

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та
(назва кафедри)
засобів у АПК
Савченко Л.А.
(підпис) (ПІБ)
«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему «Удосконалення технологічних перевезень під час збирання зернових
культур».
Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К. Т. Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) _____ (підпис)

Опалко В.Г.
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Д. пед. Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) _____ (підпис)

Дьомін О.А.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Глібовський Назар Анатолійович
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів у АПК
Савченко Л. А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
« » 2026 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Глібовському Назару Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Удосконалення технологічних перевезень під час збирання зернових культур»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 03.02.2026 р. №350 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 01 червня 2026 р.
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

1. Географічна характеристика та територіальне розташування об'єкта дослідження.
2. Останні показники соціально-економічного розвитку регіону.
3. Статистичні дані основних досягнень господарювання .

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Організаційно-економічна характеристика агрокомпанії
2. Визначення слабких місць в діючій технології транспортного забезпечення збиральних робіт
3. Підвищення ефективності транспортно-технологічних циклів при збиранні врожаю
4. Економічна оцінка запропонованих нововведень

Дата видачі завдання «30» вересня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи-- _____ Дьомін О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Глібовський Н.А.
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОПІДПРИЄМСТВА ФІЛІЯ «ВОЗНЕСЕНСЬКА» ЯК ВИРОБНИКА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	10
1.1. Філія «Вознесенська» як підрозділ агрохолдингу «Нібулон»	10
1.2. Аналіз господарювання агропідприємства	14
Висновки до розділу 1	16
2. ВИЗНАЧЕННЯ СЛАБКИХ МІСЦЬ В ДІЮЧІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАЛЬНИХ РОБІТ	17
2.1. Аналіз технічних можливостей агропідприємства	17
2.2. Огляд діючого транспортного забезпечення технологічних перевезень врожаю при збиранні озимої пшениці	19
2.3. Переваги і недоліки діючої технології	23
Висновки до розділу 2	27
3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЦИКЛІВ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ	28
3.1. Огляд шляхів підвищення ефективності збиральних робіт	28
3.2. Розрахунок сумісності зернозбиральних комбайнів та міжопераційних компенсаторів.....	29
3.3. Вибір автомобілів-зерновозів методом відносних коефіцієнтів	33

3.4. Розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників транспортно-виробничого комплексу техніки для удосконалених технологічних перевезень.....	37
3.5. Розрахунок технологічних перевезень як системи масового обслуговування до і після удосконалення	39
3.6. Важливість заходів з охорони праці під час транспортно-технологічного процесу збирання озимої пшениці	43
Висновки до розділу 3.....	47
4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ НОВОВВЕДЕНЬ	49
4.1. Розрахунок техніко-економічних показників при технологічних перевезеннях зернового з поля на тік	49
4.2. Визначення економії палива при роботі зерноспирального комбайн за удосконаленою технологією.....	51
4.3. Порівняльна характеристика ТЕП діючої і запропонованої технологій транспортного забезпечення	52
Висновки до розділу 4.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	56
ДОДАТКИ	59

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на тему: «Удосконалення технологічних перевезень під час збирання зернових культур», зроблена відповідно до існуючих вимог написання таких робіт.

Бакалаврська кваліфікаційна робота містить розрахунково-пояснювальну записку на 60 сторінках друкованого тексту (основний текст – 48 стор.), 24 рисунки, 10 таблиць, і 24 назви використаних літературних джерел.

Ключові слова: транспортно-технологічний процес, технологія, змінний напівпричіп, машинно-тракторний парк, агрегат, технічні характеристики, годинна продуктивність технологічних перевезень, метод відносних коефіцієнтів, витрати палива, економічна ефективність, експлуатаційні витрати.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності транспортно-технологічного процесу під час збирання врожаю зернових культур шляхом раціонального застосування автотранспортних засобів і забезпечення безпечної взаємодії технологічного транспорту зі збиральними об'єктами сільськогосподарської техніки під час виконання механізованих операцій.

Проведено аналіз господарської діяльності агрокомпанії «Вознесенська». Проведено удосконалення в раціоналізації транспортно-технологічного процесу перевезення озимої пшениці. Проаналізовано стан охорони праці. Проведено економічну оцінку розроблених і запропонованих до впровадження заходів.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТЗ – автотранспортний засіб;

АТП – автотранспортне підприємство;

ЗК – зернозбиральний комбайн;

ЗТК – збирально-транспортний комплекс;

ТЗ – транспортний засіб;

ТТП – транспортно-технологічний процес;

ПСА – приватна сільськогосподарська агрофірма;

ПБН – причіп бункер накопичувач;

ПП – причіп перевантажувач

ВСТУП

Україна стабільно утримує позиції серед провідних європейських виробників зернових культур із середньорічними показниками валового збору на рівні 35-40 млн тонн. Протягом останнього десятиліття держава також здобула статус ключового експортера зерна в регіоні. Розвиток зернового господарства є стратегічним пріоритетом аграрного сектору, оскільки воно не лише гарантує продовольчу безпеку населення через забезпечення хлібопродуктами, а й постачає сировину для переробної промисловості [1].

Функціонування галузі сприяє значним валютним надходженням до державного бюджету та створює численні робочі місця. Враховуючи багатий земельний фонд та наявність кваліфікованих кадрів, потенціал вітчизняного зерновиробництва (включаючи олійні культури) оцінюється у 80-100 млн тонн щорічно. Така інвестиційна привабливість та стратегічне значення галузі зумовлюють необхідність її детального наукового аналізу [5].

Провідне місце серед зернових посідає озима пшениця, яка є базовим продуктом харчування для понад мільярда людей у 54 країнах світу. Її біологічна цінність зумовлена збалансованим хімічним складом, що включає:

- Білки (8–22%): незамінний компонент для метаболізму та росту організму. Особливу роль відіграє клейковина — специфічний білковий комплекс (гліадин та глютеїн), що забезпечує унікальні хлібопекарські властивості борошна.
- Вуглеводи (48–63%): переважно у вигляді крохмалю, що є основним джерелом енергії.
- Жири (близько 2%): зосереджені в алейроновому шарі та зародку зерна.
- Мікроелементи: вітаміни, ферменти та мінеральні сполуки.

Харчові продукти з пшеничного борошна вирізняються високою засвоюваністю та енергетичною цінністю (до 255 ккал на 100 г). Окрім хлібопечення, зерно використовується у виробництві макаронних та кондитерських виробів, а також як промислова сировина для виготовлення

спирту та крохмалю. Побічні продукти, зокрема висівки, є цінним концентрованим кормом для тваринництва [13]. Рослинні залишки (солома) також мають господарське значення: їх використовують як кормову базу (20–22 кормові одиниці на 100 кг) або як органічне добриво для відновлення родючості ґрунтів.

З огляду на те, що понад 60% хлібобулочної продукції в Україні виготовляється саме з озимих сортів, ефективність їх вирощування безпосередньо впливає на соціально-економічний добробут громадян. Критично важливим етапом у технологічному циклі є збирання врожаю. Ключове завдання цього етапу полягає в оптимальній організації робіт, що дозволяє завершити жнива у стислі агротехнічні терміни з мінімізацією втрат зерна.

Тому темою нашої магістерської роботи є *«Удосконалення технологічних перевезень під час збирання зернових культур»*.

Об’єкт дослідження – збирання озимої пшениці як технологічний процес на прикладі агропідприємства «Вознесенська» філія агрохолдингу «Нібулон».

Предмет дослідження – технологічні перевезення зернового збіжжя від збиральних комбайнів до місця післязбиральної обробки.

Мета дослідження: поліпшення результативності процесу збирання зернових культур шляхом удосконалення технологічних перевезень зернового збіжжя від збиральних комбайнів до місця післязбиральної обробки.

Завдання дослідження:

1. Зробити огляд діяльності «Вознесенської» філії агрохолдингу «Нібулон» як агропідприємства, що спеціалізується на вирощуванні озимої пшениці.
2. Визначити слабкі місця в діючій технології транспортного забезпечення збиральних робіт піддослідного агропідприємства.
3. Розробити удосконалення, що забезпечить підвищення ефективності транспортно-технологічних циклів при збиранні врожаю.
4. Провести аналітичний огляд заходів з техніки безпеки при збиранні врожаю зернових культур.

5. Провести економічну оцінку запропонованих нововведень.

Методи дослідження, що використовувались роботі: статистичний аналіз; метод моделювання; метод експертної оцінки; спостереження; метод натурних досліджень.

За результатами бакалаврської роботи були створені тези доповіді на тему «Ефективність причепів-бункерів-накопичувачів при технологічних перевезеннях під час збирання зернових культур» за матеріалами XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання», яка відбулася 19 лютого 2026 року на факультеті конструювання та дизайну НУБіП України (додаток А).

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЛІЇ «ВОЗНЕСЕНСЬКА» ЯК ВИРОБНИКА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

1.1. Географічне розташування та умови господарювання агропідприємства «Філія Вознесенська»

Центральний офіс агропідприємства «Вознесенська», філія агрохолдингу «Нібулон», знаходиться у селі Бузьке Вознесенської громади Миколаївської області.

Бузьке — центр сільської Ради, розташоване за 6 км від центру громади міста Вознесенськ. Дворів — 716. Населення — 1843 чоловік. До агропідприємства входять населені пункти: Цвіткове, Птиче, Забари, Заброшкове, Чорталка, Новокантакузівка (рис. 1.1).

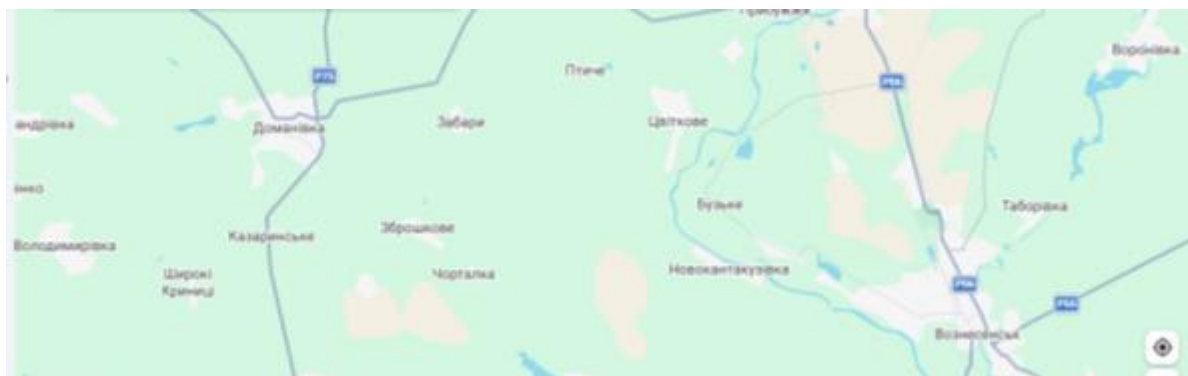


Рис. 1.1. Місце розташування Філія «Вознесенська»

Вплив кліматичних факторів Вознесенщини на вегетацію озимої пшениці

Природно-кліматичні умови Вознесенського району характеризуються як помірно-континентальні з вираженим дефіцитом вологи, що суттєво впливає на продуктивність озимої пшениці.

1. Температурний режим та перезимівля

Для регіону характерні нестабільні зими з частими відлигами, що створює ризик випарання вузла кущення або утворення льодової кірки. Однак достатня сума позитивних температур восени дозволяє рослинам у ТОВ «Богданівське»

сформувати міцну кореневу систему та накопичити необхідну кількість цукрів для успішної зимівлі.

2. Вологозабезпеченість та посухи

Головним лімітуючим фактором є нерівномірність опадів. Вознесенщина належить до зони ризикованого землеробства через:

Весняні суховії: швидке підвищення температури у квітні-травні призводить до інтенсивного випаровування вологи з орного шару ґрунту.

Літні посухи: збігаються з фазами наливу зерна, що може спричинити «зав'ядання» колоса та зниження маси 1000 зерен.

