

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 озимої пшениці з
удосконаленням зернової норії зерноочисного агрегату

Виконав здобувач вищої освіти III курсу,
групи AI-23мб-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Глущенко Олександр Вікторович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проєкту

доц., канд. техн. наук

_____Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

ст. викл., канд. техн. наук

_____Олександр ЛІВІЦЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

[illegible]

[illegible]

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	7
2. Аналіз типової технології вирощування пшениці озимої з визначенням шляхів її удосконалення	9
3. Операційна технологія транспортування зерна	19
4. Інженерна частина	26
5. Охорона праці	40
6. Висновки	43
Список використаної літератури	45
Додатки	47

1. Вступ

Агропромисловий комплекс України є стратегічно важливою галуззю національної економіки, від ефективності якої залежить продовольча безпека держави та її позиції на світовому ринку зернових культур. Озима пшениця залишається однією з ключових зернових культур, що вирощуються у нашій країні, адже вона формує значну частку валового збору зерна та є важливим експортним товаром.

Підвищення конкурентоспроможності вітчизняного аграрного виробництва нерозривно пов'язане з упровадженням прогресивних технологій механізованого вирощування культур та вдосконаленням технічної бази сільськогосподарських підприємств. Поряд із застосуванням сучасних сортів і добрив, особлива роль належить технічним засобам, які задіяні на етапах від передпосівного обробітку ґрунту до збирання й первинної доробки врожаю [3,11,14,21].

Зерноочисні агрегати посідають важливе місце у технологічному ланцюжку вирощування озимої пшениці, оскільки якість очищення зерна безпосередньо впливає на його насіннєві та товарні характеристики. Одним із відповідальних вузлів зерноочисного агрегату є зернова норія – транспортний механізм вертикального переміщення зерна. Від надійності та продуктивності норії залежить безперебійність роботи всього комплексу зерноочисного обладнання.

Аналіз умов експлуатації зернових норій свідчить про те, що наявні конструктивні рішення мають ряд недоліків: нерівномірне завантаження ковшів, підвищене зношування стрічки та ковшів, елементів приводу, схильність до засмічення при роботі з вологим або засміченим зерном. Ці чинники призводять до зниження продуктивності агрегату, збільшення енерговитрат та позапланових простоїв через відмови й технічне обслуговування. Отже, удосконалення

					МВОП 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Глущенко				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок							7	
Н.контр	Артеменко								
Затвер.	Васильковський						ЦНТУ гр. АІ-23мб-1.2		

конструкції зернової норії з метою підвищення її надійності та ефективності є актуальним науково-технічним завданням.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати конструктивно-технологічні заходи з механізації вирощування озимої пшениці з акцентом на вдосконалення зернової норії зерноочисного агрегату, що забезпечить підвищення надійності виконання транспортного процесу.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2. Аналіз типової технології вирощування пшениці озимої з визначенням шляхів її удосконалення.

2.1. Господарське значення пшениці озимої.

Озима пшениця посідає особливе місце серед зернових культур і є однією з найважливіших продовольчих рослин на планеті. Її зерно слугує основною сировиною для виробництва хліба, борошна, макаронних виробів та широкого асортименту кондитерської продукції. Висока калорійність і збалансований хімічний склад роблять пшеничний хліб незамінним продуктом харчування для мільярдів людей у різних куточках світу.

Зерно пшениці містить від 10 до 15 відсотків білка, близько 70 відсотків вуглеводів, вітаміни групи В, токоферолі та важливі мінеральні речовини. Завдяки такому складу борошно з озимої пшениці має чудові хлібопекарські властивості: тісто добре піднімається, формує пористий м'якуш і зберігає привабливий зовнішній вигляд готових виробів. Саме це визначає стабільний попит на продукти переробки пшениці як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Україна традиційно входить до числа провідних виробників і експортерів пшениці у світі. Сприятливі кліматичні умови степової та лісостепової зон, родючі чорноземи й розвинена агрономічна наука дозволяють отримувати стабільно високі врожаї. Озима форма культури дає змогу рослинам використовувати осінні опади і весняну вологу, що забезпечує їй значну перевагу над ярою пшеницею за продуктивністю у більшості регіонів країни.

Крім продовольчого напрямку, озима пшениця має вагоме кормове значення. Висівки і побічні продукти переробки зерна широко застосовують у тваринництві як поживні добавки до раціону великої рогатої худоби, свиней і птиці. Зелена маса, яку отримують при весняному підкошуванні загущених посівів, є цінним соковитим кормом, а солома після збирання врожаю використовується як підстилковий матеріал і органічне добриво при її заорюванні.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Економічне значення озимої пшениці важко переоцінити. Вона є основою зернового балансу держави і суттєвим джерелом валютних надходжень від аграрного експорту. Стабільне виробництво цієї культури гарантує продовольчу безпеку країни і забезпечує зайнятість у сільськогосподарській галузі. Інтенсифікація вирощування, впровадження нових сортів та сучасних технологій захисту рослин відкривають широкі перспективи для подальшого нарощування врожайності і зміцнення позицій України на світовому зерновому ринку [13,14,15].

2.2. Біологічні особливості пшениці озимої.

Озима пшениця належить до родини тонконогових і є однорічною трав'янистою рослиною з типовим для злакових будовою органів. Коренева система культури мичкувата, добре розгалужена й проникає в ґрунт на глибину понад метр. Це забезпечує рослинам широкий доступ до вологи та поживних речовин навіть у посушливі періоди вегетації. Первинні зародкові корінці активно функціонують упродовж усього циклу розвитку, тоді як вузлові корені формуються після сходження і відіграють вирішальну роль у живленні рослин у другій половині вегетації.

Стебло озимої пшениці – порожниста соломину з чотирма-шістьма міжвузлями, висота якої залежно від сорту й умов вирощування коливається від 60 до 120 сантиметрів. Листки лінійні, з добре помітною центральною жилкою та вушками біля основи листової піхви, що є характерною ознакою виду. Суцвіття – складний колос, утворений численними колосками, кожен з яких несе від двох до п'яти квіток. Запилення відбувається переважно самозапиленням ще до повного розкривання квіток, що забезпечує генетичну стабільність сортів.

Принципова відмінність озимої форми від ярої полягає у потребі проходження яровизації – обов'язкового впливу знижених позитивних температур від 0 до 10 градусів Цельсія впродовж кількох тижнів. Без цього етапу рослини залишаються у вегетативній фазі й не формують колоса. Висівають озиму пшеницю восени, щоб рослини встигли добре вкоренитися та накопичити необхідні пластичні речовини до настання морозів. Здатність

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

переносити зниження температури ґрунту до мінус 18–20 градусів Цельсія під сніговим покривом визначає її морозостійкість і зимостійкість.

Вегетаційний період культури охоплює від 270 до 340 днів і включає такі фенологічні фази: сходи, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння та дозрівання. Найвразливішою є фаза кущіння, під час якої закладаються продуктивні стебла та вузол кущіння – головний орган регенерації рослини після несприятливих зимових умов. Завершується вегетація у червні-липні, коли зерно досягає повної стиглості й вологість знижується до збирального рівня.

Щодо вимог до умов навколишнього середовища, озима пшениця є відносно пластичною культурою. Вона добре розвивається на структурних суглинкових ґрунтах із нейтральною або слабколужною реакцією середовища. Критичний період водоспоживання припадає на фази виходу в трубку і колосіння, коли нестача вологи суттєво знижує кількість зерен у колосі. Рослина є рослиною довгого дня: достатня тривалість світлового дня прискорює перехід до генеративного розвитку і сприяє рівномірному досягненню врожаю [2,13,14].

2.3. Місце в сівозміні.

Озима пшениця висуває підвищені вимоги до попередника, оскільки її висівають у стислі осінні терміни й рослини мають встигнути сформувати розвинену кореневу систему до зими. Найкращими попередниками вважаються бобові культури – горох, соя, вика, – які збагачують ґрунт азотом і рано звільняють поле. Добрі результати дає розміщення пшениці після кукурудзи на силос, ріпаку та картоплі. Натомість після соняшнику і самої пшениці повертати культуру на те саме поле раніше ніж через два-три роки не рекомендується через накопичення збудників хвороб і виснаження ґрунту. Дотримання науково обґрунтованого чергування культур є запорукою стабільного врожаю та збереження родючості [11,13,14,15,18].

2.4. Система удобрення.

