

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет аграрної інженерії та екології
Кафедра аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

на тему:
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ
ЗЕРНА З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ДОЗУЮЧОГО ПРИСТРОЮ
ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО БУНКЕРА-НАКОПИЧУВАЧА»**

спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Агроінженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АІ- 41
САВІЦЬКИЙ Олександр Олександрович

(підпис)

Керівник: к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« » 20 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Луцьк 2025

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

| | |
|----------------------|---|
| Факультет | <i>аграрних технологій та екології</i> |
| Кафедра | <i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i> |
| Ступінь вищої освіти | <i>бакалавр</i> |
| Галузь знань | <i>20 Аграрні науки та продовольство</i> |
| Спеціальність | <i>208 Агроінженерія</i> |
| Освітня програма | <i>Агроінженерія</i> |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аграрної інженерії
імені професора Г.А. Хайліса
доц., к.т.н. ХОМИЧ Сергій
Миколайович _____

“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Савіцькому Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Удосконалення процесу транспортування зерна з модернізацією дозуючого пристрою перевантажувального бункера-накопичувача

Керівник роботи: Кірчук Руслан Васильович, професор, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від “17” січня 2025 р. № 33/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи

« _____ » _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу бакалавра.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

| | к-сть листів |
|--|--------------|
| 1. Схема удосконаленої технології | - 1 лист |
| 2. Функціональна (принципова) схема машини | - 1 лист |
| 3. Організація робіт або операційно-технологічна карта | - 1 лист |
| 4. Складальне креслення розроблюваного вузла | - 1 лист |
| 5. Робочі креслення деталей | - 1 лист |

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Юхимчук С.Ф., доцент | | |

7. Дата видачі завдання «__» _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Ознайомлення з матеріалами і літературою | 08.04 – 11.04.2025 р. | |
| 2 | Формування вихідних даних, мети та завдання виконання кваліфікаційної роботи | 12.04 – 18.04.2025 р. | |
| 3 | Розробка рекомендації з покращення (удосконалення) технології | 19.04 – 25.04.2025 р. | |
| 4 | Розрахунки параметрів машини і вузла, які проектуються | 26.04 – 01.05.2025 р. | |
| 5 | Розробка функціональної (кінематичної) і принципової схем машини | 02.05 – 08.05.2025 р. | |
| 6 | Розробка конструкції вузла і його деталей | 09.05 – 15.05.2025 р. | |
| 7 | Розробка питань охорони праці та довкілля | 16.05 – 22.05.2025 р. | |
| 8 | Оформлення пояснюючої записки | 23.05 – 29.05.2025 р. | |
| 9 | Нормоконтроль | 30.05 – 03.06.2025 р. | |
| 10 | Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат | до 10.06.2025 р. | |

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Савіцький Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Кірчук Руслан Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

46 ст, 9 рисунків, 1 таблиць, 10 джерел, 2 додат.

ЗАСЛІНКА, БУНКЕР, ТРАНСПОРТУВАННЯ, ПРИВОД,
ПОТУЖНІСТЬ, ШНЕК.

У проекті представлена документація щодо розробки перевантажувального бункера-накопичувача. На основі вихідних даних у проекті сформовані вимоги до проектованої машини, підготовлено технічне завдання, визначено початкові параметри для проектування, обґрунтовано вибір характеристик машини та механізмів горизонтального і вертикального розвантажувальних шнеків. Також побудовано функціональну та принципову схеми, розроблено загальний вигляд вузла.

Проект містить конструкції вузлів та деталей, зокрема захисної шибер-заслінки, висвітлено рекомендації щодо вдосконалення операції транспортування зерна в процесі комбайнового збирання зернових.

| | | | | | | | | |
|-----------------|------------------|----------------|---------------|-------------|--|--|--------------|----------------|
| | | | | | <i>АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ</i> | | | |
| <i>Зм</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | <i>Савіцький</i> | | | | <i>Перевантажувальний бункер-накопичувач</i> | <i>Літера</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | <i>Кірчук</i> | | | | | Б | 3 | 46 |
| <i>Н.контр.</i> | <i>Юхимчук</i> | | | | | <i>ЛНТУ Кафедра АІ ст. гр. АІ-41</i> | | |
| <i>Затверд</i> | <i>Хомич</i> | | | | | | | |

ABSTRACT

pages, figures, tables, literary sources, appendices.

GATE, BUNKER, TRANSPORTATION, DRIVE, POWER, SCREW.

The diploma project presents documentation on the development of an overload hopper-accumulator. Based on the initial data in the project, the requirements for the designed machine are formed, the technical specifications are prepared, the initial parameters for the design are determined, the choice of machine characteristics and mechanisms of horizontal and vertical unloading augers is justified. A functional and schematic diagram is also built, and a general view of the unit is developed.

The project contains designs of units and parts, in particular a protective gate valve, and recommendations are highlighted for improving the operation of grain transportation during the process of grain harvesting by combine harvesters.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗМІСТ

стр

Вступ

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

- 1.1. Особливості збирання зернових культур
- 1.2. Обладнання для транспортування зерна
- 1.3. Аналіз конструкцій машин-аналогів

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

- 2.1. Логістика перевезення та зберігання зерна
- 2.2. Оптимізація збирання врожаю на агропідприємствах
- 2.3. Застосування перевантажувального бункера-накопичувача при збиранні зернових культур

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

- 3.1. Розрахунок кількості транспортних засобів при збиранні зернових культур
- 3.2. Розрахунок шнека горизонтального розвантаження бункера-накопичувача.
- 3.3. Кінематичний розрахунок приводу механізму вивантаження
- 3.4. Розрахунок пальця системи дозування на зріз

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

- 4.1. Правила безпеки під час роботи із зерноочисним обладнанням
- 4.2. Огляд загальних вимог до безпеки
- 4.3. Заходи, що вживають перед початком роботи.....
- 4.4. Вимоги та заборони під час роботи
- 4.5. Охорона довкілля

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Активізація резервів ефективності механізованих процесів і технологій сприяє підвищенню продуктивності праці, забезпечує якість і своєчасність виконання технологічних операцій, що істотно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Застосування енергозберігаючих технологій дозволяє значно покращити економічні показники господарської діяльності.

Оптимальне формування комплексів машин із врахуванням двозмінної організації їхньої роботи забезпечує виконання польових робіт у встановлені агротехнічні строки та зменшує потребу в техніці. Це особливо актуально сьогодні, оскільки дозволяє виділяти більше техніки для обслуговування орендних і фермерських господарств, зокрема для високопродуктивних універсальних машин. Такі машини могли б забезпечувати роботу на значних територіях, спеціалізованих на вирощуванні різноманітних сільськогосподарських культур. Особливу важливість має техніка для збирання та первинного обробітку врожаю. До цієї категорії належать, зокрема, сушильні установки.

Кожен аграрій намагається оптимізувати процес виробництва, щоб забезпечити максимальну прибутковість свого господарства. Важливою частиною цього процесу є контроль втрат під час збирання врожаю.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології збирання зернових культур, а саме транспортування зерна від комбайнів до місця первинної обробки із застосуванням перевантажувальних бункерів-накопичувачів.

Об'єкт дослідження - операція транспортування, завантаження-вивантаження зернових сільськогосподарських матеріалів з використанням перевантажувальних бункерів-накопичувачів.

Предмет дослідження – перевантажувальний бункер-накопичувач та його система дозування зернового потоку.

Завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є:

- аналіз літературних даних та інформації за темою роботи;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

- удосконалити технологію збирання зернових, зокрема операції транспортування зернової маси;
- розробити функціональну схему перевантажувального бункера-накопичувача;
- розрахувати параметри роботи машини;
- розробити складальне креслення шибер-заслінки, що виконує функцію дозування потоку зерна при його вивантаженні з бункера;
- розробити робочі креслення деталей конструкції;
- визначити продуктивність агрегату;
- встановити та окреслити питання охорони праці та довкілля при роботі комплексу із збирання зернових культур.

У кваліфікаційній роботі бакалавра удосконалена технологія збирання зернових, а саме – операція транспортування зерна з використанням бункерів накопичувачів.

