

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при вирощуванні ячменю з
розробкою операційної технології збирання**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Загрудній В.В.

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Загрудньому В'ячеславу Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення використання техніки при вирощуванні ячменю з розробкою операційної технології збирання

керівники роботи к.т.н., доцент Макаренко Дмитро Олександрович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз технологічних особливостей вирощування ячменю, вивчення літературних джерел та сучасних досліджень щодо підвищення ефективності використання техніки під час збирання врожаю, розробка операційної технології збирання ячменю, дослідження конструкції зернозбиральних комбайнів і зернових жниварок, удосконалення механізму виносу мотовила жниварки комбайна Скіф-230А та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання залежно від швидкості руху комбайна.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз сучасного стану вирощування ячменю та

умов отримання високих врожаїв. 2. Розробка операційної технології збирання ячменю. 3. Удосконалення жниварки комбайна Скіф-230А шляхом модернізації механізму виносу мотовила та автоматичного регулювання частоти обертання. 4. Охорона праці. 5. Економічна частина. Загальні висновки. Використана література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Скіф-230А (А1). 2. Жниварка ЖЗС-7,0 (А1). 3. Фланець привідного механізму. 4. Напрямна каретка (А3) 5. Датчик швидкості обертів ДШ-01 (А3). 6. Опора гідроциліндру (А3).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
нормоконтроль	Деркач О.Д., доцент		

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	05.05.2026	
2	Технологічний	11.05.2026	
3	Конструкційний	16.05.2026	
4	Охорона праці	22.05.2026	
5	Економічний	26.05.2026	
6	Графічна частина	02.06.2026	

Студент

(підпис)

Загрудній В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макаренко Д.О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Загрудній В.В. Удосконалення використання техніки при вирощуванні ячменю з розробкою операційної технології збирання / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні ячменю шляхом розробки операційної технології збирання та модернізації жнивarki зернозбирального комбайна Скіф-230А.

У роботі виконано аналіз сучасного стану вирощування ячменю, розглянуто біологічні особливості культури та агротехнічні вимоги до її вирощування. Проведено аналіз сучасної техніки для збирання зернових культур, досліджено особливості функціонування зернозбиральних агрегатів у сучасних умовах виробництва.

У конструктивній частині роботи проведено аналіз конструкції та технічних характеристик зернової жнивarki комбайна Скіф-230А. Запропоновано модернізацію механізму виносу мотовила шляхом встановлення каретки з гідравлічним приводом переміщення та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання залежно від швидкості руху комбайна.

У результаті проведених досліджень встановлено, що модернізована конструкція забезпечує більш ефективне підведення рослин до різального апарата, покращує роботу жнивarki на полеглих посівах ячменю та сприяє зниженню втрат зерна під час збирання. Розрахунки показали можливість зменшення втрат зерна на 0,6 % при забезпеченні необхідного запасу міцності елементів модернізованої конструкції.

Економічний та технологічний аналіз підтвердив доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: ячмінь, зернозбиральний комбайн Скіф-230А, зернова жнивarka, мотовило, механізм виносу мотовила, автоматичне регулювання частоти обертання, модернізація, операційно-технологічна карта, збирання зернових культур, агроінженерія.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ТА УМОВ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ВРОЖАЇВ	9
1.1. Народногосподарське значення ячменю та сучасний стан його виробництва	9
1.2. Біологічні особливості ячменю та агротехнічні вимоги до його вирощування	13
1.3. Фактори формування врожайності ячменю та шляхи підвищення ефективності його виробництва	17
1.4. Висновки до розділу	20
2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЯЧМЕНЮ	22
2.1. Аналіз технології збирання ячменю та агротехнічних вимог до виконання збиральних робіт	22
2.2. Обґрунтування складу збирально-транспортної ланки для збирання ячменю	27
2.3. Розробка операційно-технологічної карти збирання ячменю	31
2.4. Висновки до розділу	46
3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЖНИВАРКИ КОМБАЙНА СКІФ-230А ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ ВІНОСУ МОТОВИЛА ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ЙОГО ОБЕРТАННЯ	48
3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик жниварки комбайна Скіф-230А	48
3.2. Обґрунтування модернізації механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання	56
3.3. Розрахунок модернізованого механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання жниварки комбайна Скіф-230А	65
3.4. Висновки до розділу	80
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	82
4.1. Загальні вимоги охорони праці під час збирання ячменю	82
4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час збирання ячменю	84
4.3. Заходи щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту	87
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	88
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	98
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	100
ДОДАТКИ	102

ВСТУП

Ячмінь є однією з найважливіших зернових культур України та займає вагомe місце у структурі посівних площ сільськогосподарських підприємств. Завдяки високій кормовій, продовольчій та пивоварній цінності зерна культура має стабільний попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Ячмінь характеризується відносно коротким вегетаційним періодом, високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов та широким спектром напрямів використання, що зумовлює його важливе значення для аграрного виробництва України.

Ефективність вирощування ячменю значною мірою залежить від своєчасного та якісного виконання всіх технологічних операцій, починаючи від підготовки ґрунту і сівби та закінчуючи збиранням урожаю. Особливо важливим етапом є збирання, оскільки порушення агротехнічних строків або недосконалість технічних засобів можуть призводити до значних втрат зерна, погіршення його якості та зниження економічної ефективності виробництва [1].

Особливого значення робота мотовила набуває під час збирання полеглих або нерівномірних посівів ячменю. У таких умовах неправильне положення мотовила або невідповідність частоти його обертання швидкості руху комбайна можуть спричиняти підвищені втрати зерна, нерівномірне надходження рослинної маси до молотильного апарата та зниження продуктивності збирального агрегату. Тому вдосконалення механізмів регулювання положення мотовила та автоматизація процесу керування його роботою є актуальним напрямом підвищення ефективності використання зернозбиральної техніки.

Підвищення ефективності роботи зернової жниварки може бути досягнуто шляхом модернізації механізму виносу мотовила та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання залежно від швидкості руху комбайна та умов збирання. Застосування такого технічного

рішення дозволяє покращити процес підведення рослин до різального апарата, зменшити втрати зерна, підвищити стабільність технологічного процесу та знизити навантаження на комбайнера [2].

Метою дипломної роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні ячменю шляхом розробки операційної технології збирання та удосконалення жниварки комбайна Скіф-230А за рахунок модернізації механізму виносу мотовила і автоматичного регулювання частоти його обертання.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану та особливостей вирощування ячменю;
- дослідити біологічні особливості культури та агротехнічні вимоги до її вирощування;
- виконати інженерні розрахунки модернізованої конструкції та оцінити її працездатність;
- визначити економічну ефективність запропонованої модернізації.

Об'єктом дослідження є технологічний процес збирання ячменю зернозбиральними комбайнами.

Предметом дослідження є конструктивні та технологічні параметри механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання жниварки комбайна Скіф-230А.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні технічного рішення щодо модернізації жниварки комбайна Скіф-230А, яке дозволяє покращити процес подавання рослин до різального апарата, підвищити ефективність роботи мотовила на полеглих посівах, зменшити втрати зерна під час збирання та підвищити ефективність використання зернозбиральної техніки при вирощуванні ячменю.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ТА УМОВ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ВРОЖАЇВ

1.1. Народного господарського значення ячменю та сучасний стан його виробництва

Ячмінь належить до найдавніших зернових культур світу та займає важливе місце у структурі сільськогосподарського виробництва багатьох країн. Завдяки високій адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов, відносно короткому періоду вегетації та широкому спектру використання зерна ця культура залишається однією з провідних у світовому землеробстві. Ячмінь вирощується практично на всіх континентах і посідає важливе місце серед зернових культур поряд із пшеницею, кукурудзою та рисом.

В Україні ячмінь традиційно є однією з основних зернових культур. Його значення визначається не лише значними посівними площами, а й широкими можливостями використання продукції. Зерно ячменю є цінною сировиною для кормовиробництва, харчової промисловості та пивоварної галузі. Завдяки високому вмісту поживних речовин воно широко використовується у годівлі сільськогосподарських тварин і птиці, входить до складу комбікормів та кормових сумішей [4].

Особливе значення ячмінь має як кормова культура. Зерно містить значну кількість вуглеводів, білків, жирів, вітамінів та мінеральних речовин, що забезпечує його високу кормову цінність. У структурі концентрованих кормів ячмінь займає провідне місце завдяки добрій перетравності та високій енергетичній цінності. Використання ячменю в раціонах великої рогатої худоби, свиней та птиці сприяє підвищенню продуктивності тваринництва та зниженню собівартості продукції.

Важливим напрямком використання ячменю є пивоварна промисловість. Для виробництва солоду використовують спеціальні сорти пивоварного ячменю, які характеризуються високою вирівняністю зерна, оптимальним вмістом білка та добрими технологічними властивостями.

Пивоварний ячмінь є цінною експортною продукцією та користується стабільним попитом на міжнародному ринку. Вирощування якісного пивоварного зерна дозволяє аграрним підприємствам отримувати додатковий прибуток завдяки вищій реалізаційній ціні порівняно з кормовими сортами [6].

Крім кормового та пивоварного використання, зерно ячменю застосовується у харчовій промисловості. З нього виробляють крупи, борошно, пластівці та інші продукти харчування. Ячна та перлова крупи є традиційними продуктами харчування населення та характеризуються високою поживною цінністю. У сучасних умовах спостерігається зростання попиту на продукти здорового харчування, що також сприяє підвищенню значення ячменю як продовольчої культури. Основні напрями використання зерна ячменю наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні напрями використання зерна ячменю

Напрямок використання	Характеристика використання	Частка використання, %
Кормові цілі	Виробництво комбікормів для великої рогатої худоби, свиней та птиці	60–70
Пивоварна промисловість	Виробництво солоду та пива	15–20
Харчова промисловість	Виробництво круп, пластівців, борошна	5–10
Насіннєві потреби	Формування посівного матеріалу	3–5
Експорт	Реалізація зерна на зовнішніх ринках	10–20

Важливою перевагою ячменю є його висока адаптивність до різних умов вирощування. Культура характеризується відносно коротким вегетаційним періодом, що дозволяє ефективно використовувати ґрунтово-кліматичні ресурси та своєчасно звільняти поля для підготовки до посіву наступних культур. Ячмінь добре реагує на застосування сучасних агротехнологій,

високопродуктивної техніки та якісного насіннєвого матеріалу, що забезпечує стабільне отримання високих урожаїв.

Для України особливе значення має як ярий, так і озимий ячмінь. Ярий ячмінь традиційно займає значні площі в усіх природно-кліматичних зонах країни та використовується переважно як кормова і пивоварна культура. Озимий ячмінь поширений переважно в південних та центральних регіонах, де забезпечує більш раннє дозрівання та можливість отримання високих урожаїв за сприятливих погодних умов.

Barley Plant Anatomy

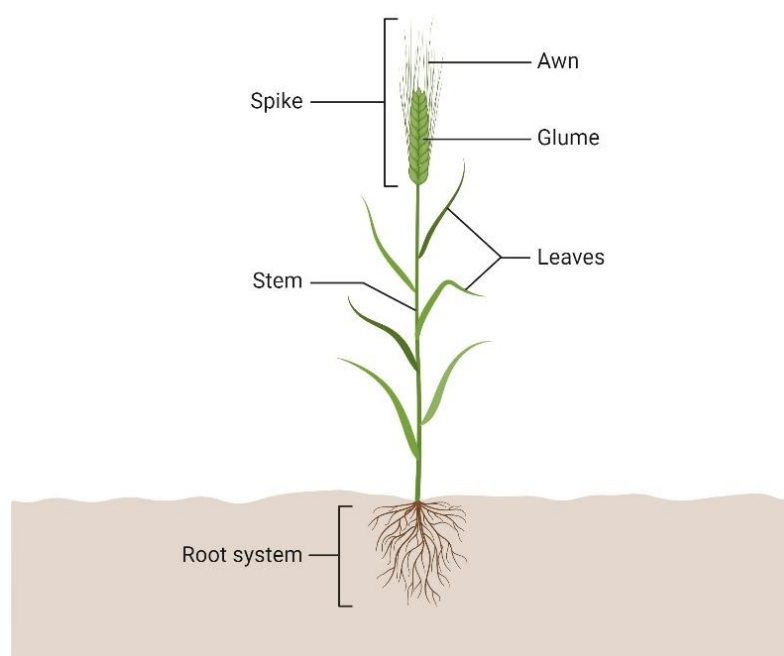


Рис. 1.1 – Загальний вигляд рослини ячменю

У структурі посівних площ зернових культур України ячмінь стабільно займає одне з провідних місць. Це пояснюється його економічною ефективністю, відносною невибагливістю до умов вирощування та стійким попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. Значна частина вирощеного зерна експортується до країн Європи, Близького Сходу та Північної Африки, що забезпечує надходження валютної виручки та сприяє розвитку аграрного сектору економіки.

Сучасний стан виробництва ячменю характеризується активним впровадженням інтенсивних технологій вирощування. Використання високопродуктивних сортів, сучасних засобів захисту рослин, мінеральних добрив та високоефективної сільськогосподарської техніки дозволяє суттєво підвищувати врожайність культури. Разом із тим ефективність виробництва значною мірою залежить від дотримання технологічних вимог на всіх етапах вирощування, починаючи від підготовки ґрунту і закінчуючи своєчасним та якісним збиранням урожаю [8].

Однією з головних проблем сучасного виробництва ячменю залишаються втрати зерна під час збирання врожаю. Навіть за високого рівня врожайності недосконала організація збиральних робіт або використання техніки, що не забезпечує необхідної якості виконання технологічного процесу, можуть призводити до значних втрат продукції. Особливо актуальним це питання є при збиранні полеглих посівів, коли ефективність роботи жатки та мотовила безпосередньо впливає на повноту збору врожаю.

Зростання вимог до ефективності використання машинно-тракторного парку, необхідність зменшення втрат зерна та підвищення продуктивності збиральних агрегатів обумовлюють потребу у вдосконаленні технічних засобів для збирання ячменю. Саме тому одним із перспективних напрямків розвитку сучасного зернозбирального машинобудування є удосконалення робочих органів жаток та механізмів подачі рослинної маси, які безпосередньо впливають на якість виконання збирального процесу.

Таким чином, ячмінь є важливою зерновою культурою, що має велике продовольче, кормове та промислове значення. Висока економічна цінність культури, значні обсяги її виробництва та постійне зростання вимог до ефективності аграрного виробництва обумовлюють необхідність удосконалення технологій вирощування та технічних засобів для збирання врожаю, що є важливою передумовою підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств.

1.2. Біологічні особливості ячменю та агротехнічні вимоги до його вирощування

Ячмінь належить до найважливіших зернових культур родини Тонконогових (Poaceae) та характеризується високою адаптивністю до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов. Завдяки короткому періоду вегетації, швидкому росту та розвитку, а також високій господарській цінності зерна культура широко поширена в різних природно-кліматичних зонах України.

Коренева система ячменю мичкувата та характеризується відносно невеликою проникною здатністю порівняно з іншими зерновими культурами. Основна маса коренів розміщується в орному шарі ґрунту на глибині до 30 см, що обумовлює підвищену чутливість рослин до нестачі вологи та поживних речовин. Саме тому для отримання високих урожаїв особливого значення набуває якісний передпосівний обробіток ґрунту та забезпечення оптимальних умов живлення рослин.

Стебло ячменю являє собою соломину висотою від 50 до 120 см залежно від сорту та умов вирощування. Воно складається з декількох міжвузлів, які забезпечують механічну міцність рослини та транспортування поживних речовин. Висота рослин значною мірою залежить від рівня мінерального живлення, забезпеченості вологою та густоти посіву. За надлишкового азотного живлення або несприятливих погодних умов може спостерігатися полягання посівів, що суттєво ускладнює процес збирання врожаю та призводить до збільшення втрат зерна.

Листковий апарат ячменю відіграє важливу роль у формуванні врожайності культури. Від інтенсивності фотосинтезу залежить накопичення органічної речовини та формування зерна. Найбільш важливими є верхні листки та прапорцевий листок, які забезпечують основну частину пластичних речовин у період наливу зерна.

Суцвіття ячменю являє собою колос, що складається із членистого стрижня та колосків. Залежно від кількості розвинених колосків розрізняють дворядний і багаторядний ячмінь. Дворядний ячмінь переважно використовується у пивоварній промисловості завдяки високій вирівняності зерна, тоді як багаторядний частіше вирощують для кормових потреб.

Ячмінь належить до культур раннього строку сівби та відзначається високою холодостійкістю на початкових етапах розвитку. Насіння починає проростати вже за температури 1–3 °С, а дружні сходи з'являються при прогріванні ґрунту до 5–8 °С. Молоді рослини здатні витримувати короточасні заморозки до мінус 6–8 °С, що дозволяє висівати культуру у ранні строки та ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи [6].

Оптимальною температурою для росту та розвитку рослин є 18–22 °С. Підвищення температури повітря у поєднанні з нестачею вологи негативно впливає на процеси формування зерна та може призводити до зниження врожайності. Особливо чутливим до посухи ячмінь є у фазах виходу в трубку, колосіння та наливу зерна. Основні вимоги ячменю до умов вирощування наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні вимоги ячменю до умов вирощування

Показник	Значення
Температура проростання насіння, °С	1–3
Оптимальна температура росту, °С	18–22
Глибина загортання насіння, см	3–6
Оптимальний рН ґрунту	6,0–7,5
Вегетаційний період, діб	70–110
Висота рослин, см	50–120
Норма висіву, млн схожих насінин/га	3,5–5,0

Порівняно з іншими зерновими культурами ячмінь характеризується відносно високою посухостійкістю, однак для формування високого врожаю потребує достатнього забезпечення вологою протягом усього періоду вегетації. Найбільша потреба у воді спостерігається в період інтенсивного росту стебла та формування генеративних органів. Недостатнє зволоження в цей час призводить до зменшення кількості зерен у колосі та зниження їх маси.

Важливою умовою успішного вирощування ячменю є правильний вибір ґрунтів. Найкращими для культури є чорноземи, темно-сірі та сірі лісові ґрунти з нейтральною або слабнокислою реакцією ґрунтового розчину. Ячмінь негативно реагує на підвищену кислотність, засолення та надмірне перезволоження ґрунту. Оптимальне значення рН становить 6,0–7,5 [12].

Одним із важливих факторів формування врожайності є забезпечення рослин елементами живлення. Для формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції ячмінь споживає значну кількість азоту, фосфору та калію. Особливе значення має азотне живлення, яке сприяє інтенсивному росту рослин та підвищенню врожайності. Проте надмірне внесення азотних добрив може спричиняти надмірний розвиток вегетативної маси та підвищувати ризик полягання посівів.

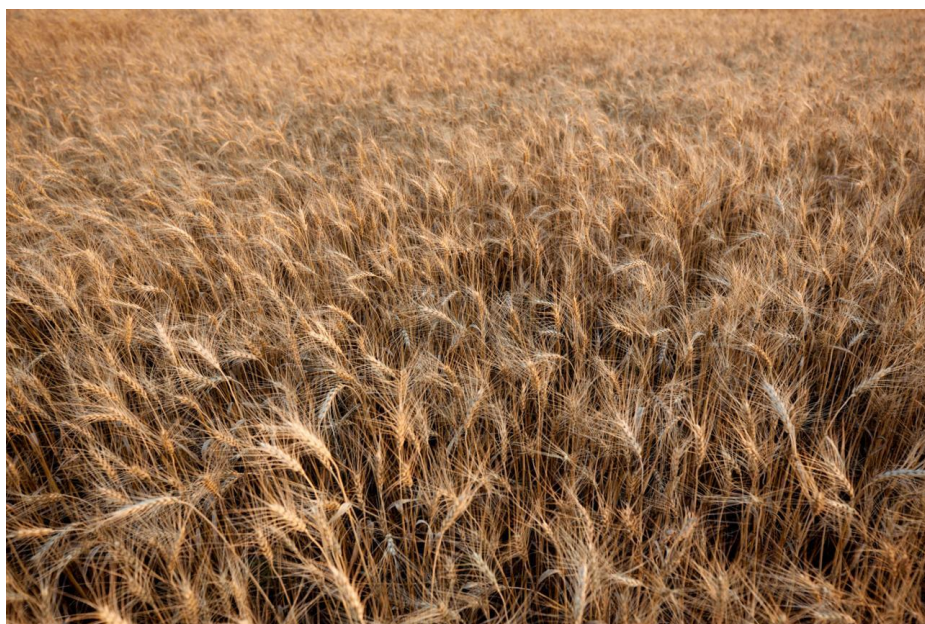


Рис. 1.2 – Посіви ячменю в період достигання

Важливе значення для отримання високого врожаю має дотримання науково обґрунтованої сівозміни. Найкращими попередниками для ячменю є зернобобові культури, кукурудза на силос, ріпак озимий та просапні культури. Розміщення ячменю після хороших попередників забезпечує кращий фітосанітарний стан посівів, ефективніше використання поживних речовин і вологи та сприяє підвищенню врожайності.

Однією з найважливіших агротехнічних вимог є своєчасне проведення сівби. Запізнення зі строками сівби призводить до зниження польової схожості, погіршення розвитку рослин та зменшення врожайності. Оптимальна густота стояння рослин забезпечує рівномірне використання ресурсів живлення та формування продуктивного стеблостою.

Особливу увагу під час вирощування ячменю необхідно приділяти захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників. Засміченість посівів знижує продуктивність культури та ускладнює проведення збиральних робіт. Ураження рослин грибними захворюваннями погіршує якість зерна та може призводити до значних втрат урожаю.

Важливим фактором збереження врожаю є запобігання полягання посівів. Полягання призводить до ускладнення роботи зернозбиральних комбайнів, зростання втрат зерна та зниження продуктивності збиральних агрегатів. Причинами полягання можуть бути надмірне азотне живлення, несприятливі погодні умови, висока густота посівів та сортові особливості культури [12].