3. Гідрографічний вплив та мікроклімат

Близькість до річок Південний Буг та Мертвовод дещо пом'якшує температурні піки, створюючи більш сприятливий мікроклімат для посівів, що розташовані в прибережній зоні. Водночас наявність гранітних виходів у ландшафті впливає на специфіку прогрівання ґрунту в районах, прилеглих до Актівського каньйону.

4. Вплив на терміни збирання

Через високу сонячну інсоляцію та низьку вологість повітря у липні, зерно озимої пшениці в районі досягає повної стиглості досить швидко. Це вимагає від «Філія Вознесенська» чіткої організації транспортно-технологічного циклу, адже затримка збирання навіть на 5–7 днів в умовах спеки призводить до осипання зерна та втрати його клейковинних властивостей.

Основним напрямом діяльності агропідприємства «Філія Вознесенська» в рослинництві являється зерново-елеваторний. Основні польові роботи в господарстві розпочинаються вже в березні. Середня довжина польових гонів 700-1500 м, ґрунтовий питомий опір становить 44-49 кН/м².

Діяльність агропідприємства забезпечують 164 працівники, з них 26 з вищою освітою аграрного профілю. Це дає можливість вести ефективне господарювання, але за останні роки в зв'язку з інтенсивними військовими діями виникла необхідність у терміновому розмінуванні великих площ полів рослинницького цільового призначення [18].

Структура земельних угідь і посівних площ господарства подані в таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1

Структура земельних угідь

Назви угідь	Площі, га
Всього землі	6454
Сільськогосподарські угіддя	5253
Рілля	4950
Водойми	85

Як свідчать дані таблиці 1.1 основну частку сільськогосподарських угідь займає рілля, що свідчить про високий рівень інтенсивності використання землі. Водночас це вимагає відповідних заходів, що запобігають розвитку водної і вітрової ерозії.

У складі ґрунтів основну частку займають чорноземи глибокі (понад 76%) і чорноземи лугові (близько 16%), меншу площу займають чорноземи опідзолені, сірі суглинки та дерново-опідзолені ґрунти. Досвід землеробства засвідчує, що найважливішою умовою сталого та безпечного виробництва сільськогосподарської продукції є постійна турбота про збереження та підвищення родючості ґрунтів. Це питання набуває особливої гостроти для умов Миколаївщини, ґрунтовий покрив якої сформований, в основному, малогумусними ґрунтами легкого гранулометричного складу, що визначило їх низьку ємність вбирання, невисоку буферність, малу насиченість ґрунтовими колоїдами, а відтак, підвищену вразливість від техногенного та антропогенного впливу [2].

Таблиця 1.2

Посівні площі в рослинництві

Назва культури	Площа, га	Урожайність, ц/га
Цукрові буряки	540	565
Ячмінь	320	36
Озима пшениця	2450	56
Кукурудза на зерно	810	43
Горох	115	34
Гречка	65	22
Соняшник	650	25

Як видно з даних таблиці 1.2, провідними культурами на підприємстві є зернові, в основному озима пшениця, та цукрові буряки.

Урожайність основних зернових і просапних культур за попередні три роки характеризується такими показниками (таблиця 1.3.).

Таблиця 1.3.

Урожайність основних культур в рослинництві за останні роки

Назва культури	Площа, Га	Урожайність, ц/га					
		Фактична			планова		
		2023	2024	2025	2023	2024	2025
Цукрові буряки	540	540	550	570	550	560	580
Кукурудза на зерно	810	40	35	35	45	40	50
Озима пшениця	2450	42	44	45	50	52	55
Ріпак	655	24	23	25	25	24	25

1.2. Технічні можливості агропідприємства філія «Вознесенська» як підрозділу ТОВ СП «Нібулон»

Станом на весняний вегетаційний період 2026 року, Миколаївський кластер провідних агрохолдингів (зокрема ПАТ «НІБУЛОН») демонструє стратегічні підходи до вирощування озимих культур, що є орієнтиром для господарств регіону, включно з «Філія Вознесенська». Підтвердженням цього є структура посівних площ та агротехнології 2025/2026 рр. У поточному сільськогосподарському сезоні в районі Вознесенська спостерігається тенденція до оптимізації сівозміни. Ключовими культурами залишаються озима пшениця та ріпак. Зокрема, у лютому 2026 року на площі 3450 га у межах Миколаївського кластеру було проведено перше підживлення озимини сульфатом амонію. Це забезпечило посіви азотом та сіркою, необхідними для стабільного відновлення вегетації після зимового спокою. Значна частина цих площ зосереджена навколо філії «Вознесенська» (с. Бузьке), що територіально межує з об'єктом нашого дослідження.

В межах філій агрохолдингу постійно проводиться технічна модернізація та логістичне забезпечення рослинницького напрямку. Для підвищення ефективності збиральних та транспортних робіт у 2026 році агропідприємства регіону використовують оновлений парк техніки, сформований протягом 2024–2025 рр. Посівний та ґрунтообробний комплекс: застосування енергонасичених тракторів бренду Fendt та Case IH у поєднанні з посівними системами Horsch (табл. 1.4).

До жнив-2026 підготовлено парк комбайнів нового покоління CLAAS Lexion, що дозволяє мінімізувати втрати зерна при збиранні (табл. 1.4).

Доказом розвитку транспортної логістики є те, що організація перевезень базується на використанні сучасних зерновозів (близько 60 одиниць у регіоні), частина яких отримана за програмами міжнародної підтримки (USAID) (табл. 1.5).

Таблиця 1.4.

Кількісний склад тракторів і зернозбиральних комбайнів

Трактори			
Марка	Потужність, к.с.		Кільк
Fendt 300 Vario	110		5
Fendt 720 Vario	125		10
Fendt 724 Vario	149		8
Fendt 620 Vario	224		4
Fendt 700 Vario.Gen7	300		2
Case IH серії MAXXUM	126		3
Зернозбиральні комбайни і ПБН			
Марка	Об'єм бункера, м³		Кільк.
CLAAS Lexion 6000 TERRA TRAC	13,5		2
CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC	13,5		5
Pronar T740 (ПБН)	28		4
Жатки			
Марка	Ширина, м	Ціна, грн	кільк.
Claas Vario 770	7,7	3 317 404	5
Claas Vario 900	9,0	3 337 454	2
Claas Vario 1230	10,8	3 359 400	4

Переобладнання шнека CLAAS Lexion з L на 7XL становить близько 227 000 грн

Впровадження інновації в агрохолдингу здійснюється регулярно. Зокрема, особливістю поточного сезону є активне впровадження елементів точного землеробства. Це дозволяє автоматизувати технологічні операції, зменшити кількість проходів техніки по полю та підвищити загальну швидкість робіт, що є критично важливим для дотримання агротехнічних термінів у посушливих умовах Вознесенщини. Проте з початком повномасштабного російського воєнного вторгнення, традиційні GPS системи почали іноді давати збої.

Таблиця 1.5.

Парк автомобілів-зерновозів

Марка	Об'єм, м ³	Ціна, грн	кільк.
IVECO T-WAY AT 380	28		12
Зерновоз CB GR RENAULT D18	18		10
MAN (автотягач)	-		3
DAF (автотягач)	-		5
Renault (автотягач)	-		4
Mega light kbz (напівпричіп)	33		12
DL-ПС 1020 (причіп)	20,7		10

Господарство має порівняно нову матеріально-технічну базу. Це 32 трактори, 14 збиральних комбайнів, 28 автомобілів і відповідний комплекс сільськогосподарських машин та знарядь для спеціалізації в рослинництві (табл. 1.4,) [3]. Це дає можливість ефективно господарювати, але за останні роки у зв'язку із ризиками воєнного стану, прибутки у сільськогосподарському виробництві відчутноно зменшуються у порівнянні з довоєними роками.

Висновки до розділу I

Аналіз техніко-технологічного потенціалу підприємства (див. табл. 1.4 і 1.5) свідчить про наявність потужного парку інноваційної техніки іноземного виробництва. Дана матеріально-технічна база дозволяє повною мірою реалізувати цикл вирощування та логістики зернової групи. Подальше дослідження буде зосереджене на критичному огляді та розрахунку системи технологічних перевезень врожаю озимої пшениці як системи масового обслуговування.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ СЛАБКИХ МІСЦЬ В ДІЮЧІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБИРАЛЬНИХ РОБІТ

2.1. Аналіз технічних можливостей агропідприємства

Проведемо аналіз технічних можливостей агропідприємства з точки зору забезпечення технологічного процесу збирання зернових культур. Розглядаючи технічні можливості філії Вознесенська агрохолдингу Нібулон слід відмітити, що машинно-тракторний парк був порівняно недавно поновлений останніми зразками сільськогосподарської техніки сучасних провідних світових виробників [3]. Зокрема якщо провести огляд тракторів як енергетичних засобів то звертає на себе увагу ціла лінійка тракторів Fendt (рис. 2.1) різної потужності.



Рис. 2.1. Трактор Fendt 720 Vario

Комбайни німецької компанії CLAAS моделі Lexion також призначені для забезпечення максимальної продуктивності яка необхідна під час збирання зернових культур. Такі комбайни крім надійності та високої продуктивності ще досить економічні. Зокрема вони відрізняються надзвичайно помірним споживанням пального приблизно на рівні одного літра на одну тону намолоченого зерна за умови найвищої продуктивності зернозбирального комбайна [22, 23, 24].

Також до комплексу транспортно-технологічних засобів які необхідні для збирання зернових культур за сучасними технологіями входить причіп-

перевантажувач або причіп-бункер-накопичувач [22]. В агропідприємстві - це перевантажувач Pronar T740 польського виробництва (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Причіп-перевантажувач зерна Pronar T740

Це досить ефективний економічний накопичувач, що є універсальним у своєму використанні. Може транспортувати врожай крім пшениці ще і кукурудзи та інших зернових культур й ефективно перевантажувати його у автомобілі-зерновозі для перевезення на елеватор. Також може використовуватись як заправщик сівалок для завантаження насіння в сівалки. Як відомо причеп бункер накопичувач як компенсатор між зернозбиральним комбайном і зерновозом допомагає зменшити втрати часу через простої комбайнів в очікуванні технологічного транспорту для відвантаження зерна. Pronar T740 оснащений електронною системою зваження, що дозволяє контролювати вагу вантажу який перевозиться. Він також обладнаний параболічною пружинною тандемною підвіскою з колісною базою 1810 мм і керованою задньою віссю яка полегшує маневрування та значно зменшує зношення коліс. Час розвантаження причепа-перевантажувача становить від 3 до 6 хвилин, продуктивність перевалки при раціональній організації збиральних робіт - від 200 до 400 т/год.

Серед парку зерновозів всі зерновози сучасні. Зокрема: автозерновоз IVECO T-WAY AT 380, напівпричіп-зерновоз Mega Light ємкістю 33 кубічних метра. В господарстві також є достатній парк автотягачів для вказаних напівпричепів таких як Man, DAF і Renault. Звертає на себе увагу напівпричіп самоскид Mega Light KBZ, тому зупинимось на його описанні докладніше.



Рис. 2.3. Напівпричіп-зерновоз-самоскид Mega Light KBZ

Завод Mega - це досвідчений виробник напівпричепів для перевезення врожаю сільськогосподарських культур. Справа в тому що завод Мега у 2017 році увійшов до французької корпорації BENALU LEGRAS GROUP, за рахунок якої на 90% оновилося обладнання і технології виробництва. Тому зараз Mega виготовляє досить ефективні та сучасні транспортні засоби із зменшеною спряженою масою, але при цьому які не втрачають свою міцність [14].

2.2. Огляд діючого транспортного забезпечення технологічних перевезень врожаю при збиранні озимої пшениці

Ефективність жнивної кампанії зернових колосових та ранніх культур визначається комплексним підходом до організації збирально-транспортних процесів. Технологічна стратегія, що охоплює етапи від вибору методу збирання до післязбиральної підготовки (очищення, сушіння, зберігання), безпосередньо корелює з кількісними та якісними показниками врожаю [15].