Модернізація перевантажувального бункера-накопичувача, а саме системи дозування потоку зерна при його вивантаженні полягає у використанні спеціальної шибер-заслінки, яка залежно від положення, обмежує потік зернової маси на горизонтальний вивантажувальний шнек.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.00.00 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Особливості збирання зернових культур

Збирання врожаю - особливий момент у житті аграріїв, коли всі сили та кошти в господарстві спрямовані на досягнення єдиної мети. Що необхідно знати, щоб виграти цю битву. Щороку збирання зернових дає нам сюрпризи. Як правило, в ці спекотні дні з'ясовується, що до певних ситуацій можна було підготуватися заздалегідь і зустріти їх у всеозброєнні. Один із найбільш значущих моментів – це кваліфікація механізатора. Цей фактор часом має набагато більше значення, ніж потужність найпродуктивнішого комбайна. Добре навчений оператор комбайна здатний збільшити продуктивність техніки на 15-30%. Цілком виправдана практика, коли кожні два-три роки перед початком жнив механізатори проходять інтенсивний тренінг. Це допомагає краще усвідомити основні взаємозв'язки між технологічними процесами, позбавитися стереотипів та освіжити свої знання, що дуже корисно. Рекомендується також максимально використовувати інформацію, що надходить від дилерів і продавців техніки: від них ви завжди дізнаєтеся про щось нове, що дозволяє збільшити частку доданої вартості в загальній вартості продукції, що виробляється.



Рисунок 1.1 – Процес збирання зернових

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

До жнив бажано готуватися заздалегідь. Для полегшення планування корисно відобразити процес збирання на осі часу. Тут позначають моменти початку і приблизну кількість робочих днів, які знадобляться для прибирання кожної культури, що вирощується в господарстві, залежно від продуктивності вашого комбайна. Такий малюнок допоможе виявити найнапруженіші моменти жнив та оцінити потенційні загрози, що, у свою чергу, дозволить уникнути виникнення надзвичайної ситуації.

Ще до початку робіт заручіться підтримкою фірм, що надають послуги з збирання зернових, або познайомтеся з програмами оренди техніки, які пропонують низку компаній. Це дозволить подолати труднощі, впоратися з несприятливими погодними умовами та виляганням посівів, особливо якщо прогнозується високий урожай, а у господарстві своєї техніки не дуже багато.

Простий машин під час збирання врожаю коштує дорого. Наприклад, у Німеччині кожна хвилина простою комбайну коштує приблизно десять євро. Дуже важливо своєчасно організувати профілактику та ремонт прибиральної техніки, привести її у добрий технічний стан. Відкладений ремонт не тільки підвищує витрати часу в дорогоцінні години прибиральної пристрасі, а й може стати причиною збитків. Часто можна почути: "Ну, ця деталь ще постоїть!" Так, якщо було виробило свій ресурс, молотильний апарат може витримати ще один сезон, але його продуктивність буде на 20% нижчою, а у важких умовах збирання він не впорається з навантаженням. Тому рекомендується ще під час збирання скласти список усіх особливостей роботи чи недоліків того чи іншого вузла комбайна. Наступного року такий перелік дозволить зробити ремонтні роботи точковими.

Цілком розумно під час збирання мати під рукою найважливіші витратні матеріали, які можуть терміново знадобитися під час роботи. Це можуть бути ножі, заклепки, болти, «пальці», колосопідйомники, ножі-подрібнювачі та відповідне кріплення. Перевірте і хід запасних ножів ріжучого апарату, оскільки через якийсь час через проникнення пилу та вологи вони починають рухатися важко. Зробивши це заздалегідь, можна запобігти втратам дорогоцінного часу під час прибирання.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

Необхідність використання транспорту під час збирання зернових часто перешкоджає роботі комбайнів на повну потужність. Розвантаження комбайнів на краю поля поглинає близько 20% їхньої продуктивності. Перевірте, чи можна організувати паралельне з роботою комбайна вивіз зерна з поля. Залежно від обставин, використовуйте будь-яку можливість перевірити зерновози у справі.

Ще до збирання можна перевірити чистоту та герметичність кузовів причепів, що є у розпорядженні господарства. Герметичність бортів причепів, призначених для перевезення пшениці, – це одне, а призначених для транспортування олійного насіння ріпаку – зовсім інше. У причепах для вивезення врожаю з полів не повинно бути залишків препаратів для протруювання насіння, а також залишків деревини, піску та будівельного сміття.

Перед початком збирального сезону проведіть генеральне збирання в зерносховищі. Особливо ретельно потрібно вимітати скупчення пилу (там часто можна виявити довгоносиків та інших шкідників), прочищати решітки та прутки всіх вентиляційних отворів та каналів. На закінчення необхідно провести хіміобробку дозволеними препаратами проти шкідників запасів, перевірити стіни, дах, двері та ворота, щоб переконатися у відсутності отворів, через які в зерносховище можуть проникнути гризуни та птиці.

Коли час очікування здачі зерна складу зростає, збільшується час «обігу» машин. Комбайн простоює. Заздалегідь подбайте про підготовку додаткового майданчика для тимчасового зберігання зерна на струмі, щоб не затримувати хід збирання в полі. Навіть якщо піде дощ і зерно намокне, поверхнева волога при першому переміщенні зерна швидко випарується.

Якщо у господарстві виникла потреба у заміні зернозбирального комбайна на новий, заплануйте пробний вихід останнього у полі попередньо. Ви отримаєте уявлення про якість роботи машини, необхідну потужність, визначте рівномірність та якість зрізу на тій чи іншій культурі. В ідеальному випадку на цьому комбайні повинні попрацювати і ваші механізатори, що підвищить їхню мотивацію. Не пропустіть свій шанс, проведіть масштабні випробування нової машини. Бажано на культурах, які важко піддаються обмолоту (на збиранні сухої пшениці

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

проблем не буде з будь-яким комбайном). Адже йдеться про інвестиції у розмірі 150–300 тис. євро на одиницю техніки. Домовитися з дилером про більш тривалий тест-драйв його комбайна за відповідну плату, щоб не зробити помилку, купуючи ту чи іншу техніку.

Для того, щоб вивести продуктивність комбайна на рівень 30 тонн зерна на годину, оператор при ширині жнивarki сім метрів повинен вести комбайн із постійною швидкістю 6 км/год (при врожайності близько 7 т/га). Такий темп механізатор витримує не більше чотирьох годин. Якщо швидкість руху падає з 6 до 5 км/год, продуктивність комбайна знижується на 20%. Слід подумати про змінного водія, який працював би під час обідньої перерви першого механізатора, а крім того, на випадок його хвороби підстрахував би весь процес прибирання.

У разі застосування системи автоматичного водіння оператор зможе приділити більше уваги процесу обмолоту. За рахунок покращення використання жнивarki, збільшення швидкості проходу по полю «автопілот» збільшує продуктивність комбайна як мінімум на 10%. Якщо комбайн працює з великим навантаженням, розгляньте пакет додаткових опцій у системі керування. Такі опції, як вказівка вологості та втрат зерна, дозволяють удосконалити процес збирання. Полегшити життя водієві комбайна можна і за допомогою різних мобільних додатків для смартфонів, які дають покрокові інструкції операторам комбайна з налаштування обмолоту залежно від тих чи інших умов на полі. Як правило, для кожної проблеми є своє рішення [1].

Керуючи величиною втрат при обмолоті та очищенні зерна, оператор одночасно впливає і на продуктивність комбайна. Низькі втрати – низька продуктивність. У Німеччині допустимими вважаються втрати у розмірі 1%. Якщо техніка взята в оренду, це дозволяє при продуктивності комбайна підтримувати високий темп прибирання. Всі інструменти та прилади для вимірювання втрат зерна підлягають калібрування.

Втрати зерна на соломотрясі або на роторі, а також при дробленні та обвалюванні зерна, як правило, виглядають більш драматично, ніж є насправді. Якщо при скошуванні у валки орієнтуватись на втрати у розмірі одного відсотка, під валками на площі в один квадратний метр залишиться близько 1000 зерен (за наяв-

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

щоб відправити його на підрібок у максимально стислий термін. Керівники складів, у свою чергу, можуть прийняти найкраще рішення щодо порядку розміщення зерна з тією чи іншою вологістю.