Таким чином, біологічні особливості ячменю визначають його вимоги до умов вирощування та технології виробництва. Отримання високих і стабільних урожаїв можливе лише за умови дотримання комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Водночас важливим завданням залишається забезпечення своєчасного та якісного збирання врожаю, особливо за наявності полеглих посівів, що потребує використання ефективних технічних засобів і вдосконалення конструкції збиральної техніки.

1.3. Фактори формування врожайності ячменю та шляхи підвищення ефективності його виробництва

Рівень урожайності ячменю є результатом складної взаємодії біологічних особливостей культури, природно-кліматичних умов та комплексу агротехнічних заходів. Формування високопродуктивних посівів можливе лише за умови оптимального поєднання всіх факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин протягом усього вегетаційного періоду. Сучасні технології вирощування ячменю спрямовані на максимально повне використання генетичного потенціалу сорту та забезпечення сприятливих умов для формування високого врожаю зерна належної якості.

Одним із головних факторів формування врожайності є правильний вибір попередника. Ячмінь належить до культур, які добре реагують на розміщення після просапних і зернобобових культур. Найкращими попередниками є горох, соя, ріпак озимий, кукурудза на силос, картопля та інші культури, які залишають після себе чисте від бур'янів поле та достатню кількість поживних речовин у ґрунті. Використання науково обґрунтованих сівозмін сприяє зниженню поширення хвороб і шкідників, покращує фітосанітарний стан посівів та підвищує ефективність використання добрив.

Важливим фактором підвищення врожайності є система обробітку ґрунту. Основними завданнями обробітку є створення оптимальної структури орного шару, накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів і створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи. Якість передпосівного обробітку безпосередньо впливає на рівномірність загортання насіння та дружність сходів, що в подальшому визначає продуктивність посівів [14].

Особливе значення має система удобрення. Для формування високого врожаю ячмінь потребує достатньої кількості азоту, фосфору та калію. Азот стимулює ріст вегетативної маси та формування продуктивних стебел, фосфор сприяє розвитку кореневої системи та прискорює дозрівання, а калій підвищує

стійкість рослин до несприятливих умов середовища. Раціональне поєднання органічних і мінеральних добрив забезпечує підвищення врожайності та покращення якісних показників зерна.

Значний вплив на формування врожаю мають строки та способи сівби. Рання сівба дозволяє максимально використати запаси продуктивної вологи в ґрунті та забезпечує сприятливі умови для розвитку рослин. Порушення оптимальних строків сівби призводить до нерівномірного розвитку посівів, погіршення куцання та зниження врожайності. Не менш важливими є норма висіву та рівномірність розподілу насіння по площі поля.

Однією з основних умов реалізації потенціалу врожайності є ефективний захист рослин від бур'янів, шкідників і хвороб. Забур'яненість посівів призводить до конкуренції за вологу, світло та поживні речовини, що негативно впливає на продуктивність культури. Ураження рослин грибними, бактеріальними або вірусними захворюваннями може спричиняти значні втрати врожаю та погіршення його якості [16].



Рис. 1.3 – Посіви ячменю високої продуктивності

Суттєвий вплив на продуктивність посівів мають погодні умови в період вегетації. Недостатня кількість опадів, високі температури повітря або, навпаки, надмірне зволоження можуть негативно впливати на процеси формування врожаю. Особливо чутливим ячмінь є до дефіциту вологи в період виходу в трубку, колосіння та наливу зерна. У цей час формується основна частина майбутнього врожаю.

Важливим показником ефективності виробництва є не лише величина врожаю, але й якість отриманого зерна. Для кормового використання важливими показниками є вміст білка та поживність зерна, а для пивоварного ячменю особливе значення мають вирівняність зерна, екстрактивність та оптимальний вміст білка. Формування якісного врожаю значною мірою залежить від сорту, умов вирощування та рівня агротехніки.

Таблиця 1.3 – Вплив основних технологічних факторів на формування врожайності ячменю

Фактор	Основні вимоги	Негативні наслідки порушення	Вплив на врожайність	Вплив на якість зерна
Попередник	Розміщення після зернобобових, ріпаку, просапних культур	Підвищення засміченості та поширення хвороб	Зниження врожайності на 10–20 %	Погіршення вивопненості зерна
Обробіток ґрунту	Якісне розпушення та вирівнювання поверхні поля	Нерівномірні сходи, погіршення розвитку кореневої системи	Зниження врожайності на 5–15 %	Зменшення маси 1000 зерен
Удобрення	Збалансоване внесення NPK відповідно до потреб культури	Дефіцит елементів живлення або полягання посівів	Зниження врожайності на 15–30 %	Зменшення вмісту білка та погіршення технологічних властивостей
Строки сівби	Проведення сівби в оптимальні агротехнічні строки	Зрідження посівів, слабке кущення	Зниження врожайності на 10–25 %	Формування дрібного зерна
Захист рослин	Своєчасне застосування гербіцидів та фунгіцидів	Розвиток бур'янів, хвороб і шкідників	Зниження врожайності на 10–35 %	Погіршення товарних показників зерна
Забезпечення вологою	Наявність достатніх запасів продуктивної вологи	Пригнічення росту та розвитку рослин	Зниження врожайності на 15–40 %	Зменшення натури та вивопненості зерна
Збирання врожаю	Своєчасне проведення збиральних робіт та мінімізація втрат	Осіпання зерна, втрати на корені та в комбайні	Втрати врожаю до 5–10 %	Погіршення якості та збільшення засміченості зерна

Серед факторів, що негативно впливають на ефективність виробництва ячменю, особливе місце займають втрати врожаю на завершальному етапі технологічного процесу. Навіть за високого рівня врожайності порушення строків збирання, несприятливі погодні умови або недосконалість технічних засобів можуть призводити до значних втрат зерна. Особливо це стосується полеглих посівів, де ефективність роботи збиральної техніки значною мірою визначає повноту збору врожаю.

Підвищення ефективності виробництва ячменю в сучасних умовах пов'язане із впровадженням інтенсивних технологій вирощування, використанням високопродуктивних сортів, удосконаленням систем удобрення та захисту рослин, а також підвищенням ефективності використання машинно-тракторних агрегатів. Особливого значення набуває вдосконалення технологічних процесів збирання врожаю, що дозволяє зменшити втрати зерна та забезпечити високу продуктивність збиральних робіт.

Таким чином, формування високої врожайності ячменю є результатом комплексної дії багатьох факторів. Досягнення високих економічних показників виробництва можливе лише за умови раціонального поєднання агротехнічних, організаційних та технічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин та своєчасне і якісне виконання всіх технологічних операцій.

1.4. Висновки до розділу

У результаті проведеного аналізу встановлено, що ячмінь є однією з найважливіших зернових культур України та світу, яка має значне продовольче, кормове та промислове значення. Завдяки високій адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов культура займає провідне місце у структурі зернового виробництва та характеризується стабільним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Дослідження біологічних особливостей ячменю показало, що формування високого врожаю можливе лише за умови забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослин. Важливе значення мають своєчасне проведення агротехнічних заходів, раціональне використання добрив, дотримання науково обґрунтованих сівозмін та ефективний захист посівів від бур'янів, шкідників і хвороб.

Встановлено, що рівень урожайності ячменю визначається комплексною дією природно-кліматичних, агротехнічних та організаційних факторів. Найбільший вплив на продуктивність культури здійснюють якість обробітку ґрунту, система удобрення, строки сівби, забезпечення вологою та рівень технічного забезпечення технологічних процесів.

Аналіз факторів формування врожайності показав, що одним із найбільш відповідальних етапів виробництва є збирання врожаю. Порушення оптимальних строків збирання, полягання посівів та недосконалість роботи збиральної техніки можуть призводити до значних втрат зерна і зниження економічної ефективності виробництва.

У зв'язку з цим перспективним напрямом підвищення ефективності вирощування ячменю є вдосконалення технічних засобів збирання, спрямоване на зменшення втрат зерна, підвищення продуктивності збиральних агрегатів та покращення якості виконання технологічного процесу. Це обумовлює необхідність подальшого аналізу технології збирання ячменю та обґрунтування шляхів модернізації робочих органів зернозбиральної техніки у наступному розділі.

2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЯЧМЕНЮ

2.1. Аналіз технології збирання ячменю та агротехнічних вимог до виконання збиральних робіт

Збирання ячменю є завершальним і одним із найвідповідальніших етапів технологічного процесу його вирощування. Саме на цій стадії фактично реалізується результат усіх попередніх агротехнічних заходів, пов'язаних із підготовкою ґрунту, сівбою, удобренням, доглядом за посівами та захистом рослин. Навіть за високого рівня врожайності неправильна організація жнив або недосконале налаштування збиральної техніки можуть призвести до значних втрат зерна, погіршення його якості та зниження економічної ефективності виробництва.

Ячмінь належить до культур, які потребують своєчасного збирання, оскільки після досягання він схильний до осипання зерна, ламкості колоса та погіршення якості продукції. Особливо це характерно для перестиглих посівів, а також для ділянок, що зазнали впливу сильного вітру, опадів або нерівномірного дозрівання. Зволікання зі збиранням призводить до зростання втрат на корені, збільшення засміченості зернової маси та підвищення витрат на післязбиральну доробку [8].

Основним способом збирання ячменю в сучасному сільськогосподарському виробництві є пряме комбайнування. Цей спосіб передбачає одночасне зрізування стеблостою, подавання рослинної маси до молотильно-сепарувального апарата, обмолот, очищення зерна, накопичення його в бункері комбайна та подальше транспортування до місця зберігання або доробки. Пряме комбайнування забезпечує скорочення кількості технологічних операцій, зменшення потреби в додатковій техніці та зниження витрат праці.

Разом із тим пряме комбайнування висуває підвищені вимоги до стану посівів, строків збирання та технічного стану збирального агрегату. Найкращі результати цей спосіб забезпечує на рівномірно достиглих, неполегких посівах із допустимою вологістю зерна. За таких умов досягається висока продуктивність комбайна, зменшуються втрати зерна за жнивваркою та молотильно-сепарувальним апаратом, а також забезпечується достатня чистота зерна в бункері [4].

У деяких випадках може застосовуватися роздільний спосіб збирання. Він передбачає скошування рослин у валки з подальшим їх підбиранням і обмолотом після підсушування. Такий спосіб доцільний за нерівномірного достигання посівів, підвищеної забур'яненості, надмірної вологості рослинної маси або потреби у прискоренні дозрівання зерна. Проте роздільне збирання потребує додаткових машин, збільшує тривалість виконання робіт і може супроводжуватися додатковими втратами під час підбирання валків.



Рис. 2.1 – Основні способи збирання ячменю, а – пряме комбайнування; б – роздільне збирання з попереднім формуванням валків

У сучасних умовах господарювання перевагу надають прямому комбайнуванню, оскільки воно є більш продуктивним і технологічно простішим. Для забезпечення якісного виконання робіт важливо правильно визначити початок жнив. Збирання ячменю доцільно розпочинати у фазі повної стиглості, коли зерно набуває характерного забарвлення, стає твердим, а вологість знижується до рівня, придатного для обмолоту та подальшого зберігання.

Оптимальна вологість зерна під час збирання є одним із головних показників, що визначає якість технологічного процесу. За підвищеної вологості ускладнюється обмолот, збільшується навантаження на молотильний апарат, зростають витрати пального та потреба у сушінні зерна. Надмірно сухе зерно, навпаки, стає більш крихким, підвищується ризик його травмування, а колос стає ламким і схильним до осипання. Тому строки збирання повинні забезпечувати мінімальні втрати та отримання зерна належної якості.

Таблиця 2.1 – Рекомендовані умови збирання ячменю

Показник	Рекомендоване значення	Технологічне значення показника
Фаза стиглості	Повна стиглість	Забезпечує якісний обмолот і мінімальні втрати
Вологість зерна при прямому комбайнуванні	14–18 %	Дає змогу виконувати обмолот без значного травмування зерна
Оптимальна вологість зерна для зберігання	12–14 %	Забезпечує безпечне зберігання без інтенсивного розвитку мікрофлори
Стан стеблостою	Рівномірно достиглий, без значного полягання	Забезпечує стабільну роботу жниварки та молотарки
Спосіб збирання	Переважно пряме комбайнування	Зменшує кількість операцій і тривалість жнив
Робоча швидкість комбайна	4–7 км/год	Забезпечує рівномірне завантаження жниварки і молотильного апарата
Висота зрізу	10–20 см	Зменшує надходження зайвої соломистої маси до комбайна

Однією з основних агротехнічних вимог до збирання ячменю є забезпечення мінімальних втрат зерна. Втрати можуть виникати ще до початку роботи комбайна внаслідок природного осипання, а також під час зрізування, подавання, обмолоту, сепарації та очищення. Найбільш помітними є втрати за

жниваркою, оскільки саме вона першою взаємодіє з рослинами і визначає повноту захоплення стеблостою.

Втрати за жниваркою можуть виникати внаслідок неправильного вибору висоти зрізу, невідповідного положення мотовила, надмірної або недостатньої частоти його обертання, несправності різального апарата або нерівномірного подавання рослинної маси до шнека. За полеглою ячменю ці втрати значно зростають, оскільки частина колосків може залишатися нижче рівня зрізу або не потрапляти в зону дії мотовила [12].

Особливу складність становить збирання полеглих посівів. Полягання ячменю може виникати внаслідок надмірного азотного живлення, високої густоти стеблостою, сильних опадів, вітру або сортових особливостей культури. У таких умовах напрямок руху комбайна, положення мотовила, висота зрізу та швидкість руху агрегату набувають особливо важливого значення. Неправильне налаштування жниварки може призвести до неповного піднімання стебел, обламування колосків і значного збільшення втрат.

Для якісного збирання полеглою ячменю мотовило повинно не лише подавати стебла до різального апарата, а й частково піднімати їх перед зрізуванням. Його положення відносно різального апарата має відповідати висоті, густоті та напрямку нахилу стеблостою. Якщо мотовило розташоване занадто близько до різального апарата, воно може не встигати ефективно підводити полегли стебла. Якщо ж воно надмірно винесене вперед або встановлене неправильно за висотою, можливі удари по колосу, осипання зерна та нерівномірна подача маси.

Важливим фактором є також узгодження швидкості руху комбайна з частотою обертання мотовила. За недостатньої швидкості обертання мотовило не забезпечує належного підведення стеблостою до ножа, що може призводити до неповного зрізування рослин. За надмірної частоти обертання планки мотовила інтенсивно ударяють по колосках, унаслідок чого підвищуються втрати від осипання зерна. Тому під час збирання ячменю

важливо підтримувати оптимальне співвідношення між поступальною швидкістю комбайна та окружною швидкістю мотовила [11].

Окрім втрат за жнивваркою, важливе значення мають втрати під час обмолоту та очищення зерна. Вони залежать від налаштування молотильного барабана, зазору підбарабання, інтенсивності подавання рослинної маси, стану решіт і роботи вентилятора. Недостатній обмолот призводить до втрат зерна в необмолочених колосках, а надмірна інтенсивність обмолоту може спричиняти травмування зерна та перевантаження системи очищення. Тому технологічні налаштування комбайна повинні відповідати фактичному стану рослинної маси.

Таблиця 2.2 – Основні агротехнічні вимоги до збирання ячменю

Показник	Допустиме або рекомендоване значення	Технологічне значення
Спосіб збирання	Пряме комбайнування або роздільне збирання	Вибирається залежно від стану посівів і вологості зерна
Загальні втрати зерна	Не більше 2–3 %	Характеризують ефективність роботи збирального агрегату
Втрати за жнивваркою	До 1 %	Залежать від висоти зрізу, роботи мотовила та різального апарата
Подрібнення зерна	Не більше 1–2 %	Залежить від налаштування молотильного апарата
Чистота зерна в бункері	Не менше 95 %	Характеризує роботу системи очищення
Висота зрізу	10–20 см	Визначає обсяг соломистої маси, що надходить у комбайн
Робоча швидкість руху	4–7 км/год	Повинна відповідати урожайності та стану стеблостою
Рівномірність подавання маси	Без ривків і забивання	Забезпечує стабільне завантаження молотарки

Під час організації жнив важливо враховувати не тільки технічні параметри комбайна, а й загальну організацію робіт. Поле перед збиранням необхідно оглянути, визначити напрямок руху агрегату, стан посівів, наявність полеглих ділянок, перешкод, вологих місць і під'їзних шляхів для транспорту. За наявності полеглої ячменю напрямок руху комбайна доцільно вибирати так, щоб забезпечити найкраще підбирання стеблостою жнивваркою.

Важливе значення має правильне комплектування збирально-транспортної ланки. Продуктивність транспортних засобів повинна відповідати продуктивності комбайна, щоб уникнути простоїв під час вивантаження зерна. Якщо транспорт не встигає своєчасно відвозити зерно від комбайна, фактична продуктивність збирального агрегату знижується, збільшується тривалість жнив і зростає ризик втрат через перезрівання посівів.

Якість збирання ячменю контролюють протягом усього періоду виконання робіт. Для цього перевіряють втрати зерна за жнивваркою, втрати за молотильно-сепарувальним апаратом, чистоту зерна в бункері, наявність необмолочених колосків, подрібнення зерна та рівномірність подавання рослинної маси. За виявлення перевищення допустимих втрат необхідно зменшити робочу швидкість, змінити положення мотовила, відрегулювати висоту зрізу або виконати налаштування молотильного апарата.

Отже, технологія збирання ячменю повинна забезпечувати своєчасне виконання жнив, мінімальні втрати зерна, високу продуктивність збиральних агрегатів і належну якість продукції. Особливу увагу необхідно приділяти роботі жнивварки, оскільки саме вона визначає повноту захоплення стеблостою та рівномірність подавання рослинної маси до комбайна. Найбільш складними умовами є збирання полеглих посівів, де ефективність роботи мотовила та можливість його правильного виносу значною мірою впливають на величину втрат зерна.

2.2. Обґрунтування складу збирально-транспортної ланки для збирання ячменю

Ефективність виконання збиральних робіт значною мірою залежить від правильного вибору технічних засобів та раціональної організації роботи збирально-транспортної ланки. Відповідність продуктивності зернозбиральних комбайнів, транспортних засобів і допоміжного обладнання

забезпечує своєчасне проведення жнив, зменшення втрат урожаю та підвищення економічної ефективності виробництва.

Збирання ячменю належить до найбільш відповідальних технологічних операцій, оскільки культура характеризується схильністю до осипання зерна після досягнення повної стиглості. Крім того, затримка зі збиранням може призводити до погіршення якісних показників зерна, збільшення втрат на корені та ускладнення роботи збиральної техніки. Тому при формуванні збирально-транспортної ланки особливу увагу необхідно приділяти узгодженню продуктивності всіх її елементів.

Для виконання операції збирання приймається зернозбиральний комбайн Скіф-230А, який належить до сучасних вітчизняних зернозбиральних машин та призначений для збирання зернових колосових культур методом прямого комбайнування. Комбайн забезпечує виконання комплексу технологічних операцій, включаючи зрізування стеблостою, транспортування рослинної маси до молотильно-сепарувального апарата, обмолот, очищення зерна, накопичення його в бункері та вивантаження в транспортні засоби. Основні технічні характеристики комбайна наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика комбайна Скіф-230А

Показник	Значення
Потужність двигуна, к.с.	235
Місткість зернового бункера, м ³	6
Пропускна здатність молотарки, кг/с	до 9
Робоча швидкість, км/год	4–8
Транспортна швидкість, км/год	до 20
Ширина захвату жниварки, м	6–7
Маса комбайна, кг	близько 12500

Вибір комбайна Скіф-230А обумовлений його достатньою продуктивністю, пристосованістю до умов вирощування зернових культур в

Україні, відносно невисокими експлуатаційними витратами та можливістю агрегування із зерновими жниварками значної ширини захвату. Конструкція комбайна дозволяє ефективно працювати на полях із різною врожайністю та забезпечує високу якість виконання технологічного процесу [4].

Для забезпечення високої продуктивності збирання та повного використання можливостей комбайна до його складу приймається зернова жниварка шириною захвату 7 м. Така ширина забезпечує раціональне завантаження молотильно-сепарувального апарата та дозволяє досягти високих показників продуктивності без перевантаження робочих органів машини. Основні характеристики транспортного агрегату наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика транспортного агрегату

Показник	Значення
Марка трактора	МТЗ-1221
Потужність двигуна, к.с.	130
Марка причепа	2ПТС-9
Вантажопідйомність причепа, т	9
Максимальна транспортна швидкість, км/год	до 30
Кількість причепів	1

Важливим елементом збирально-транспортної ланки є транспортні засоби, призначені для відвезення зерна від комбайна до місця тимчасового зберігання або післязбиральної доробки. Недостатня кількість транспорту призводить до простоїв комбайна під час очікування вивантаження зерна, що негативно впливає на продуктивність роботи агрегату та збільшує тривалість проведення жнив.

Для транспортування зерна доцільно використовувати тракторні транспортні агрегати у складі трактора МТЗ-1221 та причепа 2ПТС-9. Даний

агрегат характеризується достатньою вантажопідйомністю, високою маневреністю та здатністю ефективно працювати безпосередньо на полі. Використання тракторного транспорту дозволяє забезпечити своєчасне вивезення зерна від комбайна та мінімізувати втрати робочого часу.

Під час організації збиральних робіт важливе значення має правильне визначення кількості транспортних засобів, необхідних для безперебійного обслуговування комбайна. Продуктивність транспортної ланки повинна бути не меншою за продуктивність збиральної техніки. Це дозволяє уникнути накопичення зерна в бункері комбайна та забезпечує безперервність технологічного процесу.