Формування високого врожаю озимої пшениці неможливе без науково обґрунтованої системи удобрення, яка передбачає раціональне поєднання органічних і мінеральних добрив з урахуванням біологічних потреб культури,

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

вмісту поживних речовин у ґрунті та запланованого рівня продуктивності. Пшениця споживає значну кількість азоту, фосфору та калію, проте інтенсивність поглинання цих елементів суттєво змінюється залежно від фази вегетації.

Органічні добрива – гній, компост, пташиний послід – вносять здебільшого під попередню культуру сівозміни, оскільки безпосереднє їх застосування під озиму пшеницю може спричинити надмірний вегетативний ріст і знизити зимостійкість рослин. Органіка поліпшує структуру ґрунту, підвищує його вологоємність і поступово вивільняє поживні елементи впродовж кількох років.

Основне мінеральне удобрення вносять восени під оранку або глибоке розпушування. У цей прийом застосовують повну дозу фосфору й калію, що становить зазвичай 60–90 кілограмів діючої речовини на гектар кожного елемента залежно від агрохімічних показників ґрунту. Фосфор стимулює розвиток кореневої системи і підвищує морозостійкість, а калій зміцнює клітинні стінки, регулює водний обмін і сприяє накопиченню цукрів – запасних речовин, необхідних для успішної перезимівлі. В процесі посіву вносять ту кількість добрив, яку рослина використовуватиме на початку вегетації до перезимівлі сівалкою СЗ-5,4.

Перше післязимове внесення здійснюють навесні у фазі відновлення вегетації у вигляді підживлення аміачною селітрою або карбамідом у дозі 40–60 кілограмів діючої речовини на гектар. Це підживлення стимулює куціння і формування продуктивних стебел. Друге азотне підживлення проводять у фазі виходу рослин у трубку й спрямоване на збільшення кількості зерен у колосі. Третє, позакореневе підживлення розчином карбаміду у фазі колосіння, підвищує вміст білка в зерні і покращує його технологічні якості.

Важливою складовою сучасної системи удобрення є застосування мікроелементів – цинку, міді, марганцю та сірки. Їх вносять переважно у вигляді позакорневих обробок у критичні фази вегетації. Мікроелементи беруть участь у ферментативних процесах, підвищують стійкість рослин до хвороб і несприятливих погодних умов, а також позитивно впливають на якість зерна.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ефективним інструментом точного землеробства є застосування рідких комплексних добрив разом із засобами захисту рослин, що скорочує кількість проходів техніки по полю і знижує виробничі витрати [9,11,13,14,15,23].

2.5. Обробіток ґрунту.

Система обробітку ґрунту під озиму пшеницю є комплексом послідовних агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимального поживного та водно-повітряного режиму кореневмісного шару. Якість підготовки ґрунту безпосередньо визначає рівномірність сходів, глибину залягання вузла куштиння та зрештою – величину і стабільність урожаю. Вибір конкретних прийомів залежить від типу ґрунту, попередника, ступеня засміченості поля та наявної техніки.

Основний обробіток розпочинають одразу після збирання попередника. Якщо на полі залишилася значна кількість рослинних решток, насамперед проводять їх подрібнення і дискування луцильником ЛДГ-10А на глибину 8–12 сантиметрів. Ця операція прискорює розкладання органіки, провокує проростання насіння бур'янів і збудників хвороб, що знаходяться на поверхні, та поліпшує умови для наступної оранки. На полях із слабким забур'яненням і після зернобобових попередників дискування можна замінити мілким плоскорізним обробітком.

Оранку виконують плугом ПЛН -5-35 на глибину 20–22 сантиметри у серпні – на початку вересня, щоб ґрунт мав достатньо часу для осідання перед сівбою. Для виконання зазначеного процесу задіюють трактор ХТЗ-17021. Полицева оранка ефективно заробляє добрива і рослинні рештки, перевертає та аерує орний шар, однак пов'язана з більшими витратами пального.

Передпосівний обробіток виконують безпосередньо перед сівбою і зводять до мінімальної кількості проходів техніки. Зазвичай застосовують культивацію або комбіновані агрегати, які за один прохід вирівнюють поверхню, подрібнюють грудки та ущільнюють насіннєве ложе до оптимальної щільності. У випадку, що розглядається – це культиватор КПС-4. Енергетичний засіб – трактор Т-150. Глибина передпосівного обробітку має відповідати глибині

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

загортання насіння – 4–6 сантиметрів. Надмірне розпушування верхнього шару призводить до пересихання ґрунту і нерівномірного залягання насіння, що негативно позначається на дружності сходів. Після цього проводять передпосівне боронування із залученням борін БЗСС-1,0. Їх об'єднують у агрегат зчіпкою СГ-21, приєднаною до тарктора ХТЗ-17021. Після завершення посівних робіт засіяне поле прикочують котками ЗКШ-6, які ущільнюють насіннєве ложе, поліпшують контакт насінини з ґрунтом і прискорюють появу рівних дружніх сходів.

Незалежно від обраної системи обробітку, обов'язковою умовою є вирівняність поверхні поля, яка забезпечує рівномірну глибину сівби і надалі спрощує збирання врожаю [11,13,15].

2.6. Підготовка насіння та сівба пшениці озимої.

Підготовка насіння є одним із визначальних етапів технології вирощування озимої пшениці, від якого залежать польова схожість, стартова енергія росту й стійкість майбутніх рослин до несприятливих умов. Для сівби використовують насіння районованих або перспективних сортів із документально підтвердженими посівними якостями: схожість не нижча за 92 відсотки, чистота понад 98 відсотків, маса тисячі насінин відповідно до сортових показників.

Першим кроком підготовки є сортування та калібрування насіннєвого матеріалу на зерноочисних машинах. Відокремлення щуплого, битого й уражених насінин підвищує вирівняність партії і забезпечує дружні рівномірні сходи. Після очищення насіння просушують до вологості 14 відсотків і нижче, що є обов'язковою умовою для тривалого зберігання без втрати схожості та ефективного протруювання.

Протруювання насіння фунгіцидними або комплексними препаратами захищає проростки від збудників корневих гнилей, сажкових хвороб та плісняви на ранніх етапах розвитку. Сучасні протруйники містять кілька діючих речовин і нерідко поєднуються з інсектицидними компонентами для захисту від ґрунтових шкідників. Обробку проводять на спеціалізованих машинах-

протруювачах за 2–4 тижні до сівби або безпосередньо перед нею, суворо дотримуючись норм витрати й заходів особистої безпеки.

Строки сівби є критичним агротехнічним параметром. Оптимальні терміни припадають на першу-третю декаду вересня у Лісостепу та другу-третю декаду вересня у Степу. Рослини, висіяні в оптимальні строки, встигають сформувати 3–4 пагони кущіння і добре розвинену кореневу систему до настання стійких морозів, що безпосередньо визначає їхню зимостійкість. Запізнення з сівбою навіть на 10–12 днів значно знижує продуктивний потенціал посіву.

Норму висіву встановлюють у межах 4–5,5 мільйона схожих насінин на гектар залежно від сорту, строків сівби і зони вирощування. При ранніх строках норму дещо зменшують, щоб уникнути надмірного загущення, яке послаблює рослини і сприяє розвитку грибкових хвороб. При пізніх строках, навпаки, норму збільшують для компенсації зниженого кущіння. Глибина загортання насіння становить 4–6 сантиметрів.

Сівбу виконують зерновими сівалками СЗ-5,4 об'єднаними зчіпкою СП-11 в широкозахватний висівний агрегат зі звичайним рядковим способом з міжряддям 15 сантиметрів, що забезпечує рівномірний розподіл насіння і раціональне використання площі живлення [11,13,14].

2.7. Догляд за посівами пшениці озимої.

Стабільно високий урожай безпосередньо залежить від якості догляду протягом усього вегетаційного циклу. Комплекс заходів охоплює осінній, зимовий і весняно-літній періоди, кожен із яких має власні агротехнічні пріоритети.

Осінній догляд. Після сівби головне завдання – забезпечити рівномірні та дружні сходи. За умов ущільнення поверхні ґрунту після дощів проводять легке боронування впоперек рядків, щоб зруйнувати кірку і покращити аерацію. Важливо контролювати появу бур'янів у фазі кущення: застосування гербіцидів на основі йодосульфурон-метилу або флорасуламу в цей час дає найвищий ефект. Одночасно слід обстежити посіви на наявність шкідників – злакових мух і попелиці – та за потреби внести інсектицид.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Зимовий період. Для захисту рослин за відсутності снігу практикують снігозатримання за допомогою щитів або куліс із соняшнику. Льодяну кірку руйнують механічно або посипають поверхню золою чи торфом, щоб прискорити танення. У цей час також проводять моніторинг загину рослин і планують підсів навесні в разі значного рідіння.