До початку збирання слід провести перевірку вологомірів, якими ви маєте намір користуватися. В умовах Німеччини додатковий відсоток вологи на зерні коштує щонайменше 5 євро/т. Тому звернення до спеціальних сервісних служб цілком виправдане. Відкалібруйте вологомір, встановлений на комбайні. Особливо уважно до цього треба ставитись при збиранні ріпаку. На практиці досить часто зустрічаються 2-3-відсоткові відмінності у показаннях вологомірів.

Якщо за процедуру зважування в місці приймання зерна відповідає водій зернового, то, щоб уникнути плутанини, пов'язаної з веденням записів на шматках паперу, у нього повинен бути при собі документ, в якому вказуються вага, культура, термін приймання зерна. У повному порядку мають бути водійські права та документи на автомобіль.

Уявіть, що може статися на комбайні у разі його спалаху. Усі транспортні засоби, задіяні на збиранні, мають бути оснащені вогнегасниками. На одному комбайні має бути не менше двох вогнегасників. Цей профілактичний захід корисний.

Водії вантажних машин, які працюють на вивезенні зерна, для пересування по полю повинні намагатися використовувати технологічну колію, що залишається після проходу комбайна. І тільки при паралельному прийманні зерна з бункера їм дозволяється їхати поряд із комбайном. Очікуючи завантаження, машини повинні стояти на технологічній колії, а не просто на краю поля. Це знижує ущільнення ґрунту там, де ще не пройшла сільгосптехніка. Порадьтеся з водіями машин щодо їх переміщень по полю [1].

1.2 Обладнання для транспортування зерна

Під час збирання зерна нерідко виникає потреба його транспортування. Для того щоб переміщати насіння та зерно по горизонталі та вертикалі потрібно спеціалізоване обладнання. Інфраструктура має величезне значення на всіх етапах тра-

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

нспортування, виключно якісне та спеціалізоване обладнання знадобиться для управління цим процесом. Після збирання зерна слідує етап його доставки до елеватора, тому вже на цьому етапі важливо приділити увагу транспортувальної техніки, щоб уникнути зайвих втрат [2].

При транспортуванні зернових культур знадобляться такі види техніки: норії, зернометачі, навантажувачі, транспортери.

Кожен із них бере участь у певному етапі транспортування зерна. Горизонтальне або вертикальне транспортування на різні відстані і без пошкодження зерен доступні за допомогою нашого обладнання. Кожна з них відповідає за певну стадію транспортування зерна.

Головна роль транспортуванні зерна належить норіям. Цей витяг, здатний безперервно доставляти зерно до пункту прийому, може використовуватися для будь-якого типу зерна. Норія зернова може піднімати зерно на певну висоту, при цьому продуктивність залежить від характеристик моделі. Якщо потрібно підняти зерно на висоту до 6 метрів, то моделі НКЗ-10 та НКЗ-5 впораються із завданням[2].

У першій моделі продуктивність удвічі вища – за годину транспортується до 10 тонн зерна. Для господарств, що характеризуються великими обсягами робіт, будуть потрібні норії зернові вищої продуктивності. Норія НКЗ-25 за годину обробляє 25 тонн зерна, НКЗ-50 та 2НПЗ-20 – 50 тонн, НКЗ-100 – 100 тонн. До речі, норія 100 – один із найфункціональніших типів транспортувальної техніки. Кожна з представлених за продуктивністю моделей має два різновиди – з підйомом у висоту на 6,75 та 13,75 метрів. Така різноманітність дозволяє зіставити необхідні параметри за висотою та продуктивністю, що позитивно позначиться на ефективності роботи [2].

Норія ковшова - це апарат, який необхідний для дбайливого транспортування зерна. Її переваги полягають в особливому складі матеріалів і зносостійкому покритті. Транспортер норія влаштована досить просто – зерно підхоплюється внизу та плавно переміщається вгору, потім вивантажується у горизонтальному напрямку [2].

Швидке переміщення зерна забезпечується транспортером, продуктивність

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

якого може досягати 20 тонн зерна на годину. Найпоширеніші з них: шнекові, вакуумні, скребкові.

Шнекові зернометачі працюють за принципом шнека, роль якого в подачі зерна по трубі [2].

Серед такої техніки виділяється зернометальник ЗМ. Ця техніка примітна наявністю механізму самопересування, а можливість автоматичного дистанційного керування робить роботу ще зручнішою. Принцип роботи цієї моделі простий, тому збоїв та проблем не виникає чималою мірою сприяє система оптимізації завантаження зерна, що працює в автоматичному режимі.

Навантажувачі зерна - це обладнання, яке застосовується для механізованого здійснення навантажувальної роботи. елеватор, транспортер і візок в сукупності здійснюють навантаження зерна на будь-які приймачі. Для розвантажувальних робіт відповідно використовується розвантажувальний зерношnek [2].

Норії, навантажувачі, зернометальники, транспортери - незамінне обладнання для роботи у сільському господарстві. Норія стрічкова служить для переміщення зерна у вертикальному напрямку. Транспортери є незамінними для доставки зерна до пункту вивантаження. Зернометачі та навантажувачі – важливі ланки транспортувального ланцюга зерна. Все представлене обладнання ідеально сумісне з будь-яким типом та розміром зерна, гарантує його безпеку при здійсненні робіт [2].

1.3 Аналіз конструкцій машин-аналогів

Ефективність роботи зернозбиральної техніки визначається низкою факторів, серед яких особливе значення має правильна організація процесу. Увесь технологічний ланцюг збору зернових залежить від злагодженої взаємодії машин, які виконують польову роботу, та обладнання, що забезпечує подальшу обробку зібраного урожаю.

Збирання зернових культур має свої характерні особливості. Для цієї роботи зазвичай використовуються зернозбиральні комбайни. Перевезення зерна здійснюється за допомогою транспортних причепів, таких як модель 2ПТС-4-887А.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

Крім цього, для організації перевантаження, переміщення та транспортування зерна на короткі відстані потрібен цілий комплекс допоміжного обладнання. Для цих цілей застосовують шнекові, стрічкові й ковшові транспортери та елеватори.

До аналогів такої техніки відносяться перевантажувальні бункери накопичувачі ПБН-16, ПБН-20, ПБН-30 і ПБН-40 (трьохосний), вироблені в Україні на заводі "Кобзаренка", а також техніка закордонного виробництва.

Як приклад машини-аналога використовується перевантажувальний бункер-накопичувач моделі ПБН-30 (рис. 1.2).



Рисунок 2.2 - Перевантажувальний бункер накопичувач ПБН-30

Технічні характеристики перевантажувального причепа:

1. Двовісний тандем на ресорах із реактивними тягами (виробництва ADR, Італія), суцільна вісь 110x2300;
2. Шини розміром 560x60R22,5 (вантажопідйомність 7,2 т при швидкості 30 км/год);
3. Пневматична гальмівна система (можливі варіанти гідравлічної чи змішаної систем);
4. Кузов V-30 м³ із вантажопідйомністю 20 т; висота завантаження – 3,45/3,5 м;
5. Вивантажувальний шнек Ø 500 мм: номінальна продуктивність 6 т/хв, максимальна – понад 7 т/хв; висота вивантаження – 4,3 м;
6. Змінне причіпне кільце Ø 90 мм;
7. Гідравлічна опора дишла;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Логістика перевезення та зберігання зерна

Перевезення зерна з поля - це лише початок шляху успішного використання врожаю. Як забезпечити його ефективно транспортування, зберігання та подальше використання? Ці питання стають ключовими викликами для аграріїв та зернотрейдерів [3].



Рисунок 2.1 - Збирання та підбір транспорту для перевезення зерна з поля

Першим кроком у логістиці зернового виробництва є відбір оптимального моменту для збирання врожаю та вибір правильного транспортного засобу для його перевезення з поля. У цьому випадку кожна година має значення, тому важливо вирішити, коли зерно буде на піку своєї якості та вартості.

Згідно з порадами експертів потрібно вибирати транспортні засоби, які відповідають обсягу та тонажу вашого врожаю. Використовуйте бункери-перевантажувачі – це зменшить витрати та забезпечить ефективне перевезення зерна.

Перевезення зерна може бути складним завданням, особливо при великих обсягах.

Коли зерно добирається до місця призначення (склад, майданчик струму),

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

настає час вирішити його зберігання. Вибір правильного складу або сховища, забезпечення вентиляції та контролю за вологою – основні фактори, що впливають на якість зерна під час зберігання.