Схема роботи збирально-транспортної ланки передбачає виконання таких операцій: зрізування стеблостою та обмолот зерна комбайном, накопичення зерна в бункері, вивантаження зерна в транспортний засіб, транспортування до місця доробки або зберігання та повернення транспортного агрегату на поле для подальшого приймання зерна.

Ефективність функціонування збирально-транспортної ланки залежить також від правильної організації руху техніки на полі. При цьому необхідно забезпечити мінімальну кількість холостих переїздів, оптимальне використання ширини захвату жниварки та своєчасне підведення транспортних засобів до місця вивантаження зерна. Раціональна організація руху агрегатів дозволяє підвищити коефіцієнт використання робочого часу та знизити витрати палива [12].

Особливу увагу необхідно приділяти роботі жниварки, оскільки саме вона безпосередньо взаємодіє зі стеблостом та визначає повноту захоплення рослинної маси. Від ефективності роботи жниварки значною мірою залежать втрати зерна за комбайном, рівномірність подавання маси до молотильно-сепарувального апарата та загальна продуктивність збирального агрегату. Особливо важливим це є під час збирання полеглих посівів ячменю, коли робочі органи жниварки працюють у складніших умовах.

Таким чином, для виконання операції збирання ячменю доцільно використовувати збирально-транспортну ланку у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А з зерною жниваркою шириною захвату 7 м та транспортного агрегату на базі трактора МТЗ-1221 із причепом 2ПТС-9. Прийнятий склад технічних засобів забезпечує своєчасне виконання збиральних робіт, високу продуктивність агрегатів та створює необхідні умови для подальшої розробки операційно-технологічної карти збирання ячменю.

2.3. Розробка операційно-технологічної карти збирання ячменю

Збирання ячменю є завершальною операцією технологічного процесу вирощування культури. Саме на цій стадії реалізується кінцевий результат усіх попередніх агротехнічних заходів, пов'язаних із підготовкою ґрунту, сівбою, удобренням, доглядом за посівами та захистом рослин. Навіть за високої врожайності несвоєчасне або неякісне виконання збиральних робіт може спричинити значні втрати зерна, погіршення його якості та збільшення витрат на післязбиральну доробку [14].

Особливістю ячменю як об'єкта механізованого збирання є відносно тонке стебло, наявність остистого колоса, схильність до осипання після повного досягання та можливість полягання посівів під дією опадів і вітру. У разі запізнення з жнивами колос стає ламким, зерно легше вимолочується ще до надходження в молотильно-сепарувальний апарат, а втрати за жнивваркою зростають. Тому технологія збирання повинна забезпечувати своєчасність виконання операції, мінімальні втрати і рівномірне завантаження комбайна.

Для умов даної роботи приймається пряме комбайнування ячменю із застосуванням зернозбирального комбайна Скіф-230А, обладнаного зерною жнивваркою шириною захвату 7,0 м. Транспортування зерна від поля до місця зберігання передбачається автомобільним зерновозом. Така схема є технологічно простою, зрозумілою для господарств середнього розміру і

дозволяє забезпечити безперервне відведення зерна від комбайна без застосування додаткового перевантажувального бункера.

Вихідні дані для розрахунку операційно-технологічної карти прийнято з урахуванням характерних умов збирання ячменю в господарствах степової та лісостепової зон України. Площа поля становить 120 га, планова урожайність - 4,5 т/га. Відстань перевезення зерна від поля до місця зберігання приймається 15 км.

Таблиця 2.4 – Загальні параметри умов роботи при збиранні ячменю

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Культура	-	Ячмінь	-
Спосіб збирання	-	пряме комбайнування	-
Площа поля	F	120	га
Планова урожайність	У	4,5	т/га
Валовий збір	Q	540	т
Довжина гону	L	1200	м
Тип ґрунту	-	чорнозем середньосуглинковий	-
Середній ухил місцевості	i	1,5	%
Базовий комбайн	-	Скіф-230А	-
Зернова жниварка	-	ширина захвату 7,0	м
Робоча ширина захвату жниварки	B_p	7,0	м
Робоча швидкість комбайна	V_p	6,0	км/год
Транспортний засіб	-	автомобільний зерновоз	-
Корисний об'єм кузова	V_k	32	м ³
Розрахункова вантажопідйомність	$G_{авт}$	20	т
Відстань перевезення в один бік	S	15	км

Агротехнічні вимоги до виконання операції

Для якісного збирання ячменю необхідно дотримуватися встановлених агротехнічних вимог. Основними з них є своєчасний початок жнив, правильне налаштування жниварки, підтримання оптимальної робочої швидкості, забезпечення мінімальних втрат зерна та недопущення його надмірного пошкодження під час обмолоту. Вологість зерна повинна забезпечувати якісний обмолот і не створювати надмірного навантаження на молотильно-сепарувальний апарат.

Під час роботи комбайна необхідно контролювати висоту зрізу, положення мотовила, швидкість руху, частоту обертання молотильного барабана, зазор підбарабання, стан системи очищення та заповнення зернового бункера. Особливу увагу слід приділяти жниварці, оскільки її робочі органи першими контактують зі стеблостоєм і значною мірою визначають величину втрат ще до надходження рослинної маси в молотильний апарат [15].

Для ячменя особливо важливим є правильне положення мотовила відносно різального апарата. За полеглого або нахиленого стеблостою мотовило повинно підводити рослини до ножа без надмірного ударного впливу на колос. Якщо мотовило розташоване занадто близько до різального апарата або має невідповідну частоту обертання, можливе осипання зерна, нерівномірне подавання маси до шнека і збільшення втрат. Саме тому питання оптимального виносу мотовила є важливим для подальшого удосконалення жниварки.

Таблиця 2.5 – Агротехнічні вимоги до збирання ячменю

Показник	Допустиме або рекомендоване значення	Технологічне значення показника
Вологість зерна під час збирання	14–18 %	забезпечує якісний обмолот і зменшує втрати від осипання та травмування зерна
Спосіб збирання	пряме комбайнування	скорочує кількість операцій і тривалість жнив

Висота зрізу стебел	10–20 см	зменшує надходження зайвої соломистої маси до комбайна
Втрати зерна за жнивваркою	не більше 1,0 %	характеризує якість роботи мотовила, різального апарата та шнека жнивварки
Загальні втрати зерна	не більше 2,0 %	визначають ефективність усього збирального процесу
Пошкодження зерна	не більше 1,5–2,0 %	залежить від налаштування молотильного апарата
Чистота зерна в бункері	не менше 95 %	характеризує роботу системи очищення
Робоча швидкість комбайна	5–7 км/год	забезпечує рівномірне завантаження жнивварки та молотарки
Простої під час вивантаження	мінімальні	досягаються узгодженням роботи комбайна і транспортного засобу

Комплектування збирально-транспортної ланки

Для виконання операції збирання ячменю приймаємо збирально-транспортну ланку у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А із зерною жнивваркою шириною захвату 7,0 м та автомобільного зерновоза. Комбайн виконує основну технологічну операцію: зрізування стеблостою, подавання рослинної маси до молотильно-сепарувального апарата, обмолот, очищення зерна та накопичення його в бункері. Автомобільний зерновоз забезпечує транспортування зерна від поля до зернотоку або складу [2].

Використання комбайна Скіф-230А у даній операційній технології є обґрунтованим, оскільки машина має достатню пропускну здатність для збирання ячменю на площі 120 га, може агрегатуватися із зерною жнивваркою шириною захвату 7,0 м і є придатною для умов господарства середнього розміру. Застосування автомобільного зерновоза доцільне через потребу у швидкому відведенні значного обсягу зерна, адже валовий збір за прийнятої урожайності становить 540 т.

При виборі транспортного засобу враховують не лише вантажопідйомність, але й корисний об'єм кузова, насипну щільність зерна ячменю, відстань перевезення, стан польових доріг і можливість під'їзду до місця вивантаження комбайна. Для розрахунку приймаємо автомобільний зерновоз вантажопідйомністю 20 т та корисним об'ємом кузова 32 м³.

Таблиця 2.6 – Склад та основні параметри збирально-транспортної ланки

Елемент ланки	Марка	Основний параметр	Призначення у технологічному процесі
Зернозбиральний комбайн	Скіф-230А	бункер 6,0 м ³ ; робоча швидкість 5–7 км/год	зрізування, обмолот, очищення і накопичення зерна
Зернова жниварка	штатна зернова жниварка	ширина захвату 7,0 м	захоплення стеблостою, зрізування та подавання маси до комбайна
Автомобільний зерновоз	умовно прийнятий зерновоз	вантажопідйомність 20 т; об'єм кузова 32 м ³	транспортування зерна від поля до складу
Обслуговуючий персонал	-	2 особи	комбайнер і водій автомобіля
Допоміжний персонал	за потреби	1 особа	контроль якості, облік урожаю, координація транспорту

Перевірка відповідності автомобільного зерновоза умовам перевезення ячменю

Під час транспортування зерна ячменю необхідно перевірити відповідність вантажопідйомності автомобіля і корисного об'єму кузова. Якщо корисний об'єм кузова недостатній, автомобіль не зможе використати свою номінальну вантажопідйомність повністю. Якщо ж об'єм кузова є достатнім, обмежувальним фактором буде вантажопідйомність транспортного засобу.

Масу зерна, що може бути розміщена в кузові зерновоза за об'ємом, визначаємо за формулою:

$$G_{об} = V_k \cdot \rho \quad (2.1)$$

де $G_{об}$ - маса зерна, що розміщується в кузові за об'ємом, т; V_k - корисний об'єм кузова, m^3 ; ρ - насипна щільність зерна ячменю, t/m^3 .

Для розрахунку приймаємо $V_k = 32 m^3$, $\rho = 0.75 t/m^3$.

$$G_{об} = 32 \cdot 0.75 = 24.0 \text{ т}$$

Отримане значення 24.0 т перевищує прийняту вантажопідйомність автомобільного зерновоза 20 т. Отже, за умов перевезення зерна ячменю кузов має достатній об'єм, а обмежувальним параметром є вантажопідйомність автомобіля. Для подальших розрахунків приймаємо масу зерна за один рейс $G_{авт} = 20 \text{ т}$.

Підготовка збирально-транспортної ланки до роботи

Перед початком збирання ячменю необхідно виконати повний технічний огляд комбайна, жниварки та транспортного засобу. У комбайна перевіряють справність двигуна, трансмісії, молотильно-сепарувального апарата, системи очищення, зернового бункера, вивантажувального шнека, гальмівної системи та органів керування. Особливу увагу приділяють герметичності зернових елеваторів і бункера, оскільки втрати зерна можуть виникати не лише за жниваркою, але й під час його транспортування всередині комбайна.

Жниварку необхідно оглянути на предмет пошкодження різального апарата, пальців, сегментів ножа, шнека, мотовила, захисних кожухів і приводів. Перед початком роботи перевіряють кріплення планок мотовила, справність механізму його переміщення, відсутність люфтів у шарнірах, стан гідроліній та рівномірність обертання робочих органів. Несправність мотовила або неправильне його положення може погіршувати підведення стеблостою до різального апарата і збільшувати втрати зерна [11].

Автомобільний зерновоз перевіряють за основними параметрами технічної готовності: справність гальмівної системи, рульового керування, шин, освітлення, сигналізації, механізму піднімання кузова та герметичність

бортів. Перед виїздом на поле необхідно переконатися, що кузов очищений від залишків попередніх вантажів і придатний для транспортування продовольчого або кормового зерна.

Підготовка поля та кінематичний розрахунок

Перед початком збирання поле необхідно обстежити, визначити напрямки основних робочих ходів, місця можливого розвантаження комбайна та маршрути руху транспортних засобів. Напрямок руху комбайна доцільно приймати вздовж довшої сторони поля, що дозволяє зменшити кількість поворотів і підвищити коефіцієнт робочих ходів.

Для забезпечення безпечного і зручного розвороту комбайна по краях поля відбивають поворотні смуги. Їх ширина повинна забезпечувати виконання повороту агрегату без пошкодження незрізаного стеблостою і без зайвих холостих переїздів. Ширину поворотної смуги визначаємо за формулою:

$$E = 1,5R + e, \text{ м} \quad (2.2)$$

де E - ширина поворотної смуги, м; R - радіус повороту агрегату, м; e - допуск виїзду за лінію контролю, м.

Радіус повороту комбайна з жнивваркою приймаємо залежно від робочої ширини захвату:

$$R = 1,1 \cdot B_p \quad (2.3)$$

$$R = 1,1 \cdot 7.0 = 7.70 \text{ м}$$

Кінематичну довжину комбайна з жнивваркою приймаємо $L_a = 10,0$ м. Допуск виїзду за лінію контролю визначаємо за формулою:

$$e = 0,6 \cdot L_a \quad (2.4)$$

$$e = 0,6 \cdot 10.0 = 6.0 \text{ м}$$

Тоді ширина поворотної смуги становить:

$$E = 1,5 \cdot 7.70 + 6.0 = 17.55 \text{ м}$$

Робоча довжина гону визначається як:

$$L_p = L - 2E, \text{ м} \quad (2.5)$$

$$L_p = 1200 - 2 \cdot 17.55 = 1164.90 \text{ м}$$

Довжину холостого ходу на поворотній смузі визначаємо за залежністю:

$$L_x = 7R, \text{ м} \quad (2.6)$$

$$L_x = 7 \cdot 7.70 = 53.90 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів становить:

$$\varphi = L_p / (L_p + L_x) \quad (2.7)$$

$$\varphi = 1164.90 / (1164.90 + 53.90) = 0.956$$

Отримане значення коефіцієнта робочих ходів $\varphi = 0.956$ свідчить про раціональний вибір напрямку руху агрегату. Чим більша довжина гону і менша частка холостих поворотів, тим вищою є фактична продуктивність комбайна.

Робота агрегату в загінці

Для збирання ячменю доцільно застосовувати човниковий спосіб руху комбайна з поступовим обробленням загінки. Такий спосіб забезпечує прямолінійність робочих ходів, зменшує кількість холостих переїздів і полегшує організацію під'їзду транспортного засобу до місця вивантаження зерна.

Під час роботи комбайнер контролює швидкість руху, висоту зрізу, положення мотовила, рівномірність подавання рослинної маси до шнека жниварки, заповнення бункера, чистоту зерна та втрати за комбайном. Водій автомобільного зерновоза повинен своєчасно під'їжджати до комбайна для приймання зерна, не створюючи перешкод для руху збирального агрегату. За необхідності вивантаження може виконуватися на краю поля, що зменшує ризик ущільнення ґрунту автомобільним транспортом.

На ділянках із полеглим або нахиленим ячменем швидкість руху агрегату зменшують, а положення мотовила встановлюють так, щоб воно забезпечувало підведення стебел до різального апарата без надмірного удару по колосу. Це є важливою передумовою зменшення втрат зерна і підтверджує актуальність подальшої модернізації механізму виносу мотовила.

Розрахунок продуктивності комбайна

Теоретичну продуктивність комбайна визначаємо за формулою:

$$W_T = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \text{ га/год} \quad (2.8)$$

де B_p - робоча ширина захвату жниварки, м; V_p - робоча швидкість комбайна, км/год.

$$W_T = 0,1 \cdot 7,0 \cdot 6,0 = 4,20 \text{ га/год}$$

З урахуванням коефіцієнта робочих ходів та коефіцієнта використання часу зміни експлуатаційна продуктивність становить:

$$W_{\text{год}} = W_T \cdot \phi \cdot \tau, \text{ га/год} \quad (2.9)$$

де τ - коефіцієнт використання часу зміни. Для умов збирання ячменю приймаємо $\tau = 0,80$.

$$W_{\text{год}} = 4,20 \cdot 0,956 \cdot 0,80 = 3,21 \text{ га/год}$$

Змінна продуктивність комбайна за тривалості зміни 7 годин:

$$W_{\text{зм}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}, \text{ га/зм} \quad (2.10)$$

$$W_{\text{зм}} = 3,21 \cdot 7 = 22,48 \text{ га/зм}$$

Кількість нормо-змін для збирання ячменю на площі 120 га:

$$H_{\text{зм}} = F / W_{\text{зм}} \quad (2.11)$$

$$H_{\text{зм}} = 120 / 22,48 = 5,34 \text{ нормо-зміни}$$

Загальна тривалість виконання операції в годинах:

$$T_{\text{заг}} = F / W_{\text{год}}, \text{ год} \quad (2.12)$$

$$T_{\text{заг}} = 120 / 3,21 = 37,37 \text{ год}$$

Отримані результати показують, що за прийнятої ширини захвату жниварки 7,0 м та робочої швидкості 6,0 км/год комбайн Скіф-230А забезпечує експлуатаційну продуктивність 3,21 га/год. Для збирання площі 120 га необхідно 5,34 нормо-зміни, що є прийнятним для господарства середнього розміру.

Розрахунок валового збору та інтенсивності надходження зерна

Валовий збір ячменю визначаємо за формулою:

$$Q = F \cdot Y, \text{ т} \quad (2.13)$$

де F - площа збирання, га; Y - урожайність ячменю, т/га.

$$Q = 120 \cdot 4,5 = 540 \text{ т}$$

Годинний потік зерна від комбайна становить:

$$q_{\text{год}} = W_{\text{год}} \cdot Y, \text{ т/год} \quad (2.14)$$

$$q_{\text{год}} = 3.21 \cdot 4.5 = 14.45 \text{ т/год}$$

Розраховане значення годинного потоку зерна $q_{\text{год}} = 14.45 \text{ т/год}$ необхідне для визначення кількості транспортних засобів і перевірки відповідності їхньої продуктивності продуктивності комбайна.

Розрахунок заповнення бункера комбайна

Місткість бункера комбайна Скіф-230А приймаємо $V_6 = 6.0 \text{ м}^3$. З урахуванням насипної щільності зерна ячменю $\rho = 0.75 \text{ т/м}^3$ масу зерна в повністю заповненому бункері визначаємо за формулою:

$$G_6 = V_6 \cdot \rho, \text{ т} \quad (2.15)$$

$$G_6 = 6.0 \cdot 0.75 = 4.50 \text{ т}$$

Кількість повних заповнень бункера комбайна за весь період збирання становить:

$$n_6 = Q / G_6 \quad (2.16)$$

$$n_6 = 540 / 4.50 = 120.0$$

Приймаємо 120 вивантажень бункера комбайна за період збирання поля.

Час заповнення бункера визначаємо за формулою:

$$t_6 = G_6 / q_{\text{год}}, \text{ год} \quad (2.17)$$

$$t_6 = 4.50 / 14.45 = 0.311 \text{ год} = 18.7 \text{ хв}$$

Таким чином, за прийнятих умов бункер комбайна заповнюється приблизно кожні 19–20 хвилин. Це вимагає чіткої організації транспортного забезпечення та своєчасного під'їзду автомобіля до місця вивантаження.

Розрахунок транспортного процесу

Для транспортування зерна ячменю від поля до місця зберігання приймаємо автомобільний зерновоз із розрахунковою вантажопідйомністю 20 т. Кількість рейсів автомобіля визначаємо за формулою:

$$n_{\text{авт}} = Q / G_{\text{авт}} \quad (2.18)$$

$$n_{\text{авт}} = 540 / 20 = 27 \text{ рейсів}$$

Тривалість одного транспортного циклу визначаємо як суму часу руху з вантажем, руху без вантажу, завантаження, розвантаження та маневрування:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{вант}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{м}}, \text{ хв} \quad (2.19)$$

Час руху з вантажем при відстані перевезення 15 км та середній швидкості 45 км/год становить:

$$t_{\text{вант}} = 15 / 45 \cdot 60 = 20.0 \text{ хв}$$

Час руху без вантажу при середній швидкості 50 км/год становить:

$$t_{\text{пор}} = 15 / 50 \cdot 60 = 18.0 \text{ хв}$$

Час завантаження автомобіля приймаємо $t_{\text{зав}} = 10.0$ хв, час розвантаження $t_{\text{роз}} = 10.0$ хв, час маневрування $t_{\text{м}} = 5.0$ хв.

$$T_{\text{ц}} = 20.0 + 18.0 + 10.0 + 10.0 + 5.0 = 63.0 \text{ хв}$$

Годинна транспортна продуктивність одного автомобіля становить:

$$W_{\text{авт}} = G_{\text{авт}} \cdot 60 / T_{\text{ц}}, \text{ т/год} \quad (2.20)$$

$$W_{\text{авт}} = 20 \cdot 60 / 63.0 = 19.05 \text{ т/год}$$

Необхідну кількість автомобілів визначаємо за співвідношенням годинного потоку зерна від комбайна та годинної продуктивності автомобіля:

$$n = q_{\text{год}} / W_{\text{авт}} \quad (2.21)$$

$$n = 14.45 / 19.05 = 0.76$$

Для заданих умов достатньо одного автомобільного зерновоза. Разом із тим у період масового збирання доцільно передбачити резервний транспортний засіб або можливість залучення додаткового автомобіля у випадку збільшення відстані перевезення, погіршення стану польових доріг чи затримок під час розвантаження.

Розрахунок витрати пального та затрат праці

Витрату пального на збирання ячменю комбайном приймаємо на рівні 16.0 л/га. Витрату пального автомобільного зерновоза приймаємо 0.35 л/км. Загальна довжина транспортного пробігу визначається з урахуванням руху з вантажем і без вантажу.