Весняне підживлення. Ранньовесняне азотне підживлення – одна з найважливіших операцій. Аміачну селітру або КАС вносять по мерзлоталому ґрунту у нормі 30–40 кг/га д.р. для стимуляції відновлення кущення. Друге підживлення здійснюють у фазі виходу в трубку (норма 40–60 кг/га), третє – у фазі колосіння – переважно карбамідом шляхом позакореневого обприскування для формування якісного зерна з підвищеним вмістом білка.

Захист рослин навесні та влітку. У весняний період зростає загроза грибкових хвороб: борошнистої роси, бурої та жовтої іржі, септоріозу. Профілактичне обприскування фунгіцидами групи триазолів або стробілуринів проводять у фазі прапорцевого листка – це найефективніший термін захисту колоса. Паралельно виконують обстеження на шкідників: злакового клопа-черепашки і трипсів, проти яких застосовують піретроїдні інсектициди. Регулятори росту на основі хлормекват-хлориду вносять у фазі другого-третього міжвузля, що скорочує висоту стебла й знижує ризик вилягання [11,13,14,15].

2.8. Збирання урожаю.

Збирання врожаю є завершальним і найвідповідальнішим етапом технології вирощування озимої пшениці. Несвоєчасне або неякісне проведення жнив здатне звести нанівець результати всіх попередніх агротехнічних заходів через втрати зерна від осипання, переростання та ураження несприятливими погодними умовами. Визначення оптимального терміну початку збирання ґрунтується на оцінці стиглості зерна та вологості зернової маси.

Пшеницю збирають у фазі повної стиглості, коли вологість зерна знижується до 14–16 відсотків, зернівка набуває характерного забарвлення і твердості, а стебла повністю пожовкли. Пряме комбайнування є основним і найпоширенішим способом збирання. Зернозбиральні комбайни одночасно

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

зрізують стебла, обмолочують колосся та очищають зерно від полови й решток, вивантажуючи готову зернову масу в транспортні засоби. Продуктивність комбайнів і якість обмолоту безпосередньо залежать від правильного налаштування молотильного апарата й решіт залежно від вологості та засміченості маси. Перед початком жнивування обкошують крайові смуги комбайном JOHN DEERE 1075, а далі, ним же здійснюють пряме комбайнування. Зібраний ворох автотранспортом перевозять на тік для подальшої обробки на зернообробному агрегаті ЗАВ-20, і за потреби – досушують. Далі транспортером У13-ТЛ-50 очищений зерновий матеріал переміщується у складське приміщення [11,13,14,15,21,22].

2.9. Обґрунтування вибору норії НЛК-Ф-10 в зерноочисному агрегаті.

У зерноочисному агрегаті ЗАВ-20 штатно передбачена норія НЗ-20 з номінальною продуктивністю 20 т/год та потужністю приводного електродвигуна 3 кВт. Проте в реальних умовах збирання, коли зерно надходить із значним вмістом домішок, фактична пропускна здатність машини знижується і стає вузьким місцем технологічного ланцюга. Для усунення цього недоліку запропоновано замінити штатну норію на НЛК-Ф-10 із плановою продуктивністю 20 т/год, яка має конструктивні переваги саме для роботи з вологим і засміченим зерном.

НЛК-Ф-10 обладнана ківшами збільшеного об'єму з полегшеної полімерної стрічки, що знижує питоме навантаження на привод і зменшує травмування зернівок під час транспортування. Завдяки модернізованому башмаку з плавним захопленням матеріалу суттєво скорочуються втрати зерна і енергоспоживання порівняно з НЗ-20. Крім того, норія НЛК-Ф-10 простіша в технічному обслуговуванні: швидкознімні кришки кожуха забезпечують оперативний доступ до стрічки й ківшів без демонтажу суміжного обладнання. Сукупність цих переваг робить її оптимальним вибором для модернізації агрегату ЗАВ-20.

Висновки по розділу. Аналіз технології вирощування озимої пшениці підтвердив її високу ефективність за умови чіткого дотримання сівозміни,

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

систем удобрення та обробітку ґрунту. Озима форма оптимально використовує ресурси вологи, забезпечуючи високу врожайність. Запропонована модернізація агрегату ЗАВ-20 шляхом заміни штатної норії на НЛК-Ф-10 дозволяє усунути ризики травмування і затримання зернового вороху, оптимізувати енерговитрати та гарантувати стабільність усього технологічного процесу лінійки післязбиральної доробки.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3. Операційна технологія транспортування зерна.

3.1. Порівняльний розрахунок норій.

На зерноочисних агрегатах типу ЗАВ-20 транспортування зернової маси від завальних ям до робочих органів зерноочисних машин здійснюється вертикальними транспортерами – норіями. Від ефективності їх роботи залежать продуктивність усього комплексу, витрати електроенергії, надійність технологічного процесу та собівартість післязбиральної обробки зерна.

Для аналізу прийнято дві конструкції норій:

- базова норія НЗ-20;
- проєктна норія НЛК-Ф-10.

Обидві машини забезпечують необхідну продуктивність технологічної лінії ЗАВ-20, яка становить 20 т/год. Основним критерієм оцінювання є енергетична ефективність роботи при транспортуванні озимої пшениці із завальних ям до зерноочисних машин на висоту 11,5 м. Розрахунок ведемо з урахуванням вихідних даних (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Загальна маса зерна	G	2624т
Продуктивність норій	Q	20т / год
Висота транспортування	H	11,5м
Потужність двигуна норії НЗ-20	N_1	3,0кВт
Потужність двигуна норії НЗ-20	N_2	2,2кВт
Культура	-	Озима пшениця

Розрахунок тривалості виконання операції

Тривалість роботи обчислюється за формулою

$$t = \frac{G}{Q} \quad (3.1)$$

де G – загальна маса зерна, t ;

Q – продуктивність обладнання, $t / год$.

З урахуванням вихідних даних

$$t = \frac{2624}{20} = 131,2 год$$

Отже, для транспортування всього обсягу зерна обидві норії повинні працювати 131,2 год.

Розрахунок обсягу транспортної роботи

Транспортна робота визначається добутком маси зерна на висоту підйому

$$A = G \cdot H \quad (3.2)$$

де H – висота підйому, m

З урахуванням вихідних даних

$$A = 2624 \cdot 11,5 = 30176 тм$$

Таким чином, сумарна транспортна робота становить 28864 тм.

Розрахунок витрат електроенергії для норії НЗ-20

Споживання електроенергії визначається

$$W = N \cdot t \quad (3.3)$$

де N – встановлена потужність електродвигуна, $кВт$;

t – час роботи, $год$.

Для НЗ-20

$$W_{\phi} = 3,0 \cdot 131,2 = 393,6 кВт$$

Отже, на транспортування 2624 т зерна базова норія витратить

$W_{\phi} = 393,6 кВт$ електроенергії.

Питомі витрати електроенергії

На одну тону зерна

$$w_{\phi} = \frac{W_{\phi}}{G} \quad (3.4)$$

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$w_{\phi} = \frac{393,6}{2624} = 0,15 \frac{\kappa Bm \cdot год}{t}$$

На одиницю транспортної роботи

$$w_{\phi}^{mp} = \frac{W_{\phi}}{A} \quad (3.5)$$

$$w_{\phi}^{mp} = \frac{393,6}{30176} = 0,013 \frac{\kappa Bm \cdot год}{t \cdot m}$$

Отримані значення характеризують рівень енергоємності транспортної операції для базового варіанту.

Розрахунок енерговитрат проєктної норії НЛК-Ф-10

Загальні витрати електроенергії визначаються аналогічно

Споживання електроенергії визначається

$$W_{np} = N \cdot t \quad (3.6)$$

де N – встановлена потужність електродвигуна, κBm ;

t – час роботи, $год$.

Для НЛК-Ф-10

$$W_{np} = 2,2 \cdot 131,2 = 288,64 \kappa Bm$$

Отже, на транспортування 2624 т зерна проєктна норія витратить $W_{np} = 288,64 \kappa Bm$ електроенергії.

Питомі витрати електроенергії

На одну тонну зерна

$$w_{np} = \frac{W_{np}}{G} \quad (3.7)$$

$$w_{\phi} = \frac{288,64}{2624} = 0,11 \frac{\kappa Bm \cdot год}{t}$$

На одиницю транспортної роботи

$$w_{np}^{mp} = \frac{W_{np}}{A} \quad (3.8)$$

$$w_{np}^{mp} = \frac{288,64}{30176} = 0,009 \frac{\kappa Bm \cdot год}{t \cdot m}$$

Отримані значення характеризують рівень енергоємності транспортної операції для проєктного варіанту.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Отже, проєктна норія характеризується нижчими питомими витратами енергії.