Зерно може зберігатися тривалий час лише за умови, що у сховищі дотримуються всі необхідні умови по вологості та температурі. Важливо врахувати тип зерна, температурні режими та здатність до тривалого зберігання [3].

З сучасним розвитком технологій, аграрії мають можливість використовувати різноманітні інноваційні рішення для оптимізації процесів перевезення та зберігання зерна. Від сенсорів, які контролюють умови зберігання, до систем штучного інтелекту для прогнозування потреб ринку – можливості безмежні.

Перевезення та зберігання зерна – це складний процес, який потребує ретельного планування та використання новітніх технологій. Від вибору транспорту до оптимізації умов зберігання кожен етап важливий для забезпечення високої якості та ефективності виробництва. Неправильний підхід може призвести до втрати якості зерна та надмірних витрат, тому важливо вивчати кожен аспект та вдосконалювати свої методи ведення зернового бізнесу [3].

З часу збирання врожаю на полі до його завершення на столі споживача, логістика зернового виробництва відіграє ключову роль у забезпеченні якості та доступності сільськогосподарської продукції. Інтеграція новітніх технологій та ретельне планування можуть зробити цей процес більш продуктивним та прибутковим для всіх учасників ланцюга поставок.

2.2 Оптимізація збирання врожаю на агропідприємствах

Процес збору врожаю — складний комплекс дій, що включає як, власне, збирання комбайнами безпосередньо на полі, так і транспортування, і складування продукції. Об'єднати всі роботи в одну систему дозволяє агрологістика споживачеві. Агрологістика включає внутрішні та зовнішні маршрути, імпортування та експорт [4].

Повністю реалізувати принципи агрологістики можна лише в промислових масштабах, на одному підприємстві чи аграрному об'єднанні. Важливий аспект -

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

підвищення ефективності роботи промислового транспорту.

Для більшості видів сільськогосподарських культур зволікання загрожує зміною кондицій, споживчих якостей та зниженням вартості. Ефективність роботи техніки на підприємстві визначається декількома параметрами, головні з них - швидкість перевезення та питомі витрати на одиницю ваги, доставленої до кінцевого пункту. На перше місце виходить контроль агропромислової техніки на всіх етапах шляху с/г продукції від поля до складу. В умовах середнього та великого підприємства контролювати всі одиниці техніки можна лише за допомогою єдиної системи, що базується на GPS-моніторингу та спеціально розробленому програмному забезпеченні – спеціальному інструменті, що дозволяє оперативно отримувати та аналізувати повний обсяг даних про роботу автотранспорту. На базі модуля агрологістики оптимізується робота диспетчерських служб, скорочуються простої техніки та збільшується потік вантажоперевезень без додаткових витрат [4].

Діяльність сучасного агропідприємства базується на використанні великої кількості різноманітної техніки. Ручна праця зведена до мінімуму: у полі; на маршруті доставки; на відстої; на ремонті; у інших ситуаціях.

Отримані дані в режимі реального часу дозволяють не тільки отримувати дані про кількість перевезеного вантажу і витрачений на це час, але й виключити будь-які порушення в роботі.

Базуючись на оперативних даних, легко вивести показник ефективності роботи вантажного транспорту в цілому і кожної машини окремо. Але агрологістика стосується не лише автотранспорту та прибиральної техніки. На прикладі логістики зернових вантажів в Україні можна побачити дещо іншу картину. Наприклад, шлях зерна включає маршрут: "поле - елеватор - залізнична станція, поїзд", або "поле-елеватор-порт (річковий або морський".) Тільки відносно невелика частка зернових (близько 25%) доставляється покупцю автотранспортом.

Залізницею здійснюється доставка понад 60% вантажів, а річкою — 9%. Агрологістика у масштабі великого сільськогосподарського підприємства чи об'єднання обов'язково включає всі ланки ланцюга. Але в межах одного господарства цілком раціонально забезпечити контроль за етапом «поле — елеватор», щоб

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

знизити витрати, сума яких значно перевищує витрати на впровадження комплексу агрологістики.

За розрахунками фахівців, що базуються на аналізі сільськогосподарських перевезень, витрати на доставку зерна в Україні перевищують витрати фермерів Європи на 40%, а США – на 30%. У масштабах навіть одного господарства це дуже велика сума. Зменшити розрив дуже легко — впровадити модульну систему агрологістики, розроблену компанією «Мікро Тронік Україна» спеціально для сільськогосподарських підприємств. Причому розрахована система не лише на виробників зернових, а на всі навіть вузькоспеціалізовані підприємства, що працюють в агросекторі [4].

Розроблений компанією модуль «Агро логістика» враховує особливості організації роботи вітчизняних підприємств та легко адаптується під будь-який регіон та особливості вирощування певної культури. Система дозволяє:

- в оперативному режимі створювати докладні звіти про роботу всіх одиниць транспорту у процесі збирання;
- контролювати час, витрачений водієм виконання кожного етапу перевезення;
- точно знати, скільки машин працює на полі, скільки знаходиться в дорозі, а скільки вільно чи простоює.

Спеціально створена платформа МІР - база для побудови системи агрологістики. Програмне забезпечення не лише полегшує роботу диспетчерів, а й дозволяє приймати своєчасні управлінські рішення практично в онлайн-режимі.

Перед початком роботи в систему вводяться дані [4]:

- кожній транспортній одиниці, задіяній у збиранні;
- координати полів;
- пункти доставки вантажу.

Система автоматично відстежує пересування машини та видає дані в необхідний момент часу, включаючи аналіз у режимі ретроспективи. Порівнюючи час, витрачений різними машинами для виконання аналогічних операцій, легко визначити кваліфікацію водія, його ставлення до роботи та виключити будь-які зловживання. Оцінюючи працездатність техніки, можна визначити, як ставляться

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

до роботи ремонтно-механічні служби та чи потрібно збільшувати та модернізувати автопарк та збиральну техніку.

2.3 Застосування перевантажувального бункера-накопичувача при збиранні зернових культур

Під час збору зернових перевантажувальний бункер-накопичувач наповнюється зерном, яке отримує від комбайнів, та транспортується до місця призначення - здебільшого до краю поля. Там він завантажує більш місткі транспортні засоби, які доставляють зерно до пунктів післязбирального обробітку. Усі роботи із завантаження та вивантаження повністю механізовані та виконуються оперативно, що забезпечується технічними характеристиками шнеків-розвантажувачів. Це дозволяє уникнути простоїв як транспортних засобів, так і комбайнів під час жнив [5].

На початку роботи вертикальний шнек перебуває у транспортному положенні, а бункер готовий до приймання зерна з комбайна. Після наповнення бункера машина їде до краю поля або до місця розташування транспортних засобів для подальшої доставки зерна на обробні пункти. За допомогою гідроциліндра вертикальний шнек переводиться у вивантажувальне положення, і зерно транспортується в кузови транспортних засобів.

В основі бункера знаходиться горизонтальний шнек, який відповідає за подачу зерна до зони розвантаження вертикальним шнеком. Над горизонтальним шнеком розташована шиббер-заслінка, що захищає зерно від можливих пошкоджень під час процесу та дозволяє регулювати продуктивність вивантаження. Приводиться вона у дію гідроциліндром із використанням системи механічних тяг [5].

Для захисту зерна від вологи під час несприятливих погодних умов передбачено водотривкий брезентовий тент, який розміщується на верхній частині бункера. Тент можна легко встановити або зняти залежно від потреб.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 2.2 - Перевантажувальний бункер накопичувач ПБН-30

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок кількості транспортних засобів при збиранні зернових культур

У проекті розглядаються дві зернові культури, спосіб перевезення зерна від комбайнів, здійснювати за схемою "Комбайн – транспортний засіб - струм" (прямі перевезення).

Годинна продуктивність комбайна складе:

$$W_K = 0.1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \cdot U \quad (3.1)$$

де W_K - продуктивність комбайна, т/год

B_p - ширина захвату жнивarki $B_p = 6$ м

V_p – робоча швидкість комбайна, приймаємо $V_p = 5$ км/год

τ – коефіцієнт використання робочого часу, приймаємо $\tau = 0,7$

U – врожайність, для пшениці $U = 1,8$ т/га, для ячменю $U = 2,2$ т/га.