Витрата пального комбайном становить:

$$G_{\text{к}} = g_{\text{к}} \cdot F, \text{ л} \quad (2.22)$$

$$G_{\text{к}} = 16.0 \cdot 120 = 1920.0 \text{ л}$$

Загальний пробіг автомобіля за виконання 27 рейсів:

$$S_{\text{заг}} = 2 \cdot S \cdot n_{\text{авт}}, \text{ км} \quad (2.23)$$

$$S_{\text{заг}} = 2 \cdot 15 \cdot 27 = 810 \text{ км}$$

Витрата пального автомобілем становить:

$$G_{\text{авт}} = g_{\text{авт}} \cdot S_{\text{заг}}, \text{ л} \quad (2.24)$$

$$G_{\text{авт}} = 0.35 \cdot 810 = 283.5 \text{ л}$$

Загальна витрата пального на виконання операції:

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{к}} + G_{\text{авт}}, \text{ л} \quad (2.25)$$

$$G_{\text{заг}} = 1920.0 + 283.5 = 2203.5 \text{ л}$$

У перерахунку на масу пального при густині дизельного палива 0,83 кг/л:

$$G_{\text{м}} = G_{\text{заг}} \cdot \rho_{\text{п}}, \text{ кг} \quad (2.26)$$

$$G_{\text{м}} = 2203.5 \cdot 0,83 = 1828.9 \text{ кг}$$

Затрати праці визначаємо з урахуванням двох основних працівників: комбайнера та водія автомобіля. За потреби для контролю якості й координації робіт може залучатися допоміжний працівник, однак у розрахунку основної операції приймаємо $m = 2$ особи.

$$Z_{\text{заг}} = m \cdot T_{\text{заг}}, \text{ люд.-год} \quad (2.27)$$

$$Z_{\text{заг}} = 2 \cdot 37.37 = 74.73 \text{ люд.-год}$$

Питомі затрати праці на 1 га становлять:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{заг}} / F, \text{ люд.-год/га} \quad (2.28)$$

$$Z_{\text{п}} = 74.73 / 120 = 0.62 \text{ люд.-год/га}$$

Питома витрата пального становить 18.36 л/га, або 4.08 л/т зерна. Отримані показники свідчать про достатньо ефективну організацію механізованого збирання ячменю за прийнятого складу збирально-транспортної ланки.

Операційно-технологічна карта

За результатами виконаних розрахунків складено операційно-технологічну карту збирання ячменю, яка наведена у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Операційно-технологічна карта збирання ячменю

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Площа поля	F	120	га

Урожайність	У	4.5	т/га
Валовий збір	Q	540	т
Комбайн	-	Скіф-230А	-
Жниварка	-	зернова жниварка	-
Ширина захвату жниварки	B_p	7.0	м
Робоча швидкість	V_p	6.0	км/год
Коефіцієнт робочих ходів	φ	0.956	-
Коефіцієнт використання часу зміни	τ	0.80	-
Теоретична продуктивність	W_T	4.20	га/год
Експлуатаційна продуктивність	$W_{год}$	3.21	га/год
Змінна продуктивність	$W_{зм}$	22.48	га/зм
Кількість нормо-змін	$H_{зм}$	5.34	зміни
Загальна тривалість роботи	$T_{заг}$	37.37	год
Маса зерна в бункері комбайна	G_b	4.50	т
Час заповнення бункера	t_b	18.7	хв
Кількість вивантажень бункера	n_b	120	разів
Автомобільний зерновоз	-	вантажопідйомність 20 т	-
Кількість рейсів зерновоза	$n_{авт}$	27	рейсів
Тривалість транспортного циклу	$T_{ц}$	63.0	хв
Транспортна продуктивність автомобіля	$W_{авт}$	19.05	т/год
Необхідна кількість автомобілів	n	0.76	од.
Загальна витрата пального	$G_{заг}$	2203.5	л
Маса витраченого пального	G_m	1828.9	кг
Загальні затрати праці	$Z_{заг}$	74.73	люд.-год
Питомі затрати праці	Z_p	0.62	люд.-год/га

Контроль та оцінка якості роботи

Контроль якості збирання ячменю здійснюється протягом усього періоду роботи комбайна. Основними показниками якості є втрати зерна за жнивваркою, наявність незрізаних або непідібраних колосків, чистота зерна в бункері, рівномірність завантаження молотильно-сепарувального апарата та відсутність надмірного пошкодження зерна.

Втрати за жнивваркою визначають шляхом огляду контрольних ділянок після проходу комбайна. Особливу увагу приділяють ділянкам із полеглим або нахиленим ячменем, оскільки саме в таких умовах найчастіше виникає неповне підведення стеблостою до різального апарата. За необхідності зменшують робочу швидкість, коригують висоту зрізу, перевіряють стан різального апарата та положення мотовила.

Якість роботи транспортної ланки оцінюють за своєчасністю під'їзду автомобіля, тривалістю очікування комбайна, відсутністю просипання зерна під час вивантаження та дотриманням маршруту руху транспортного засобу. Недопущення простоїв комбайна є важливою умовою забезпечення розрахункової продуктивності збиральної ланки [14].

Під час контролю якості необхідно також перевіряти ступінь травмування зерна. Надмірне подрібнення може свідчити про завищену частоту обертання молотильного барабана або неправильний зазор підбарабання. За наявності необмолочених колосків налаштування молотильного апарата коригують із урахуванням вологості зерна та подавання рослинної маси.

Охорона праці при виконанні збирання ячменю

До роботи на зернозбиральному комбайні та автомобільному транспорті допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, мають відповідну кваліфікацію та ознайомлені з особливостями виконання збиральних робіт. Перед початком роботи необхідно перевірити справність гальмівних систем, рульового керування, освітлення, сигналізації, захисних кожухів, гідравлічних систем та вивантажувальних механізмів.

Забороняється перебувати поблизу працюючого різального апарата, мотовила, шнека жниварки та вивантажувального шнека комбайна. Очищення робочих органів, усунення забивань і регулювання механізмів дозволяється виконувати лише після повної зупинки агрегату, вимкнення приводу робочих органів і встановлення машини на стоянкове гальмо.

Під час збирання ячменю необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки, оскільки суха солома, пил і висока температура окремих елементів двигуна створюють підвищену пожежну небезпеку. Комбайн та автомобіль повинні бути обладнані справними вогнегасниками, а працівники повинні знати порядок дій у разі виникнення пожежі.

Особливу увагу слід приділяти безпечному вивантаженню зерна. Під'їзд автомобіля до комбайна повинен виконуватися лише за сигналом комбайнера, а рух транспортного засобу поруч із жниваркою допускається тільки з безпечною швидкістю. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні руху комбайна та автомобільного зерновоза.

Висновок до підрозділу

Розроблена операційно-технологічна карта збирання ячменю передбачає використання збирально-транспортної ланки у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А із зерною жниваркою шириною захвату 7,0 м та автомобільного зерновоза вантажопідйомністю 20 т. Для площі 120 га та урожайності 4,5 т/га валовий збір зерна становить 540 т.

За прийнятих умов експлуатаційна продуктивність комбайна становить 3.21 га/год, змінна продуктивність - 22.48 га/зміну, а загальна тривалість виконання операції - 37.37 год. Бункер комбайна місткістю 6.0 м³ вміщує близько 4.50 т зерна ячменю, що зумовлює необхідність виконання приблизно 120 вивантажень за період збирання поля.

Для транспортування врожаю необхідно виконати 27 рейсів автомобільного зерновоза. Розрахована годинна транспортна продуктивність одного автомобіля становить 19.05 т/год, що перевищує годинний потік зерна від комбайна 14.45 т/год. Отже, за заданих умов одного автомобільного

зерновоза достатньо для забезпечення роботи одного комбайна без тривалих простоїв.

Загальна витрата пального на виконання операції становить 2203.5 л, або 1828.9 кг, а загальні затрати праці - 74.73 люд.-год. Отримані показники підтверджують можливість ефективного використання комбайна Скіф-230А у складі збирально-транспортної ланки. Разом із тим якість роботи агрегату значною мірою залежить від ефективності захоплення і подавання стеблостою жнивваркою, що обґрунтовує подальше удосконалення механізму виносу мотовила та регулювання частоти його обертання.

2.4. Висновки до розділу

В результаті виконання другого розділу проведено аналіз технології збирання ячменю та встановлено, що найбільш ефективним способом виконання збиральних робіт за умов рівномірного досягання посівів є пряме комбайнування. Визначено основні агротехнічні вимоги до виконання операції, зокрема допустимі втрати зерна не більше 2 %, втрати за жнивваркою не більше 1 %, висоту зрізу 10–20 см та робочу швидкість комбайна 5–7 км/год.

Обґрунтовано склад збирально-транспортної ланки для збирання ячменю у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А із зерновою жнивваркою шириною захвату 7,0 м та автомобільного зерновоза вантажопідйомністю 20 т. Встановлено, що прийнятий склад технічних засобів забезпечує своєчасне виконання збиральних робіт та ефективне транспортування врожаю до місця зберігання.

У процесі розробки операційно-технологічної карти визначено основні параметри виконання збиральної операції. Для площі 120 га та урожайності 4,5 т/га розраховано валовий збір зерна, який становить 540 т. Встановлено, що робоча довжина гону становить 1164,9 м, а коефіцієнт робочих ходів

комбайна дорівнює 0,956, що свідчить про раціональну організацію руху агрегату по полю.

Виконані розрахунки показали відповідність прийнятого автомобільного зерновоза умовам транспортування врожаю ячменю. Визначено, що корисний об'єм кузова забезпечує перевезення повного завантаження зерна, а обмежувальним параметром є вантажопідйомність транспортного засобу.

Проведені дослідження дозволили встановити, що найбільш відповідальним робочим органом жнивarki під час збирання ячменю є мотовило, від положення та режиму роботи якого значною мірою залежать втрати зерна, рівномірність подавання рослинної маси та якість роботи комбайна в цілому. Це підтверджує доцільність подальшого удосконалення жнивarki комбайна Скіф-230А шляхом модернізації механізму виносу мотовила та впровадження автоматичного регулювання частоти його обертання, що буде розглянуто в наступному розділі роботи.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЖНИВАРКИ КОМБАЙНА СКІФ-230А ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМУ ВІНОСУ МОТОВИЛА ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ЙОГО ОБЕРТАННЯ

3.1. Аналіз конструкції та технічних характеристик жниварки комбайна Скіф-230А

Удосконалення робочих органів зернозбиральної техніки є одним із важливих напрямів підвищення ефективності механізованого збирання ячменю. У попередньому розділі було встановлено, що якість виконання збиральної операції залежить не лише від своєчасності проведення жнив, але й від правильного комплектування збирально-транспортної ланки, раціонального вибору режимів руху комбайна та налаштування робочих органів жниварки. Особливо важливим є забезпечення мінімальних втрат зерна на етапі зрізування і подавання рослинної маси, оскільки саме жниварка першою контактує зі стеблостоєм.

Ячмінь як об'єкт механізованого збирання має низку особливостей, які необхідно враховувати при аналізі конструкції жниварки. Стебло культури є порівняно тонким, колос розміщується у верхній частині рослини, а після досягнення повної стиглості зерно схильне до осипання. У разі перезрівання, дії вітру або опадів посіви можуть частково полягати, що суттєво ускладнює роботу жниварки. За таких умов важливого значення набувають висота зрізу, положення мотовила, його винос відносно різального апарата та частота обертання.

Для виконання збиральних робіт у даній дипломній роботі прийнято зернозбиральний комбайн Скіф-230А із зерновою жниваркою шириною захвату 7,0 м. Даний агрегат призначений для прямого комбайнування зернових колосових культур і забезпечує виконання основних технологічних операцій: зрізування стеблостою, подавання рослинної маси до похилої

камери, обмолот, сепарацію, очищення зерна, накопичення його в бункері та вивантаження у транспортний засіб [8].

Комбайн Скіф-230А доцільно використовувати у господарствах середнього розміру, оскільки він поєднує достатню продуктивність, відносну простоту конструкції, ремонтпридатність і можливість агрегування з жниварками різної ширини захвату. Для умов збирання ячменю на площі 120 га при урожайності 4,5 т/га така машина забезпечує раціональне співвідношення між продуктивністю, витратами пального та потребою в транспортному забезпеченні.

Загальний вигляд агрегату, прийнятого для виконання збиральної операції, наведено на рис. 3.1. На схемі показано взаємне розташування зернової жнивarki, мотовила, похилої камери, молотильно-сепарувальної частини, зернового бункера та вивантажувального шнека. Така компоновка забезпечує послідовне переміщення рослинної маси від різального апарата до молотарки, а очищеного зерна - до бункера комбайна [14].

Основні технічні параметри комбайна та зернової жнивarki, прийняті для подальшого аналізу і розрахунків, наведено у табл. 3.1. Значення параметрів узгоджено з розрахунковими даними другого розділу роботи, що дозволяє зберегти єдину логіку вибору збирального агрегату та подальшого обґрунтування модернізації.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика комбайна Скіф-230А та зернової жнивarki

Показник	Комбайн Скіф-230А	Зернова жнивarka
Призначення	Збирання зернових колосових культур	Зрізування і подавання стеблостою до похилої камери
Тип машини	Самохідний зернозбиральний комбайн	Навісна фронтальна зернова жнивarka
Потужність двигуна, к.с.	235	-
Пропускна здатність молотарки, кг/с	до 9	-
Місткість зернового бункера, м ³	6,0	-
Робоча швидкість, км/год	5-7	5-7

Транспортна швидкість, км/год	до 20	-
Ширина захвату, м	-	7,0
Основні робочі органи	Похила камера, молотарка, система очищення, бункер	Мотовило, різальний апарат, шнек, рама, механізм виносу мотовила
Тип різального апарата	-	Сегментно-пальцевий
Подаючий орган	Похила камера	Шнек жниварки
Спосіб регулювання положення мотовила	-	Гідравлічний, з керуванням оператором
Обслуговуючий персонал	1 комбайнер	Працює у складі агрегату

Зернова жниварка є передньою робочою частиною комбайна і виконує найбільш відповідальну операцію початкової взаємодії з рослинами. Вона повинна забезпечити рівномірне захоплення стеблостою по всій ширині захвату, підведення рослин до різального апарата, зрізування на заданій висоті, переміщення зрізаної маси до шнека та подавання її у похилу камеру.

Конструктивно зернова жниварка складається з несучої рами, боковин, різального апарата, мотовила, шнека, механізмів приводу, системи регулювання положення мотовила, опорних і захисних елементів. Рама сприймає навантаження від робочих органів і забезпечує збереження їхнього взаємного положення під час руху агрегату по полю. Надійність рами та вузлів кріплення має велике значення, оскільки навіть незначне порушення геометрії жниварки може призвести до нерівномірного зрізування і збільшення втрат зерна.

Різальний апарат призначений для відокремлення стебел ячменю від кореневої частини. У зернових жниварках переважно застосовується сегментно-пальцевий різальний апарат, який забезпечує якісне зрізування стеблостою при заданій висоті зрізу. Для ячменю висота зрізу зазвичай приймається в межах 10-20 см, що дозволяє зменшити надходження зайвої соломистої маси до комбайна і водночас забезпечити повне збирання колосової частини рослин [12].

Порушення роботи різального апарата негативно впливає на весь технологічний процес. Затуплення сегментів, збільшення зазорів,

пошкодження пальців або нерівномірний хід ножа можуть спричиняти викидання рослин, нерівний зріз і додаткові втрати зерна. Тому під час підготовки жниварки до роботи особливу увагу необхідно приділяти технічному стану ножа, пальців, притискних лапок і приводу різального апарата.

Шнек жниварки виконує транспортування зрізаної рослинної маси до центральної частини жниварки та подавання її у похилу камеру комбайна. Його робота повинна бути рівномірною, без забивань і різких перевантажень. Для якісного збирання ячменю важливо, щоб шнек не створював надмірного ущільнення рослинної маси, оскільки нерівномірне подавання до молотильно-сепарувального апарата призводить до коливань навантаження, погіршення обмолоту та підвищення втрат.

Мотовило є одним із найбільш важливих робочих органів зернової жниварки. Воно призначене для підведення стеблостою до різального апарата, утримання рослин під час зрізування та спрямування зрізаної маси до шнека. При роботі на прямостоячих посівах мотовило забезпечує стабільне подавання рослинної маси і запобігає її відхиленню вперед або вбік. На полеглих посівах його функція стає складнішою, оскільки воно повинно частково піднімати нахилені стебла і підводити їх до ножа.

Положення мотовила відносно різального апарата визначається двома основними параметрами: висотою встановлення і поздовжнім виносом. Висота впливає на місце контакту планок або пальців мотовила зі стеблом, а поздовжній винос визначає момент взаємодії мотовила з рослиною перед зрізуванням. Якщо мотовило розміщене занадто близько до ножа, воно не встигає підвести полегли стебла до різального апарата. Якщо воно винесене надмірно вперед, планки можуть ударити по колосу, спричиняючи осипання зерна.

Для забезпечення регулювання положення мотовила застосовується механізм його виносу. У типовій конструкції він містить напрямні або важільні елементи, опори мотовила, гідроциліндри переміщення та шарнірні

вузли кріплення. За допомогою гідросистеми оператор може змінювати положення мотовила відповідно до стану стеблостою. Проте ефективність такого регулювання значною мірою залежить від своєчасності реакції оператора та його здатності оцінити зміну умов роботи безпосередньо під час руху комбайна [10].

Привід мотовила забезпечує його обертання з частотою, яка повинна бути узгоджена зі швидкістю руху комбайна. Окружна швидкість планок мотовила має бути дещо більшою за поступальну швидкість агрегату. За недостатньої частоти обертання мотовило не забезпечує належного підведення стеблостою до ножа, а за надмірної частоти виникає ударна взаємодія з колосом, що призводить до осипання зерна. Саме тому режим роботи мотовила є одним із ключових показників якості збирання ячменю.

Схематичне розміщення основних робочих органів жниварки та механізму виносу мотовила наведено на рис. 3.2. Схема відображає взаємозв'язок між мотовилом, напрямними його переміщення, гідроциліндром виносу, різальним апаратом, шнеком і рамою жниварки. Таке розташування елементів дозволяє розглядати механізм виносу мотовила як окремий функціональний вузол, що безпосередньо впливає на якість подавання рослинної маси.

Під час збирання ячменю технологічний процес роботи жниварки відбувається у такій послідовності. При русі комбайна по полю мотовило входить у контакт зі стеблостоєм і нахиляє рослини в напрямку різального апарата. Ніж відокремлює стебла на заданій висоті, після чого зрізана маса підхоплюється планками мотовила та подається до шнека. Шнек переміщує рослинну масу до центральної частини жниварки, звідки вона надходить у похилу камеру і далі до молотильно-сепарувального апарата комбайна [16].

Найбільш стабільно цей процес відбувається на рівномірно достиглих і неполеглих посівах. У таких умовах положення мотовила може залишатися майже незмінним протягом тривалого часу, а частота його обертання узгоджується з робочою швидкістю комбайна. Однак у реальних виробничих

умовах посіви ячменю часто мають неоднорідний стан. У межах одного поля можуть траплятися ділянки з різною висотою рослин, густотою стеблостою, вологістю, ступенем полягання та засміченістю.

За наявності полеглого ячменю робота жнивarki значно ускладнюється. Частина стебел розміщується під кутом до поверхні поля або майже горизонтально. У таких умовах мотовило повинно не просто спрямовувати стебла до ножа, а виконувати функцію їхнього піднімання. Для цього його необхідно винести вперед і встановити так, щоб планки або пальці мотовила захоплювали стебла до моменту зрізування. Невідповідне положення мотовила призводить до пропусків, нерівномірного зрізу, забивання жнивarki та втрат зерна.

Значення має також частота обертання мотовила. При переході від нормального стеблостою до полеглого оператор повинен змінювати не лише положення мотовила, але й швидкість його обертання. Якщо частота залишається занадто низькою, мотовило не забезпечує активного підведення стебел до різального апарата. Якщо частота надмірна, виникають удари по колосу, що особливо небезпечно для достиглого ячменю через схильність зерна до осипання.

У штатній системі регулювання оператор змінює положення мотовила та його режим роботи на основі власного досвіду і візуальної оцінки стану посіву. Такий підхід є простим і ремонтпридатним, однак має обмеження. Умови роботи можуть змінюватися швидше, ніж оператор встигає виконати коригування. Крім того, одночасне керування швидкістю руху, напрямком комбайна, завантаженням молотарки, вивантаженням зерна і положенням мотовила підвищує навантаження на комбайнера.

Для систематизації основних робочих органів жнивarki та їхнього впливу на якість збирання ячменю складено табл. 3.2. У ній наведено основні функції елементів жнивarki, можливі наслідки порушення їхньої роботи та напрям подальшого удосконалення.

Таблиця 3.2 – Вплив основних робочих органів жниварки на якість збирання ячменю

Робочий орган	Основна функція	Наслідки неправильного налаштування	Напрямок удосконалення
Різальний апарат	Зрізування стеблостою на заданій висоті	Нерівний зріз, виривання рослин, збільшення втрат	Контроль стану сегментів, пальців і притискних елементів
Шнек жниварки	Переміщення зрізаної маси до похилої камери	Забивання, нерівномірне завантаження молотарки	Забезпечення рівномірної подачі рослинної маси
Мотовило	Підведення стеблостою до ножа і подавання маси до шнека	Осіпання зерна, пропуски полеглих стебел, нерівномірне подавання	Автоматичне узгодження частоти обертання зі швидкістю руху
Механізм виносу мотовила	Зміна положення мотовила відносно різального апарата	Недостатнє піднімання полеглих стебел або ударний вплив на колос	Модернізація механізму переміщення та введення керування за положенням
Гідросистема регулювання	Переміщення мотовила у вертикальному і поздовжньому напрямках	Запізнення або неточність регулювання	Застосування датчиків і керуючого блока
Привід мотовила	Забезпечення обертання мотовила з потрібною частотою	Невідповідність окружної швидкості мотовила швидкості комбайна	Автоматичне регулювання частоти обертання

Наведені у табл. 3.2 дані свідчать, що найбільший резерв для підвищення якості збирання ячменю пов'язаний із роботою мотовила та механізмів його регулювання. Саме ці елементи визначають характер взаємодії жниварки зі стеблостою до моменту зрізування. Від їхньої роботи залежить повнота захоплення рослин, збереження колосової частини та рівномірність подавання маси до шнека.