Оптимізація робіт вимагає врахування специфіки поточного сезону, цільового призначення зерна (насіннєвий фонд, продовольчі чи технічні потреби) та наявної матеріально-технічної бази. Важливим економічним чинником є прогнозування енергоємності операцій, що формує загальну собівартість продукції. Попередній польовий моніторинг (оцінка густоти посівів, вологості, забур'яненості та морфологічних ознак культури) є

обов'язковим етапом для дотримання заготівельних стандартів. Зокрема, критичним для озимої пшениці є дотримання агротехнічних термінів: попри теоретичну норму у 7 діб, практичне вікно збирання без суттєвих втрат становить 12-15 днів. Перевищення цього терміну навіть на 7-14 діб спричиняє стрімке падіння врожайності (на 1,5-2 т/га) та погіршення хлібопекарських властивостей зерна.

У філії Вознесенська маючи, як ми вже аналізували, сучасний парк машинно-тракторних агрегатів, автомобілів та сучасних зернозбиральних комбайнів, намагаються все робити за сучасними ефективними технологіями. Поле площею 2450 га на якому вирощуються озима пшениця для раціонального збирання ділять на частинки площею у 200-250 гектарів кожна. В результаті утворюється 11 робочих полів. Для того щоб організувати збирально-транспортний комплекс який по черзі збирає на кожному з цих 11 полів озиму пшеницю, використовують перевантажувальну технологію в якій проміжну ланку між зернозбиральним комбайном і автомобілем-зерновозом грає компенсатор який складається із трактора Fendt 720 Vario і причепа-бункера-накопичувача Pronar T740 ємкістю 28 м³.

Транспортне забезпечення цього комплексу виконують зерновози двох видів. Один тип зерновозів IVECO T-WAY AT 380 (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Автомобіль-зерновоз IVECO T-WAY AT 380

Другий тип зерновозів - це автотягач Man, DAF або Renault з

напівпричіпом Mega Light KBZ. В результаті ми отримуємо сучасну перевантажувальну технологію із сучасною високопродуктивною технікою яку схематично можна зобразити наступним чином (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Загальна схема перевантажувальної технології з використанням в якості компенсатора трактор з ПБН

Визначаємо кількісний склад ЗТК при діючій перевантажувальній технології збирання озимої пшениці.

Для початку визначаємо технічну продуктивність ЗК за годину змінного часу:

$$W_{ГЗ} = 0,1B_p v_p U \cdot \tau, = 0,1 \cdot 7,5 \cdot 9 \cdot 4,5 \cdot 0,81 = 24,5 \text{ т/год.} \quad (2.1)$$

Кількість комбайнів, що необхідні для збирання урожаю з площі S, га при урожайності зерна U, т/га, знаходиться за формулою:

$$m_K = \text{CEILING} \frac{S \cdot U}{W_K T_{3M} K_{3M} D_P} = \text{CEILING}(2450 \cdot 4,5) / (24,5 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot 10) = 3,6 \approx 4 \text{ од.} \quad (2.2)$$

Кількість бункерів ЗК на один ПБН приймаємо $p=2$, виходячи з об'єму бункера комбайна (див. табл. 1.3) і об'єму ПБН (див. табл. 1.4).

У відповідності до кількості бункерів на один ПБН визначаємо кількість

міжопераційних компенсаторів у складі трактора і ПБН:

$$n_{\Pi} = \text{CEILING} \frac{m_K}{\rho_{\Pi}} = \frac{4}{2} = 2 \text{ од.} \quad (2.3)$$

Для того щоб визначити час одного обороту компенсатора у складі трактора і причепа-бункера-накопичувача, визначаємо час набору бункера і час розвантаження причепа-бункера-накопичувача у автозерновоз.

Час набору бункера ЗК:

$$t_B = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}} = \frac{13,5 \cdot 0,67}{24,5} = 0,37 \text{ год.}, \quad (2.4)$$

ω_K — об'єм бункера ЗК, м³;

d_B — об'ємна маса зерна (0,67), т/м³;

$t_{\text{роз ЗК}}$ — тривалість розвантаження ЗК у кузов ПБН, год;

$t_{\text{роз ПБН}}$ — тривалість розвантаження ПБН у кузов зерновоза, год;

Тривалість розвантаження ЗК у кузов ПБН:

$$t_{\text{роз}} = \frac{\omega_K d_B}{W_{\text{шк}}} = \frac{13,5 \cdot 0,67}{180} = 0,05 \text{ год} \quad (2.5)$$

Час руху ПБН по полю, враховуючи найвіддаленішу відстань від ровантажувального майданчика кожної розвантажувальної смуги ($l_{\Pi} = 0,6$ км):

$$t_{\text{рух}} = \frac{2l_{\Pi}}{v_{\text{пбн}}} = \frac{2 \cdot 0,6}{12} = 0,1 \text{ год.} \quad (2.6)$$

Час вивантаження зерна з ПБН у зерновоз:

$$t_{\text{роз}} = \frac{\omega_K d_B}{W_{\text{шк}}} = \frac{27 \cdot 0,67}{350} = 0,05 \text{ год} \quad (2.7)$$

Для визначення часу циклу одного міжопераційного компенсатора у складі трактора і причепа-бункера-накопичувача, враховуємо час очікування набору бункера другим комбайном і час переїзду ПБН до другого комбайна [9]:

$$T_{\Pi_пбн} = 2t_{\text{роз ЗК}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{оч}} + t_{\text{вив}} + t_{\text{рух}} = 2 \cdot 0,05 + 0,02 + 0,03 + 0,1 + 0,05 = 0,3 \text{ год}$$

(2,8)

Визначаємо час запасу ПБН:

$$\Delta t = t_{\text{б}} - T_{\text{ц_пбн}} = 0,37 - 0,3 = 0,07 \text{ год} \quad (2,9)$$

Визначаємо кількість автомобілів-зерновозів:

$$n_{\text{АП}} = \text{CEILING} \frac{m_K W_{\text{КП}} \left(\frac{K_M \omega_K d_B \rho_{\text{П}}}{W_{\text{ШП}}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{\text{ПА}} \right)}{\gamma \cdot \sum q_A}, = \frac{4 \cdot 25,25 \left(\frac{1,5 \cdot 13,5 \cdot 0,67 \cdot 2}{350} + \frac{2 \cdot 8}{22} + 0,1 \right)}{18,09} = 6 \text{ од.} \quad (13)$$

В результаті наших розрахунків що ми визначили що транспортно-технологічний комплекс для збирання озимої пшениці на всій площі полів буде мати такий склад:

- зернозбиральний комбайн CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC - 4 од.;
- причеп-бункер-накопичувач в якості компенсатора в агрегаті із трактором Трактор Fendt 720 Vario і Pronar T740 - 2 од.;
- автомобіль-зерновоз у складі автотягача і напівпричепа Mega Light KBZ - 6 од.

2.3. Переваги і недоліки діючої технології

Діючі технології транспортного забезпечення збирання озимої пшениці має ряд переваг тому що її намагаються здійснювати за сучасними вимогами використовуючи компенсатор між зернозбиральним комбайном і автомобілем зерновозом в якості причепа-бункера-накопичувача який агрегатується із сучасним потужним трактором. Така діюча технологія транспортного забезпечення збиральних робіт має наступні переваги:

- дозволяє уникнути виїзда автомобіля-зерновоза безпосередньо на поле, що з екологічної точки зору є суттєвою перевагою так як дозволяє уникати ущільнення ґрунту колесами згаданого

автомобіля-зерновоза і тим самим уникати зменшення урожайності ґрунту в тих місцях де він міг бути ущільнених автомобільними колесами;

- зернозбиральні комбайни здійснюють вивантажування повних бункерів зерна не зупиняючись (на ходу) завдяки особливостям компенсатора (трактор із причепом-бункером-накопичувачем) який постійно знаходиться на полі. Отже комбайни при цьому мають подвійну перевагу. По-перше, вивантажують зерно не зупиняючись. По-друге, не очікують причепа-бункера-накопичувача коли потрібно вивантажити повний бункер зерна адже він постійно знаходиться на полі періодично від'їжджаючи з повним кузовом на край поля для перевантаження зерна в кузов автомобіля-зерновоза;
- зручне обладнання логістичного майданчика розміщення якого постійно зміщуються по ходу просування комбайнів в процесі виконання збиральних робіт;
- так як довжина гону досить значна для України (коливається в межах 1000 м) це мінімізує загальну кількість переїздів зернозбиральних комбайнів.

Позитивними ознаками господарювання можна також вважати наступні заходи. Зважаючи на те що у філії Вознесенська площа під озиму пшеницю досить значна (як уже згадувалось 2450 га) то фахівці при цьому враховують, що пшениця на такій великій площі може дозрівати нерівномірно. Це враховується при поділі полів і черговості збирання.

Також враховується рельєф полів. Південні схили плануються першими для збирання збирально-транспортним комплексом. Враховується також сортовий склад. Поля з ранніми сортами виділяється в окремі блоки полів і також в першу чергу плануються для збирання.

Під час планування збирального-транспортних робіт враховується вологість полів, а саме, поля які знаходяться недалеко від лісосмуг або в низинах, збираються в останню чергу і не зранку а десь в обідні години або

ближче до вечора для того щоб пшениця встигла висохнути.

Підготовка полів до збирання включає розбивку їх на загінки шириною біля 150 м. Ширина загінки або ширина хлібостою між розвантажувальними смугами залежить від ширина жатки комбайна. Так як на всіх зернозбиральних комбайнах філії Вознесенської ширина загальна жатки 7,7 м, а робоча ширина захвата 7,5 м., то ширина загінки повинна бути кратною ширині жатки а саме - 150 м.

Вивантаженням на ходу додається від 14 до 20% продуктивності комбайна в порівнянні з вивантаженням його під час зупинки. Бункер ПБН підібраний так щоб в нього входило 28 м³ зерна, що кратно двом бункерам комбайна і навіть трошки більше так як комбайни часто набирають зерно в бункер із гіркою, тобто враховано додаткові об'єми зерна.

Не дивлячись на те що в даному господарстві вчасно здійснюють заміну застарілої техніки і підтримують машинотракторний парк на рівні останніх стандартів новітньої техніки провідних світових виробників, слід також відмітити деякі недоліки. Для комбайна Claas Lexion 8600 ширина жатки 7,7 м при урожайності 4,5 Т з гектара (модель жатки Vario 770) вважається дещо вузькозахватною в порівнянні із потенціалом потужності згаданого комбайна. Оскільки комбайн Claas Lexion 8600 має досить високу потужність і пропускну здатність так як він обладнаний системою Arc Inflower Hybrid за врожайності 4,5 т на гектар, лімітуючим фактором має вважатись не обмолот, а саме фізична швидкість руху по полю та якість зрізу. При цьому слід враховувати що при робочій ширині захвату жатки Vario 770 - 7,5 м буде недостатнє навантаження на молотарку хлібної маси. Оптимальна швидкість ЗК при цьому в районі 9 км/год, але загальна пропускну здатність хлібної маси буде становити лише 50 максимум 60% від його максимальної потужності. Тобто комбайни у філії Вознесенська за їх діючою технологією працюють в дещо недовантаженому режимі. Вважаємо, що це не зовсім економічно вигідно через підвищену питому витрату палива в перерахунку на тону зібраного зерна.