Тоді при збиранні пшениці:

$$W_K = 0,1 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 0,7 \cdot 1,8 = 4 \text{ т/ч}$$

При збиранні ячменю:

$$W_K = 0,1 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 0,7 \cdot 2,2 = 5 \text{ т/ч}$$

Кількість комбайнів, що обслуговуються при збиранні пшениці:

$$N_K = \frac{S}{W_K \cdot \dot{A}_D \cdot t_{CM}^H \cdot \sigma} \quad (3.2)$$

$$N_K = \frac{3500}{4 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 2} = 6 \text{ шт.}$$

Кількість комбайнів, що обслуговуються при збиранні ячменю:

$$N_K = \frac{S}{W_K \cdot \dot{A}_D \cdot t_{CM}^H \cdot \sigma} \quad (3.3)$$

$$N_K = \frac{2000}{5 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 2} = 3 \text{ шт.}$$

Визначимо кількість бункерів зерна об'ємом $V_B = 6$ м³, які можуть увійти до кузова транспортного засобу: При збиранні пшениці:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

$$m_B = \frac{q}{V_B \cdot \gamma_0} \quad (3.4)$$

$$m_B = \frac{10}{6 \cdot 0,8} = 2,08 \approx 2$$

При збиранні ячменю:

$$m_B = \frac{q}{V_B \cdot \gamma_0} \quad (3.5)$$

$$m_B = \frac{10}{6 \cdot 0,7} = 2,38 \approx 2$$

Визначаємо час завантаження транспортного засобу зерном, год

$$t_3 = m_B (t_{\text{под}} + t_n) \quad (3.6)$$

де $t_{\text{под}}$ - час під'їзду та від'їзду транспортного засобу до комбайна,

$$t_{\text{под}} = 0,04 \dots 0,07 \text{ ч};$$

t_n - час вивантаження зерна з бункера комбайна, $t_n = 0,05 \dots 0,08$ год,

При збиранні пшениці:

$$t_3 = 2 \cdot (0,05 + 0,05) = 0,2 \text{ год.}$$

При збиранні ячменю:

$$t_3 = 2 \cdot (0,05 + 0,05) = 0,2 \text{ год.}$$

Визначаємо час руху транспортного засобу з поля на тік, год:

де l_{ze} - відстань від поля до струму, км (пшениця 6 км; ячмінь 14 км.).

V_T – середньотехнічна швидкість транспортного засобу, км/год. (25 км/год).

Визначаємо час руху транспортного засобу зі струму до поля, год:

$$t_{zp} = \frac{l_{ze}}{V_T} \quad (3.7)$$

При збиранні пшениці:

$$t_{zp} = \frac{6}{25} = 0,24 \text{ км/год}$$

При збиранні ячменю:

$$t_{zp} = \frac{14}{25} = 0,56 \text{ км/год}$$

де V_X – швидкість руху порожнього транспортного засобу, км/год.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

$$t_x = \frac{l_{ze}}{V_x} \quad (3.8)$$

При збиранні пшениці:

$$t_x = \frac{6}{55} = 0,1 \text{ км/год.}$$

При збиранні ячменю:

$$t_x = \frac{14}{55} = 0,25 \text{ км/год.}$$

Визначаємо час рейсу транспортного засобу, год:

де t_p - час перебування транспортного засобу на струмі (зважування, розвантаження, оформлення документів); залежить від способу розвантаження та може бути прийнято в межах 0,07...0,12 год.

$$t_{рейс} = t_z + t_{zp} + t_p + t_x, \quad (3.9)$$

При збиранні пшениці:

$$t_{двїн} = 0,2 + 0,24 + 0,1 + 0,12 = 0,66 \text{ год.}$$

При збиранні ячменю:

$$t_{двїн} = 0,2 + 0,56 + 0,25 + 0,12 = 1,13 \text{ год.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу

$$\gamma_c = \frac{m_6 \cdot V_6 \cdot \gamma_0}{q} \quad (3.10)$$

При збиранні пшениці:

$$\gamma_n = \frac{2 \cdot 6 \cdot 0,8}{10} = 0,96$$

При збиранні ячменю:

$$\gamma_n = \frac{2 \cdot 6 \cdot 0,7}{10} = 0,84$$

Визначаємо продуктивність транспортного засобу, т/год:

$$W_{mp} = \frac{q \cdot \gamma_c}{t_{рейс}} k_{mg} \quad (3.11)$$

При збиранні пшениці:

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

$$W_{\text{од}} = \frac{10 \cdot 0,96}{0,66} \cdot 0,87 = 12 \text{ т/ГОД.}$$

При збиранні ячменю:

$$W_{\text{од}} = \frac{10 \cdot 0,84}{1,13} \cdot 0,87 = 6 \text{ т/ГОД.}$$

Визначаємо потрібну кількість транспортних засобів, шт:

де N_k - кількість комбайнів у групі, що обслуговуються транспортними засобами, шт:

$$n_a = \frac{W_k \cdot N_k}{W_{mp}} \quad (3.12)$$

При збиранні пшениці:

$$\dot{i}_a = \frac{4 \cdot 6}{12} = 2 \text{ шт.}$$

При збиранні ячменю:

$$\dot{i}_a = \frac{5 \cdot 3}{6} = 3 \text{ шт.}$$

3.2 Розрахунок шнека горизонтального розвантаження бункера-накопичувача

Під час жнив розроблений перевантажувальний бункер-накопичувач (ПБН) працює як бункер для збору зерна. Він забирає зерно від комбайна і перевантажує його у вантажівки або інші транспортні засоби.

Використання ПБН дозволяє зменшити кількість транспортних засобів, а також скоротити час простою як техніки, так і комбайна. Його ефективність особливо помітна при значних відстанях між полем та елеватором. Велика перевага перевантажувального причепа перед автомобілем полягає у тому, що трактор забезпечує кращу прохідність на вологих полях. В якості механізмів для розвантаження зерна використовуються шнеки.

Один з них розташований горизонтально і переміщує зерновий шар у зону вивантаження. Вертикальний шнек вивантажує зерно з бункера у зерновози.

У проєктованих шнеках застосовуються цільнотягнуті витки, що значно по-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

кращу продуктивність пристрою і зменшує пошкодження зерна.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд шнека

Під час розробки шнекових транспортерів за основу було взято модель ПБН-30. (рис.3.2).



Рисунок 3.2 - Перевантажувальний бункер накопичувач ПБН-30

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Вихідними даними для проектування горизонтального шнека слугують такі параметри:

- Висота підйому зерна, яку приймають рівною довжині бункера, становить 8,5 м.
- Частота обертання валу дорівнює 270 об/хв або 28,3 рад/с.
- Орієнтовна продуктивність становить 6 т/хв.
- Кут підйому зерна — 0°.
- Орієнтовний діаметр шнека — 500 мм.
- Крок спіралі дорівнює 500 мм.

Для розрахунків приймаємо наступні параметри шнека:

1. Зовнішній діаметр — мм.
2. Внутрішній діаметр (труби) — мм.

Об'ємна продуктивність шнека розраховується за формулою [6]:

$$V = \pi (d_1^2 - d_2^2) \frac{n \cdot t \cdot c_i}{4}, \quad (3.13)$$

де n - частота обертання валу шнека, об/с;

c_i - коефіцієнт заповнення шнека, $c_i = 0,3 \dots 0,5$.

$$n = 270 \text{ об/хв.} = 4,5 \text{ об/с.}$$

Тоді

$$V = 3,14 (0,500^2 - 0,100^2) \frac{4,5 \cdot 0,500 \cdot 0,5}{4} = 0,212 \text{ м}^3/\text{с} = 792 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Зовнішній діаметр шнека за формулою:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{Q}{450 \cdot k_n \cdot k_p \cdot \rho \cdot \omega}}, \quad (3.14)$$

де Q - продуктивність конвеєра, т/год;

k_n - коефіцієнт продуктивності, $k_n = 0,61 \dots 1,0$;

k_p - коефіцієнт відношення кроку гвинта до його діаметра;

ρ - густина матеріалу, що завантажується (для зерна пшениці, жита, ячменю і кукурудзи $\rho = 650 \dots 810 \text{ кг/м}^3$);

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

ω - кутова швидкість обертання вала гвинта, c^{-1} .