Визначення економії електроенергії

Абсолютна економія електроенергії:

$$\Delta W = W_{\phi} - W_{np} \quad (3.9)$$

$$\Delta W = 393,6 - 288,64 = 104,96 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відносна економія:

$$E = \frac{\Delta W}{W_{\phi}} 100\% \quad (3.10)$$

$$E = \frac{104,96}{393,6} 100 = 26,67\%$$

Таким чином, застосування норії НЛК-Ф-10 дозволяє скоротити витрати електроенергії на 26,67 %.

Порівняльна оцінка технічних показників (табл. 3.2)

Таблиця 3.2

Порівняння показників роботи норій

Показник	НЗ-20	НЛК-Ф-10
Продуктивність, $m / год$	20	20
Висота підйому, m	11,5	11,5
Потужність двигуна, $кВт$	3,0	2,2
Тривалість роботи, $год$	131,2	131,2
Транспортна робота, $m \cdot m$	28864	28864
Витрати електроенергії, $кВт \cdot год$	393,6	288,64
Питомі витрати, $кВт \cdot год / m$	0,15	0,11
Питомі витрати, $кВт \cdot год / m \cdot m$	0,0136	0,0100
Економія електроенергії, $кВт \cdot год$	—	104,96
Економія, %	—	26,67

Аналіз отриманих результатів

Виконані розрахунки свідчать, що обидва варіанти транспортного обладнання забезпечують виконання технологічного процесу без зниження продуктивності зерноочисного агрегату. За продуктивності 20 т/год кожна норія здатна транспортувати 2624 т зерна за 131,2 години роботи.

Основна відмінність між варіантами полягає в енергетичних показниках.

Норія НЗ-20 оснащена електродвигуном потужністю 3 кВт, тоді як НЛК-Ф-10 має привід потужністю 2,2 кВт. Завдяки цьому проєктна конструкція забезпечує суттєве зменшення енергоспоживання.

При виконанні однакового обсягу транспортної роботи витрати електроенергії скорочуються на 104,96 кВт·год. Це дозволяє знизити експлуатаційні витрати та підвищити економічну ефективність роботи зерноочисного пункту.

Важливим показником є питомі витрати електроенергії на транспортування однієї тонни зерна. Для базового варіанта вони становлять 0,15 кВт·год/т·м, а для проєктного – лише 0,009 кВт·год/т·м. Відповідно знижується й енергоемність транспортної роботи.

Крім економії електроенергії, застосування менш потужного приводу зменшує навантаження на електричну мережу підприємства, сприяє підвищенню ресурсу електрообладнання та покращує показники енергоефективності зерноочисного агрегату в цілому.

Отримані результати підтверджують доцільність використання норії НЛК-Ф-10 як альтернативи базовій НЗ-20 при модернізації зерноочисних комплексів.

3.2. Підготовка норії НЛК-Ф-10 до роботи.

Підготовка норії НЛК-Ф-10 до роботи починається з ретельного візуального огляду. Перевіряють надійність кріплення болтових з'єднань, стан приводної та натяжної станцій, а також цілісність кожухів.

Важливий крок – контроль натягу стрічки. Вона не повинна провисати або зміщуватися від центру барабана. Далі перевіряють стан ковшів: вони мають бути міцно зафіксовані й не зачіпати внутрішні стінки шахти.

Обов'язково контролюють рівень мастила в редукторі та змащують підшипникові вузли. Перед запуском вручну повертають механізм, щоб переконатися у відсутності заклинювань.

Завершують підготовку тестовим пуском вхолосту. Якщо немає сторонніх шумів, вібрацій та запаху тертя, норію вважають готовою до завантаження зерна [5,7,8,10,22].

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3.3. Контроль якості транспортування зерна.

Контроль якості транспортування зерна норією спрямований на мінімізацію травмування насіння та запобігання його просипанню. На початковому етапі регулюють швидкість стрічки й зазори в завантажувальному черевіку, що забезпечує плавне зачерпування маси без дроблення зернівок. У процесі роботи оператори здійснюють візуальний моніторинг рівномірності подачі та перевіряють стан ковшів і центрирування полотна для уникнення тертя. На виході з головки норії контролюють траєкторію висипання, мінімізуючи зустрічні удари об стінки кожуха. Періодичний відбір проб із випускного патрубку дозволяє оперативно оцінити відсоток битого зерна та наявність сміттєвих домішок [5,7,8,10,22].

3.4. Операційна карта на транспортування зерна (табл. 3.3)

Таблиця 3.3

Операційна карта транспортування зерна від завальної ями до зерноочисних машин

№ операції	Найменування операції	Засоби механізації	Продуктивність
1	Підготовка зерноочисного агрегату до роботи. Проведення технічного обслуговування.	ЗАВ-20	—
2	Приймання зерна в завальну яму	Завальна яма ЗАВ-20	20
3	Забір зерна черевиком норії	Норія НЛК-Ф-10	20
4	Вертикальне транспортування зерна	Норія НЛК-Ф-10	20
5	Вивантаження зерна у верхній голові	Норія НЛК-Ф-10	20
6	Подача зерна до зерноочисної машини	Самопливні труби	20
7	Надходження зерна на очищення	ЗАВ-20	20
8	Контроль якості	Норія НЛК-Ф-10. ЗАВ-20	20

Технологічний процес є безперервним і забезпечує рівномірне завантаження зерноочисних машин.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Висновки по розділу. У розділі виконано розрахунок операційної карти транспортування 2624 т озимої пшениці від завальних ям до зерноочисних машин агрегату ЗАВ-20. Встановлено, що обидві норії забезпечують продуктивність 20 т/год та виконують однаковий обсяг транспортної роботи – 28864 т·м. Водночас норія НЛК-Ф-10 споживає 288,64 кВт·год електроенергії проти 393,6 кВт·год у НЗ-20. Економія становить 104,96 кВт·год або 26,67 %, що підтверджує вищу енергоефективність проєктного варіанта та доцільність його впровадження у виробництво.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

4. Інженерна частина.

4.1. Стан питання про машину

4.1.1. Призначення машини

Зернова норія НЛК-Ф-10 є важливим транспортним механізмом зерноочисного агрегату, призначеним для вертикального переміщення зернової маси. Її робота забезпечує безперервну подачу зерна від завальної ями до очисних машин. Використання норії дозволяє зменшити втрати продукції, підвищити продуктивність обладнання та оптимізувати технологічний процес очищення. Завдяки надійності й простоті експлуатації норія широко застосовується на зернопереробних, кормоприготувальних і сільськогосподарських підприємствах.

4.1.2. Будова та процес роботи плуга

Конструкція норії базується на трьох ключових елементах: приводній головці, нижньому черевіку з ковшами та з'єднувальних секціях труб (рис. 4.1).

Верхня частина норії (головка) оснащена мотор-редуктором. Його зафіксовано за допомогою болтових з'єднань на підмоторній плиті, яка, зі свого боку, прикручена до опорної рами. У підшипникових опорах головки розміщено ведучий барабан. Обертальний момент від силового агрегату (мотор-редуктора) передається на ведучий вал з барабаном через ланцюгову передачу. Башмак норії

Нижня станція, або черевик, містить такі конструктивні вузли: захисний кожух, вал барабана, що обертається у підшипникових вузлах, ведений (натяжний) барабан, натяжний механізм, завантажувальні (приймальні) бункери та регулювальні засувки.

Слід зазначити, натяжний пристрій виконує подвійну функцію: забезпечує необхідний натяг робочої стрічки та дозволяє відцентрувати барабан, що запобігає зісковзуванню чи зсуву стрічки вбік.

Роль тягового елемента виконує транспортерна стрічка розміщується навколо двох головних барабанів: верхнього приводного та нижнього веденого (натяжного). Суцільність стрічки забезпечується спеціальних з'єднувальними

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рис. 4.1. Норія НЛК-Ф-10

накладками. Безпосереднє переміщення зерна здійснюють робочі органи – ковші, які жорстко зафіксовані на стрічці спеціальними болтами.

Обертання ведучого вала разом із приводним барабаном забезпечується мотор-редуктором через зірочки та ланцюг.

4.1.3. Заходи по удосконаленню норії.