Здавалося б із такою порівняно не дуже широкозахватною жаткою

комбайн може рухатись досить швидко і його бункер 13,5 м³ буде заповнюватись кожні 23 - 24 хвилини, що достатньо для завантаження причепа бункера-накопичувача на 28 см³ від 2 комбайнів за один цикл перевантажувача. Але для того щоб комбайн із своєю потужною молотаркою і досить значною потужністю двигуна міг її використовувати хоча б на 90% вважаємо, що треба змінити жатку на більш широку, зокрема 10,8 м шириною захвату або 12,3 м. Це призведе до досить цінного ефекту коли загальна витрата пального на годину буде зростати, а питома витрата пального на одну тонну зібраного зерна буде знижуватися в порівнянні з діючою. Такий факт пов'язаний із тим, що двигун почне працювати в оптимальному діапазоні навантаження, а кількість проходів по полю і відповідно переїздів значно зменшиться. Якщо порівняти витрати пального в літрах на годину означеного комбайна з жатками різної ширини, то будемо спостерігати наступну порівняльну характеристику (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Залежність основних техніко-експлуатаційних показників ЗК від ширини жатної частини

Ширина жатки, м	Роб. швидкість, км/год	Продуктивність, га/год	Питома витрата палива, л/га
7,7	9 - 10	7,7	8,5 – 10,0
10,8	8,0	8,6	7,5 – 8,5
12,3	7,5	9,2	7,0 – 8,0

Слід також зазначити що фахівці господарства не просто так вибрали жатку 7,7 м. Справа в тому що лише при такій максимально можливій ширині захвати жатної частини, буде досягатися безпечний інтервал, який становить півтора метра і більше, між лівим краєм жатної частини і міжопераційним компенсатором, а саме колесом трактора і причепа-бункера-накопичувача.

Тільки тому фахівці продовжують експлуатувати порівняну вузьку житну частину для такого потужного комбайна яким є Claas Lexion 8600. Вважаємо, що є досить дієві кроки при порівняно недорогому переобладнанні вивантажувального шнека комбайна з метою його роботи з жаткою шириною захвату 12,3 м і дотриманні безпечного інтервалу між зернозбиральним комбайном і міжопераційним компенсатором.

Висновки до розділу 2

Не дивлячись на потужний сучасний машинотракторний парк і використання сучасної перевантажувальної технології досить ефективної з використанням міжопераційного компенсатора в якості причепа-бункера-накопичувача між комбайном і зерновозом і дотриманні екологічних вимог, слід зазначити, що діюча технологія потребує відчутного удосконалення. Одним з шляхів підвищення ефективності як транспортного забезпечення так і технології в цілому є обладнання комбайна ширшою жаткою і шнека додатковими подовжувачами для того щоб раціонально використовувати високу потужність діючого зернозбирального комбайна і ефективніше використовувати весь збирально-транспортний комплекс, особливо такий показник як витрату палива зернозбиральним комбайном.

РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЦИКЛІВ ПРИ ЗБИРАННІ ВРОЖАЮ

3.1. Огляд шляхів підвищення ефективності збиральних робіт

На основі аналізу недоліків діючої технології збирально-транспортних робіт, що наведено у пункті 2.3 доцільно розглянути наступні шляхи підвищення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу. Вважаємо, що в першу чергу потрібно змінити жатку діючих комбайнів на ширшу тобто з ширини захвату 7,7 м до 12,3 м, але тоді виникає наступна проблема. При взаємодії зернозбирального комбайна з міжопераційним компенсатором в якості ПБН агрегатованого з трактором, не буде дотриманий безпечний інтервал між жаткою комбайна і колесами трактора та причепа-перевантажувача. За діючими вимогами безпечний інтервал повинен бути мінімум півтора метри і більше. Тому фахівці філії Вознесенська і не переобладнували зернозбиральні комбайни ширшими жатками щоб забезпечити означений безпечний інтервал розміром півтора і більше метра. Але тут є декілька шляхів підвищення ефективності. Перший шлях - обладнання комбайнів і тракторів які агрегатують причіп бункер накопичувач старлінками (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Обладнання сільськогосподарської техніки старлінками

Під час взаємодії зернозбирального комбайна як технологічної машини із транспортним засобом трактор плюс ПБН, переходити на автопілот і тоді достатньо безпечного інтервалу 20 см, щоб під час завантаження трактор і причіп бункер накопичувач не пошкодили жатку комбайна. Але цей шлях досить дороговартісний і потребує щомісячної оплати за стерлінки в кожній одиниці техніки, тобто як в тракторах як енергетичних засобах і так і в зернозбиральних комбайнах.

Другим шляхом є збільшення безпечного інтервалу до потрібних розмірів між жаткою і міжопераційним компенсатором за рахунок збільшення довжини вивантажувального шнеку зернозбирального комбайна. Цей шлях менш коштовний і в діючих комбайнах шнеки досить короткі тому, що вони були скомплектовані під час продажу комбайнів виробником за рахунок того що така комплектація трохи дешевша ніж із подовженим вивантажувальним шнеком. Отже аналізуючи наявні два шляхи обладнання старлінками і переобладнання шнеків зупинимося саме на другому шляху за рахунок його ефективності, меншої затратності і тієї переваги, що немає щомісячної оплати за встановлення означеного обладнання.

3.2. Розрахунок сумісності зернозбиральних комбайнів та міжопераційних компенсаторів

Відштовхуючись від того, що ми обрали шлях на підвищення ефективності зернозбирального транспортно-технологічного комплексу техніки шляхом збільшення ширини захвату жатки і також збільшення довжини вивантажувального шнека зернозбирального комбайна для того щоб забезпечити безпечну взаємодію його із технологічним транспортом засобом, в якості міжопераційного компенсатора необхідно здійснити розрахунок сумісності в даному випадку зернозбирального комбайна Claas Lexion 8600 із жаткою VARIO 1230 шириною захвату 12,3 м та міжопераційним компенсатором у складі трактора Case і причепа-бункера-накопичувача Polar.

Для цього нам потрібно розрахувати який буде безпечний інтервал (позначимо його літерою «b») між цими об'єктами техніки (рис. 3.2) якщо ширину жатки комбайна збільшити із 7,7 м до 12,3 м.



Рис. 3.2. Безпечний інтервал між ЗК і ПБН з трактором

На основі аналізу літературних джерел з описання всіх можливостей зернозбирального комбайна Claas Lexion 8600 [23, 24, 25] ми запропонували варіант збільшення вивантажувального шнеку за допомогою версії 7XL, що рекомендується для жаток шириною більше 12 м щоб вони не заважали вивантажувати зерно з бункера на ходу, відразу у причіп-бункер-накопичувач. Це спеціальна складна система розвантаження, створена для забезпечення безпечної дистанції між комбайном та транспортним засобом, що займається технологічними перевезеннями врожаю зернових культур. Шнек 7XL має досить складну конструкцію до якої належать наступні елементи: базова частина шнека 4XL довжиною 8,8 м до якої прикріплений складний наконечник із гідророзгорткуванням який має довжину 2,1 м. Загальна довжина у шнека 7XL в розкладеному стані становить 10,91 м якщо рахувати від центральної повздовжньої осі збирального комбайна. Перевага такого вивантажувального

шнека полягає в тому, що наявність складної секції дозволяє зменшити загальний виліт в транспортному положенні, що має критичне значення для маневрування зернозбирального комбайна на дорогах загального користування. В результаті, габарити зернозбирального комбайна зі шнеком 7XL будуть наступними:

- транспортна висота - до 4 м.;
- радіус повороту шнека - 105° ;
- висота розвантаження 4,96 м.

За величинами основних параметрів ми створили схему розрахунку сумісності зернозбирального комбайна CLAAS Lexion 8600 при взаємодії з технологічним транспортним засобом (міжопераційним компенсатором) у складі трактора Fendt 720 Vario і причепа-бункера-накопичувача Pronar T740 (рис. 3.3).

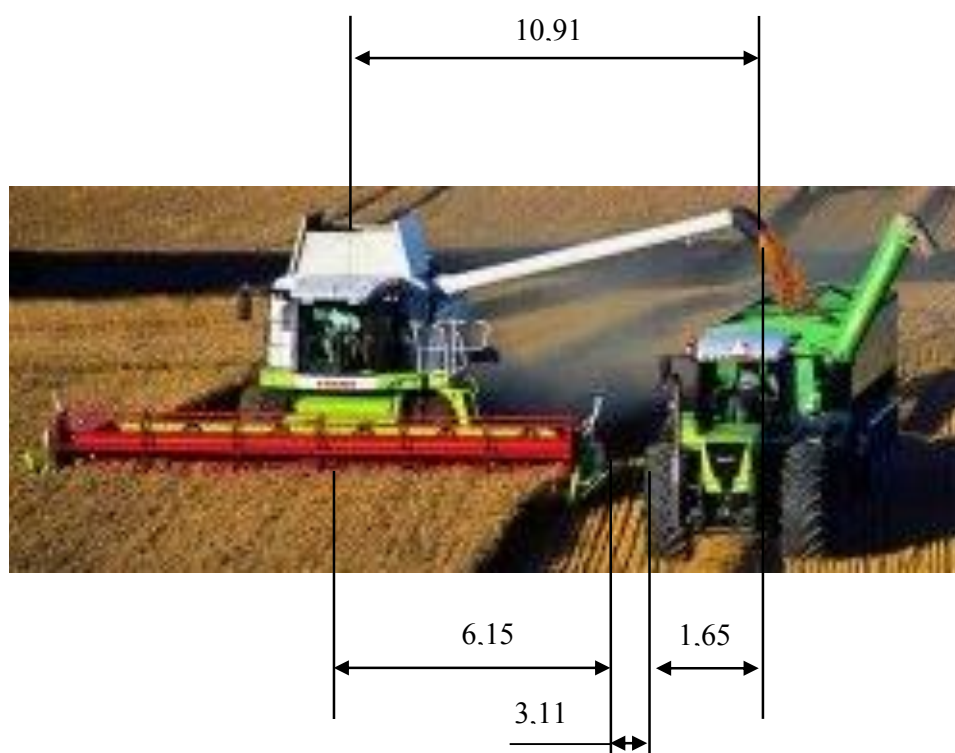


Рис. 3.3. Схема розрахунку безпечного інтервалу після введення удосконалення

Як видно зі схеми, безпечний інтервал, який ми позначили літерою В, в нашому випадку при використанні жатки Vario 1230 шириною вата 12,3 м і вивантажувальною шнекою системи 7XL для комбайна Claas Lexion 8600, безпечний інтервал між причепом перевантажувачем і лівим краєм жатки зернозбирального комбайна при вивантаженні зерна на ходу буде становити мінімум 3,1 м. Для порівняння ми визначили також величину цього інтервала при використанні іншого обладнання і різної ширини жатки. Ці показники ми оформили у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Значення безпечного інтервалу та інших параметрів при взаємодії технологічного транспорту із зернозбиральним комбайном CLAAS Lexion 8600
TERRA TRAC

№	Модель жатки	Ширина жатки, м	Модель вивант. системи ЗК	Виліт шнека від центру ЗК, м	Безпечний інтервал, м (> 1,5 м)
1.	VARIO 770	7,7	XL	7,5	2,0
2.	VARIO 1230	12,3	XL	7,5	- 0,3
3.	VARIO 1230	12,3	7XL	10,91	3,11

Як бачимо з таблиці 3:1 при діючій технології з використанням жатки Vario 770 шириною захвату 7,7 м і стандартної моделі вивантаженої системи збирального комбайна, виліт шнека від центру комбайна буде становити 7,5 м і безпечний інтервал буде дійсно цілком безпечний (при мінімальному його значення півтора метра). В даному випадку він буде складати 2 м. Тобто діюча система взаємодії міжопераційного компенсатора із збиральним комбайном цілком робоча. Але при її недоліках неповного використання потужності, збільшити ширину захвату жатки тобто змінити її з 7,7 на 12,3 м (на Vario 1230). Якщо провести заміну жатки збирального комбайна без заміни моделі вивантаженої системи тобто так і залишити XL то тоді як ми бачимо з таблиці

взаємодіяти із технологічним транспортом при цьому зернозбиральний комбайн не зможе. Тому вивантаження зерна він зможе здійснювати лише при зупинці і то дуже важко це зробити бо безпечний інтервал між лівим краєм жатки збирального комбайна і будь-яким технологічним транспортним засобом буде від'ємний (- 0,3 м). Це означає, що на 100% буде контакт між технологічним транспортом і зернозбиральним комбайном, а саме лівим краєм жатки і неминуче пошкодження комбайна, що ніяк недопустимо під час збиральних робіт. В нашому ж варіанті ми запропонували крім заміни жатки на Vario 1230 також і заміну моделі вантажувальної системи збирального комбайна із XL на 7 XL яка передбачає значно збільшити виліт шнека від центру збирального комбайна. При цьому виліт шнека збільшиться із 7,5 м до 10,91 м. За нашими підрахунками безпечний інтервал між збиральним комбайном і технологічним транспортом навіть збільшиться в порівнянні із діючою моделлю тобто стане вже не 2 м а 3,11 м (див. рис. 3.3). Таким чином вважаємо наше удосконалення доцільним яке призведе до збільшення використання наявної потужності зернозбирального комбайна до 90 і більше відсотків. При цьому він не втратить можливість вивантажувати зерно на ходу у технологічний транспорт так як його взаємодія з цим транспортом цілком реальна зважаючи на безпечний інтервал між ними 3,11 м.