Механізм виносу мотовила можна розглядати як вузол, який забезпечує адаптацію жниварки до змінних умов поля. На нормальному стеблості мотовило повинно працювати ближче до різального апарата, забезпечуючи м'яке підведення рослин. На полеглому стеблості його доцільно виносити

вперед, щоб робочі планки встигали підхопити стебла до моменту зрізування. У штатному виконанні таке регулювання часто має обмежену точність і потребує постійного втручання оператора.

З технічної точки зору перспективним напрямом удосконалення є створення механізму виносу мотовила з керованою кареткою або важільно-гідравлічною системою переміщення, яка забезпечує більший діапазон поздовжнього регулювання. Такий вузол може включати напрямні, роликові опори, гідроциліндр переміщення, кронштейни кріплення, датчик положення та елементи фіксації. Застосування гідравлічного приводу дозволяє виконувати переміщення плавно і без зупинки агрегату [8].

Не менш важливим є автоматичне регулювання частоти обертання мотовила. Для забезпечення якісної роботи окружна швидкість планок мотовила повинна змінюватися відповідно до поступальної швидкості комбайна і стану стеблостою. На неполегких посівах достатнім є менший коефіцієнт випередження, тоді як для полеглого ячменю потрібна більш активна дія мотовила. Автоматизація цього процесу дає змогу зменшити кількість ручних регулювань і стабілізувати роботу жниварки.

Запропонована в роботі модернізація повинна забезпечити комплексне покращення роботи жниварки. По-перше, удосконалений механізм виносу мотовила дозволить точніше встановлювати його положення залежно від стану ячменю. По-друге, система автоматичного регулювання частоти обертання забезпечить узгодження режиму роботи мотовила зі швидкістю руху комбайна. По-третє, зниження ударного впливу на колос і покращення підведення полеглого стеблостою сприятимуть зменшенню втрат зерна.

Таким чином, проведений аналіз конструкції комбайна Скіф-230А та зернової жниварки показав, що існуюча конструкція загалом забезпечує виконання технологічного процесу збирання ячменю, проте має резерви для вдосконалення. Найбільш доцільним напрямом модернізації є покращення механізму виносу мотовила та впровадження автоматичного регулювання частоти його обертання. Саме ці технічні рішення безпосередньо пов'язані з

умовами збирання ячменю, особливо на полеглих посівах, і створюють основу для подальшого конструкторського розрахунку у наступних підрозділах.

3.2. Обґрунтування модернізації механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання

Проведений у попередньому підрозділі аналіз конструкції комбайна Скіф-230А та зернової жниварки показав, що якість збирання ячменю значною мірою залежить від роботи мотовила і механізмів його регулювання. Саме мотовило першим активно взаємодіє зі стеблостоем, підводить рослини до різального апарата, утримує їх у момент зрізування та спрямовує зрізану масу до шнека жниварки. Тому порушення його положення або частоти обертання безпосередньо впливає на величину втрат зерна, рівномірність подавання маси та стабільність роботи молотильно-сепарувального апарата.

Для ячменю ця проблема є особливо важливою, оскільки після досягнення повної стиглості культура характеризується підвищеною схильністю до осипання зерна. Колос легко пошкоджується при ударній взаємодії з робочими органами, а полегли або нахилені стебла можуть не потрапляти в зону якісного зрізування. У таких умовах мотовило повинно не тільки подавати стеблостій до ножа, а й виконувати функцію часткового піднімання рослин перед зрізуванням [14].

У штатній конструкції жниварки регулювання положення мотовила переважно виконується оператором за допомогою гідравлічної системи. Частота обертання також налаштовується з урахуванням швидкості руху комбайна та стану посівів. Такий підхід є простим і надійним, однак має обмеження, пов'язані з людським фактором, запізненням регулювання та складністю одночасного контролю декількох параметрів роботи комбайна.

Під час руху агрегату поле рідко має однаковий стан по всій площі. У межах однієї загінки можуть чергуватися ділянки з прямостоячим ячменем, частковим поляганням, неоднаковою густиною стеблостою та різною

вологістю рослинної маси. За таких умов положення мотовила та його частоту обертання доцільно змінювати не епізодично, а постійно підтримувати в оптимальному діапазоні. Саме це обумовлює необхідність модернізації механізму виносу мотовила та введення системи автоматичного регулювання частоти його обертання.



Рис. 3.1 – Робота зернозбирального комбайна під час збирання зернових культур

Робочий процес жнивarki під час збирання зернових культур передбачає послідовну взаємодію мотовила, різального апарата та шнека. На рис. 3.3 наведено приклад роботи зернозбирального комбайна у полі, де основне навантаження на початковому етапі технологічного процесу сприймає саме жнивarka. Для ячменю правильність роботи цієї частини агрегату має вирішальне значення, оскільки втрати, що виникають до надходження маси в молотарку, практично неможливо компенсувати подальшими регулюваннями комбайна [5].

На прямостоячих посівах мотовило повинно працювати м'яко, без надмірного заглиблення у стеблостій. Його планки мають підводити рослини до різального апарата і сприяти рівномірному укладанню зрізаної маси на платформу жнивarki. У цьому режимі мотовило встановлюють відносно близько до різального апарата, а окружна швидкість його планок підтримується трохи більшою за поступальну швидкість руху комбайна.

На полеглих посівах режим роботи змінюється. Мотовило необхідно винести вперед, щоб його планки або пальці встигали підхопити стебла до моменту зрізування. Якщо поздовжній винос недостатній, частина стеблостою проходить нижче робочої зони, а колоски залишаються незрізаними або зрізуються нерівномірно. Якщо ж винос надмірний, планки мотовила можуть діяти на колос до моменту зрізування, що підвищує ризик осипання зерна.

Важливим є і співвідношення між окружною швидкістю мотовила та швидкістю руху комбайна. Для стабільної роботи жнивarki окружна швидкість планок мотовила повинна випереджати швидкість руху агрегату. За нормального стеблостою це випередження може бути невеликим, а за полеглою ячменю його необхідно збільшувати. У протилежному випадку мотовило не виконує функцію активного підведення стебел до ножа.



Рис. 3.2 – Мотовило зернової жнивarki як основний робочий орган підведення стеблостою

Конструкція мотовила зернової жнивarki містить вал, бокові диски або спиці, планки з пальцями, опори та механізми приводу. Під час обертання планки входять у контакт зі стеблостоєм і переміщують рослини в напрямку різального апарата. Для ячменю важливо, щоб цей контакт був достатнім для підведення стебла, але не надмірним, оскільки удар по колосу може спричинити втрати зерна ще до обмолоту.

Недоліком штатної системи є те, що оператор вимушений самотійно оцінювати стан стеблостою та змінювати положення мотовила. У практичних умовах така оцінка не завжди є точною. Комбайнер одночасно контролює напрям руху, завантаження молотарки, роботу системи очищення, заповнення бункера, вивантаження зерна та рух транспортних засобів. Через це коригування положення мотовила може виконуватися із запізненням [8].

Найбільш характерними наслідками неправильного регулювання є пропуски полеглих стебел, нерівномірне подавання маси до шнека, забивання жниварки, збільшення втрат за різальним апаратом та осипання зерна внаслідок ударної дії планок мотовила. При цьому втрати можуть мати локальний характер і проявлятися лише на окремих ділянках поля, що ускладнює їх своєчасне виявлення оператором.

Для систематизації недоліків штатної конструкції та очікуваних переваг модернізованого варіанта складено порівняльну таблицю 3.3. Вона відображає основні конструктивні та функціональні відмінності між існуючою системою регулювання і запропонованим технічним рішенням.

Таблиця 3.3 – Порівняння штатної та модернізованої конструкції регулювання мотовила

Показник	Штатна конструкція	Модернізована конструкція
Регулювання виносу мотовила	Виконується оператором за допомогою гідравліки; точність залежить від досвіду комбайнера	Застосовується керована каретка з датчиком положення та можливістю плавного переміщення
Реакція на зміну стану посівів	Коригування виконується після візуального виявлення проблеми	Положення та режим роботи можуть змінюватися з урахуванням швидкості руху і положення мотовила
Робота на прямостоячих посівах	Забезпечує задовільне подавання стеблостою за правильно встановлених параметрів	Підтримує стабільне положення мотовила і зменшує потребу в ручному втручанні

Робота на полеглих посівах	Можливі пропуски стебел, нерівномірний зріз і зростання втрат зерна	Передбачено збільшення виносу мотовила вперед і активніше підведення полеглих стебел
Регулювання частоти обертання	Залежить від ручного налаштування та уваги оператора	Автоматично узгоджується зі швидкістю руху комбайна
Вплив на комбайнера	Підвищене навантаження через потребу постійного контролю	Зменшення кількості ручних регулювань та стабілізація технологічного процесу
Очікуваний результат	Якість роботи залежить від стану посівів і своєчасності налаштувань	Зменшення втрат зерна, покращення роботи на полеглому ячмені та рівномірніше подавання маси

Запропонована модернізація передбачає удосконалення механізму виносу мотовила шляхом застосування напрямних елементів, рухомої каретки, гідроциліндра переміщення та датчика положення. Каретка повинна забезпечувати переміщення опор мотовила у поздовжньому напрямку відносно різального апарата. Напрямні елементи сприймають навантаження від маси мотовила та сил, що виникають при взаємодії планок зі стеблостоєм.

Гідроциліндр переміщення використовується як виконавчий елемент механізму виносу. Його перевагою є можливість плавного регулювання положення мотовила без зупинки комбайна. Крім того, гідравлічний привод добре узгоджується з наявними системами комбайна та не потребує складного механічного приводу. Для підвищення точності регулювання положення доцільно застосувати датчик лінійного переміщення або датчик кута повороту важеля механізму.

Окремим елементом модернізації є система автоматичного регулювання частоти обертання мотовила. Її завдання полягає у підтриманні раціонального кінематичного співвідношення між окружною швидкістю планок мотовила і швидкістю руху комбайна. Для цього використовується сигнал від датчика швидкості руху, який надходить до електронного блока керування. Блок формує керуючий сигнал на регулятор частоти обертання мотовила або гідропривід його обертання.

Кінематичний режим роботи мотовила можна характеризувати коефіцієнтом випередження, який визначається як відношення окружної швидкості планок мотовила до поступальної швидкості комбайна. Для прямостоячих посівів доцільно підтримувати менший коефіцієнт випередження, а для полеглих посівів - більший. Такий підхід дозволяє уникнути як пасивного підведення стеблостою, так і надмірного ударного впливу на колос [3].

У запропонованій схемі мотовило переміщується вздовж напрямних за допомогою каретки, а гідроциліндр забезпечує плавну зміну його поздовжнього положення. Датчик положення дозволяє контролювати фактичний винос мотовила та використовувати цю інформацію в системі керування.

Система автоматичного регулювання повинна працювати за принципом узгодження фактичних умов руху агрегату з режимом роботи мотовила. Основними вхідними сигналами є швидкість руху комбайна, положення мотовила та команда оператора щодо режиму роботи. Оператор може обирати режим для нормального або полеглої стеблостою, а подальше регулювання виконується автоматично в межах заданого діапазону.

Електронний блок керування обробляє сигнали датчиків і визначає необхідну частоту обертання мотовила. У разі збільшення швидкості руху комбайна частота обертання повинна зростати, щоб зберегти потрібне співвідношення між окружною швидкістю планок і поступальною швидкістю агрегату. У разі зниження швидкості руху частота обертання зменшується, що дає змогу уникнути зайвого ударного впливу на колос.

Під час переходу на ділянки з полеглим ячменем система може працювати в режимі підвищеного випередження мотовила. У цьому разі мотовило виноситься вперед, а частота його обертання збільшується в межах допустимого діапазону. Такий режим забезпечує активніше підведення стеблостою до різального апарата і зменшує ймовірність пропусків полеглих рослин.

Структурна схема системи автоматичного регулювання включає датчик швидкості руху комбайна, датчик положення мотовила, пульт керування, електронний блок, гідророзподільник переміщення мотовила та регулятор частоти його обертання. Така структура є технічно здійсненною і може бути реалізована без повної зміни конструкції жниварки.

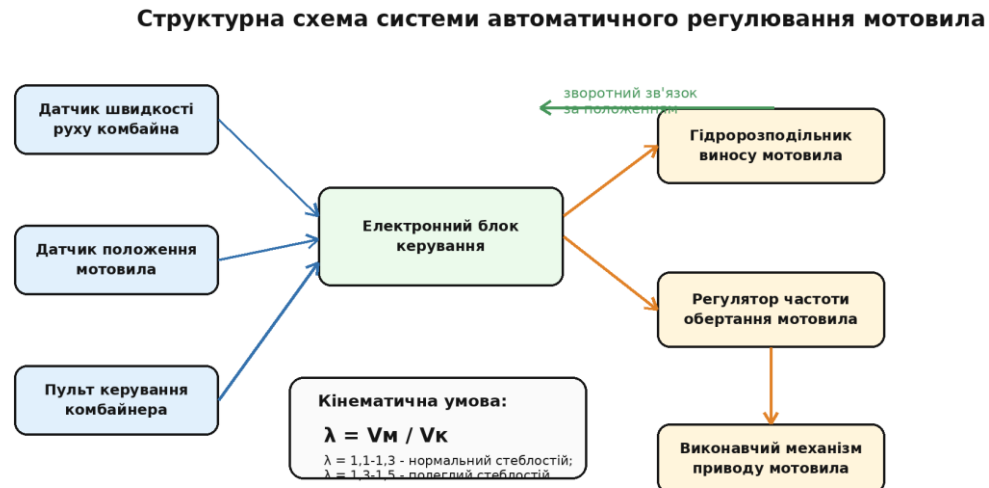


Рис. 3.3 – Структурна схема системи автоматичного регулювання частоти обертання мотовила

Для переміщення мотовила у модернізованому вузлі доцільно використовувати гідроциліндр, аналогічний за функціональним призначенням циліндрам підйому або переміщення мотовила зернових жниварок. Приклад такого вузла наведено на рис. 3.4. Гідроциліндр є простим, надійним і ремонтпридатним виконавчим елементом, який може працювати в умовах пилу, вібрацій і змінних навантажень.

Перевагою гідравлічного виконання є можливість отримання значного переміщувального зусилля при відносно компактних розмірах механізму. Крім того, використання гідроциліндра дає змогу виконувати плавне регулювання положення мотовила без зупинки комбайна. У подальшому підрозділі доцільно виконати розрахунок зусилля переміщення мотовила, параметрів гідроциліндра, навантаження на каретку та елементи кріплення.



Рис. 3.4 – Гідроциліндр переміщення мотовила як виконавчий елемент модернізованого механізму

Очікуваний вплив запропонованої модернізації на показники роботи жнивarki наведено у табл. 3.4. Враховуючи, що фактичний ефект залежить від стану посівів, ступеня полягання, вологості рослинної маси та кваліфікації оператора, наведені значення слід розглядати як попередню інженерну оцінку, яка потребує уточнення під час експериментальної перевірки або виробничого впровадження.

Таблиця 3.4 – Очікуваний вплив модернізації на показники роботи жнивarki

Показник	Стан без модернізації	Очікуваний стан після модернізації	Технологічне значення
Втрати зерна за жнивarkою	Зростають на ділянках із полеглим стеблостоем	Зменшення на 0,2-0,4 % від урожайності	Збереження частини врожаю без збільшення площі посіву
Рівномірність подавання маси	Залежить від ручних налаштувань і стану посівів	Більш стабільне подавання до шнека та похилої камери	Зменшення коливань навантаження на молотарку
Робота на полеглих посівах	Можливі пропуски стебел та нерівний зріз	Покращене підведення	Підвищення повноти збирання

		стеблостою до різального апарата	
Навантаження на комбайнера	Постійна потреба контролювати положення і частоту мотовила	Зменшення кількості ручних регулювань	Покращення умов праці та зниження впливу людського фактора
Стабільність технологічного процесу	Залежить від своєчасності реакції оператора	Автоматична підтримка заданого режиму роботи	Підвищення якості збирання на неоднорідних ділянках поля
Придатність до подальших розрахунків	Штатний вузол має обмежені можливості адаптації	Можна розрахувати гідроциліндр, каретку, напрямні, датчики і привід	Створює основу для конструкторського обґрунтування

Запропонована модернізація не передбачає повної зміни конструкції жнивarki. Основна ідея полягає у вдосконаленні вузла, який безпосередньо впливає на якість початкової взаємодії з рослинами. Завдяки цьому технічне рішення залишається реалістичним для впровадження у виробничих умовах і може бути виконане у вигляді додаткового механізму до існуючої конструкції.

Практична цінність модернізації полягає в тому, що вона спрямована на найбільш проблемні умови збирання - частково полегли посіви ячменю. Саме на таких ділянках втрати за жнивarkою зростають найбільше, а ручне регулювання не завжди дозволяє швидко встановити оптимальний режим роботи. Автоматичне узгодження частоти обертання мотовила зі швидкістю руху комбайна дає змогу підтримувати стабільний режим без постійного втручання оператора.

Таким чином, модернізація механізму виносу мотовила та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання є технічно обґрунтованими. Запропоноване рішення дозволяє покращити роботу жнивarki на прямостоячих і полеглих посівах ячменю, зменшити втрати зерна, підвищити рівномірність подавання рослинної маси та знизити навантаження на комбайнера. Подальший етап роботи повинен включати

розрахунок основних елементів модернізованого механізму: гідроциліндра переміщення, каретки, напрямних, кріпильних елементів, а також визначення раціонального діапазону частоти обертання мотовила залежно від робочої швидкості комбайна.

3.3. Розрахунок модернізованого механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання жниварки комбайна Скіф-230А

Метою розрахунку є перевірка працездатності запропонованого модернізованого механізму виносу мотовила зернової жниварки комбайна Скіф-230А та обґрунтування параметрів системи автоматичного регулювання частоти його обертання. Розрахунок виконується для умов збирання ячменю, оскільки саме ця культура за повної стиглості характеризується схильністю до осипання зерна, а за наявності полеглої стеблостою потребує точного налаштування положення мотовила відносно різального апарата.

У попередніх підрозділах встановлено, що основними недоліками штатного регулювання мотовила є залежність від досвіду оператора, запізнення реакції на зміну стану посівів, обмежена точність поздовжнього виносу та необхідність ручного узгодження частоти обертання мотовила зі швидкістю руху комбайна. Тому у модернізованому варіанті передбачається застосування рухомої каретки, напрямних, гідроциліндра переміщення, датчика положення мотовила, датчика швидкості руху комбайна та електронного блока керування.

Розрахунок включає кінематичне обґрунтування режимів роботи мотовила, визначення навантажень на механізм виносу, перевірку каретки і напрямних на міцність, підбір гідроциліндра, перевірку пальця кріплення, визначення параметрів приводу мотовила та попередню оцінку технологічного ефекту від модернізації. Отримані результати можуть бути

використані для подальшої розробки робочих креслень модернізованого вузла.

Вихідні дані для розрахунку

Для виконання інженерних розрахунків приймаємо параметри жниварки, мотовила та елементів модернізованого механізму, наведені у табл. 3.5. Частина значень приймається за типовими параметрами зернових жниварок відповідної ширини захвату і використовується послідовно у всіх подальших розрахунках.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку модернізованого механізму

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Ширина захвату жниварки	B_p	7,0	м
Діаметр мотовила	D_m	1,10	м
Маса мотовила з опорами	m_m	260	кг
Маса рухомих елементів механізму	$m_{рух}$	320	кг
Довжина напрямної, що сприймає навантаження	l_n	0,80	м
Максимальний хід каретки	S_k	0,50	м
Робоча швидкість комбайна	V_p	6,0	км/год
Максимальна робоча швидкість	V_{max}	8,0	км/год
Діапазон частоти обертання мотовила	n_m	20-60	об/хв
Робочий тиск у гідросистемі	p	10	МПа
Коефіцієнт динамічності	k_d	1,4	-
Коефіцієнт запасу за навантаженням	k_z	1,3	-
Допустиме напруження для сталі	$[\sigma]$	160	МПа
Допустиме дотичне напруження пальця	$[\tau]$	90	МПа

Кінематичний розрахунок мотовила

Якість роботи мотовила визначається співвідношенням між окружною швидкістю його планок і поступальною швидкістю комбайна. Якщо мотовило обертається занадто повільно, воно не забезпечує активного підведення стеблостою до різального апарата. Якщо частота обертання надмірна, планки інтенсивно ударають по колосках, що підвищує втрати зерна від осипання.

Кінематичний режим роботи мотовила характеризується коефіцієнтом λ , який показує, у скільки разів окружна швидкість планок мотовила перевищує поступальну швидкість комбайна.

$$\lambda = V_m / V_k, \quad (3.1)$$

де λ - коефіцієнт кінематичного режиму мотовила; V_m - окружна швидкість планок мотовила, м/с; V_k - поступальна швидкість руху комбайна, м/с.