Практична експлуатація цієї норії виявила кілька суттєвих конструктивних і технологічних недоліків. Серед них варто виділити високу металомісткість обладнання, надмірний рівень шуму, що супроводжується роботою ланцюгової передачі приводного вузла, а також низький експлуатаційний ресурс самого ланцюга. Останній фактор зумовлений інтенсивним проникненням пилу в шарнірні з'єднання, що прискорює їх знос.

Для усунення вказаного пропонується технічне переоснащення приводу норії. Проектне рішення передбачає заміну базової ланцюгової передачі на пасове з'єднання (із використанням клинових пасів). Така модернізація забезпечить:

- зниження загальної матеріаломісткості вузла;
- суттєве підвищення експлуатаційної надійності приводного механізму;

- покращення умов роботи обслуговуючого персоналу завдяки мінімізації акустичного навантаження (шуму).

4.2. Технологічні розрахунки.

4.2.1. Визначення діаметру верхнього (ведучого) барабана.

Даний параметр розраховуємо з виразу [6,7,8,10,22]

$$D = \sqrt{\frac{h \cdot v^2}{g}} \quad (4.1)$$

де $h = (0,75 - 1,25)$ - полюсна відстань.

$$D = \sqrt{\frac{0,76 \cdot 1,8^2}{9,81}} = 0,50 \text{ м}$$

Обираємо діаметр барабану $D = 0,5 \text{ м}$

4.2.2. Розрахунок параметрів ковша

Ємність ковша i при продуктивності норії $Q = 20 \text{ м}^3 / \text{год}$ визначиться [6,7,8,10,22]

$$i = \frac{Q \cdot a}{3,6 \cdot v \cdot \psi \cdot \gamma} \quad (4.2)$$

де $a = 0,146 \text{ м}$ – крок ковшів;

$v = 1,8 \text{ м} / \text{с}$ – швидкість стрічки, м/с;

$\gamma = 0,715 \text{ т} / \text{м}^3$ - насипна щільність вороху пшениці озимої [6,7,8,10,13,22];

$\psi = 0,82$ - коефіцієнт заповнення ковша [6,7,8,10,22]

Деякі конструктивні параметри прийнято з технічної документації від виробника

Тоді

$$i = \frac{20 \cdot 0,146}{3,6 \cdot 1,8 \cdot 0,82 \cdot 0,715} = 0,88 \text{ л}$$

Приймаємо значення ємності ковша - $i = 1,25 \text{ л}$.

Виліт ковша [6,7,8,10,22]

$$L = \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda_1}{2,16 \cdot \lambda_2 \cdot \gamma \cdot v \cdot \psi}} \quad (4.3)$$

де λ_1, λ_2 - коефіцієнти, $\lambda_1 = 0,15 - 0,25$, $\lambda_2 = 1,25 - 2,05$ [6,7,8,10,22].

Тоді

$$L = \sqrt{\frac{20 \cdot 0,18}{2,16 \cdot 1,9 \cdot 0,715 \cdot 1,8 \cdot 0,72}} = 0,122 \text{ м}$$

Призначаємо $L = 125 \text{ мм}$

Ширину ковша $B = 160 \text{ мм}$ обираємо врахувавши рекомендації [6,7,8,10,22].

Радіус денця ковша r_k буде [6,7,8,10,22]

$$r_{ок} = 0,294 \cdot 125 = 36,8 \text{ мм}$$

Обчислимо висоту передньої стінки [6,7,8,10,22]

$$l = 0,75 \cdot L \quad (4.4)$$

$$l = 0,75 \cdot 125 = 93,7 \text{ мм}$$

Обчислимо висоту задньої стінки [6,7,8,10,22]

$$h = (1,25 \dots 1,75) r_{ок} \quad (4.5)$$

$$h = 1,65 \cdot 36,8 = 60,7 \text{ мм}$$

4.2.3. Вибір мотор - редуктора

Для розрахунку скористаємося кінематичною схемою (рис. 4.2)

Кутова швидкість верхнього (ведучого) барабану [6,16]

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (4.6)$$

де $r = 0,25 \text{ м}$ - радіус барабану

$$\omega = \frac{1,8}{0,25} = 7,2 \text{ рад / с}$$

Частота обертання барабана [6,16]

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad (4.7)$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot 7,2}{3,14} = 68,8 \text{ об / хв}$$

Для забезпечення працездатності привода норії обрано циліндричний співвісний мотор-редуктор типу 1МЦ2С-80-71ЦУЗ (відповідно до ГОСТ 20754-75). Дана модель має міжосьову відстань 80 мм , забезпечує номінальну частоту обертання вихідного вала $n_1 = 71 \text{ об / хв}$ та виконана з циліндричним кінцем вала

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

(Ц). Він може забезпечити максимальний вихідний обертовий момент

$$M_{\max}^p = 564 Hm$$

Потужність електродвигуна мотор-редуктора норії [6,16]

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot k}{367 \cdot \eta}$$

де $H = 11,5m$ – висота підйому зерна

$\eta = 0,70 - 0,85$ - ККД норії.

$k = 1,15 - 1,25$ - коефіцієнт, що враховує додаткові опори.

Тоді

$$N = \frac{20 \cdot 11,5 \cdot 1,25}{367 \cdot 0,75} = 1,045 kVt$$

З урахуванням запасу потужності 20–30%, маємо

$$N_{\text{дв}} = N \cdot (1,2 - 1,3) = 1,045 \cdot 1,3 = 1360 Vt = 1,36 kVt$$

За рекомендаціями виробника, за умовами можливого пікового перевантаження попередньо приймаємо стандартний електродвигун потужністю

$$N_{\text{дв}} = 2,2 kVt.$$

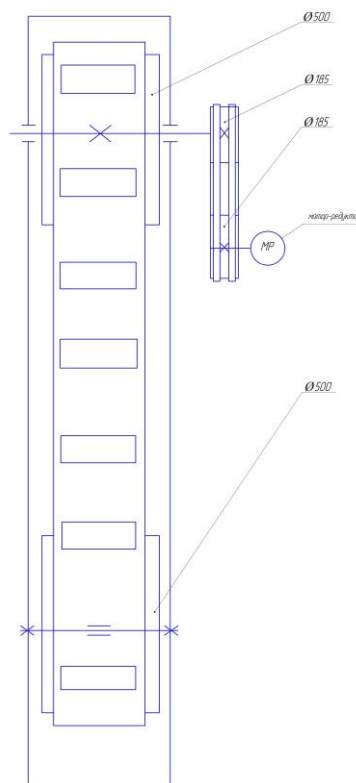


Рис 4.2. Кінематична схема приводу норії

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Необхідний крутний момент на валу ведучого барабана норії

$$M_{кр}^6 = \frac{N}{\omega} \quad (4.8)$$

$$M_{кр}^6 = \frac{2200}{7,02} = 313,4 Нм$$

4.2.4. Розрахунок клинопасової передачі.

У проєктованій передачі використовуються клинові кордтканеві паси нормального перерізу Б, що відповідають вимогам ГОСТ 1284.3-80 [6,16].

Передаточне число передачі

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{71}{68,8} = 1,03 \quad (4.9)$$

Згідно з рекомендаціями [6,16], для пасової передачі $i \leq 6$, необхідні умови дотримані. Діаметр меншого шківa приймемо відповідно до вимог ГОСТ 1284.3-80 і становить $d_1 = 0,185 м$. Діаметр більшого шківa, враховуючи відносне ковзання паса $\xi = 0,015 м$ розрахуємо за формулою

$$d_2 = i \cdot d_1 (1 - \xi), \quad (4.10)$$

$$d_2 = 1,03 \cdot 0,185 (1 - 0,015) = 0,187 м$$

Приймаємо $d_2 = 0,185 м$, зазначений діаметр відповідає основному ряду ГОСТ 1284.3-80.

Таким чином, для обох шківів приймаємо однаковий діаметр, що становить $185 мм$.

Виходячи з конструктивних міркувань, міжосьова відстань вибирається рівною $480 мм$.

Розрахункова довжину паса для випадку коли діаметри шківів рівні [6,16]

$$l = 2 \cdot a_0 + \pi \cdot d \quad (4.11)$$

$$l = 2 \cdot 480 + 3,14 \cdot 185 = 1540 мм = 1,54 м$$

Кут охоплення шківa меншого діаметра пасом

Через те, що обидва шківи однакового діаметру, то охоплення шківів пасом дорівнює 180° .

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Для клинопасових передач рекомендуємо значення приймають $\alpha \geq 120^\circ$ [6,16]. Зазначена умова виконується.