3.3. Вибір автомобілів-зерновозів методом відносних коефіцієнтів

Як видно з таблиці 1.5, філія Вознесенська володіє досить потужним і різноманітним парком автомобілів-зерновозів. Серед них є спеціалізовані зерновози такі як Івеско. Також є напівпричепи для перевезення зерна які можуть агрегатуватися з однією з трьох моделей автотягачів які також є в достатній кількості в автопарку господарства. (рис. 3.4).

		
MAN TGX 18.480	DAF XF 480	Renault T-Series
		
IVECO T-WAY AT 380	Mega light kbz	

Рис. 3.4. Автомобілі-зерновози філії «Вознесенська» для технологічних перевезень зернового збіжжя

Для того щоб обрати найраціональніший автотранспортний засіб для перевезення зерна від поля до току господарства який знаходиться в середньому за 14 км від полів до вирощують озиму пшеницю, ми вирішили використати досить ефективний метод - метод відносних коефіцієнтів.

Для того щоб застосувати означений метод всі автомобілі-зерновози ми розмістили в таблиці 3.2. В ній же розмістили їх основні техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники, які для нас найважливіші, що впливають на ефективність здійснення перевезень врожаю озимої пшениці з полів до місць післязбиральної обробки.

Таблиця 3.2.

Різнорідні показники автомобілів-зерновозів

Показники	Ранг	MAN TGX 18.480,	DAF XF 480	Renault T- Series	IVECO T- WAY AT 380
		1	2	3	4
Балансова вартість, тис. грн.	2	6 350	6 200	5 950	5 300
Витрата палива, л/100 км	1	29	28	30	38
Трудомісткість усунення відмов, люд.-годин/1000 км	4	8	6	7	8
Маса порожнього автомобіля, т.	5	25 700	25 900	26 100	23 700

Примітка: ціни в табл.3.2 для автотягачів MAN TGX 18.480, DAF XF 480 і Renault T-Series вказуються разом з ціною напівпричепа Mega Light KBZ (1850 тис. грн). Показник «трудомісткість усунення відмов» для автотягачів також вказується з врахуванням цього показника для напівпричепа.

Результати визначення відносних коефіцієнтів по кожному показнику заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.2.

Відносні коефіцієнти автомобілів-зерновозів за показниками

Показники	Ранг	MAN TGX 18.480,	DAF XF 480	Renault T- Series	IVECO T- WAY AT 380
		1	2	3	4
Балансова вартість, тис. грн.	2	0,8346	0,8548	0,89	1
Витрата палива, л/100 км	1	0,9655	1	0,9333	0,7368
Трудомісткість усунення відмов, люд.-годин/1000 км	3	0,75	1	0,875	0,75

Продовження таблиці 3.2

Маса порожнього автомобіля, т.	5	0,922	0,915	0,908	1
Сумарний відносний коефіцієнт		1,8172	2,6104	1,8515	2,4868

Визначаємо сумарний відносний коефіцієнт для кожного автомобіля:

MAN TGX 18.480: $0,8346/2 + 0,9655 + 0,75/3 + 0,922/5 = 0,4173 + 0,9655 + 0,25 + 0,1844 = 1,8172$;

DAF XF 480: $0,8548/2 + 1 + 1 + 0,915/5 = 0,183 + 2 + 0,4247 = 2,6104$;

Renault T-Series: $0,89/2 + 0,9333 + 0,875/3 + 0,908/5 = 0,445 + 0,9333 + 0,2916 + 0,1816 = 1,8515$;

IVECO T-WAY AT 380: $1/2 + 0,7368 + 0,75/3 + 1 = 2,4868$

Як бачимо з таблиці в яку зведені наші остаточні розрахунки, найбільший сумарний відносний коефіцієнт у автопоїзда DAF XF 480 + напівпричіп Mega Light KBZ. Його відносний коефіцієнт найбільший і становить 2,104. На другому місці – автомобіль-зерновоз Iveco з коефіцієнтом 2,4868. На третьому місці - автопоїзд Renault T-Series з причепом Mega Light KBZ з відносним коефіцієнтом 1,8515. І на останньому місці - автомобіль MAN TGX 18 480 з напівпричепом Mega Light KBZ. Його відносний коефіцієнт всього 1,8172. Отже, як показали результати наших досліджень найефективніше використовувати для технологічних перевезень з зерна з поля до місць післязбиральної обробки - автопоїзд у складі авто тягача DAF XF 480 і причепа Mega Light KBZ. Якщо не буде вистачати цих автопоїздів то тоді можна додати автозерновоз IVECO T-WAY AT 380. Решту автомобілів використовувати на перевезення зернового узбіжжя в даному випадку нераціонально.

За результатами даних таблиці 3.2. визначаємо середню економію палива за рахунок використання автомобіля DAF XF 480 у порівнянні з іншими

автомобілями. Середня економія палива: $\Delta S = 32.33 - 28 = 4.33$ л/100 км, що у відсотковому еквіваленті буде становити 13,4%.

3.4. Розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників транспортно-виробничого комплексу техніки для удосконалених технологічних перевезень

Враховуючи що наші показники з удосконаленого варіанта збирально-транспортних робіт дещо зміниться за рахунок зміни ширини захвата жатки, проводимо ці розрахунки ще раз, вже з урахування нових показників.

Визначаємо кількісний склад ЗТК при діючій перевантажувальній технології збирання озимої пшениці.

Зміна вихідних даних для ЗТК при удосконаленій технології збирально-транспортних робіт:

Робоча швидкість ЗК: $v_p = 7$ км/год;

Робоча ширина захвату жатки ЗК: $B_p = 12,1$ м

Визначаємо значення технічної продуктивності ЗК за годину змінного часу при удосконаленій технології збирання:

$$W_{ГЗ} = 0,1 B_p v_p U \cdot \tau, = 0,1 * 12,1 * 7 * 4,5 * 0,81 = 30,87 \text{ т/год.} \quad (3.1)$$

Кількість комбайнів, що необхідні для збирання урожаю з площі S , га при урожайності зерна U , т/га, знаходиться за формулою:

$$m_K = CEILING \frac{S \cdot U}{W_K T_{3M} K_{3M} D_P} = CEILING(2450 * 4,5) / (30,87 * 8 * 1,5 * 10) = 2,975 \approx 3 \text{ од.} \quad (3.2)$$

Кількість бункерів ЗК на один ПБН приймаємо $p=2$, виходячи з об'єму бункера комбайна (див. табл. 1.3) і об'єму ПБН (див. табл. 1.4).

У відповідності до кількості бункерів на один ПБН визначаємо кількість міжопераційних компенсаторів у складі трактора і ПБН:

$$n_{\Pi} = CEILING \frac{m_K}{\rho_{\Pi}} = \frac{3}{2} = 1,5 \approx 2 \text{ од.} \quad (3.3)$$

Для того щоб визначити час одного обороту компенсатора у складі трактора і причепа-бункера-накопичувача, визначаємо час набору бункера і час розвантаження причепа-бункера-накопичувача у автозерновоз.

Час набору бункера ЗК:

$$t_B = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}} = \frac{13,5 \cdot 0,67}{30,87} = 0,25 \text{ год.}, \quad (3,4)$$

ω_K — об'єм бункера ЗК, м³;

d_B — об'ємна маса зерна (0,67), т/м³;

$t_{роз\ ЗК}$ — тривалість розвантаження ЗК у кузов ПБН, год;

$t_{роз_ПБН}$ — тривалість розвантаження ПБН у кузов зерновоза, год;

Тривалість розвантаження ЗК у кузов ПБН:

$$t_{роз} = \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}} = \frac{13,5 \cdot 0,67}{180} = 0,05 \text{ год} \quad (3,5)$$

Час руху ПБН по полю, враховуючи найвіддаленішу відстань від ровантажувального майданчика кожної розвантажувальної смуги ($l_{п} = 0,6$ км):

$$t_{рух} = \frac{2l_{п}}{v_{пбн}} = \frac{2 \cdot 0,6}{12} = 0,1 \text{ год.} \quad (3,6)$$

Час вивантаження зерна з ПБН у зерновоз:

$$t_{роз} = \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}} = \frac{27 \cdot 0,67}{350} = 0,05 \text{ год} \quad (3,7)$$

Для визначення часу циклу одного міжопераційного компенсатора у складі трактора і причепа-бункера-накопичувача, враховуємо час очікування набору бункера другим комбайном і час переїзду ПБН до другого комбайна:

$$T_{ц_пбн} = 2t_{роз_зк} + t_{пер} + t_{оч} + t_{вив} + t_{рух} = 2 \cdot 0,05 + 0,05 + 0,25 + 0,1 + 0,1 = 0,6 \text{ год} \quad (3,8)$$

Визначаємо час запасу ПБН:

$$\Delta t = t_{\text{б}} - T_{\text{ц_пбн}} = 0,25 - 0,6 = -0,01 \text{ год} \quad (3,9)$$

Зважаючи на те, що інтервал надходження одного ПБН менший ніж ритм роботи ЗК, забезпечуємо бригаду з трьох ЗК двома міжопераційними компенсаторами ПБН. В цьому випадку:

$$\Delta t = t_{\text{б}} - T_{\text{ц_пбн}} = 0,25 - (0,3/2) = 0,1 \text{ год} = 6 \text{ хв.} \quad (3,9)$$

Тобто запас часу у ПБН буде як мінімум 6 хвилин, що забезпечить принципи ритмічності і безперервності роботи ЗК.

Визначаємо кількість автомобілів-зерновозів:

$$n_{\text{АП}} = \text{CEILING} \frac{m_K W_{\text{КП}} \left(\frac{K_M \omega_K d_B \rho_{\text{П}}}{W_{\text{ШП}}} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{PA} \right)}{\gamma \cdot \sum q_A}, = \frac{3 \cdot 30,87 \left(\frac{1,5 \cdot 13,5 \cdot 0,67 \cdot 2}{350} + \frac{2 \cdot 8}{22} + 0,1 \right)}{18,09} = 4,7 \approx 5 \text{ од.} \quad (13)$$

В результаті наших розрахунків що ми визначили що транспортно-технологічний комплекс для збирання озимої пшениці на всій площі полів за удосконаленою технологією буде мати такий склад:

- зернозбиральний комбайн CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC – 3 од.;
- причеп-бункер-накопичувач в якості компенсатора в агрегаті із трактором Трактор Fendt 720 Vario і Pronar T740 - 2 од.;
- автомобіль-зерновоз у складі автотягача і напівпричепа Mega Light KBZ - 5 од.

3.5. Розрахунок технологічних перевезень як системи масового обслуговування до і після удосконалення

Для визначення ефективності роботи транспортного забезпечення збиральних робіт, розглянемо його як систему масового обслуговування.

Загальні показники

Загальний обсяг перевезення за весь період збиральних робіт:

$$Q=S \cdot U=2450 \cdot 4,5=11025 \text{ т} \quad (3.14)$$

Максимальний термін проведення збиральних робіт – 13 діб.