Звідси окружну швидкість планок мотовила визначаємо за формулою:

$$V_m = \lambda \cdot V_k, \text{ м/с.} \quad (3.2)$$

Частоту обертання мотовила визначаємо через його діаметр:

$$n = 60 \cdot V_m / (\pi \cdot D_m), \text{ об/хв.} \quad (3.3)$$

Для робочої швидкості комбайна $V_p = 6,0$ км/год отримаємо:

$$V_k = 6,0 / 3,6 = 1,67 \text{ м/с.}$$

Для прямостоячого ячменю приймаємо $\lambda = 1,20$:

$$V_m = 1,20 \cdot 1,67 = 2,00 \text{ м/с;}$$

$$n = 60 \cdot 2,00 / (3,14 \cdot 1,10) = 34,7 \text{ об/хв.}$$

Для частково полеглого ячменю приймаємо $\lambda = 1,35$:

$$V_m = 1,35 \cdot 1,67 = 2,25 \text{ м/с;}$$

$$n = 60 \cdot 2,25 / (3,14 \cdot 1,10) = 39,1 \text{ об/хв.}$$

Для сильно полеглого стеблостою приймаємо $\lambda = 1,50$:

$$V_m = 1,50 \cdot 1,67 = 2,51 \text{ м/с;}$$

$$n = 60 \cdot 2,51 / (3,14 \cdot 1,10) = 43,6 \text{ об/хв.}$$

Отримані значення входять у прийнятий діапазон регулювання 20-60 об/хв, що підтверджує технічну можливість автоматичного узгодження частоти обертання мотовила зі швидкістю руху комбайна.

Таблиця 3.6 – Рекомендовані режими роботи мотовила при збиранні ячменю

Швидкість комбайна, км/год	Стан стеблостою	λ	V_m , м/с	n , об/хв
4	прямостоячий	1,20	1,33	23,1
5	прямостоячий	1,20	1,67	28,9
6	прямостоячий	1,20	2,00	34,7
6	частково полеглий	1,35	2,25	39,1
6	сильно полеглий	1,50	2,50	43,4
7	частково полеглий	1,35	2,62	45,6
8	сильно полеглий	1,50	3,33	57,9

Розрахунок навантаження на механізм виносу мотовила

Механізм виносу мотовила сприймає навантаження від маси мотовила, опор, каретки, а також від сил, що виникають під час контакту планок мотовила зі стеблостоєм. Для спрощеного інженерного розрахунку рухоми систему розглядаємо як вузол, що переміщується по напрямних під дією гідроциліндра.

Силу ваги рухомих елементів визначаємо за формулою:

$$G = m_{\text{рух}} \cdot g, \text{ Н.} \quad (3.4)$$

де $m_{\text{рух}}$ - маса рухомих елементів механізму, кг; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння.

$$G = 320 \cdot 9,81 = 3139 \text{ Н.}$$

Сила тертя в напрямних залежить від ваги рухомої системи та коефіцієнта тертя. Для напрямних з роликівими або ковзними опорами приймаємо $\mu = 0,12$.

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot G, \text{ Н.} \quad (3.5)$$

$$F_{\text{тр}} = 0,12 \cdot 3139 = 377 \text{ Н.}$$

Силу взаємодії мотовила зі стеблостоєм під час роботи на полеглих посівах приймаємо $F_{\text{ст}} = 600 \text{ Н}$. Повне розрахункове зусилля переміщення з урахуванням динамічності та запасу визначаємо за формулою:

$$F_p = (F_{\text{тр}} + F_{\text{ст}}) \cdot k_d \cdot k_z, \text{ Н.} \quad (3.6)$$

$$F_p = (377 + 600) \cdot 1,4 \cdot 1,3 = 1778 \text{ Н.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо округлене значення $F_p = 2000 \text{ Н}$. Це значення враховує тертя в напрямних, взаємодію мотовила зі стеблостоєм, короткочасні перевантаження та нерівномірність польових умов.

Розрахунок каретки механізму виносу

Каретка механізму виносу призначена для переміщення опори мотовила вздовж напрямних. У модернізованій конструкції навантаження від мотовила розподіляється між двома боковими каретками, тому розрахункове навантаження на одну каретку приймаємо рівним половині загального розрахункового зусилля.

$$F_k = F_p / 2, \text{ Н.} \quad (3.7)$$

$$F_k = 2000 / 2 = 1000 \text{ Н.}$$

Для перевірки каретки на міцність приймаємо її у вигляді сталевієї пластини перерізом $b = 80 \text{ мм}$ і $h = 8 \text{ мм}$, яка сприймає згинальний момент від ексцентрично прикладеного навантаження. Плече прикладання сили приймаємо $a = 60 \text{ мм}$.

$$M_k = F_k \cdot a, \text{ Н} \cdot \text{мм.} \quad (3.8)$$

$$M_k = 1000 \cdot 60 = 60000 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Момент опору прямокутного перерізу каретки визначаємо за формулою:

$$W_k = b \cdot h^2 / 6, \text{ мм}^3. \quad (3.9)$$

$$W_k = 80 \cdot 8^2 / 6 = 853 \text{ мм}^3.$$

Нормальне напруження при згині:

$$\sigma_k = M_k / W_k, \text{ МПа.} \quad (3.10)$$

$$\sigma_k = 60000 / 853 = 70,3 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності каретки:

$$n_k = [\sigma] / \sigma_k. \quad (3.11)$$

$$n_k = 160 / 70,3 = 2,28.$$

Отримане значення $n_k = 2,28$ перевищує мінімально допустимий запас для конструктивних елементів сільськогосподарських машин, тому прийнятий переріз каретки є працездатним.

Розрахунок напрямних механізму виносу

Напрямні механізму виносу забезпечують поздовжнє переміщення каретки та сприймають навантаження від маси мотовила і сил взаємодії зі стеблостоем. Розрахункову схему напрямної приймаємо у вигляді балки на двох опорах з центральним навантаженням $F_H = 1000$ Н. Довжина розрахункової ділянки напрямної $l_H = 0,80$ м.

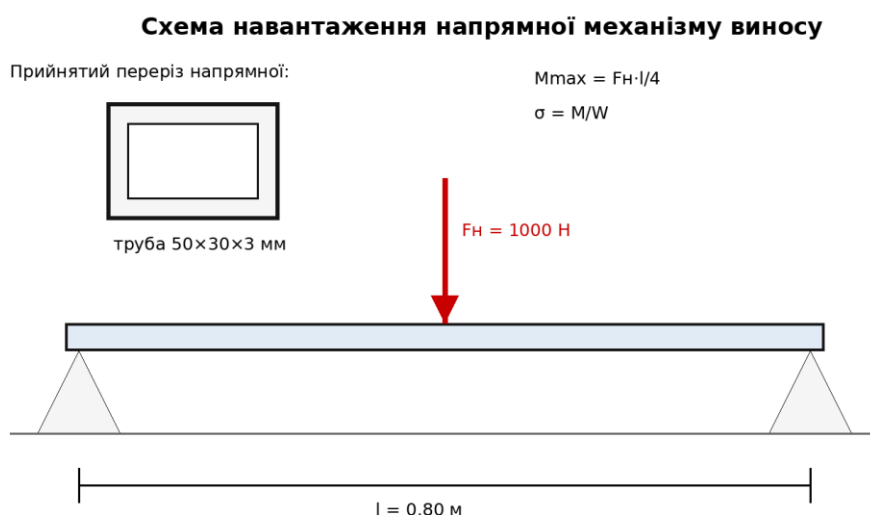


Рис. 3.5 – Схема навантаження напрямної механізму виносу

Максимальний згинальний момент для прийнятої схеми визначаємо за формулою:

$$M_H = F_H \cdot l_H / 4, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.12)$$

$$M_H = 1000 \cdot 0,80 / 4 = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для напрямної приймаємо сталеву профільну трубу 50×30×3 мм. Розрахунковий момент опору такого перерізу відносно небезпечної осі приймаємо $W_H = 6,56 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

Напруження згину в напрямній становить:

$$\sigma_H = M_H / W_H, \text{ Па.} \quad (3.13)$$

$$\sigma_H = 200 / (6,56 \cdot 10^{-6}) = 30,5 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності напрямної:

$$n_H = [\sigma] / \sigma_H. \quad (3.14)$$

$$n_H = 160 / 30,5 = 5,25.$$

Отже, напрямна з профільної труби 50×30×3 мм має достатній запас міцності. Запас $n_H = 5,25$ дозволяє врахувати нерівномірність навантаження, вібрації та можливі короткочасні перевантаження під час роботи жнивarki.

Розрахунок гідроциліндра переміщення мотовила

Гідроциліндр у модернізованому механізмі виконує функцію переміщення каретки разом із мотовилом у поздовжньому напрямку. Він повинен забезпечити необхідне зусилля переміщення з урахуванням тертя, сил взаємодії зі стеблостоем і запасу за навантаженням.

Розрахункова схема гідроциліндра переміщення мотовила

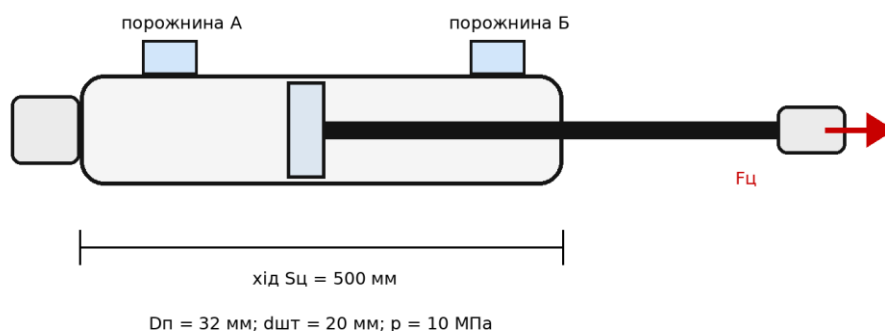


Рис. 3.6 – Розрахункова схема гідроциліндра переміщення мотовила

Необхідну площу поршня гідроциліндра визначаємо за формулою:

$$A_{ц} = F_p / p, \text{ м}^2. \quad (3.15)$$

де $F_p = 2000 \text{ Н}$ - розрахункове зусилля переміщення; $p = 10 \text{ МПа} = 10 \cdot 10^6$

Па - робочий тиск у гідросистемі.

$$A_{\text{ц}} = 2000 / (10 \cdot 10^6) = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Необхідний діаметр поршня:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{(4 \cdot A_{\text{ц}} / \pi)}, \text{ м.} \quad (3.16)$$

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{(4 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} / 3,14)} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм.}$$

Отримане теоретичне значення діаметра є мінімальним. Для забезпечення запасу по зусиллю, стійкої роботи в умовах забруднення, зношування ущільнень і нерівномірного навантаження приймаємо стандартний гідроциліндр з діаметром поршня $D = 32$ мм, діаметром штока $d = 20$ мм і ходом $S_{\text{ц}} = 500$ мм.

Фактичне зусилля на висування штока:

$$F_{\text{ц}} = p \cdot \pi \cdot D^2 / 4, \text{ Н.} \quad (3.17)$$

$$F_{\text{ц}} = 10 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,032^2 / 4 = 8042 \text{ Н.}$$

Запас гідроциліндра за зусиллям:

$$n_{\text{ц}} = F_{\text{ц}} / F_{\text{р}}. \quad (3.18)$$

$$n_{\text{ц}} = 8042 / 2000 = 4,02.$$

Запас $n_{\text{ц}} = 4,02$ підтверджує, що прийнятий гідроциліндр забезпечує надійне переміщення мотовила навіть за підвищеного опору в напрямних або при роботі на полеглому ячмені.

Таблиця 3.7 – Характеристика прийнятого гідроциліндра переміщення мотовила

Показник	Значення
Тип гідроциліндра	двосторонньої дії
Діаметр поршня, мм	32
Діаметр штока, мм	20
Хід штока, мм	500
Робочий тиск, МПа	10
Розрахункове зусилля, Н	2000
Фактичне зусилля на висування, Н	8042
Запас за зусиллям	4,02

Розрахунок пальця кріплення гідроциліндра

Палець кріплення гідроциліндра сприймає зусилля, що передається від штока до каретки або кронштейна механізму виносу. Для перевірки приймаємо палець діаметром $d_{\text{п}} = 12$ мм, який працює на подвійний зріз.

Схема навантаження пальця кріплення гідроциліндра

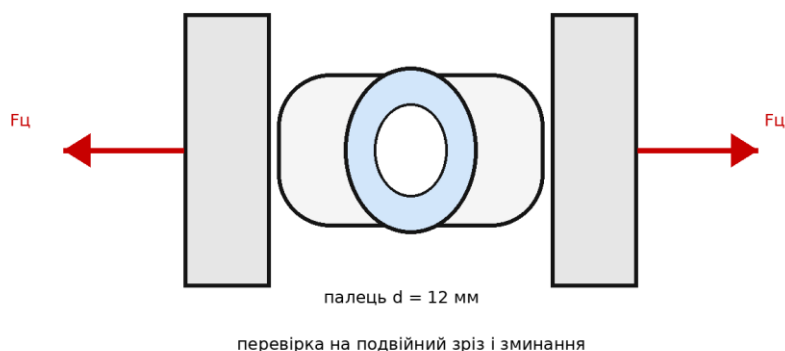


Рис. 3.7 – Схема навантаження пальця кріплення гідроциліндра

Площа поперечного перерізу пальця при подвійному зрізі:

$$A_{\text{зр}} = 2 \cdot \pi \cdot d_{\text{п}}^2 / 4, \text{ мм}^2. \quad (3.19)$$

$$A_{\text{зр}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 12^2 / 4 = 226 \text{ мм}^2.$$

Дотичне напруження у пальці:

$$\tau = F_{\text{п}} / A_{\text{зр}}, \text{ МПа}. \quad (3.20)$$

$$\tau = 2000 / 226 = 8,85 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу за зрізом:

$$n_{\tau} = [\tau] / \tau. \quad (3.21)$$

$$n_{\tau} = 90 / 8,85 = 10,2.$$

Додатково перевіряємо палець і вушко кріплення на зминання. Товщину вушка приймаємо $t = 8$ мм.

$$\sigma_{\text{зм}} = F_{\text{п}} / (d_{\text{п}} \cdot t), \text{ МПа}. \quad (3.22)$$

$$\sigma_{\text{зм}} = 2000 / (12 \cdot 8) = 20,8 \text{ МПа}.$$

Отримані напруження зрізу і зминання не перевищують допустимих значень, тому палець діаметром 12 мм може бути використаний у конструкції кріплення гідроциліндра.

Розрахунок приводу мотовила

Привід мотовила повинен забезпечувати обертання в діапазоні, який відповідає різним умовам роботи жниварки. У модернізованій системі частота обертання повинна змінюватися автоматично залежно від швидкості руху комбайна та обраного режиму роботи.

Для розрахунку приймаємо момент опору обертанню мотовила $M_{оп} = 85$ Н·м. З урахуванням коефіцієнта запасу $k_m = 1,3$ необхідний крутний момент приводу становить:

$$M_{пр} = M_{оп} \cdot k_m, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.23)$$

$$M_{пр} = 85 \cdot 1,3 = 110,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для визначення необхідної потужності приймаємо максимальну частоту обертання мотовила $n_{max} = 60$ об/хв.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n_{max} \cdot M_{пр} / 60, \text{ Вт}. \quad (3.24)$$

$$P = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 110,5 / 60 = 694 \text{ Вт} = 0,69 \text{ кВт}.$$

З урахуванням втрат у приводі та необхідного запасу приймаємо потужність приводу мотовила не менше 0,8-1,0 кВт. Такий діапазон є достатнім для реалізації автоматичного регулювання частоти обертання мотовила в межах 20-60 об/хв.

Для модернізованої системи доцільно застосувати гідравлічний привід мотовила з регульованим витратним клапаном або електрогідравлічним регулятором. У такому випадку електронний блок керування змінює подачу робочої рідини до гідромотора, а частота обертання мотовила змінюється відповідно до швидкості руху комбайна.

Розрахунок та обґрунтування системи автоматичного регулювання

Автоматична система регулювання призначена для підтримання заданого кінематичного режиму мотовила. Основною умовою її роботи є

збереження раціонального співвідношення між окружною швидкістю планок мототила і поступальною швидкістю комбайна.



Рис. 3.8 – Структурна схема системи автоматичного регулювання мототила

Алгоритм роботи системи передбачає такі етапи: вимірювання швидкості руху комбайна; вибір оператором режиму роботи відповідно до стану стеблостою; визначення потрібного коефіцієнта λ ; розрахунок заданої частоти обертання мототила; формування керуючого сигналу на регулятор частоти обертання; контроль положення мототила за сигналом датчика переміщення.

$$n_{\text{зад}} = 60 \cdot \lambda \cdot V_k / (\pi \cdot D_m), \text{ об/хв.} \quad (3.25)$$

де $n_{\text{зад}}$ - задана частота обертання мототила; λ - коефіцієнт кінематичного режиму; V_k - швидкість руху комбайна, м/с; D_m - діаметр мототила, м.

Для реалізації системи приймаємо датчик швидкості руху з діапазоном вимірювання 0-12 км/год, датчик положення каретки з діапазоном 0-500 мм, електронний блок керування з напругою живлення 12 В та електрогідравлічний клапан керування положенням мототила.

Таблиця 3.8 – Основні елементи системи автоматичного регулювання

Елемент системи	Призначення	Прийнятий діапазон	Технологічне значення
-----------------	-------------	--------------------	-----------------------

Датчик швидкості руху	Вимірювання фактичної швидкості комбайна	0-12 км/год	Формування сигналу для розрахунку пззд
Датчик положення мотовила	Контроль ходу каретки	0-500 мм	Зворотний зв'язок за положенням
Електронний блок керування	Обробка сигналів і формування команд	12 В	Керування клапаном і регулятором частоти
Електрогідравлічний клапан	Керування гідроциліндром переміщення	10 МПа	Плавна зміна виносу мотовила
Регулятор частоти приводу	Зміна частоти обертання мотовила	20-60 об/хв	Підтримання заданого λ

Порівняння штатної та модернізованої конструкції

Для оцінки доцільності запропонованого технічного рішення виконано порівняння параметрів штатної та модернізованої конструкції. Основні відмінності наведено у табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Порівняння параметрів штатної та модернізованої конструкції

Показник	Штатна конструкція	Модернізована конструкція
Діапазон поздовжнього регулювання мотовила	Обмежений, залежить від штатного механізму	До 0,50 м за рахунок керованої каретки
Точність налаштування положення	Залежить від оператора	Підвищена завдяки датчику положення
Реакція на зміну швидкості руху	Після ручного коригування	Автоматичне перерахування частоти обертання
Робота на прямостоячих посівах	Задовільна	Стабільна з меншим втручанням оператора
Робота на частково полеглому ячмені	Можливі пропуски стебел	Покращене підведення стеблостою
Втрати зерна за жнивваркою	Зростають на неоднорідних ділянках	Орієнтовне зменшення на 0,3 % від урожайності
Навантаження на оператора	Підвищене через постійні регулювання	Знижене за рахунок автоматизації
Придатність до впровадження	Базова конструкція	Модернізація без повної заміни жнивварки

Оцінка технологічного ефекту від модернізації

Технологічний ефект від модернізації полягає у зменшенні втрат зерна за жнивваркою, покращенні роботи на частково полеглих посівах та підвищенні

стабільності подавання рослинної маси до молотильно-сепарувального апарата. Для попередньої інженерної оцінки приймаємо, що модернізована система дозволяє зменшити втрати зерна за жнивваркою на $\Delta\P = 0,3\%$ від урожайності.

Додатково збережену масу зерна з 1 га визначаємо за формулою:

$$Q_{зб} = Y \cdot \Delta\P / 100, \text{ т/га.} \quad (3.26)$$

де $Y = 4,5$ т/га - урожайність ячменю; $\Delta\P = 0,3\%$ - очікуване зменшення втрат.

$$Q_{зб} = 4,5 \cdot 0,3 / 100 = 0,0135 \text{ т/га} = 13,5 \text{ кг/га.}$$

Для площі $F = 120$ га додатково збережений урожай становитиме:

$$Q_d = Q_{зб} \cdot F, \text{ т.} \quad (3.27)$$

$$Q_d = 0,0135 \cdot 120 = 1,62 \text{ т.}$$

Окрім зменшення втрат, модернізація може зменшити кількість короткочасних зупинок і повторних регулювань. Для попередньої оцінки приймаємо підвищення експлуатаційної продуктивності на 3 %. Якщо базова продуктивність комбайна за операційно-технологічною картою становить $W_{год} = 3,21$ га/год, то після модернізації:

$$W_{мод} = W_{год} \cdot 1,03, \text{ га/год.} \quad (3.28)$$

$$W_{мод} = 3,21 \cdot 1,03 = 3,31 \text{ га/год.}$$

Отже, прогнозоване підвищення продуктивності становить близько 0,10 га/год. Основний ефект модернізації при цьому полягає не стільки у збільшенні площі збирання за годину, скільки у зменшенні втрат зерна та стабілізації роботи жнивварки на неоднорідних ділянках поля.

Таблиця 3.10 – Попередня оцінка технологічного ефекту модернізації

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Площа збирання	F	120	га
Урожайність ячменю	Y	4,5	т/га
Орієнтовне зменшення втрат	$\Delta\P$	0,3	%
Збережене зерно з 1 га	$Q_{зб}$	0,0135	т/га

Додатково збережене зерно на площі 120 га	Q_d	1,62	т
Базова продуктивність	$W_{\text{год}}$	3,21	га/год
Прогнозована продуктивність після модернізації	$W_{\text{мод}}$	3,31	га/год
Приріст продуктивності	ΔW	3,0	%

Узагальнення результатів розрахунків

Основні результати інженерних розрахунків модернізованого механізму виносу мотовила наведено у табл. 3.11. Отримані значення підтверджують працездатність прийнятої конструктивної схеми та можливість її подальшого використання для виконання робочих креслень.