Тоді:

$$Q = V \cdot \rho,$$

або

$$Q = 792 \cdot 810 = 641520 \text{ кг/год} = 64,1 \text{ т/год.}$$

$$k_p = \frac{500}{500} = 1.$$

Отже

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{64,1}{450 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 810 \cdot 28,3}} = 0,021 \text{ м}$$

Приймаємо $d_1 = 300 \text{ мм}$, $d_2 = 50 \text{ мм}$.

Розрахунковий діаметр гвинта уточнюється з урахуванням діаметра вала d_2

$$d'_1 = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}.$$

$$d'_1 = \sqrt{300^2 + 50^2} = 304 \text{ мм}$$

Потужність на привод гвинтового конвеєра у кВт [6]:

$$N = \frac{T \cdot n_\phi}{9550}, \quad (3.15)$$

де T – крутний момент на валу гвинта, Нм;

n_ϕ - фактична частота обертання вала шнека (залежно від виду транспортованого матеріалу), об/хв.

$$T = k \cdot T_1 + T_2, \quad (3.16)$$

де $k = 1,1 \dots 1,2$ для зерна та колосся.

T_1, T_2 - обертовий момент на валу гвинта від опору відповідно переміщуванню матеріалу по жолобу і тертя з гвинтом та опору підшипників, Нм. [6]

$$T_1 = 0,5 d_{cp} \cdot F_a \cdot \text{tg}(\phi + \psi), \quad (3.17)$$

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------|
| | | | | | Арк. |
| | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

де $d_{cp} \approx d_1$;

F_a - осьова сила, що діє на гвинт, Н;

ϕ - кут тертя транспортованого вантажу гвинтом.

Згідно [6]

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_{cp}} \right), \quad (3.18)$$

$$F_a = g_e \cdot L \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta), \quad (3.19)$$

де g_e - вага вантажу, що припадає на 1 м довжини конвеєра, кг/м;

L - довжина конвеєра, м;

β - кут нахилу конвеєра, град;

f - коефіцієнт тертя матеріалу поверхнею жолоба ($f = \operatorname{tg} \phi$).

$$g_e = 250 \cdot \pi \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot c_i \cdot c_\beta \cdot \gamma, \quad (3.20)$$

де c_β - коефіцієнт, що враховує кут нахилу жолоба до горизонту (при $\beta = 0^\circ$ $c_\beta = 1,0$);

γ - об'ємна вага транспортованого вантажу (для зерна $\gamma = 6,4 \dots 7,9$ кн./м³[6]).

Окрім того,

$$T_2 = F_a \cdot f_1 \frac{d_{cp}}{2} + F_r \cdot f_1 \frac{d_2}{2}, \quad (3.21)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя підшипника;

F_r - радіальна сила, що діє на гвинт, Н.

$$F_r = \sqrt{(G_e \cdot \cos \beta)^2 + F^2}, \quad (3.22)$$

де $G_e = g_e \cdot L$ - вага гвинта з вантажем, Н;

$F = \frac{2T_1}{d_{cp}}$ - колова сила на гвинті, Н.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

Підставляючи розрахункові дані, отримуємо:

$$g_e = 250 \cdot 3,14 \cdot (0,300^2 - 0,050^2) \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 7,9 = 271,3 \text{ кг/м.}$$

Приймаємо $f = 0,5$, тоді $\phi = \text{arctg}(f) = 0,46$.

$$F_a = 271,3 \cdot 8,5 \cdot (\sin 0^\circ + 0,5 \cdot \cos 0^\circ) = 1153,0 \text{ Н.}$$

$$\psi = \text{arctg}\left(\frac{0,500}{3,14 \cdot 0,300}\right) = 0,53.$$

$$T_1 = 0,5 \cdot 0,300 \cdot 1153,0 \cdot \text{tg}(0,46 + 0,53) = 3,0 \text{ Нм.}$$

$$F = \frac{2 \cdot 3,0}{0,300} = 25,0 \text{ Нм.}$$

$$G_e = 271,3 \cdot 8,5 = 2306,1 \text{ Н.}$$

$$F_r = \sqrt{(2306,1 \cdot \cos 0^\circ)^2 + 25,0^2} = 2306,2 \text{ Н.}$$

$$T_2 = 1153,0 \cdot 0,9 \frac{0,300}{2} + 25,0 \cdot 0,9 \frac{0,05}{2} = 155,1 \text{ Нм.}$$

Отже крутний момент:

$$T = 1,2 \cdot 3,0 + 155,1 = 158,7 \text{ Нм.}$$

Споживана потужність шнеком складе:

| | | | | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

$$N = \frac{158,7 \cdot 270}{9550} = 4,5 \text{ кВт.}$$

Приймаємо, з врахуванням ККД привода, розрахункову потужність горизонтального шнека складе $N=5,0$ кВт.

3.3 Кінематичний розрахунок приводу механізму вивантаження

Для забезпечення процесу вивантаження зерна з машини в розробленому бункері передбачено систему, що складається з двох шнеків. Один із шнеків розташований горизонтально, а другий – вертикально. Привод шнеків включає одноступінчастий конічний редуктор і ланцюгову передачу. Передача крутного моменту здійснюється через вал відбору потужності трактора. Кінематична схема приводу пристрою для вивантаження зерна представлена на рис. 3.3.

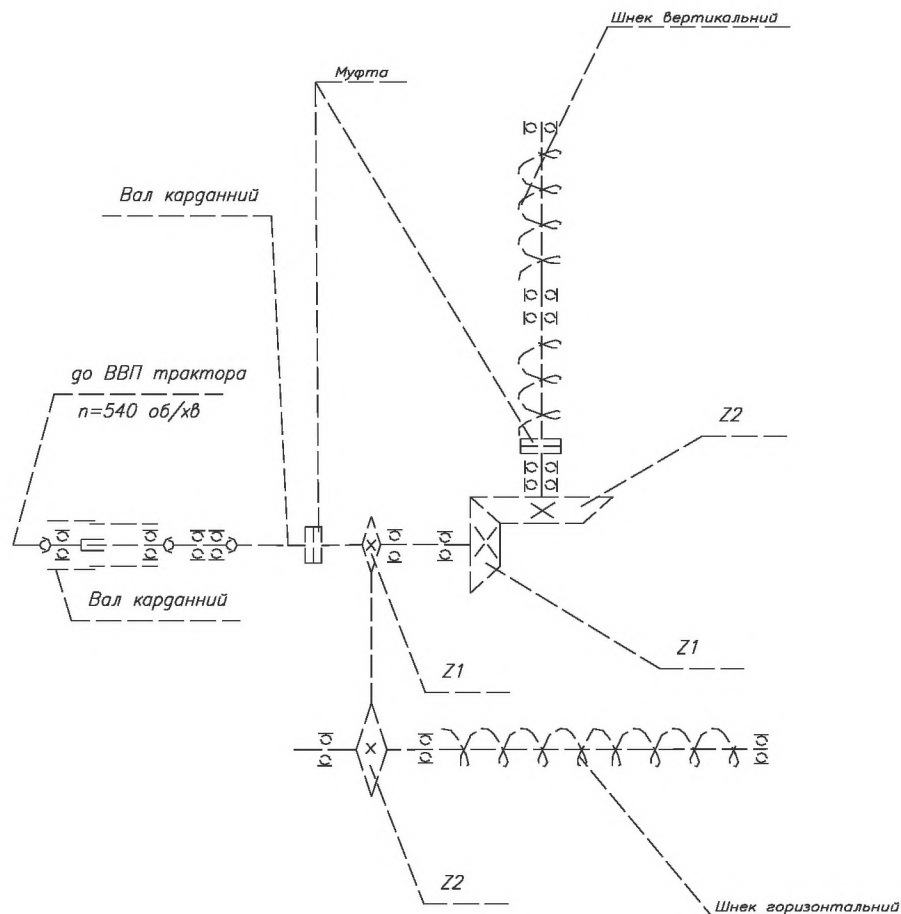


Рисунок 3.3 - Кінематична схема приводу шнеків

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

Кріплення валів і шківів виконується за допомогою шпонкового з'єднання. Виходячи з попередньо проведених кінематичних та силових розрахунків, обертовий момент на валу приводної зірочки становитиме:

$$T = \frac{N}{\omega} \text{ Нм}, \quad (3.23)$$

де ω - кутова швидкість обертання вала із шнеком, с^{-1} .

