСТУ EN ISO 14119).

Ефективні системи місцевої та загальнообмінної вентиляції, що відповідають вимогам ДСТУ Б EN 13779, повинні забезпечувати підтримання допустимих рівнів концентрації пилу в повітрі робочої зони.

Усе електрообладнання підлягає обов'язковому заземленню або зануленню згідно з ПУЕ (Правила улаштування електроустановок) та іншими стандартами з електробезпеки.

За можливості, слід впроваджувати заходи щодо зниження рівня шуму та вібрації до допустимих гігієнічних нормативів (наприклад, звукоізоляція, віброгасіння).

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

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведене комплексне дослідження механізації вирощування соняшника, з особливим акцентом на удосконаленні турбінного сепаратора, що дозволило сформулювати ряд вагомих висновків, що мають практичне значення для підвищення ефективності районування культури.

Результатом детального аналізу наукових праць та технологічних особливостей районування соняшника стала розроблена технологічна карта його вирощування. Запропонована карта, візуалізована у графічній частині роботи, базується на принципах комплексної механізації всіх етапів агротехнічних операцій. Здійснені технологічні розрахунки обґрунтували можливість оптимізації використання наявного парку сільськогосподарської техніки, що є важливим аспектом ресурсозбереження та зниження собівартості виробництва.

У контексті аналізу існуючих технологій післязбиральної обробки соняшника, особливу увагу було приділено етапу очищення зернової маси. Доведено доцільність застосування зерноочисної машини турбінного типу, а проведене дослідження її функціонування виявило значний потенціал для підвищення експлуатаційної ефективності шляхом конструктивних удосконалень. Оцінка ефективності розробленої технології вирощування в конкретних господарських умовах підтвердила важливість оптимізації післязбиральної обробки як ключового елемента підвищення загальної рентабельності.

Кульмінацією дослідження стала модернізація зерноочисної машини турбінного типу та розробка детальної операційно-технологічної карти вторинного очищення насіння соняшника. Проведене порівняльне оцінювання продуктивності базової та модернізованої машини на основі ретельних розрахунків однозначно підтвердило економічну доцільність та практичну вигоду від впровадження запропонованих конструктивних змін. Зокрема, застосування струменевого введення матеріалу продемонструвало значне підвищення ефективності пневматичної сепарації. Оптимізація геометричних

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

параметрів вертикального пневмоканалу призвела до зменшення габаритних розмірів машини, зниження її матеріалоемності та скорочення витрат часу на технічне обслуговування та ремонт. Крім того, було обґрунтовано вибір та здійснено конструктивні доопрацювання ключових компонентів машини, таких як пилоочисник та вентилятор, що сприяло підвищенню її надійності та екологічності.

Окрему увагу в дослідженні було приділено питанню охорони праці під час виконання вторинного очищення насіння соняшника. Наголошено на важливості дотримання вимог відповідних стандартів та необхідності впровадження комплексу технічних та організаційних заходів для мінімізації виробничих ризиків.

Таким чином, проведене дослідження надало комплексне обґрунтування необхідності та шляхів модернізації технологічних процесів вирощування та післязбиральної обробки соняшника, з особливим акцентом на удосконаленні турбінного сепаратора. Отримані результати та розроблені практичні рекомендації можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами для підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції та забезпечення безпечних умов праці.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gamajunova V., Panfilova A., Kovalenko O., Khonenko L., Baklanova T., Sydiakina O. Better Management of Soil Fertility in the Southern Steppe Zone of Ukraine. Springer International Publishing Switzerland. Soils Under Stress. 2021. P. 163–171.
2. Особливості проведення весняних польових робіт 2024 року в господарствах Харківської області (науково–практичні рекомендації). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Харків. 2024. 55 с.
3. Агротехнологія вирощування гібридів соняшнику, стійких до дії гербіцидів з групи сульфонілсечовин (науково-практичні рекомендації) ; підгот.: Р.А. Гутянський, С.І. Попов, Н.В. Кузьменко, О.М. Глубокий, В.О. Шелякін, Н.Г. Жижка, Т.А. Шелякіна, Р.Д. Магомедов / НААН, Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Харків, 2023. 11 с.
4. Дем'яненко, С. В., Іванов, І. І. (2019). Механізація технологічних процесів у рослинництві: сучасний стан та перспективи розвитку. Технічні науки та технології, (4), 18–25.
5. Соняшник. Каталог продукції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва. URL: <https://yuriev.com.ua/ua/katalog-produkcii/katalog/sonyashnik/>
6. Сорти і гібриди селекції СГІ-НЦНС. URL: <https://sgi.in.ua/naukova-produkciya/sorta-ta-gibridi/>.
7. Соняшник. Каталог продукції Запорізького Інституту олійних культур. URL: <http://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/soniashnyk>.
8. Хорольський механічний завод. Сепаратори зерноочищувальні. Каталог продукції. URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/catalog/separatory-zernoochistitelnye/>.
9. Верещинський О. Правильний підхід до очищення зерна (2020). URL: <https://propozitsiya.com/ua/pravylnyy-pidhid-do-ochyshchennya-zerna>.
10. Скальператори СКО. ТОВ “ОЛІС”. URL: <https://olis.com.ua/oborudovanie/ochischennya-zerna/skalperatory-sko/>.
11. Каталог продукції фірми Kongskilde. Dual Cleaners – KDC PLUS. URL: <https://kongskilde-industries.com/grain/usa/product/dual-cleaners-kdc-plus/>.
12. Каталог продукції фірми Schule. URL: <https://www.schulefood.com/en/machines/table-separator>.
13. Pneumatic conveying characteristics of seeds in a vertical ascending airstream / M. Kroulik, A. Rybka, J. Hula, I. Honzík // Research in Agricultural Engineering (2016). 62(2). P. 56-63. DOI: 10.17221/32/2014-RAE.

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

14. Aspirators. Каталог продукції компанії Damas. URL: https://www.damaseed.com/pre-cleaners_aspiration/.
15. Теорія і розрахунки параметрів процесів і робочих органів сільськогосподарських машин: Практикум. Морозов І.В., Бакум М.В., Пастухов В.І., Горбатовський О.М., Кириченко Р.В., Козій О.Б., Леонов В.П., Нікітін С.П.; за редакцією проф. І.В. Морозова. Харків: ХНТУСГ, 2011.
16. Лещенко С.М. Обґрунтування параметрів пневмосепаруючої системи інерційного прямооточного сепаратора зерна: дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Сергій Миколайович Лещенко. – Кіровоград, 2010. – 192 с.
17. Оцінка рівномірності розподілу та засміченості зерна при його багаторівневому введенні в пневмосепаруючий канал / О. В. Нестеренко, С. М. Лещенко, О. М. Васильковський, Д. І. Петренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 51. – С. 111-116.
18. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2006. – 407 с.
19. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
20. Назаренко І.І. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв // І.І. Назаренко, І.М. Берник – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 544 с.
21. Математичне моделювання процесів і машин : навч. посіб. : [для студентів агротехнічних спеціальностей]. В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 218 с.
22. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684 с.
23. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин: Підручник. К.: Вища школа, 1993. 450 с.
24. Вентилятор ВЦ 14-46. URL: <https://surl.li/bjfoeu>.
25. 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.

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