Швидкість пасу

$$V = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{\pi}, \quad (4.12)$$

$$V = \frac{7,1 \cdot 0,185}{3,14} = 0,418 \text{ м/с}$$

Необхідну кількість пасів Z визначаємо шляхом розрахунку передачі на тягову спроможність.

Потужність, яку здатен передати один пас при $i=1$, $n_1 = 7106 / \text{хв}$ дорівнює $P_0 = 0,81 \text{ кВт}$

$$Z \leq \frac{K_\alpha \cdot P_1}{P_0 \cdot K_\alpha \cdot K_e \cdot K_z} \quad (4.13)$$

де $P_1 = 2,2 \text{ кВт}$ – потужність, яку передає ведучий шків;

$K_\alpha = 1,0$ – коефіцієнт кута обхвату;

$K_e = 1,1$ – коефіцієнт довжини пасу;

$K_z = 0,95$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантажень.

Тоді

$$Z \leq \frac{1,0 \cdot 2,2}{0,81 \cdot 0,98 \cdot 1,1 \cdot 0,95} = 1,88$$

Призначаємо $Z = 2$.

Перевірка пасу на довговічність

$$\eta_n = \frac{V}{l} \leq [\eta_n] \quad (4.14)$$

де η_n – дійсне значення частоти пробігів пасу, с^{-1} ;

$[\eta_n] \leq 5 \text{ с}^{-1}$ – допустим значення частоти пробігів пасу

$$\eta_n = \frac{0,418}{1,54} = 0,27 \text{ с}^{-1} \leq 5 \text{ с}^{-1}$$

Умова виконується.

Визначимо параметри шківів, зауваживши, що їх виготовлено з сірого чавуну СЧ15 ГОСТ 1412-85.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розміри канавок обираємо по ГОСТ 20898-80 (рис 4.3). Параметри шківів однакові: $e = 0,0035\text{ м}$, $l = 0,0125\text{ м}$, $t = 0,016\text{ м}$, $S = 0,01\text{ м}$, $\varphi_1 = 36^\circ$, $e_1 = 0,0133\text{ м}$ [6,16].

Зовнішній d_n і внутрішній d_e діаметри шківів

$$d_n = d_1 + 2 \cdot e \quad (4.15)$$

$$d_n = 0,185 + 2 \cdot 0,0035 = 0,192\text{ м}$$

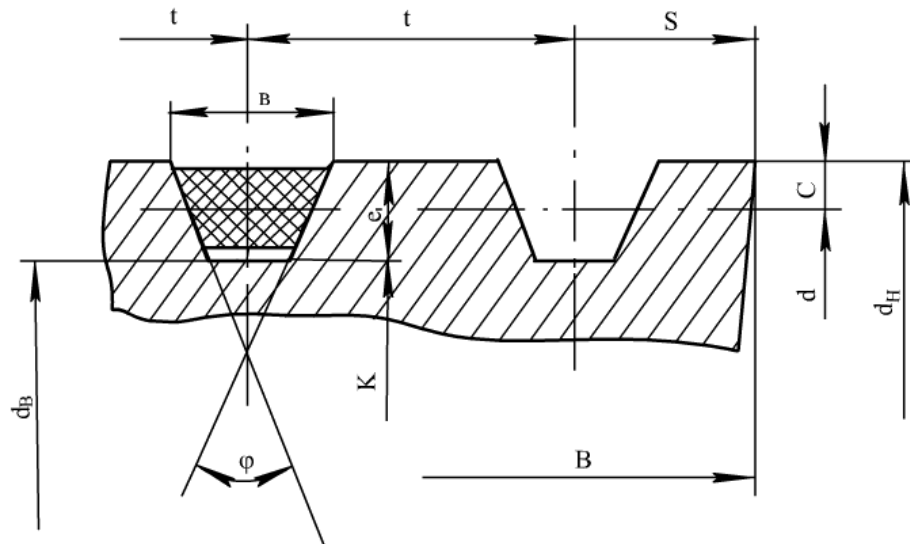


Рис. 4.3. Параметри шківів.

Ширину ободу шківів [6,16]

$$B = (z - 1) \cdot t + 2 \cdot S, \quad (4.16)$$

$$B = (2 - 1)0,016 + 2 \cdot 0,01 = 0,036\text{ м}$$

Товщини ободів шківів $K = 0,007\text{ м}$.

Так як діаметри шківів незначні, його можна виготовити з диском.

Товщина диска $D = 0,008\text{ м}$.

Зовнішній діаметр маточини d_e і довжину l розраховуємо

$$d_e = 2 \cdot d_{e1}, \quad (4.17)$$

де $d_{e1} = 0,028\text{ м}$ – діаметр вихідного вала мотор-редуктора

$$d_{e1} = 2 \cdot 0,028 = 0,056\text{ м}$$

$$l_{м1} = B/3 + d_{e1} \quad (4.18)$$

$$l_{м1} = 0,036/3 + 0,028 = 0,04\text{ м}$$

Обчислимо натяг в гілках одного пас

$$S_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot K_d \cdot K_e}{Z \cdot V \cdot K_\alpha} + \theta \cdot V^2, \quad (4.19)$$

де V – швидкість пасу, м/с;

$\theta = 0,1$ – коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил, $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$.

Тоді

$$S_0 = \frac{850 \cdot 2,2 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,418 \cdot 0,98} + 0,1 \cdot 0,418^2 = 2761,8 \text{ Н}$$

Сила, яка діє на вал

$$F_n = 2 \cdot S_0 \cdot \sin \frac{\alpha}{Z} \quad (4.20)$$

$$F_n = 2 \cdot 2761,8 \cdot \sin \frac{180}{2} = 5523,6 \text{ Н}$$

Робочий ресурс, год., спроектованої клинопасової передачі [6,16]

$$H_0 = N_{oc} \cdot \frac{L_p}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1}, \quad (4.21)$$

де $N_{oc} = 4,6 \cdot 10^6$ – число циклів роботи пасом перерізу А.

З урахуванням того, що

$$L_p = 2 \cdot l$$

отримаємо:

$$H_0 = 4,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{2 \cdot 1,54}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,185 \cdot 71} = 5725,3 \text{ год}$$

Таким чином, отриманий результат можна вважати задовільним, оскільки він відповідає вимозі щодо мінімального напрацювання на відмову, що становить 300 годин.

4.3. Розрахунки на міцність

4.3.1. Розрахунок на міцність ведучого вала норії

Для виготовлення вала обираємо нормалізовану сталь 45 відповідно до ГОСТ 1050-88. Діаметр вала в зоні встановлення шківів визначаємо з умови передачі необхідного крутного моменту [6,16].

$$d_{\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{T_{кр}}{0,2[\tau]}}, \quad (4.22)$$

$$\text{де } T_{кр} = 9550 \frac{N_{\epsilon}}{n_{\epsilon}}$$

$$N_{\epsilon} = N_q \cdot \eta_n \cdot \eta_{ред}, \quad (4.23)$$

де N_{ϵ} - потужність на ведучому валу

η_n - ККД пасової передачі;

N_q - потужність двигуна;

$$N_{\epsilon} = 2,2 \cdot 0,95 \cdot 0,88 = 1,84 \text{ кВт}$$

$n_{\epsilon} = 68,8 \text{ об/хв}$ – частота обертання ведучого вала;

$[\tau] = 15 \text{ МПа}$ – допустиме напруження кручення;

$$T_{кр} = 9550 \frac{1,84}{68,8} = 255,4 \text{ Нм}$$

$$d_{\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{255,4 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 38,7 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\epsilon} = 40 \text{ мм}$

Посадкові діаметри вала (під барабан і підшипники).

$$d_n = d_{\epsilon} + 10 = 40 + 10 = 50 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_n = 50 \text{ мм}$;

Наведемо розрахункову схему (рис. 4.4).