Відомо, що кутова швидкість складає 540 об/хв, або $\omega=56,5 \text{ с}^{-1}$.

Є наступний розподіл передатних відношень:

Таблиця 3.1 -Таблиця передатних відношень приводу розвантаження бункера

| Числове значення | Передатне відношення |
|--|----------------------|
| Передатне відношення загальне | 2 |
| Передача конічна Передача ланцюгова | 2 |

Отже:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{5000,0}{56,5} = 88,5 \text{ Нм}.$$

Тому, на основі розрахунку визначається діаметри валів під підшипникові опори.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi [\tau]}}, \quad (3.24)$$

де $[\tau]$ - допустима напруга, МПа. Для валів з конструкційних вуглецевих сталей $[\tau] \leq 15 \div 20 \text{ МПа}$.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | | | | |

Тоді:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 88,5}{3,14 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,03 \text{ м} = 30 \text{ мм},$$

Згідно ГОСТ 6636-69 вибираємо зі стандартного ряду значення для валу $d = 30$ мм.

Для вибору ланцюга та розрахунку параметрів ланцюгової передачі може бути використана стандартна методика і реалізована в програмних середовищах інженерних розрахунків.

Обертальний момент на валу вертикального шнека становитиме:

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{1500,0}{28,3} = 53,0 \text{ Нм}.$$

Діаметри валів під підшипникові опори:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 55,0}{3,14 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,24 \text{ м} = 24 \text{ мм},$$

Вибираємо зі стандартного ряду значення для валу $d = 25$ мм.

3.4 Розрахунок пальця системи дозування на зріз

Для захисту зернової маси, яка знаходиться в нижній частині перевантажувача (в зоні дії вивантажувального шнека), передбачено застосування дозуючого шибера-заслінки. Цей елемент, виконаний у вигляді плоскої пластини, запобігає тиску зерна на горизонтальний шнек. Його відкривання та закривання здійснюється за допомогою механізму, що приводиться в дію гідроциліндром. На передній частині кузова встановлено механічний датчик, який відображає ступінь відкриття заслінки.

Найбільш навантаженою ділянкою цієї конструкції є палець, навколо якого відбувається обертання заслінки. Відповідно, цю частину необхідно правильно

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

Вагомим для розрахунку є встановлення величини зусилля F , що діє на палець. Приймаємо, що

$$F = m_c \cdot g \cdot f, \quad (3.25)$$

де m_c - маса стовпа зернового матеріалу, що тисне на заслінку у вертикальному напрямі, кг;

f - коефіцієнт тертя зерна та металу.

Масу зерна можна встановити з геометричних розмірів кузова перевантажувача-накопичувача.

$$m_c = \rho \cdot L \cdot H \cdot X, \quad (3.26)$$

де ρ - густина шару зерна (щільність), кг/м³;

L, H, X - відповідно, довжина, висота і ширина уявного стовпа шару зерна на заслінці, м.

$$m_c = 850 \cdot 6,5 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 6077,5 \text{ кг}.$$

$$F = 6077,5 \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 11911,9 \text{ Н}.$$

Приймаємо, що навантаження складає 12 кН. Вихідними даними для проектування є:

радіальне навантаження $F = 12 \text{ кН}$;

матеріал пальця – Ст3;

границя текучості матеріалу пальці $\sigma_m = 200 \text{ Мпа}$;

товщина заслінки в місці контакту з пальцем $\delta = 30 \text{ мм}$.

Розрахункове допустиме навантаження на зминання:

$$[\sigma_{зм}] = 0,8 \cdot \sigma_m = 160 \text{ МПа}.$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

$$d \geq \frac{F}{\delta \cdot [\sigma_{зм}]} = 0,208 \text{ мм.}$$

Допустиме напруження на зріз:

$$[\tau_{зр}] = 0,4 \cdot \sigma_m = 80 \text{ МПа.}$$

Визначаємо діаметр пальця з умови забезпечення міцності на зріз:

$$d \geq \frac{4F}{\pi [\tau_{зр}]} = 3,99 \text{ мм.}$$

З міркувань формування конструкції та з врахуванням запасу міцності приймаємо діаметр пальця шибера-заслінки рівним 20 мм.

| | | | | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | | | | |

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Правила безпеки під час роботи із зерноочисним обладнанням

Представлено перелік основних методів охорони праці та довкілля при збиранні врожаю зернових:

Навчання та інструктаж персоналу. Проведення вступного, первинного, повторного інструктажу з охорони праці.

Ознайомлення працівників з інструкціями з безпеки при роботі на сільськогосподарській техніці.

Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Видача спецодягу, взуття, рукавиць, засобів захисту органів слуху та зору. При наявності пилу — респіратори.

Вимоги до техніки та механізмів такі: регулярна перевірка технічного стану комбайнів, тракторів, причіпного обладнання; використання машин лише з діючими захисними елементами (огородженням рухомих частин); заборона роботи на несправній техніці.

Організація робочого процесу - це забезпечення достатнього освітлення при роботі у вечірній або нічний час. Чіткий графік роботи з урахуванням відпочинку (особливо при високих температурах). Забезпечення питною водою та тіньовими місцями для відпочинку.

Безпека при роботі з паливом це - зберігання паливно-мастильних матеріалів у спеціально відведених місцях; заправка техніки лише при виключеному двигуні; заборона куріння та використання відкритого вогню біля ПММ.

Пожежна безпека передбачає наявність вогнегасників на техніці та в польових умовах; встановлення пожежних щитів на польових станах; розчищення території від сухої рослинності.

Наведено ряд основних правил з техніки безпеки [7]:

1. Перед початком роботи переконайтеся в належному технічному стані обладнання: перевірте вузли, механізми та всі кріплення. Знайдіть і усуньте будь-які несправності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

2. Не допускайте до роботи осіб, які не пройшли відповідний інструктаж з техніки безпеки або не мають необхідних навичок.

3. Вивчіть і дотримуйтесь інструкції з експлуатації обладнання та рекомендацій виробника.

4. Під час очищення, ремонту чи налагодження обладнання обов'язково вимикайте його від живлення. Перевіряйте відсутність залишкових рухів механізмів після зупинки.

5. Використовуйте засоби індивідуального захисту: рукавички, захисні окуляри, респіратор чи маску при роботі у запилених умовах.

6. Забороняється самостійно змінювати конструктивні елементи обладнання чи додавати непередбачені елементи, які можуть вплинути на безпеку роботи.

7. Дотримуйтеся встановленої швидкості руху обладнання та не перевантажуйте систему понад допустимі норми, вказані в технічній документації.

8. Зберігайте робоче місце в чистоті: регулярно видаляйте накопичений пилю, залишки зерна чи сторонні предмети, що можуть спричинити аварійну ситуацію.

9. Не намагайтеся усунути несправності або проводити будь-які роботи на обладнанні під час його роботи, навіть якщо воно працює у зниженому режимі.

10. Завжди тримайте засоби пожежогасіння у доступності та знайте порядок дій у разі виникнення надзвичайної ситуації. Дбайливе дотримання цих правил не тільки забезпечить вашу безпеку, а й продовжить термін служби зерноочисного обладнання.

Для очищення та сортування посівного матеріалу за розмірами, шорсткістю, аеродинамічними та іншими властивостями використовують спеціальне обладнання. Зерноочисні машини допоможуть позбутися дрібних включень на кшталт пилу, пилку, лушпиння, подрібненого зерна. Щоб аеродинамічні сепаратори точно та правильно виконували поставлені перед ними завдання, необхідно знати правила роботи з ними. Не кожен співробітник допускається до машини – тих, хто контролює її функціонування, називають бойовиками. Віялка для зерна може спричинити травму, якщо поводитися з нею неправильно.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

4.2 Огляд загальних вимог до безпеки

До роботи з обладнанням зерноочисного відділення допускаються особи, які досягли 18-річного віку. Перед початком роботи вони зобов'язані пройти медичну комісію, інструктаж з пожежної безпеки та охорони праці, а також відповідне навчання за своєю спеціальністю на комбінаті. Для забезпечення безпеки працівники перед допуском до самостійної роботи обов'язково проходять стажування під наглядом досвідченого майстра [7].