Тривалість робочого дня - 14 годин. Відстань перевезення $l_{ij} = 14$ км. Для перевезення використовується автомобіль з фактичною вантажопідйомністю $q = 22$ т. Середня технічна швидкість автомобіля становить $v_t = 22$ км/год. Час завантаження зерна в кузов автомобіля $t_n = 0,2$ год, точка завантаження $N_H = 2$. Час вивантаження зерна з автомобіля на норію $t_p = 0,1$ год, $N_P = 2$ пункти вивантаження.

Умова ритмічної роботи системи – рівність ритму роботи збиральної техніки та інтервалу надходження автомобілів: $R_c = I_A$.

Показники діючої СМО

Кількість задіяних автомобілів-зерновозів – 6 од.

Час циклу міжопераційного компенсатора:

$$T_{ц_пбн} = 2t_{роз_зк} + t_б + t_{оч} + t_{вив} + t_{рух} = 2 \cdot 0,05 + 0,37 + 0,2 + 0,05 + 0,2 = 0,92 \text{ год} \quad (3.15)$$

Час обороту кожного автомобіля визначаємо згідно формули:

$$t_{об} = \frac{2l_{ij}}{v_t} + t_n + t_p + t_{оч} = \frac{2 \cdot 14}{22} + 0,1 + 0,1 + 0,34 = 1,9 \text{ год} = 114 \text{ хв.} \quad (3.16)$$

Ритмічність для першої ланки комплексу: навантажувальний пункт – АТЗ, виходячи із основної вимоги поточності, визначається за формулою::

$$R_c = T_{ц_пбн} / N_H = 0,92 / 2 = 0,46 \text{ год} = 27,6 \text{ хв} \quad (3.17)$$

Інтервал надходження АТЗ, год.:

$$I_A = \frac{t_{об}}{n_A} = 114 / 6 = 19 \text{ хв.} \quad (3.18)$$

Час очікування автомобілів:

$$t_{оч} = R_c - I_A = 27,6 - 19 = 8,6 \text{ хв} \quad (3.19)$$

Кількість їздок за робочий день:

$$n_d = T_{роб} / R_c = 14 / 0,36 = 39 \text{ їздок} \quad (3.20)$$

Обсяг перевезень за робочий день:

$$Q_{рд} = n_d \cdot q_{ф} = 39 \cdot 22 = 858 \text{ т} \quad (3.21)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

$$P_{рд} = Q_{рд} / n_d = 858/6 = 143 \text{ т/рд} \quad (3.22)$$

Система – перенасичена, автомобілі очікують під'їзду перевантажувачів. Необхідно зменшити інтервал надходження автомобілів.

Показники впорядкованої СМО

Час циклу міжопераційного компенсатора:

$$T_{ц_пбн} = 2t_{роз_зк} + t_б + t_{вив} + t_{рух} = 2 \cdot 0,05 + 0,05 + 0,37 + 0,2 = 0,72 \text{ год} \quad (3.23)$$

Час обороту кожного автомобіля визначаємо згідно формули:

$$t_{об} = \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_H + t_p + t_{оч} = \frac{2 \cdot 14}{22} + 0,1 + 0,1 + 0,23 = 1,79 \text{ год} = 108 \text{ хв.} \quad (3.24)$$

Ритмічність для першої ланки комплексу: навантажувальний пункт – АТЗ, виходячи із основної вимоги поточності, визначається за формулою:

$$R_c = T_{ц_пбн} / N_H = 0,72/2 = 0,36 \text{ год} = 21,6 \text{ хв} \quad (3.25)$$

Інтервал надходження АТЗ, год.:

$$I_A = \frac{t_{об}}{n_A} = 108/5 = 21,6 \text{ хв.} \quad (3.26)$$

Час очікування автомобілів: $t_{оч} = R_c - I_a = 21,6 - 21,6 = 0$

Кількість їздок за робочий день:

$$n_d = T_{роб} / R_c = 14/0,36 = 39 \text{ їздок} \quad (3.27)$$

Обсяг перевезень за робочий день:

$$Q_{рд} = n_d \cdot q_{ф} = 39 \cdot 22 = 858 \text{ т} \quad (3.28)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

$$P_{рд} = Q_{рд} / n_d = 858/5 = 171,6 \text{ т/рд} \quad (3.29)$$

Кількість задіяних автомобілів-зерновозів – 5 од.

Система – насичена. Інтервал надходження автомобілей повністю відповідає ритму роботи міжопераційних компенсаторів для перевантаження зерна. Завдяки розрахунку транспортного забезпечення збиральних робіт як система масового обслуговування, ми узгодили ритм роботи ланки збиральної

збиральна техніка - міжопераційний компенсатор з інтервалом надходження автомобілів. При цьому очікувана економія - один автомобіль зерновоз. Для збереження ритмічної роботи системи, необхідно змістити початок роботи 2-го і 4-го зернозбиральних комбайнів на 3 хвилини відносно відповідно першого і третього.

Термін збиральних робіт:

$$D_{p1} = Q / Q_{pd} = 11025 / 858 = 12,85 \text{ діб} \quad (3.30)$$

Показники впорядкованої СМО з удосконаленням взаємодії між ЗК і технологічним транспортом

Час циклу міжопераційного компенсатора:

$$T_{ц_пбн} = 2t_{роз_зк} + t_б + t_{вив} + t_{рух} = 2 \cdot 0,05 + 0,05 + 0,25 + 0,2 = 0,6 \text{ год} \quad (3.31)$$

Час обороту кожного автомобіля визначаємо згідно формули:

$$t_{об} = \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_n + t_p + t_{оч} = \frac{2 \cdot 14}{23,3} + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ год} = 108 \text{ хв.} \quad (3.32)$$

Ритмічність для першої ланки комплексу: навантажувальний пункт – АТЗ, виходячи із основної вимоги поточності, визначається за формулою::

$$R_c = T_{ц_пбн} / N_H = 0,64 / 2 = 0,3 \text{ год} = 18 \text{ хв} \quad (3.33)$$

Інтервал надходження АТЗ, год.:

$$I_A = \frac{t_{об}}{n_A} = 90 / 5 = 18 \text{ хв.} \quad (3.34)$$

Час очікування автомобілів: $t_{оч} = R_c - I_a = 18 - 18 = 0$

Кількість їздок за робочий день:

$$n_d = T_{роб} / R_c = 14 / 0,3 = 46 \text{ їздок} \quad (3.35)$$

Обсяг перевезень за робочий день:

$$Q_{pd} = n_d \cdot q_{\phi} = 46 \cdot 22 = 1012 \text{ т} \quad (3.36)$$

Продуктивність автомобіля за робочий день:

$$P_{pd} = Q_{pd} / n_d = 1012 / 5 = 202,4 \text{ т/рд} \quad (3.37)$$

Кількість задіяних автомобілів-зерновозів – 5 од.

Система – насичена. Інтервал надходження автомобілей повністю відповідає ритму роботи міжопераційних компенсаторів для перевантаження зерна. Для того, щоб узгодити інтервал надходження автомобілів з меншим ритмом роботи зернозбиральної техніки, довелося збільшити середню швидкість зерновозів з 22 до 23,3 км/год.

Термін збиральних робіт:

$$D_{p2} = Q / Q_{pd} = 11025 / 1012 = 10,9 \text{ діб} \quad (3.38)$$

3.6. Важливість заходів з охорони праці під час транспортно-технологічного процесу збирання озимої пшениці

Не дивлячись на те, що багато держстандартів під назвою ГОСТ замінений і осучаснені зараз називається ДСТУ з відповідним номером, стандарт ГОСТ 12.3.002-75, що регламентує процеси виробничі та загальні вимоги безпеки, залишається поки що без змін в Україні як міждержавний стандарт [4]. Станом на 2026 рік тобто прямого національного стандарту який би регламентував всі вимоги означеного ГОСТу поки що не прийнято. Тобто цей стандарт як міждержавний регулює основні вимоги до сфери охорони праці, а також забезпечення безпеки виробничих процесів, в тому числі і в агропромисловому комплексі, до якого відноситься технологічний, зокрема технологічний процес збирання озимої пшениці. Так як більшість схожих стандартів скасовано, а згаданий стандарт залишається регулювати загальні вимоги безпеки виробництва зокрема при збиранні врожаю сільськогосподарських культур, то у цьому пункті описуючи важливість заходів з охорони праці під час транспортно-технологічного процесу збирання озимої пшениці ми будемо спиратися саме на нього [4].

В першу чергу розглянемо збирально-транспортні роботи при обмолоті і транспортному забезпеченні перевезення врожаю озимої пшениці з точки зору загальних положень та виробничих ризиків. При цьому заходи з організації агротехнічних процесів а також всі польові та транспортні роботи вимагають

суворого дотримання відповідності чинного стандарту безпеки Яким є міждержавний стандарт ГОСТ 12302-75. При цьому серед основних загроз для працівників агропромислового комплексу в період збиральних робіт є наступні:

отримання механічних трав розглядається як ризик можливого потрапляння під колеса як технологічної так і транспортної техніки, включаючи затягування одягу та частин тіла працівника у відкриті механізми;

до конструкційних загроз слід віднести можливість притискання або нанесення травм навісним обладнанням;

до мікрокліматичного впливу відноситься досить тривала дія високотемпературного середовища або середовище де присутня надмірна вологість або інтенсивне сонячне випромінювання, що може призвести до теплового або сонячного удару який виводить з ладу працівника на тривалий термін;

до атмосферних забруднень можна віднести надмірну концентрацію пилу яка особливо актуальна при проведенні реальних робіт комбайновим способом [10], а також наявність вихлопних газів у робочій зоні понад встановлений термін;

при взаємодії транспортно-технологічних засобів із промисловою технологічною технікою, а також транспортно-технологічних засобів таких як ПБН і зерновоз між собою, коли спостерігається наявність вихлопних газів а транспортні засоби здійснюють перевантажування під час їх зупинки в нерухомому стані.

Також потрібно враховувати що технологічний рівень господарства повинен дозволяти повністю усунути вище перелічені фактори, а робочий персонал зобов'язаний використовувати при вищеперелічених загрозах засоби індивідуального захисту.

Якщо розглядати технологічний процес збирання озимої пшениці з точки зору безпеки та охорони праці то слід зазначити необхідність базування технологічного циклу збору врожаю сільськогосподарських культур на картах,

типових зразках з техніки безпеки і охорони праці які мають гарантувати наступні положення.

1. Необхідно обов'язково дотримуватись умови синхронізації парку, що означає чітку взаємодію машинно-тракторних агрегатів та транспортної техніки і повинно включати також перехресні ризики.

2. Оптимізація навантаження як на технологічну сільськогосподарську техніку так і на транспортні засоби які мають працювати у відповідності до своєї паспортної потужності та вантажопідйомності і продуктивності не перевищуючи її але і занадто не знижуючи. При цьому суворо забороняється знаходження сторонніх осіб на зовнішніх частинах включаючи раму сільськогосподарської транспортної техніки під час її руху або при запущеному двигуні.

Особливо увагу потрібно приділяти протипожежній безпеці через занадто високу ймовірність займання хлібостою, сухої соломи, пилу хлібної маси який розноситься по полю під час збиральних робіт і при цьому зернозбиральний комбайн може спалахнути як сірник навіть від іскри його робочих органів. При цьому на полі для того щоб локалізувати можливу пожежу повинен обов'язково чергувати протипожежний машино-тракторний агрегат тобто потужний трактор із широкозахватним плугом (ширина захвату при цьому повинна бути понад 3,6 м) для того щоб встигнути оперативно створити смугу переораного поля через яку не перекинеться полум'я із частини поля яке вже зайнялося.

Особливу увагу потрібно приділити регламенту роботи водіїв транспортно-технологічних засобів. Зокрема автомобілів-зерновозів, а також механізаторів які керують транспортно-технологічними агрегатами у складі трактора і причепа-бункера-накопичувача при використанні перевантажувальної технології. При цьому керування транспортно-технологічною технікою під час збиральних робіт дозволяється лише особам які досягли віку 18 років і мають відповідно категорію у посвідченні водія або свідоцтві тракториста-машиніста. Тобто всі водії і механізатори які керують транспортно-технологічними міжопераційними компенсаторами мають пройти

спеціальну професійну підготовку, а також оволодіти знаннями і уміннями, що були викладені на первинному інструктажі.