На вал діють такі сили:

Q – сила, що діє на вал від пасової передачі;

$$828,6 + 7456,8 - 2761,8 - 5523,6 = 0$$

P – навантаження на вал з боку норійної стрічки береться з виконаних раніше розрахунків, $P = 2761,8 \text{ Н}$

Визначаємо реакції опор R_r і R_d

$$\sum M_{(Г)} = 0$$

$$R_C(a+b) - Q \cdot l = 0$$

$$R_C = \frac{Q \cdot l + P \cdot a}{a+b}$$

$$R_C = \frac{5523,6 \cdot 0,33 + 2761,8 \cdot 0,15}{0,3} = 7456,8H$$

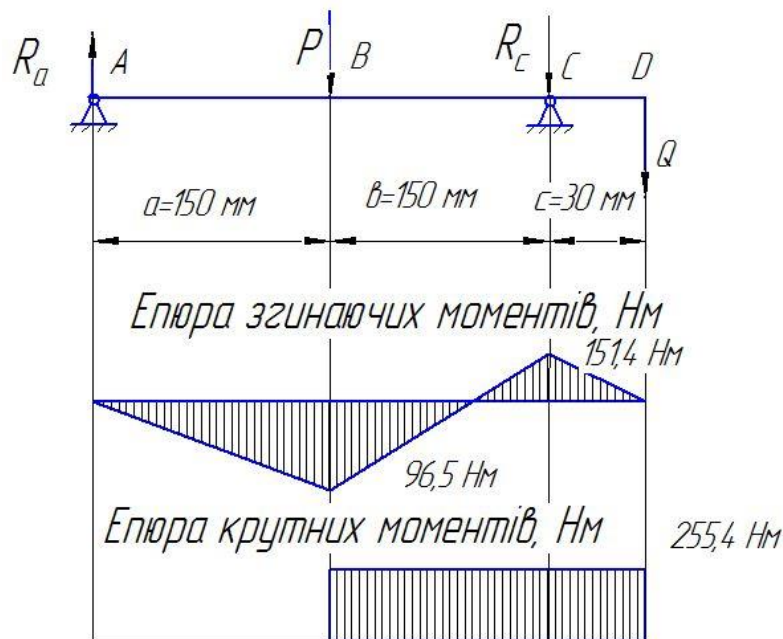


Рис. 4.4. Схема навантаження ведучого вала.

$$\sum M_{(C)} = 0$$

$$R_A(a+b) - P \cdot b + Q \cdot c = 0$$

$$R_A = \frac{P \cdot b - Q \cdot c}{a+b}$$

$$R_A = \frac{2761,8 \cdot 0,15 - 5523,6 \cdot 0,03}{0,3} = 828,6H$$

Перевірка:

$$R_A + R_C - P - Q = 0$$

$$643,4 + 6700 - 5047,4 - 2296 = 0$$

Реакції обчислені вірно.

Для побудови епюри згинальних моментів обчислюємо їхні значення у характерних перерізах вала

$$M_{зг(A)} = 0$$

$$M_{32(B)} = R_A \cdot a = 643,4 \cdot 0,15 = 96,5 \text{ Нм}$$

$$M_{32(C)} = Q \cdot c = 5047,4 \cdot 0,03 = 151,4 \text{ Нм}$$

$$M_{32(D)} = 0$$

Максимальний згинальний момент знаходиться в перерізі C

$$M_{32(B)} = M_{\max 1} = 96,5 \text{ Нм}$$

$$M_{32(C)} = M_{\max 2} = 151,4 \text{ Нм}$$

Перевіримо запас міцності в перерізі B

Допустимий запас стійкості $[n] = 3$

Параметри сталі 45 ГОСТ 1050-88 [6,16]

$$\sigma_s = 610 \text{ МПа}; \quad \sigma_T = 360 \text{ МПа}; \quad \tau_T = 210 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{-1} = 270 \text{ МПа}; \quad \tau_{-1} = 150 \text{ МПа}; \quad \psi_\sigma = 0,1; \quad \psi_\tau = 0,05$$

Концентрація напружень у перерізі зумовлена наявністю шпонкового паза, виконаного пальцевою фрезою.

Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень та приймаємо їхні значення: $k_\sigma = 1,76$ $k_\tau = 1,56$

Визначаємо масштабний коефіцієнт для умов згину та кручення вала зі сталі 45, враховуючи його діаметр $d_n = 50 \text{ мм}$; $\varepsilon_\sigma = 1,78$ $\varepsilon_\tau = 0,78$ [6,16]

Коефіцієнт стану поверхні при шорсткості $K_a = 1,58$ [6,16]

$$K_\sigma^n = K_\lambda^n = 1,05$$

Коефіцієнти, що враховують чутливість матеріалу до концентрації напружень

$$K_{\sigma D} = \frac{K_\sigma + K_{\sigma-1}^n}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,76 + 1,05}{1,78} = 1,58 \quad (4.24)$$

Запас міцності по нормальних напруженнях

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma C} \cdot \sigma_a} = \frac{270}{1,58 \cdot 19,4} = 8,8 \quad (4.25)$$

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{\max}}{W_0} \quad (4.26)$$

де $W_0 = 7800 \text{ мм}^3$ – осьовий момент опору

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$\sigma_a = \sigma = \frac{151,4 \cdot 10^3}{7800} = 19,4 \text{ МПа}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями.

Напруження кручення [6,16]

$$\tau = \frac{T_{кр}}{W_p} \quad (4.27)$$

$$\tau = \frac{255,4 \cdot 10^3}{16740} = 15,3 \text{ МПа}$$

$W_p = 16740 \text{ мм}^3$ – полярний момент інерції

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{15,3}{2} = 7,65 \text{ МПа}$$

Запас міцності по дотичних напруженнях

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_a + \psi \cdot \tau_m} \quad (4.28)$$

$$n_\tau = \frac{150}{1,57 \cdot 7,65 + 0,05 \cdot 7,65} = 12,1$$

Загальний запас міцності

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} \quad (4.29)$$

$$n = \frac{8,8 \cdot 12,1}{\sqrt{8,8^2 + 12,1^2}} = 7,11 > [n] = 3,7, 1$$

Втомна міцність у точці В забезпечена

Перевірка статичної міцності.

Оскільки діаметри вала в зоні В і С однакові, а згинаючий момент у перерізі С більший ніж у перерізі В, то перевірку міцності слід виконувати для перерізу С.

Зважаючи на те, що діаметри вала в зонах В та С однакові, а згинальний момент у перерізі С більший, ніж у перерізі В, перевірку на міцність доцільно виконувати саме для перерізу С.

Номінальні напруження у перерізі В

$$\sigma_{32} = \frac{32 M_{\max}}{\pi \cdot d^3} \quad (4.30)$$

$$\sigma_{32} = \frac{32 \cdot 151,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 50^3} = 12,3 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{16T_{кр}}{\pi \cdot d^3} \quad (4.31)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 255,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 50^3} = 10,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_{32}^2 + 4\tau^2} \quad (4.32)$$

$$\sigma_E = \sqrt{12,3^2 + 4 \cdot 10,4^2} = 21,1 \text{ МПа}$$

Максимальне розрахункове напруження при короткочасному перевантаженні [6,16]

$$\sigma_{E \max} = \sigma_E \cdot K_n \leq [\sigma]_E \quad (4.33)$$

$K_n = 2,2$ – коефіцієнт короткочасних перевантажень

Допустиме еквівалентне напруження $[\sigma]_E = 0,8\sigma_T = 0,8 \cdot 360 = 290 \text{ МПа}$

$$\sigma_{E \max} = 21,1 \cdot 2,2 = 46,4 \text{ МПа} < [\sigma]_E$$

Статичної міцності забезпечена.

Висновки по розділу. У даному розділі виконано стислий аналіз конструкції та принципу роботи зернової норії НЛК-Ф-10. Для усунення виявлених недоліків базової моделі – підвищеного шуму та низького ресурсу ланцюга в запиленому середовищі – запропоновано модернізацію привода шляхом впровадження клинопасової передачі. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні геометричні параметри ковшів, шківів та підібрати відповідний мотор-редуктор. Перевірочні розрахунки ведучого вала на втомну і статичну міцність підтвердили надійність, довговічність та високу експлуатаційну спроможність оновленого вузла.

5. Охорона праці.

5.1 Аналіз умов праці при механізованому вирощуванні озимої пшениці та роботі зерноочисного агрегату

Вирощування озимої пшениці пов'язане з виконанням комплексу механізованих технологічних операцій, які включають обробіток ґрунту, сівбу, внесення добрив, захист рослин, збирання врожаю та післязбиральну обробку зерна. У процесі виконання зазначених робіт на працівників діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть негативно впливати на їх здоров'я та працездатність.

Основними небезпечними факторами під час експлуатації сільськогосподарської техніки є рухомі та обертові частини машин і механізмів, підвищений рівень шуму і вібрації, пил тощо.

Під час очищення зерна на зерноочисних агрегатах додатково виникають небезпеки, пов'язані з роботою транспортувальних механізмів, зернових норій, вентиляторів та приводів. Значну загрозу становить зерновий пил, концентрація якого у виробничому приміщенні може перевищувати допустимі норми та створювати ризик професійних захворювань органів дихання [1,17].

5.2 Вимоги безпеки під час виконання технологічних операцій.