Таблиця 3.11 – Основні результати розрахунку модернізованого вузла

Показник	Позначення	Результат
Розрахункове зусилля переміщення мотовила	F_p	2000 Н
Навантаження на одну каретку	F_k	1000 Н
Напруження в каретці	σ_k	70,3 МПа
Запас міцності каретки	n_k	2,28
Напруження в напрямній	σ_n	30,5 МПа
Запас міцності напрямної	n_n	5,25
Прийнятий гідроциліндр	-	D 32 мм; d 20 мм; S 500 мм
Фактичне зусилля гідроциліндра	$F_{\text{ц}}$	8042 Н
Запас гідроциліндра за зусиллям	$n_{\text{ц}}$	4,02
Напруження зрізу в пальці	τ	8,85 МПа
Запас пальця за зрізом	n_{τ}	10,2
Необхідний момент приводу мотовила	$M_{\text{пр}}$	110,5 Н·м
Необхідна потужність приводу	P	0,69 кВт
Діапазон регулювання частоти мотовила	n	20-60 об/хв

Висновок за результатами розрахунків

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що модернізований механізм виносу мотовила жниварки комбайна Скіф-230А є технічно

працездатним і придатним для подальшої конструкторської розробки. Повне розрахункове зусилля переміщення мотовила з урахуванням тертя, взаємодії зі стеблостоєм, динамічного коефіцієнта та запасу становить 2000 Н.

Перевірка каретки механізму виносу показала, що при навантаженні 1000 Н напруження в її перерізі становить 70,3 МПа, а коефіцієнт запасу міцності дорівнює 2,28. Напрямна з профільної труби 50×30×3 мм має напруження згину 30,5 МПа і запас міцності 5,25, що підтверджує доцільність прийнятого перерізу.

Для переміщення мотовила прийнято гідроциліндр двосторонньої дії з діаметром поршня 32 мм, діаметром штока 20 мм і ходом 500 мм. При робочому тиску 10 МПа фактичне зусилля гідроциліндра становить 8042 Н, що забезпечує запас за зусиллям 4,02. Перевірка пальця кріплення діаметром 12 мм показала, що напруження зрізу становить 8,85 МПа, а запас міцності за зрізом - 10,2.

Кінематичний розрахунок показав, що для робочої швидкості 6,0 км/год рекомендована частота обертання мотовила становить 34,7 об/хв для прямостоячого ячменю, 39,1 об/хв для частково полеглого стеблостою та 43,6 об/хв для сильно полеглого ячменю. Прийнятий діапазон регулювання 20-60 об/хв забезпечує необхідну адаптацію до умов роботи.

Розрахунок приводу мотовила показав, що необхідний крутний момент становить 110,5 Н·м, а потужність приводу при максимальній частоті 60 об/хв - 0,69 кВт. З урахуванням запасу доцільно прийняти привід потужністю 0,8-1,0 кВт. Оцінка технологічного ефекту показала, що зменшення втрат зерна на 0,3 % від урожайності дозволяє додатково зберегти близько 1,62 т зерна ячменю на площі 120 га.

Отже, запропонована модернізація механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання є технічно обґрунтованою. Вона забезпечує підвищення адаптивності жнивarki до змінних умов збирання, покращує роботу на полеглих посівах, зменшує вплив

людського фактора і створює передумови для зниження втрат зерна під час збирання ячменю.

3.4. Висновки до розділу

У даному розділі виконано інженерний розрахунок модернізованого механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання жнивarki комбайна Скіф-230А.

За результатами кінематичного розрахунку встановлено раціональні режими роботи мотовила при збиранні ячменю залежно від стану стеблостою. Визначено, що для забезпечення якісного підведення рослин до різального апарата частота обертання мотовила повинна автоматично змінюватися в межах 20–60 об/хв відповідно до швидкості руху комбайна та коефіцієнта кінематичного режиму.

Виконаний розрахунок навантажень показав, що повне розрахункове зусилля, яке діє на механізм виносу мотовила, становить близько 2,0 кН. Перевірка каретки та напрямних механізму виносу підтвердила достатню міцність конструкції. Коефіцієнт запасу міцності каретки становить 2,28, а напрямних – 5,25, що відповідає вимогам надійності сільськогосподарських машин.

На основі розрахунку гідроприводу обґрунтовано застосування гідроциліндра двосторонньої дії з діаметром поршня 32 мм, діаметром штока 20 мм та ходом 500 мм. Отриманий запас за зусиллям перевищує чотириразове значення, що забезпечує стабільну роботу механізму в різних умовах експлуатації.

Перевірка пальця кріплення гідроциліндра на зріз і зминання показала відповідність його міцності діючим навантаженням. Розрахунок приводу мотовила підтвердив можливість реалізації автоматичного регулювання частоти обертання без суттєвого збільшення енергоспоживання жнивarki.

Розроблена система автоматичного регулювання дозволяє підтримувати оптимальне співвідношення між швидкістю руху комбайна та окружною швидкістю планок мотовила, що забезпечує покращення умов зрізування та транспортування стеблової маси до похилої камери.

Оцінка технологічного ефекту показала, що впровадження модернізації дозволяє зменшити втрати зерна під час збирання ячменю, підвищити стабільність роботи жниварки на полеглих посівах та збільшити ефективність використання комбайна Скіф-230А. Отримані результати підтверджують технічну доцільність і практичну придатність запропонованої модернізації для впровадження у виробничих умовах.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні вимоги охорони праці під час збирання ячменю

Збирання ячменю є завершальним та одним із найбільш відповідальних етапів технології вирощування культури. Роботи виконуються у стислі агротехнічні строки із застосуванням високопродуктивних зернозбиральних комбайнів, транспортних засобів та допоміжного обладнання. Під час виконання збиральних робіт працівники перебувають під впливом комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, до яких належать рухомі частини машин і механізмів, підвищена запиленість повітря робочої зони, шум, вібрація, можливість виникнення пожежі, несприятливі метеорологічні умови та підвищене нервово-емоційне навантаження.

До виконання робіт із збирання ячменю допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань з питань охорони праці. Комбайнери повинні мати посвідчення на право керування зернозбиральними комбайнами відповідної категорії та бути ознайомлені з технологічною картою виконання робіт, правилами пожежної безпеки й діями у разі виникнення аварійних ситуацій.

Перед початком роботи необхідно провести ретельний технічний огляд зернозбирального комбайна Скіф-230А, зернової жниварки та транспортних засобів, що залучаються до перевезення зерна. Особливу увагу необхідно приділяти справності гальмівної системи, рульового керування, гідравлічного обладнання, світлової сигналізації, робочих органів жниварки, а також надійності кріплення вузлів модернізованого механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання. Забороняється експлуатація техніки за наявності підтікання пального або мастильних матеріалів, несправних гальм, пошкоджених захисних кожухів, несправної

електропроводки та інших дефектів, що можуть створювати небезпеку для працівників.

Під час виконання збиральних робіт забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи комбайна. Відстань між збиральними агрегатами повинна забезпечувати безпечне виконання маневрів та виключати можливість зіткнення техніки. Під час руху комбайна не допускається посадка або висадка працівників, перебування людей на жниварці, похилій камері, площадках обслуговування чи інших елементах машини.

Особливу небезпеку становлять робочі органи зернової жниварки: різальний апарат, шнек, мотовило та приводи їхнього руху. У процесі роботи забороняється виконувати очищення, регулювання або ремонт зазначених механізмів. У разі забивання жниварки рослинною масою необхідно повністю зупинити комбайн, вимкнути двигун, дочекатися повної зупинки всіх рухомих частин та вжити заходів щодо недопущення випадкового запуску машини. Очищення робочих органів слід виконувати спеціальними пристосуваннями або інструментом, не використовуючи руки.

Під час роботи модернізованого механізму виносу мотовила необхідно контролювати справність гідроциліндра, елементів кріплення, напрямних та датчиків системи автоматичного регулювання. Забороняється перебування людей у зоні можливого переміщення мотовила, а також виконання будь-яких робіт поблизу рухомих елементів механізму під час функціонування гідроприводу. Перевірку та налаштування автоматичної системи необхідно здійснювати лише при зупиненому двигуні та відсутності тиску в гідросистемі.

Під час перевезення зерна від комбайна до місця зберігання необхідно дотримуватися вимог безпеки дорожнього руху та правил експлуатації транспортних засобів. Завантаження кузова повинно здійснюватися рівномірно без перевищення допустимої вантажопідйомності автомобіля. Перед виїздом на дороги загального користування необхідно перевірити

справність освітлювальних приладів, гальмівної системи та надійність закриття бортів кузова.

Збирання ячменю проводиться переважно в літній період за високих температур навколишнього середовища, тому працівники повинні дотримуватися встановленого режиму праці та відпочинку, забезпечуватися питною водою та засобами індивідуального захисту. Для захисту від пилу рекомендується використовувати респіратори, а для захисту від шуму – протишумові навушники або вкладиші. Працівники повинні бути забезпечені справним спецодягом, спецвзуттям та засобами захисту рук.

Особливу увагу слід приділяти заходам пожежної безпеки. Комбайн повинен бути обладнаний справними вогнегасниками, лопатою та іншими первинними засобами пожежогасіння. Не допускається накопичення рослинних решток на двигуні, випускній системі та інших нагрітих поверхнях машини. Паливно-мастильні матеріали необхідно зберігати та використовувати відповідно до встановлених вимог пожежної безпеки.

Дотримання вимог охорони праці під час збирання ячменю забезпечує безпечну експлуатацію зернозбирального комбайна Скіф-230А, знижує ризик виробничого травматизму, сприяє збереженню здоров'я працівників та підвищує ефективність виконання збиральних робіт.

4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час збирання ячменю

Під час збирання ячменю працівники зазнають впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які виникають у процесі роботи зернозбирального комбайна Скіф-230А, зернової жниварки, транспортних засобів для перевезення зерна та допоміжного обладнання. Роботи виконуються в польових умовах, що додатково ускладнює забезпечення безпечних умов праці та вимагає суворого дотримання вимог охорони праці.

До основних небезпечних виробничих факторів належать:

- рухомі та обертові частини зернозбирального комбайна;
- різальний апарат жнивarki;
- мотовило та механізм його приводу;
- шнек жнивarki та похила камера;
- карданні передачі та приводні механізми;
- механізм виносу мотовила та гідравлічна система його переміщення;
- рух комбайна і транспортних засобів по полю;
- можливість падіння працівників під час технічного обслуговування;
- пожежна небезпека під час виконання збиральних робіт.

Найбільшу небезпеку під час роботи комбайна становлять різальний апарат, мотовило та шнек жнивarki. Під час роботи ці механізми здійснюють безперервний рух із значною швидкістю, що створює ризик травмування працівників. Особливо небезпечними є випадки очищення робочих органів від рослинної маси або усунення забивань без повної зупинки двигуна та вимкнення приводів.

Додатковим джерелом небезпеки є модернізований механізм виносу мотовила. Під час його роботи відбувається переміщення каретки та мотовила під дією гідроциліндра, що може призвести до затискання або травмування працівника при перебуванні в зоні рухомих елементів. Небезпеку також становить робота гідросистеми під високим тиском, оскільки пошкодження рукавів високого тиску або з'єднань може спричинити витік робочої рідини та травмування персоналу.

Під час виконання транспортних операцій існує ризик наїзду на працівників, зіткнення машин або перекидання транспортних засобів у разі порушення правил руху та маневрування. Особливої уваги потребують операції перевантаження зерна з комбайна в транспортний засіб безпосередньо в польових умовах.

До основних шкідливих виробничих факторів належать:

- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- шум від роботи двигуна та робочих органів комбайна;

- вібрація, що передається на робоче місце комбайнера;
- вихлопні гази дизельного двигуна;
- підвищена температура повітря та сонячне випромінювання;
- психофізіологічне навантаження на оператора.

Під час збирання ячменю утворюється значна кількість пилу, полови та дрібних рослинних частинок, які можуть потрапляти в органи дихання та подразнювати слизові оболонки очей. Найбільша концентрація пилу спостерігається при роботі комбайна в суху погоду та за низької вологості зерна.

Шум і вібрація є постійними супутниками роботи зернозбиральної техніки. Незважаючи на наявність кабіни оператора, тривала дія цих факторів може спричиняти втому, зниження концентрації уваги та погіршення самопочуття працівників. Підвищене нервово-емоційне навантаження пов'язане з необхідністю постійного контролю технологічного процесу збирання та роботи модернізованої системи автоматичного регулювання мотовила.

Особливу увагу необхідно приділяти пожежній безпеці. Суха рослинна маса ячменю, пил і полова є легкозаймистими матеріалами. Джерелами займання можуть бути нагріті елементи двигуна, випускної системи, короткі замикання електрообладнання або іскри, що виникають під час роботи машин. Для попередження пожеж необхідно регулярно очищати комбайн від рослинних залишків, контролювати технічний стан електрообладнання та забезпечувати наявність справних засобів пожежогасіння.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів показує, що найбільшу небезпеку під час збирання ячменю становлять рухомі робочі органи жниварки, механізм виносу мотовила, транспортні операції, підвищена запиленість, шум та пожежонебезпечність технологічного процесу. Дотримання вимог охорони праці, своєчасне технічне обслуговування машин та використання засобів індивідуального захисту дозволяють мінімізувати ризик виробничого травматизму та забезпечити безпечні умови праці.

4.3. Заходи щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту

Під час збирання ячменю працівники піддаються впливу пилу, шуму, вібрацій, підвищеної температури повітря та небезпеки контакту з рухомими частинами сільськогосподарської техніки. Для зниження впливу цих факторів працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

Комбайнери, водії транспортних засобів та обслуговуючий персонал повинні використовувати робочий одяг або комбінезон із міцної тканини, захисне взуття, головний убір та сигнальний жилет підвищеної видимості. Спецодяг не повинен мати вільних елементів, які можуть бути захоплені рухомими деталями машин і механізмів.

Для захисту органів дихання від пилу та дрібних рослинних частинок необхідно застосовувати респіратори або фільтрувальні напівмаски. Захист очей забезпечується використанням захисних окулярів під час технічного обслуговування жнивarki, очищення робочих органів та виконання ремонтних робіт.

При роботі з механізмом виносу мотовила, гідросистемою та іншими вузлами комбайна працівники повинні використовувати захисні рукавиці, які зменшують ризик травмування рук під час монтажних і регулювальних операцій.

Для зменшення негативного впливу шуму рекомендується застосовувати протишумні навушники або вкладиші. Особливо це стосується працівників, які тривалий час перебувають поблизу працюючого комбайна або виконують його технічне обслуговування.

У спекотний період року працівники повинні забезпечуватися питною водою та мати можливість відпочинку в затінених місцях. За необхідності слід організовувати додаткові перерви для запобігання перегріванню організму.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У сучасних умовах аграрного виробництва важливим завданням є не лише підвищення урожайності сільськогосподарських культур, а й зменшення втрат продукції на завершальних етапах технологічного процесу. Для ячменю особливого значення набуває якість роботи зернозбиральної техніки, оскільки під час збирання втрати можуть виникати внаслідок осипання зерна, незрізування полеглих стебел, ударної взаємодії мотовила з колосом та нерівномірного подавання рослинної маси до похилої камери комбайна.

У даній дипломній роботі запропоновано удосконалення жниварки комбайна Скіф-230А шляхом модернізації механізму виносу мотовила та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання. Сутність модернізації полягає у використанні керованої каретки, напрямних елементів, гідроциліндра переміщення, датчика положення мотовила, датчика швидкості руху комбайна та електронного блока керування. Таке технічне рішення забезпечує точніше встановлення мотовила відносно різального апарата та автоматичне узгодження його частоти обертання зі швидкістю руху комбайна.

На відміну від модернізацій, які безпосередньо збільшують ширину захвату або потужність агрегату, економічний ефект у даному випадку формується переважно за рахунок зменшення втрат зерна під час збирання, скорочення короточасних простоїв, зменшення кількості ручних регулювань та підвищення стабільності роботи жниварки на неоднорідних і частково полеглих посівах. Тому економічний аналіз доцільно виконувати через визначення додатково збереженої маси зерна, її вартості, витрат на впровадження модернізації та строку окупності запропонованого технічного рішення.

Для розрахунку прийнято площу збирання ячменю 120 га. Урожайність культури становить 4,5 т/га. Такі дані відповідають технологічній частині дипломної роботи, у якій для збирання ячменю прийнято зернозбиральний

комбайн Скіф-230А із зерною жнивркою шириною захвату 7,0 м. Розрахункова ціна зерна ячменю прийнята на рівні 9500 грн/т. Це значення використовується як умовна середня ціна для виконання дипломного економічного розрахунку.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для економічного аналізу

Показник	Позначення	Значення
Площа збирання ячменю, га	F	120
Урожайність ячменю, т/га	Y	4,5
Валовий збір зерна, т	Q	540
Втрати зерна до модернізації, %	L ₁	2,0
Втрати зерна після модернізації, %	L ₂	1,6
Зменшення втрат, %	ΔL	0,4
Розрахункова ціна зерна ячменю, грн/т	Ц	9500
Базова експлуатаційна продуктивність, га/год	W ₁	3,21
Продуктивність після модернізації, га/год	W ₂	3,31
Вартість впровадження модернізації, грн	K _м	18500

Першим етапом економічного аналізу є визначення валового збору ячменю з прийнятої площі. Валовий збір залежить від площі збирання та урожайності культури і визначається за формулою:

$$Q = F \cdot Y, \text{ т} \quad (5.1)$$

де Q – валовий збір урожаю, т; F – площа збирання, га; Y – урожайність ячменю, т/га.

$$Q = 120 \cdot 4,5 = 540 \text{ т}$$

Отже, за площі збирання 120 га та урожайності 4,5 т/га валовий збір ячменю становить 540 т. Саме від цієї маси продукції надалі визначається величина втрат зерна та можливий економічний ефект від їх зменшення.

Ефект від модернізації механізму виносу мотовила полягає у тому, що полегли та нахилені стебла ячменю краще підводяться до різального апарата, а частота обертання мотовила автоматично узгоджується зі швидкістю руху комбайна. Завдяки цьому зменшується ударна дія планок мотовила на колос,

знижується ймовірність осипання зерна та підвищується рівномірність подавання рослинної маси до шнека жниварки.

Для економічного розрахунку приймаємо, що втрати зерна за жниваркою зменшуються з 2,0 до 1,6 %. Абсолютне зменшення втрат становить:

$$\Delta L = L_1 - L_2, \% \quad (5.2)$$

де ΔL – зменшення втрат зерна, %; L_1 – втрати зерна до модернізації, %; L_2 – втрати зерна після модернізації, %.

$$\Delta L = 2,0 - 1,6 = 0,4 \%$$

Додатково збережена маса зерна визначається за формулою:

$$\Delta Q = Q \cdot \Delta L / 100, \text{ т} \quad (5.3)$$

де ΔQ – додатково збережена маса зерна, т; Q – валовий збір зерна, т; ΔL – зменшення втрат зерна, %.

$$\Delta Q = 540 \cdot 0,4 / 100 = 2,16 \text{ т}$$

Отримане значення показує, що навіть помірне зменшення втрат на 0,4 відсоткових пункти дозволяє додатково зберегти 2,16 т товарного зерна ячменю. Для одного поля такий результат є економічно помітним, оскільки досягається без збільшення площі посіву та без зміни основного зернозбирального комбайна.

Вартість додатково збереженої продукції визначається множенням додатково збереженої маси зерна на розрахункову ціну реалізації:

$$E_d = \Delta Q \cdot \text{Ц}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де E_d – вартість додатково отриманої продукції, грн; ΔQ – додатково збережена маса зерна, т; Ц – ціна реалізації 1 т зерна ячменю, грн/т.

$$E_d = 2,16 \cdot 9500 = 20520 \text{ грн}$$

Таким чином, за рахунок зменшення втрат зерна під час збирання ячменю на площі 120 га господарство може додатково отримати продукцію вартістю 20520 грн. Цей показник є основним джерелом економічного ефекту від запропонованої модернізації.

Таблиця 5.2 – Розрахунок додатково збереженого урожаю ячменю

Показник	Позначення	Розрахунок	Значення
Валовий збір, т	Q	$120 \cdot 4,5$	540
Втрати до модернізації, %	L ₁	прийнято	2,0
Втрати після модернізації, %	L ₂	прийнято	1,6
Зменшення втрат, %	ΔL	$2,0 - 1,6$	0,4
Додатково збережене зерно, т	ΔQ	$540 \cdot 0,4 / 100$	2,16
Ціна зерна ячменю, грн/т	Ц	прийнято	9500
Вартість додаткової продукції, грн	Е _д	$2,16 \cdot 9500$	20520

5.3. Оцінка економії від підвищення стабільності роботи комбайна

Крім прямого ефекту від зменшення втрат зерна, модернізація сприяє зменшенню кількості короточасних зупинок і повторних ручних регулювань мотовила. У конструкторській частині роботи прийнято, що після модернізації експлуатаційна продуктивність комбайна зростає приблизно на 3 %, тобто з 3,21 до 3,31 га/год.

Тривалість збирання до модернізації визначається за формулою:

$$T_1 = F / W_1, \text{ год} \quad (5.5)$$

$$T_1 = 120 / 3,21 = 37,38 \text{ год}$$

Тривалість збирання після модернізації становить:

$$T_2 = F / W_2, \text{ год} \quad (5.6)$$

$$T_2 = 120 / 3,31 = 36,25 \text{ год}$$

Скорочення тривалості виконання операції:

$$\Delta T = T_1 - T_2, \text{ год} \quad (5.7)$$

$$\Delta T = 37,38 - 36,25 = 1,13 \text{ год}$$

Для розрахунку економії від скорочення часу роботи приймаємо умовну вартість експлуатації комбайна з урахуванням пального, оплати праці, амортизаційних і ремонтних витрат на рівні 3000 грн/год. Тоді економія становить:

$$E_{\text{ч}} = \Delta T \cdot C_{\text{год}}, \text{ грн} \quad (5.8)$$

де $E_{\text{ч}}$ – економія від скорочення часу роботи, грн; ΔT – скорочення тривалості роботи, год; $C_{\text{год}}$ – розрахункова вартість експлуатації комбайна, грн/год.

$$E_{\text{ч}} = 1,13 \cdot 3000 = 3390 \text{ грн}$$

Додатково враховуємо зменшення простоїв, пов'язаних із повторним налаштуванням мотовила та усуненням нерівномірного подавання маси. Для умов дипломного розрахунку цю економію приймаємо на рівні 4500 грн за сезон. Загальна економія, пов'язана з підвищенням стабільності роботи комбайна, становить:

$$E_{\text{ст}} = E_{\text{ч}} + E_{\text{пр}}, \text{ грн} \quad (5.9)$$

$$E_{\text{ст}} = 3390 + 4500 = 7890 \text{ грн}$$

Отже, економічний ефект від підвищення стабільності роботи жниварки та зменшення простоїв становить 7890 грн за сезон.