Також водій та організатори цієї категорії повинні пройти обов'язковий медичний огляд, відмова від якого є підставою відсторонення від роботи. Особливу увагу при допуску водіїв і механізаторів які призначені для транспортування врожаю від зернозбиральних комбайнів повинні обов'язково пройти навчання з електробезпеки першої групи. На полі при цьому обов'язково повинна з'являтися така спецтехніка як автоцистерни для заправки транспортної і технологічної техніки паливом, самоскиди, ремонтні майстерні. Водії означених транспортних засобів повинні мати при собі сертифікат проходження додаткових курсів де досконально вивчаються безпека при виконанні збиральних робіт. При цьому весь перерахований персонал який постійно або епізодично приймає участь у збирально-транспортних роботах зернових культур повинні дотримуватись чіткої дисципліни, правил дорожнього руху, правил внутрішнього розпорядку та правил пожежної безпеки. Експлуатувати засоби індивідуального захисту згідно інструкції, при цьому охайно з ними поводитись, а також включаючи спецодяг і спецвзуття.

Означені категорії працівників повинні також чітко і негайно інформувати керівництво про можливі аварії, нещасні випадки, симптоми професійної втрати здоров'я та інших небезпечних або надзвичайних ситуацій. При цьому категорично забороняється вживати алкоголь, наркотичні речовини, здійснювати паління, крім спеціально виділених для цього місць в обладнаних для безпечного паління зонах.

Під час збиральних робіт потрібно особливо підтримувати психофізіологічний та технічний фактори ризику який заключається у психоемоційному стані водія. Основними негативними чинниками неналежного емоційного стану водія або механізатора який керує транспортно-технологічним машинотракторним агрегатом є інформаційне перевантаження що полягає у відповідальності за безпеку інших та цінність вантажу, що в свою чергу створює додатковий стрес. Ефект монотонності, що створюється під час тривалого руху

рівномірним потоком за рахунок виникнення ризику сонливості також фізичне навантаження, що проявляється у додатковому шумі, вібрації кабіни, вимушених незручних позах під час безпосереднього виконання роботи, а також можливого швидкого ремонту через відмову транспортно-технологічної техніки. Всі ці фактори суттєво виснажують організм, приводить до небезпечних ситуацій.

Слід серйозно віднестися до порядку дії при надзвичайних ситуаціях. Це в першу чергу надання допомоги при отриманні травм, що вимагає швидке надання першої долікарської допомоги та обов'язковий виклик медичних працівників. При цьому необхідно зберігати докази що свідчить про реальність події яка призвела до травматизму до приїзду комісії із розслідування ситуації на місці.

При контролі техніки потрібно використовувати тільки справні інструменти. Використання несправних інструментів чи обладнання суворо заборонене бо будь-які дефекти в обладнанні або інструментах, що обслуговують транспортно-технологічну техніку може привести до додаткового травматизму працівників, втрати їх працездатності.

Про будь-які дефекти в обладнанні або інструментах слід негайно доповідати керівництву. Підготовка до рейсу на початку зміни повинна обов'язково включати перевірку справності автомобіля або тракторного автопоїзда як міжопераційного компенсатора, зчіпних пристроїв, причепа. При цьому виїзд на поле і транспортування зерна дозволяється лише при наявності у водія або механізатора відповідного посвідчення та техпаспорта, оформлення шляхового листа та товарно-супровідних документів на вантаж.

Висновки до розділу 3

В результаті заходів з підвищення ефективності транспортно-технологічних циклів при збиранні урожаю ми здійснили огляд шляхів підвищення означеної ефективності і зупинились на декількох з них. Перший

полягає у переобладнанні вивантажувальної системи шнеків широкозахватних ЗК для налагодження безпечної взаємодії із транспортно-технологічними засобами якими є міжопераційні конденсатори. В якості агрегату що складається із трактора і причепа-бункера-накопичувача. При цьому очікуване збільшення продуктивності комбайна становить з 25,25 т/га до 30,87 т/га, що повинно призвести до відчутного підвищення ефективності збирально-транспортних робіт в цілому і економії частини техніки.

Другим шляхом підвищення ефективності транспортного забезпечення збиральних робіт є розрахунок означеного забезпечення як системи масового обслуговування для того щоб упорядкувати взаємодію транспортно-технологічних машин та агрегатів, чітко налагодити графік їхньої взаємоузгодженої роботи та забезпечити ритмічну роботу всього комплексу транспортно-технологічної техніки.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ НОВОВВЕДЕНЬ

4.1. Розрахунок техніко-економічних показників при технологічних перевезеннях зернового з поля на тік

Для того щоб провести економічну оцінку запропонованих нами удосконалень в транспортному забезпеченні збирального процесу озимої пшениці, в першу чергу проведемо розрахунок техніко-економічних показників при технологічних перевезеннях зернового збіжжя з поля на елеватор. Для цього як вихідні дані потрібно використати основні техніко-економічні і техніко-експлуатаційні показники технологій транспортного забезпечення збиральних робіт до удосконалення і після введення нами удосконалень. Для цього узагальнимо розраховані нами показники і зробимо порівняльну характеристику обох технологій у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика техніко-експлуатаційних показників

Назва показника	Технологія тр. забезп.	
	до удоск.	після удоск
Кількість комбайнів шт.	4	3
Кількість міжопераційних компенсаторів, од.	2	2
Кількість автомобілів-зерновозів, од.	6	5
Загальна кількість техніки, од.	12	10
Продуктивність комбайна, т/год.	25,25	30,87
Середній виробіток автомобіля зерновоза за робочий день, т/р.д.	143	202

Середній виробіток одного автомобіля за робочий день визначається як:

$$Q_{APДП} = \frac{m_K T_{3M} K_{3M} W_{KP}}{n_{AP}}, \text{ т / р.д.} \quad (4.1)$$

Спочатку наводимо визначення з формули 3.22 для діючої технології:

$$Q_{APДП} = 143 \text{ т/р.д.}$$

Потім наводимо визначення для удосконаленої технології з формули 3.37:

$$Q_{APДП} = 202 \text{ т/р.д.}$$

Визначаємо середню годинну витрату пального кожним автомобілем-зерновозом:

$$Q_{HC} = 0,01 H_{SANC} S \cdot (1 + 0,01 D) + H_i n_i \quad (4.2)$$

$$Q_{HC} = 0,01 \cdot 28 \cdot 192 \cdot (1 + 0,01 \cdot 12) + 0,38 \cdot 12 = 65 \text{ л.}$$

де $H_{SANC} = H_S + H_W (G_{HP} + 0,5q)$

H_{SANC} — лінійна норма витрати палива самоскидального автопоїзда,
л/100 км

q - вантажопідйомність напівпричепа, т;

n_i - кількість їздок.

Визначаємо питомі витрати палива в переахунку на перевезення 1 т. зерна.

$$W_i = Q_{HC} / Q_{APДП}; \quad (4.3)$$

Для діючої технології:

$$W_{id} = 65 / 143 = 0,322 \text{ л/т}$$

Для удосконаленої технології:

$$W_{iy} = 65 / 202 = 0,292 \text{ л/т}$$

Різниця економії палива на перевезення 1 т зерна:

$$\Delta W_i = W_{id} - W_{iy} = 0,322 - 0,292 = 0,03 \text{ л/т} \quad (4.4)$$

Загальна економія пального на автоперевезеннях поле-тік:

$$E_{пер} = \Delta W_i \cdot S_{п} \cdot U \cdot Ц_{диз} = 0,03 \cdot 11025 \cdot 91 = 30098 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Як показали наші розрахунки, загальна економія пального на автомобільних перевезеннях від поля до елеватора становитиме по мінімальним підрахункам 30098 грн. Це якщо використовувати тільки автопоїзд-зерновоз DAF 480 з напівприцепом Mega Light KBZ. Якщо ж порівняти економію використання означеного автомобіля зерновоза DAF з зерновозом Iveso який часто використовувався в діючій технології то економія буде значно більшою.

4.2. Визначення економії палива при роботі зернозбирального комбайна за удосконаленою технологією

Розрахунок економії пального для площі 2450 га базується на різниці питомих витрат при роботі недовантаженого комбайна CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC з жаткою Vario 770 (7,7 м) та цього ж комбайна в оптимальному режимі з жаткою Vario 1230 (12,3 м).

На основі попередніх даних та технічних характеристик двигуна Lexion 8600, проведемо порівняльний аналіз витрати палива комбайном CLAAS Lexion 8600 з різною шириною захвату (7,7 і 12,3 м.) і на основі означених розрахунків визначимо очікувану загальну економію палива збиральними комбайнами.

Для початку визначимо відстань яку повинен пройти комбайн по полю, щоб обмолотити один гектар озимої пшениці.

Для діючої технології:

$$L_d = 10000 / B_{рд} = 10000 / 7,7 = 1298,7 \text{ м} \quad (4.6)$$

Через високу швидкість (9,5 км/год) та велику кількість проходів (низький ККД навантаження двигуна), середня витрата палива становить біля 9,5 л/га.

Для удосконаленої технології:

$$L_d = 10000 / B_{ру} = 10000 / 12,3 = 813 \text{ м} \quad (4.7)$$

Завдяки оптимальному завантаженню системи APS Synflow, зменшенню пробігу по полю на 62 % та зменшенню кількості переїздів на 60%, питома витрата палива знизиться до 5,95 л/га

Звідси економія палива на обмолоті одного гектара буде становити:
 $\Delta W_{\text{зк}} = 9,5 - 5,95 = 3,55 \text{ л/га.}$

Спираючись на результати проведених розрахунків визначаємо загальну економію пального при роботі зернозбиральних комбайнів CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC:

$$E_{\text{зк}} = \Delta W_{\text{зк}} \cdot S_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{диз}} = 3,55 \cdot 2450 \cdot 91 = 791472,5 \text{ грн} \quad (4.8)$$

Ця економія можлива лише за умови ефективної роботи міжопераційних компенсаторів у складі трактора з ПБН. Якщо комбайн CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC з жаткою 12,3 м буде простоювати в очікуванні розвантаження, економія пального нівелюється роботою двигуна на холостих обертах.

4.3. Порівняльна характеристика ТЕП діючої і запропонованої технологій транспортного забезпечення

За результатами визначення економії пального при технологічних перевезеннях зерна автомобілями зерновозами у пункті 4.1 і економії пального в зернозбиральними комбайнами в результаті збільшення ширина жатки 7,7 м до 12,3 м визначаємо загальну економію пального на цих двох видах робіт.

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{пер}} + E_{\text{зк}} = 30098 + 791472 = 821570 \text{ грн.} \quad (4.9)$$

Витрати на переобладнання 3-х збиральних комбайнів CLAAS Lexion 8600 TERRA TRAC на вивантажувальну систему 7XL буде становити:
 $N_{\text{обл}} = 227000 \cdot 3 = 681000 \text{ грн.}$

В результаті виконаних досліджень по удосконаленню технології збирання озимої пшениці у філії Вознесенська на площі 2000 450 га ми визначили наступний прибуток тільки за рахунок економії витрати палива за один сезон збиральних робіт:

$$P = E_{\text{заг}} - N_{\text{обл}} = 821570 - 681000 = 131570 \text{ грн} \quad (4.10)$$

Результати порівняльної характеристики ТЕП діючої і запропонованої технологій транспортного забезпечення ми оформили у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Порівняльна характеристика ефективності діючої і запропонованої технологій

Назва показника	Технологія тр. забезп.	
	до удоск.	після удоск
Витрати палива в переахунку на перевезення 1 т. зерна, л	0,322	0,292
Загальна економія коштів на пальне на автоперевезеннях поле-тік, грн	30098	
Витрати пального на обмолот одного гектара оз. пшениці, л/га	9,5	5,95
Загальна економія пального при роботі зернозбиральних комбайнів, грн	791472	
Загальна економія пального, грн	821570	
Витрати на переобладнання комбайнів на вивантажувальну систему 7XL, грн.	681000	
Прибуток тільки за рахунок економії витрати палива за один сезон збиральних робіт, грн	131570	

Висновки до розділу 4

Економічна оцінка запропонованих нововведень показала суттєву економію пального на автоперевезеннях поле - елеватор, що в переводі на гривенний еквівалент буде трохи більше 30 000 грн а також очікувану економію пального при роботі зернозбиральних комбайнів, що склала 791472грн

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Організаційно-економічна характеристика агропідприємства філія Вознесенська показала, що філія знаходиться на північному заході Миколаївської області біля районного центру Вознесенськ. Господарство агрокомпанії проводиться досить вдало. Напрямок спеціалізації – рослинництво. Вирощують такі культури як кукурудзу, соняшник, ріпак та інші. Найбільші площі полів знаходяться під озимою пшеницею. Структурний стан машино-тракторного та автомобільного парку цілком сучасний, вчасно оновлюється і цілком дозволяє впроваджувати нові ефективні технології вирощування і збирання сільськогосподарських культур.