Робітники повинні суворо дотримуватися внутрішніх правил підприємства, зокрема приходити на роботу у тверезому стані. Куріння дозволено виключно в спеціально визначених місцях за межами виробничих будівель. Необхідно також дотримуватися заходів безпеки під час користування ліфтами, сходами та іншими механізмами.

Правила безпеки під час роботи із зерноочисним обладнанням передбачають врахування основних ризиків. Серед них: висока напруга електроструму, обертові деталі механізмів, вібрація та статична електрика, недостатнє освітлення робочої зони, підвищений рівень запиленості і шуму, а також небезпека виникнення пожежі чи вибуху. Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення безпечних умов праці [11].

Фахівцю обов'язково забезпечують спецодягом та засобами індивідуального захисту. Його комплект має включати бавовняний костюм, шолом, ватяну куртку та рукавиці. Під час роботи в приміщенні співробітник також має бути у шкіряних черевиках і користуватися навушниками, які захищають від надмірного шуму. Особлива увага приділяється попередньому проходженню навчання з техніки безпеки для роботи на зерноочисному обладнанні.

4.3 Заходи, що вживають перед початком роботи

Перед початком виконання обов'язків працівник одягає спеціальний одяг і ретельно заправляє його, щоб уникнути звисаючих елементів. Волосся необхідно

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

прибирати під головний убір, а взуття вибирати зручне, без підборів і зі стабільною підошвою. Правила безпечної роботи із зерноочисними машинами передбачають також ознайомлення з результатами роботи попередньої зміни. Працівник повинен переконатися у відсутності раніше виявлених технічних несправностей у машини, перевірити стан інструментів, освітлення, усунути зайві предмети та забезпечити вільний доступ до проходів.

Перед запуском необхідно звернути увагу на справність електродвигунів і підшипників, огорожувальних елементів, приводів, сигналізації, електроприладів і засобів заземлення. Запобігання аварійним ситуаціям у процесі роботи передбачає обов'язкову перевірку всіх механізмів і агрегатів на справність. За наявності будь-яких несправностей працівник повинен невідкладно повідомити майстра та поводитися відповідно до його інструкцій [11].

Важливим фактором також є дотримання санітарних норм на робочому місці.

4.4 Вимоги та заборони під час роботи

Контроль за роботою зерноочисного обладнання здійснюється спеціалістом постійно і ретельно. Не допускається стукання машини, важливо, щоб зерно поступало і виходило безперервно. Працівник повинен забезпечувати герметичність люків і з'єднань, а також контролювати натяг приводного ремня і температуру підшипників, яка не повинна перевищувати 60 градусів. Щоб уникнути травматизму під час роботи з зерноочисним обладнанням, забороняється: знімати огорожі під час роботи приводу, запускати машину без огорож, виконувати ремонтні роботи на працюючому обладнанні, очищати робочі органи машини до її повної зупинки, надягати приводні ремені при увімкненому електродвигуні та обертати крильчатку затвору шлюза за лопаті. Заборонено ставати ногами на машину під час її роботи. Для запобігання пожежам у приміщенні з обладнанням необхідна наявність магнітного захисту, датчиків підпору та реле контролю швидкості. Магніти слід очищати не менше ніж раз за зміну, реєструючи дані про кількість і характер домішок у журналі. Для безпеки оператора всі обертові частини

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

повинні бути обладнані захисними екранами. Змазувати та регулювати механізми, а також очищати обладнання від зерна можна лише після його повного відключення. Необхідно повісити запобіжну табличку. Запуск та ремонт машин здійснює тільки механік. Регулярні перевірки безпеки з дотриманням усіх правил допоможуть уникнути травм і аварій. Перед початком роботи з обладнанням працівник обов'язково проходить інструктаж з надання першої допомоги [7].

4.5 Охорона довкілля

1. Розумне використання техніки. Зменшення викидів за рахунок використання справної, модернізованої техніки. Мінімізація ущільнення ґрунту за рахунок оптимального навантаження на поля.

2. Запобігання забрудненню ґрунтів та вод. Утримання техніки в справному стані (уникнення витоків ПММ, масла). Заправка техніки у спеціально обладнаних місцях, не на полі.

3. Збереження біорізноманіття. Недопущення знищення місць проживання диких тварин і птахів. Омирання поля з країв (спочатку збір на внутрішніх ділянках, щоб тварини могли втекти).

4. Утилізація відходів. Збір і вивезення сміття, зокрема пластикової тари з-під ЗЗР або ПММ. Роздільне зберігання органічних і неорганічних відходів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

1. У проекті представлено документацію для розробки перевантажувального бункера-накопичувача (зерновоза) для сільськогосподарських сипучих матеріалів, зокрема зернових культур. Засновуючись на вихідних даних, у проекті розроблено основні вимоги до проектованої машини, сформовано технічне завдання, визначено необхідну інформацію для проектування, обґрунтовано основні параметри роботи машини, а також створено функціональну, кінематичну та принципову схеми сушарки. Конструкція механізму приводу для розвантажувальних шнеків також була докладно розроблена.
2. Об'єм бункера для зберігання зерна складає 30 м³. Згідно з проведеним аналізом літературних джерел і теоретичними розрахунками, оптимально виконувати розвантаження за допомогою горизонтального та вертикального шнеків діаметром 500 мм.
3. Загальна споживана потужність цих механізмів становить 5,0 кВт для горизонтального шнека та 1,5 кВт для вертикального.
4. Конструкції складальних вузлів та елементів механізму приводу шнеків були розроблені з урахуванням підвищення ефективності роботи. Привод складається з одноступінчатого конічного редуктора та ланцюгової передачі, причому крутний момент передається від вала відбору потужності (ВВП) трактора.
5. Особливу увагу приділено організації роботи із застосуванням зерновоза, а також питанням охорони праці під час його експлуатації.
6. Продуктивність розробленої машини становить 6 тонн на годину.
7. Сумарна споживана потужність на приводи для розвантаження сягає 6,5 кВт.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Андреа Файффер. Особливості збирання зернових культур. Журнал «Агро-хімічні технології» // URL: <https://www.agronom.com.ua/osobennosty-uborky-zernovyh-kultur/> (дата звернення: 19.05.2025).
2. Обладнання для транспортування зерна. URL: https://tarasevich.com.ua/ua/a160442-transportirovka-zerna.html?srsltid=AfmBOopafOb5u_HS3mdjZ__045NsTCrVGHvLg-8aJ9RQojHOjUqP5okI (дата звернення: 19.05.2025).
3. Логістика перевезення та зберігання зерна - покроковий план дій для кращого результату. Журнал «GES»// URL: <https://elevator.com.ua/ru/blog/lohistyka-perevezennya-ta-zberihannya-zerna-pokrokovyy-plan-diy-dlya-krashchoho-rezultatu> (дата звернення: 19.05.2025).
4. Оптимізація збирання врожаю на агропідприємствах. Сайт компанії «MICROTRONIC» // URL: <https://microtronic.com.ua/ru/news/optimizatsiya-uborki-urozhaya-na-agropredpriyatiyakh> (дата звернення: 19.05.2025).
5. Перевантажувальний бункер накопичувач ПБН-30. Сайт ТОВ "Завод Кобзаренка". // URL: <https://kobzarenko.com.ua/produkcija/bunker-ri-nakopichuvach/21-pbn-30.html> (дата звернення: 19.05.2025).
6. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навчальний посібник – Київ: Видавництво УСГА, 1992.-240с.
7. Правила безпеки при роботі із зерноочисним обладнанням. Журнал «АГРОСЕПМАШ» // URL: <https://agrosepmash.ua/uk/pravila-bezpeki-pri-roboti-iz-zernoochisnim-obladnannjam/> (дата звернення: 19.05.2025).
8. Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин. Конспект лекцій для студентів спеціальності „Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва” машинобудівного факультету денної та заочної форм навчання –Цизь І.Є.-Луцьк : ЛНТУ, 2008.-140с.
9. Дідух В.Ф. Науково-технологічні основи механізованого сушіння неоднорідних матеріалів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тернопіль, 2003. 274 с
10. Целинський В.Д. Охорона праці в рослинництві.-Київ: Урожай, 1997.-48с

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | Недокум. | Підпис | Дата | | | | | | |

АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|----------------------|------|
| | | | | | АІ.ПБН.00.00.0000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