Під час обслуговування зерноочисного агрегату всі ремонтні та регулювальні роботи повинні виконуватися лише після повної зупинки обладнання та відключення його від джерела електроживлення. На пускових пристроях необхідно вивішувати попереджувальні плакати із заборonoю вмикання обладнання [1,17].

5.3 Заходи безпеки при експлуатації удосконаленої зернової норії

Зернова норія належить до обладнання підвищеної небезпеки через наявність рухомих елементів та значну висоту конструкції. Для забезпечення безпечної експлуатації всі приводні механізми повинні бути закриті металевими захисними кожухами.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Черевик та головка норії повинні бути обладнані ревізійними люками, які відкриваються лише після повної зупинки механізму. Забороняється очищення ковшів, стрічки або інших елементів під час роботи обладнання.

Удосконалена конструкція норії передбачає більш рівномірне завантаження ковшів та зниження ймовірності заклинювання транспортуючого органа. Це сприяє підвищенню безпеки експлуатації та зменшує ризик аварійних ситуацій.

Для запобігання травмуванню персоналу необхідно встановлювати аварійні вимикачі, які забезпечують швидке відключення приводу в разі виникнення небезпечної ситуації. Періодично слід контролювати натяг стрічки, стан ковшів та кріпильних елементів [1,17].

5.4 Електробезпека

Зерноочисні агрегати та норії оснащуються електродвигунами, тому важливим елементом охорони праці є забезпечення електробезпеки. Усі металеві частини електрообладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені.

Електричні мережі мають бути обладнані автоматичними вимикачами та пристроями захисного відключення. Перевірка опору заземлювальних пристроїв проводиться відповідно до встановленого графіка.

Обслуговування електрообладнання дозволяється лише працівникам, які мають відповідну групу допуску з електробезпеки. Виконання ремонтних робіт під напругою забороняється [1,17].

5.5 Пожежна безпека

Виробничі приміщення зерноочисних пунктів належать до об'єктів із підвищеною пожежною небезпекою через наявність великої кількості органічного пилу та горючих матеріалів. Для попередження виникнення пожеж необхідно регулярно очищати обладнання та приміщення від пилу.

Забороняється використання відкритого вогню, паління та проведення зварювальних робіт без спеціального дозволу. Електрообладнання повинно відповідати вимогам пожежної безпеки та утримуватися у справному стані.

Приміщення зерноочисного комплексу повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння: порошковими та вуглекислотними вогнегасниками, пожежними щитами, ящиками з піском та засобами оповіщення про пожежу [1,12,17].

5.6 Заходи щодо покращення умов праці

Для створення безпечних умов праці необхідно забезпечити ефективну вентиляцію виробничих приміщень, що дозволяє знизити концентрацію пилу в повітрі робочої зони. Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, окулярами та респіраторами.

Важливе значення має проведення регулярних інструктажів з охорони праці, навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях та контроль за дотриманням вимог безпеки [1,17].

Висновки по розділу. Впровадження комплексу організаційних і технічних заходів з охорони праці під час механізованого вирощування озимої пшениці та експлуатації удосконаленої зернової норії забезпечує зниження виробничого травматизму, підвищення безпеки працівників і створення належних умов праці.

6. Висновки.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності механізованої технології вирощування озимої пшениці шляхом удосконалення зерноочисного агрегату ЗАВ-20 та модернізації зернової норії, яка забезпечує транспортування зернової маси в процесі післязбиральної доробки.

У результаті аналізу сучасної технології вирощування озимої пшениці встановлено, що якість і своєчасність виконання механізованих операцій мають вирішальний вплив на формування врожайності культури та збереження її товарних і посівних властивостей. Особливе значення в технологічному ланцюгу має післязбиральна обробка зерна, від надійності якої залежить ефективність роботи всього зерноочисного комплексу.

Проведено аналіз конструкцій норій, які використовуються у складі агрегатів типу ЗАВ-20. Встановлено, що штатна норія НЗ-20 характеризується підвищеним енергоспоживанням та недостатньою ефективністю роботи в умовах транспортування вологого і засміченого зерна. Для усунення виявлених недоліків запропоновано застосування норії НЛК-Ф-10, яка має покращені експлуатаційні характеристики та забезпечує більш раціональне використання енергетичних ресурсів.

У технологічній частині роботи виконано порівняльний розрахунок транспортного процесу для базового та проектного варіантів. Встановлено, що при транспортуванні 2624 т зерна на висоту 11,5 м обидві норії забезпечують необхідну продуктивність 20 т/год, однак модернізований варіант дозволяє суттєво знизити витрати електроенергії. Загальна економія становить 104,96 кВт·год, що відповідає зменшенню енергоспоживання на 26,67 %. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження проектного рішення у виробничих умовах.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

В інженерній частині досліджено конструкцію норії НЛК-Ф-10 та розроблено заходи щодо її удосконалення. З метою підвищення надійності привода запропоновано замінити ланцюгову передачу на клинопасову. Виконані розрахунки дали змогу визначити основні конструктивні параметри привода, обґрунтувати вибір мотор-редуктора, розрахувати шків, паси та ведучий вал. Перевірочні розрахунки підтвердили забезпечення необхідного запасу міцності, працездатності та довговічності всіх елементів модернізованої конструкції.

У розділі з охорони праці проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають під час механізованого вирощування озимої пшениці та експлуатації зерноочисного обладнання. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення безпеки праці, зниження рівня виробничого травматизму та покращення умов роботи персоналу.

Таким чином, поставлена мета бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнута повністю. Запропонована модернізація зернової норії забезпечує підвищення енергоефективності, надійності та експлуатаційних показників зерноочисного агрегату ЗАВ-20, що створює передумови для зниження виробничих витрат і підвищення ефективності післязбиральної доробки зерна озимої пшениці.

Список використаної літератури.

1. Березуцький В. В. Охорона праці : навчальний посібник. Харків : Факт, 2021. 480 с.
2. Біологічні і морфологічні особливості озимої пшениці. URL: <https://studfile.net/preview/11163651/page:4>.
3. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.
4. Гевко Б. М. Транспортуючі машини : підручник. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 232 с.
5. Дереза О. О. Машини безперервного транспорту : [навч. посіб. / монографія тощо] / О. О. Дереза ; Таврійський державний агротехнологічний університет. — Мелітополь : ТДАТУ, 2016. — 108 с.
6. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684с.
7. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
8. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини. Київ : Вища школа, 1993. 413 с.
9. З якими добривами сіяти озиму пшеницю. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/s-kakimi-udobreniyami-seyat-ozimuyu-pshenicu>.
10. Куценко П. С., Степанов О. В. Підйомно-транспортні машини : підручник для студ. вищ. навч. закл. – Київ : Вища школа, 1993. – 384 с.
11. Лихочвор В. В., Петричук Р. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.
12. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ: МВС України, 2014. – 98 с.
13. Озима пшениця. URL: <https://buklib.net/books/30110>.

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

14. Озима пшениця: характеристика, посів, збирання і зберігання. URL: https://aopplatforma.com/blog/winter-wheat-characteristics-sowing-harvesting-storage?srsltid=AfmBOorKJOLbj9chv06CvpBtdqiffxPYgs1tcRS_2pr7hUY_22wRYG0z.

15. Основи агрономії: Навчальний посібник / Левицька Ю.М., Шевніков М.Я., Бакума А.В. – К.: Аграрна освіта, 2008.

16. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник.-К.: Вища шк., 1993.-556 с.

17. Правила охорони праці під час виробництва і зберігання продукції рослинництва: НПАОП 01.1-1.07-14. – Київ: Держгірпромнагляд, 2014. – 62 с.

18. Продуктивність пшениці озимої залежно від попередників. URL: <https://www.agronom.com.ua/produktyvnist-pshenytsi-ozymoyi-zalezho-vid-poperednykiv>.

19. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г. та ін. К.: "Агроосвіта", 2015. 679 с.

20. Сисолін П.В., Петренко М.М. Свірень М.О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень / За ред. М.І. Черновола. – К.: Фенікс, 2007.-432 с.

21. Технології очистки зерна: етапи і обладнання. URL: <https://agrobusiness.com.ua/tekhnohiiia-ochystky-zerna-etapy-i-obladnannia>.

22. Тіщенко Л. М. Теорія і розрахунок зерноочисних машин та елеваторів : монографія. – Харків : Міськдрук, 2011. – 480 с.

23. Удобрення озимої пшениці. URL: <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/83-udobrennia-ozymoi-pshenytsi.html>

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ДОДАТКИ

					МВОП 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

					МВОП 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48