2. На основі аналізу технічних можливостей підприємства та огляду діючого транспортного забезпечення технологічних перевезень врожаю при збиранні озимої пшениці ми визначили слабкі місця в діючій технології транспортного забезпечення збиральних робіт зокрема. Не дивлячись на те що застосовуються сучасна перевантажувальна технологія із сучасної високопродуктивної потужною технікою вважаємо доцільним замінити перевантажувальне обладнання з L на 7 XL для можливості безпечної взаємодії технологічного транспорту з широкозахватними об'єктами збиральної техніки.

3. Провівши огляд шляхів підвищення ефективності збиральних робіт, ми здійснили розрахунок транспортного забезпечення збиральних робіт як системи масового обслуговування. За результатами наших розрахунків для ритмічної роботи системи необхідно змістити початок роботи 2-го ЗК відносно першого і 3-го відносно 4-го на 3 хвилини. При ритмічній роботі системи, кількість автомобілів-зерновозів зменшиться на один автомобіль.

4. На основі вибору найефективнішого автомобіля-зерновоза методом відносних коефіцієнтів, ми визначили що найефективнішим із чотирьох наявних у автопарку господарства зерновозів, буде автопоїзд у складі тягач автотягача DAF XF 480 і напівпричепа Mega Light KBZ. На другому місці за ефективністю є зерновоз Iveco.

5. Економічна оцінка запропонованих нововведень показала що тільки за рахунок економії паливно-мастильних матеріалів, заміна вивантажувального обладнання окупиться за 1 сезон збиральних робіт і при цьому також ще залишиться прибуток у розмірі 131 570 грн. При цьому завдяки введеним нами удосконалень економиться один зернозбиральний комбайн і один автомобіль зерновоз з напівпричепом. Також збиральні роботи реально закінчити мінімум на дві доби раніше ніж за діючою в господарстві технологією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку//Інформаційно-аналітичний збірник / За ред. П.Т. Саблука та ін. – К.: ІАЕ УААН, 2002. – 647 с.
2. Вознесенська філія (НІБУЛОН). Аграрії разом: веб-сайт. URL: <https://m.agrarii-razom.com.ua/elevators/vozneseenska-filiya-nibulon> (дата звернення 20.04.2026).
3. ФІЛІЯ "ВОЗНЕСЕНСЬКА" ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА "НІБУЛОН". Claryty Prjject: веб-сайт. URL: <https://clarity-project.info/edr/40318459> (дата звернення 18.04.2026).
4. Войналович О. В., Білько Т.О., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві : навч. посібник. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – 690 с.
5. Грицишин М.І. Концептуальні питання відтворення матеріально-технічної бази аграрного сектору економіки України / М.І. Грицишин, В.В. Адамчук // Вісник аграрної науки. – 2007. – №4. –С. 49 – 53.
6. Дьомін О.А., Загурський О.М. Вантажні перевезення: Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 608 с.
7. Дьомін О.А., Загурський О.М. Транспортні технології в аграрному виробництві: Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. – 465 с.
8. Дьомін О.А., Загурський О.М., Бондарев С.І. Взаємодія видів транспорту: Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2023. – 708 с.
9. Дьомін О.А., Загурський О.М. Вантажні перевезення: Піручник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2024. – 564 с.
10. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 26.06.91, ВВР, 1991, N 41, ст.547.
11. Кравчук В. І., Павлишин М. М., Гусар В. В. Оптимізація логістичних систем збирання зернових культур із застосуванням мобільних

бункерів-компенсаторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. Вип. 28 (42). С. 34–42.

12. Лебедєв С. А., Ковальов О. В. Дослідження питомих витрат палива сучасних зернозбиральних комплексів залежно від рівня завантаження молотарки. Праці ТДАТУ. 2024. Вип. 24, т. 2. С. 89–97.

13. Надикто В. Т., Кірчев С. О. Математичне моделювання функціонування зернозбирально-транспортних загонів як систем масового обслуговування. Праці ТДАТУ. 2022. Вип. 22, т. 1. С. 102–111. (У цій праці розглядається комбайн як «прилад обслуговування», а бункер-перевантажувач — як елемент, що згладжує пульсацію потоку вантажівок).

14. Напівпричіп-самоскид MEGA LIGHT 3. Режим доступу: <https://trailers.com.ua/zernovozy-samoskydy/novi-zernovozy-samoskydy/mega-light-3-kbz-26m3.html>

15. Петрик А.В. Формування транспортних систем в агропромисловому виробництві. – К.:ГОЦ»Видавництво»Політехніка, 2004. – 316 с.

16. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05 квіт. 2001 р. № 2344-III. Відомості Верховної Ради України. 2001. № 22. Ст. 105.

17. В1. ФІЛІЯ "ВОЗНЕСЕНСЬКА" ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА "НІБУЛОН". Clarity Project: веб-сайт. URL: <https://clarity-project.info/edr/40318459> (дата звернення 18.04.2026).

18. Шейченко В. О., Куценко А. С. Дослідження логістичної ефективності широкозахватних зернозбиральних агрегатів при взаємодії з бункерами-накопичувачами. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2023. № 215. С. 12–21.

19. Li, Y. L., Sørensen, C. G., & Bochtis, D. D. (2013). Control of Crop Harvesting and Transport Process by Kanban Mechanism. The Open Automation and Control Systems Journal, 5, 67–72. (Стаття прямо описує комбайн, що має

внутрішній бункер (hopper), та трактор із причепом як міжопераційний буфер (input/output buffer) для синхронізації з магістральним транспортом).

20. Van Henten, E., Ait, A., & Mier, M. (2022). Predictive Control and Coordination of Leader-Follower Agrobots for On-the-go Unloading in Crop Harvesting. *Biosystems Engineering*, 218, 45–59. (Досліджується динамічна взаємодія та координація траєкторій комбайна («лідера») та перевантажувального бункера-компенсатора («послідовника»)).

21. Supply Chain Analysis and Logistics (IBSAL) Model development. Oak Ridge National Laboratory Technical Memorandum. (Модель IBSAL — одна з найвідоміших у світі систем імітаційного моделювання, яка прораховує затримки комбайнів у чергах і роботу компенсаторів при прийманні зерна чи біомаси).

22. Harvest without constraints. LEXION 8000 / 7000. (Збір врожаю без обмежень). Режим доступу: <https://www.claas.com/en-ie/agricultural-machinery/combine-harvesters/lexion-8000>

23. Campaign performance like never before. The LEXION. Режим доступу: https://cdn.claas.com/app/2022/lexion/download/lexion_6900_5300_en-int.pdf

24. CLAAS LEXION combine harvester series have more power and more intelligence. Режим доступу: <https://www.agronaplo.hu/agrarhirek/20220822/claas-lexion-combine-harvester-series-have-more-power-and-more-intelligence-27960>.

УДК: 656.073.28(477.51)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЧЕПІВ-БУНКЕРІВ-НАКОПИЧУВАЧІВ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Дьомін Олександр Анатолійович, д. пед. н., доцент
Глібовський Назар Анатолійович, студент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
domin@nubip.edu.ua

Використання перевантажувальних бункерів-накопичувачів (ПБН) під час збирання зернових підвищує продуктивність комбайнів у середньому на 30%, усуваючи простой через очікування транспорту. ПБН забезпечують безперервний збір урожаю, дбайливо ставляться до ґрунту, дозволяють перевозити різні культури, а також мінімізують час на вивантаження зерна.

Ключові переваги та ефективність ПБН:

- Збільшення продуктивності: Комбайни працюють без зупинок на вивантаження, що підвищує їх ефективність на 30%.
- Логістична оптимізація: Бункер приймає зерно, дозволяючи комбайну не їхати до краю поля, що особливо актуально при відстані перевезення понад 15 км.
- Зниження навантаження на ґрунт: ПБН зазвичай оснащені шинами низького тиску, що запобігає глибокому ущільненню ґрунту, на відміну від важких автомобілів-зерновозів.
- Універсальність: Можна використовувати для завантаження сівалок та внесення добрив, що підвищує загальну рентабельність техпарку.
- Зниження втрат: Використання спеціалізованих бункерів забезпечує швидке та акуратне транспортування зерна від комбайна, мінімізуючи втрати.

Застосування ПБН є найбільш ефективним у комплексі з потужними комбайнами та на великих площах, де критично важлива швидкість збирання. Але слід відміти, що існують також недоліки пов'язані з використанням ПБН, що створює ризики пошкодження збиральних комбайнів і виникнення необхідності тривалого їх ремонту. Вихід з ладу зернозбирального комбайна під час вивантаження зерна в бункер-перевантажувач (ПБН) на ходу найчастіше пов'язаний із критичними навантаженнями на механізми вивантаження та порушенням синхронізації руху. Серед основних причин виходять з ладу комбайнів особливу увагу на себе звертають наступні його складові частини:

- вивантажувальний шнек: Через високу інтенсивність потоку зерна (особливо вологого) та роботу на ходу, шнек зазнає підвищеного тертя та вібрацій. Це призводить до зносу витків, деформації кожуха або поломки привідних валів.

- привідні паси та ланцюги: Перевантаження зерна створює надмірний опір, що викликає проковзування пасів, їх перегрів або обрив. Також можливе зрізання запобіжних шпильок (болтів), які захищають редуктор від заклинювання.

- механічні пошкодження через несинхронність: найменше відхилення в траєкторії руху комбайна або трактора з ПБН може призвести до удару вивантажувального шнека об борт бункера, або колеса перевантажувального агрегату об лівий край жатки, що спричинить серйозні деформації конструкції.

Останній недолік особливо небезпечний і його недопущення вимагає дотримуватись синхронізації швидкості, що забезпечує використання системи автоматичного водіння (GPS) для точного паралельного руху обох машин.

Під час вивантаження зерна в перевантажувач-бункер-накопичувач (ПБН) на ходу, мінімальний безпечний інтервал між боковими частинами машин (трактором і комбайном) (рис. 1) повинен становити не менше 1,5–2 метри. Ця відстань є критичною для запобігання зіткненням через нерівності рельєфу, можливі колювання техніки або помилки в маневруванні операторів.



Рис. 1. Приклад порушення критичних відстаней: між шнеком комбайна і бортом ПБН і між правими колесами трактора з ПБН і лівим краєм жатки комбайна

На основі аналізу перелічених недоліків використання ПБН, слід виділити наступні аспекти безпеки при перевантажуванні зерна на ходу:

- постійне здійснення контролю габаритів: оператор трактора повинен постійно орієнтуватися на край жатки або кабіни комбайна, щоб уникнути зачеплення бортів ПБН шнеком і жатки комбайна правими колесами.
- синхронізація швидкості: швидкість руху обох машин має бути ідентичною. Будь-яке різке прискорення або гальмування одного з учасників процесу скорочує безпечну дистанцію та може призвести до аварії.