Таблиця 5.3 – Оцінка економії від підвищення стабільності роботи комбайна

Показник	Позначення	Значення
Базова продуктивність, га/год	W_1	3,21
Продуктивність після модернізації, га/год	W_2	3,31
Тривалість роботи до модернізації, год	T_1	37,38
Тривалість роботи після модернізації, год	T_2	36,25
Скорочення тривалості роботи, год	ΔT	1,13
Вартість експлуатації комбайна, грн/год	$C_{\text{год}}$	3000
Економія від скорочення часу, грн	$E_{\text{ч}}$	3390
Економія від зменшення простоїв, грн	$E_{\text{пр}}$	4500
Загальна економія від стабілізації процесу, грн	$E_{\text{ст}}$	7890

Наступним етапом є визначення витрат на впровадження запропонованої модернізації. Оскільки конструкція не потребує заміни всієї жниварки або комбайна, капітальні витрати є порівняно невеликими. Вони включають придбання гідроциліндра, датчиків, електронного блока

керування, електрогідравлічного регулятора, виготовлення напрямних і каретки, кріпильні елементи, монтаж і налагодження системи.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна структура витрат на модернізацію жнивarki

Стаття витрат	Сума, грн
Гідроциліндр двосторонньої дії 32/20×500 мм	3800
Датчик швидкості руху комбайна	1800
Датчик положення каретки мотовила	2400
Електронний блок керування 12 В	3200
Електрогідравлічний клапан / регулятор частоти	3100
Метал для напрямних, каретки та кронштейнів	2400
Пальці, втулки, кріпильні елементи та витратні матеріали	1200
Виготовлення деталей у ремонтній майстерні	2500
Монтаж, регулювання та перевірка роботи системи	1800
Інші організаційно-технічні витрати	300
Загальна вартість модернізації	18500

Загальна вартість впровадження модернізації становить 18500 грн. Така сума є реалістичною за умови виготовлення частини деталей у ремонтній майстерні господарства та використання доступних гідравлічних і електронних компонентів. Вартість може змінюватися залежно від конкретної комплектації, однак для дипломного розрахунку прийняте значення є достатньо обґрунтованим.

Загальний річний економічний результат від модернізації формується за рахунок вартості додатково збереженого зерна та економії, пов'язаної зі скороченням простоїв і підвищенням стабільності роботи комбайна.

$$E_p = E_d + E_{ст}, \text{ грн} \quad (5.10)$$

де E_p – річний економічний результат від модернізації, грн; E_d – вартість додатково збереженого зерна, грн; $E_{ст}$ – економія від підвищення стабільності роботи комбайна, грн.

$$E_p = 20520 + 7890 = 28410 \text{ грн}$$

Чистий економічний ефект за перший сезон використання визначається як різниця між річним економічним результатом і витратами на модернізацію:

$$E_{\text{чист}} = E_p - K_m, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де $E_{\text{чист}}$ – чистий економічний ефект за перший сезон, грн; K_m – вартість впровадження модернізації, грн.

$$E_{\text{чист}} = 28410 - 18500 = 9910 \text{ грн}$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$K_e = E_p / K_m \quad (5.12)$$

$$K_e = 28410 / 18500 = 1,54$$

Отримане значення коефіцієнта економічної ефективності більше одиниці, що свідчить про економічну доцільність запропонованої модернізації.

Термін окупності модернізації визначаємо як відношення капітальних витрат до річного економічного результату:

$$T_{\text{ок}} = K_m / E_p, \text{ року} \quad (5.13)$$

$$T_{\text{ок}} = 18500 / 28410 = 0,65 \text{ року}$$

Якщо оцінювати окупність лише за чистим ефектом першого сезону, отримаємо:

$$T_{\text{ок.ч}} = K_m / E_{\text{чист}}, \text{ року} \quad (5.14)$$

$$T_{\text{ок.ч}} = 18500 / 9910 = 1,87 \text{ року}$$

Отже, навіть за більш обережного підходу строк окупності модернізації не перевищує двох років. Для сільськогосподарської техніки така окупність є прийнятною, оскільки модернізація не потребує значних капітальних вкладень і може використовуватися протягом декількох сезонів.

Таблиця 5.5 – Розрахунок економічної ефективності модернізації

Показник	Позначення	Значення
Вартість додатково збереженого зерна, грн	E_d	20520
Економія від стабілізації роботи комбайна, грн	$E_{\text{ст}}$	7890
Річний економічний результат, грн	E_p	28410
Вартість модернізації, грн	K_m	18500
Чистий економічний ефект за перший сезон, грн	$E_{\text{чист}}$	9910
Коефіцієнт економічної ефективності	K_e	1,54
Термін окупності за річним результатом, року	$T_{\text{ок}}$	0,65

Термін окупності за чистим ефектом, року	$T_{ок.ч}$	1,87
--	------------	------

Для узагальнення результатів економічного розрахунку виконаємо порівняння базового та проєктного варіантів роботи жнивarki комбайна Скіф-230А. Базовий варіант передбачає використання штатного механізму виносу мототила з ручним регулюванням положення та частоти обертання. Проєктний варіант передбачає застосування модернізованого механізму виносу мототила з автоматичним регулюванням частоти обертання залежно від швидкості руху комбайна.

Таблиця 5.6 – Аналіз техніко-економічних показників модернізації

Показник	Базовий варіант	Проєктний варіант
Площа збирання, га	120	120
Урожайність ячменю, т/га	4,5	4,5
Валовий збір зерна, т	540	540
Втрати зерна за жнивarkою, %	2,0	1,6
Зменшення втрат, %	-	0,4
Додатково збережене зерно, т	-	2,16
Вартість додатково збереженої продукції, грн	-	20520
Експлуатаційна продуктивність, га/год	3,21	3,31
Економія від стабілізації роботи, грн	-	7890
Річний економічний результат, грн	-	28410
Вартість модернізації, грн	-	18500
Чистий економічний ефект за перший сезон, грн	-	9910
Коефіцієнт економічної ефективності	-	1,54
Термін окупності за чистим ефектом, року	-	1,87

Проведений техніко-економічний аналіз підтверджує доцільність запропонованої модернізації жнивarki комбайна Скіф-230А. Використання керованого механізму виносу мототила та автоматичного регулювання частоти його обертання дозволяє зменшити втрати зерна під час збирання з 2,0 до 1,6 %. Для площі 120 га це забезпечує додаткове збереження 2,16 т зерна ячменю.

У грошовому вираженні вартість додатково збереженої продукції становить 20520 грн. Додатковий ефект від підвищення стабільності роботи комбайна та зменшення простоїв становить 7890 грн. Загальний річний економічний результат від модернізації становить 28410 грн, а чистий економічний ефект за перший сезон – 9910 грн.

Таким чином, модернізація має не лише технологічне, а й економічне значення. Вона спрямована на збереження вже вирощеного урожаю, покращення роботи жнивarki на полеглих посівах, зменшення впливу людського фактора та підвищення ефективності використання зернозбирального комбайна.

Висновки до економічного розділу

У результаті виконання економічного обґрунтування встановлено, що впровадження модернізованого механізму виносу мотовила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання жнивarki комбайна Скіф-230А є економічно доцільним.

Для площі збирання 120 га та урожайності ячменю 4,5 т/га валовий збір зерна становить 540 т. Зменшення втрат зерна за жнивarkою з 2,0 до 1,6 % забезпечує додаткове збереження 2,16 т товарного зерна ячменю.

За розрахункової ціни зерна ячменю 9500 грн/т вартість додатково збереженої продукції становить 20520 грн. Додаткова економія від підвищення стабільності роботи комбайна та скорочення простоїв становить 7890 грн. Загальний річний економічний результат дорівнює 28410 грн.

Орієнтовна вартість впровадження модернізації становить 18500 грн. До її складу входять витрати на гідроциліндр, датчики, електронний блок керування, електрогідравлічний клапан, виготовлення напрямних і каретки, монтаж та налагодження системи.

Чистий економічний ефект за перший сезон використання становить 9910 грн, коефіцієнт економічної ефективності – 1,54. Строк окупності модернізації за річним економічним результатом становить 0,65 року, а за чистим ефектом першого сезону – 1,87 року.

Отримані показники підтверджують практичну доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах. Технічне рішення дозволяє зменшити втрати зерна, підвищити стабільність технологічного процесу збирання ячменю та покращити ефективність використання зернозбирального комбайна Скіф-230А.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено завдання підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні ячменю шляхом розробки операційної технології збирання та удосконалення жниварки комбайна Скіф-230А за рахунок модернізації механізму виносу мотовила і автоматичного регулювання частоти його обертання.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану вирощування ячменю, його народногосподарського значення, біологічних особливостей та агротехнічних вимог до вирощування. Встановлено, що ячмінь є важливою зерновою культурою кормового, продовольчого та пивоварного призначення. Одним із важливих резервів підвищення ефективності його виробництва є зменшення втрат зерна під час збирання, особливо на полеглих посівах.

У другому розділі проведено аналіз технології збирання ячменю та обґрунтовано застосування прямого комбайнування як найбільш доцільного способу виконання збиральних робіт за умов рівномірного досягання культури. Розроблено операційно-технологічну карту збирання ячменю на площі 120 га при урожайності 4,5 т/га. Валовий збір зерна становить 540 т.

Для виконання збиральних робіт прийнято збирально-транспортну ланку у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А із зерною жниваркою шириною захвату 7,0 м та автомобільного зерновоза вантажопідйомністю 20 т. За результатами розрахунків встановлено, що експлуатаційна продуктивність комбайна становить 3,21 га/год, змінна продуктивність — 22,48 га/зміну, а загальна тривалість виконання операції — 37,37 год. Для транспортування врожаю необхідно виконати 27 рейсів автомобільного зерновоза. Загальна витрата пального на виконання операції становить 2203,5 л, а загальні затрати праці — 74,73 люд.-год.

У конструктивній частині роботи проведено аналіз будови зернової жниварки комбайна Скіф-230А та встановлено, що якість збирання ячменю значною мірою залежить від роботи мотовила, його положення відносно

різального апарата та частоти обертання. Обґрунтовано доцільність модернізації механізму виносу мотовила шляхом встановлення рухомої каретки з гідравлічним приводом переміщення та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання залежно від швидкості руху комбайна.

Виконано інженерні розрахунки модернізованого механізму. Визначено, що раціональний діапазон частоти обертання мотовила повинен становити 20–60 об/хв. Повне розрахункове зусилля, яке діє на механізм виносу мотовила, становить близько 2,0 кН. Перевірка каретки та напрямних підтвердила достатню міцність конструкції: коефіцієнт запасу міцності каретки становить 2,28, а напрямних — 5,25. Для переміщення мотовила обґрунтовано застосування гідроциліндра двосторонньої дії з діаметром поршня 32 мм, діаметром штока 20 мм та ходом 500 мм.

Запропонована система автоматичного регулювання дозволяє узгоджувати частоту обертання мотовила зі швидкістю руху комбайна та станом стеблостою. Це забезпечує більш якісне підведення рослин до різального апарата, покращує роботу жниварки на полеглих посівах, зменшує ударну дію на колос і сприяє зниженню втрат зерна під час збирання.

У розділі з охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час збирання ячменю, зокрема рухомі робочі органи жниварки, механізм виносу мотовила, гідросистему, підвищену запиленість, шум, вібрацію та пожежну небезпеку. Запропоновано заходи щодо безпечної експлуатації комбайна, транспортних засобів і модернізованого механізму, а також визначено необхідні засоби індивідуального захисту працівників.

В економічній частині визначено доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах. За рахунок зменшення втрат зерна з 2,0 до 1,6 % додатково зберігається 2,16 т зерна ячменю. Розрахунки показали, що строк окупності модернізації за чистим економічним ефектом становить 1,87 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованого технічного рішення.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вінюков, О., Ліхушина, Г., Бондарева, О., & Вискуб, Р. (2025). ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ АДАПТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В ПОСУШЛИВИХ УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ. Collection of scientific papers «ЛОГОΣ», (October 10, 2025; Oxford, UK), 103-107.
2. Гангур, В. В., Ленъ, О. І., Оніпко, В. В., Гангур, М. В., & Миколенко, Х. В. (2023). Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу.
3. Климишена, Р. І., & Гораш, О. С. (2025). Агробіологічні особливості процесу вирощування ячменю ярого задиференційованих строків сівби на основі аналізу параметрів маси зернівки. Аграрні інновації, (30), 94-98.
4. Кубрак, Т. М., & Мельник, Т. І. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ Терентьев ОА, аспірант. Редакційна колегія, 398.
5. Мачульський, Г. М., & Кобзар, І. В. ЗМІНА АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ. ПОЛІСЬКІ НАУКОВІ ЧИТАННЯ-2024, 201.Іваненко, В. С. (2022). Управління економічними та соціальними питаннями у сфері охорони праці на підприємствах аграрного профілю. Управління соціально-економічними трансформаціями господарських, 105.
6. Кобець, А. С., Деркач, О. Д., & Макаренко, Д. О. (2025). Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз).

7. Кобець, А. С., Теслюк, Г. В., Пугач, А. М., Золотовська, О. В., Лепеть, Є. І., & Бойко, В. Б. (2025). Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва.
8. Кононенко, Л. В., Сисоліна, І. П., & Сисоліна, Н. П. (2023). Формування стратегії підприємствами агропромислового комплексу в умовах циркулярної економіки. Економічний простір, (184), 91-94.
9. Марчишина, Є. І. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ МЕХАНІЗАТОРІВ НА МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСАХ У РОСЛИННИЦТВІ. JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42 3 38, 340.
10. Плахотний, О. А., & Бабин, І. А. Обґрунтування конструктивних параметрів робочих органів зернозбирального комбайна.
11. Пугач, А. М., Кобець, О. М., & Лепеть, Є. І. (2025). Система «Машина-Поле».
12. Рудік, О. Л., Сергєєв, Л. А., & Римар, Д. Є. (2022). Аналіз та агроекологічне обґрунтування вирощування соняшника в проміжних посівах.
13. Сівак, І. М. АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНОЇ АГРОТЕХНІКИ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СИСТЕМОТЕХНІКИ РОСЛИННИЦТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ. JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42 3 38, 401.
14. Соловйов, О. В., & Сидякіна, О. В. (2025). Біологізація технології вирощування соняшнику: огляд технологій та перспективи їх впровадження.
15. Спірін, А. В., Цуркан, О. В., & Борисюк, Д. В. (2022). Ергономічні аспекти охорони праці в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2022.№ 1 (116). С. 41-50.
16. Стендер, С. В., Балла, І. В., & Борковська, В. В. (2024). Сучасні тенденції розвитку сільського господарства в умовах цифровізації економіки України. Здобутки економіки: перспективи та інновації, (11).
17. Томашук, І., & Хаєцька, О. (2022). Вплив аграрного сектору економіки на сталий розвиток сільських територій. Економіка та суспільство, (40).

ДОДАТКИ

Додаток А – Графічний матеріал

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Удосконалення використання техніки при вирощуванні ячменю з розробкою операційної технології збирання

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Загрудній В.В.

Керівники: к.т.н., доцент Макаренко Д.О.



Огляд мети роботи

Метою даної роботи є підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні ячменю шляхом розробки операційної технології збирання та удосконалення жнивarki зернозбирального комбайна Скіф-230А.

У процесі виконання роботи передбачено аналіз сучасних технологій вирощування та збирання ячменю, дослідження особливостей функціонування зернозбиральних агрегатів, вивчення конструкції зернової жнивarki ЖЗС-7,0, розробку операційно-технологічної карти збирання культури та модернізацію механізму виносу мотвила шляхом впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання.

Основна увага зосереджена на підвищенні якості роботи жнивarki під час збирання прямостоячих і полеглих посівів ячменю, зменшенні втрат зерна, покращенні процесу подавання рослинної маси до різального апарата, зниженні навантаження на комбайнера та підвищенні продуктивності збирального агрегату.

Результати дослідження спрямовані на оцінку технічної та економічної доцільності впровадження модернізованого механізму виносу мотвила та системи автоматичного регулювання частоти його обертання у виробничих умовах аграрних підприємств з метою підвищення ефективності збирання ячменю та зниження втрат урожаю.

Аналіз технологій вирощування ячменю



Рис. 1.1 – Посіви ячменю в період достигання

Таблиця 1.1 – Вплив основних технологічних факторів на формування врожайності ячменю

Фактор	Основні вимоги	Негативні наслідки порушення	Вплив на врожайність	Вплив на якість зерна
Попередник	Розміщення після зернобобових, ріпаку, просапних культур	Підвищення засміченості та поширення хвороб	Зниження врожайності на 10–20 %	Погіршення вповненості зерна
Обробіток ґрунту	Якісне розпушення та вирівнювання поверхні поля	Нерівномірні сходи, погіршення розвитку кореневої системи	Зниження врожайності на 5–15 %	Зменшення маси 1000 зерен
Удобрення	Збалансоване внесення NPK відповідно до потреб культури	Дефіцит елементів живлення або полягання посівів	Зниження врожайності на 15–30 %	Зменшення вмісту білка та погіршення технологічних властивостей
Строки сівби	Проведення сівби в оптимальні агротехнічні строки	Зрідження посівів, слабе кушення	Зниження врожайності на 10–25 %	Формування дрібного зерна
Захист рослин	Своєчасне застосування гербіцидів та фунгіцидів	Розвиток бур'янів, хвороб і шкідників	Зниження врожайності на 10–35 %	Погіршення товарних показників зерна
Забезпечення вологою	Наявність достатніх запасів продуктивної вологи	Пригнічення росту та розвитку рослин	Зниження врожайності на 15–40 %	Зменшення натурності та вповненості зерна
Збирання врожаю	Своєчасне проведення збиральних робіт та мінімізація втрат	Осіпання зерна, втрати на корені та в комбайні	Втрати врожаю до 5–10 %	Погіршення якості та збільшення засміченості зерна

Таблиця 1.2 – Основні вимоги ячменю до умов вирощування

Показник	Значення
Температура проростання насіння, °C	1–3
Оптимальна температура росту, °C	18–22
Глибина загортання насіння, см	3–6
Оптимальний рН ґрунту	6,0–7,5
Вегетаційний період, діб	70–110
Висота рослин, см	50–120
Норма висіву, млн схожих насінин/га	3,5–5,0

Розробка технології збирання ячменю

Таблиця 2.1 – Рекомендовані умови збирання ячменю

Показник	Рекомендоване значення	Технологічне значення показника
Фаза стиглості	Повна стиглість	Забезпечує якісний обмолот і мінімальні втрати
Вологість зерна при прямому комбайнуванні	14–18 %	Дає змогу виконувати обмолот без значного травмування зерна
Оптимальна вологість зерна для зберігання	12–14 %	Забезпечує безпечне зберігання без інтенсивного розвитку мікрофлори
Спосіб збирання	Переважно пряме комбайнування	Зменшує кількість операцій і тривалість жнив
Робоча швидкість комбайна	4–7 км/год	Забезпечує рівномірне завантаження жниварки і молотильного апарата
Висота зрізу	10–20 см	Зменшує надходження зайвої соломистої маси до комбайна



Рис. 2.1 – Процес збирання ячменю

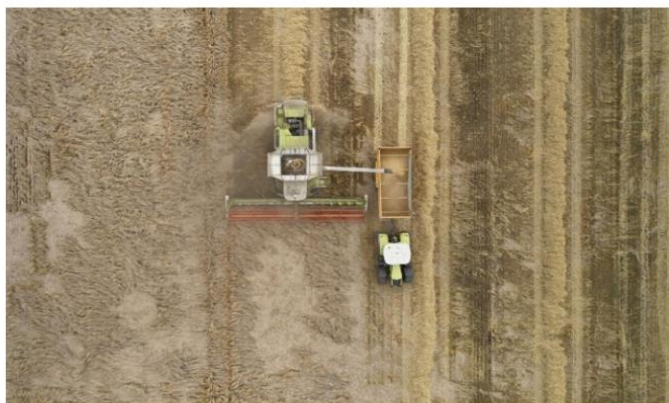


Рис. 2.1 – Збирально транспортні роботи при збиранні ячменю

Таблиця 2.2 – Основні агротехнічні вимоги до збирання ячменю

Показник	Допустиме або рекомендоване значення	Технологічне значення
Спосіб збирання	Пряме комбайнування або роздільне збирання	Вибирається залежно від стану посівів і вологості зерна
Загальні втрати зерна	Не більше 2–3 %	Характеризують ефективність роботи збирального агрегату
Втрати за жниваркою	До 1 %	Залежать від висоти зрізу, роботи мотовила та різального апарата
Подрібнення зерна	Не більше 1–2 %	Залежить від налаштування молотильного апарата
Чистота зерна в бункері	Не менше 95 %	Характеризує роботу системи очищення
Висота зрізу	10–20 см	Визначає обсяг соломистої маси, що надходить у комбайн
Робоча швидкість руху	4–7 км/год	Повинна відповідати урожайності та стану стеблостою

Операційно технологічна карта збирання ячменю

Таблиця 2.3 - Загальні параметри умов роботи

Показник	Значення
Культура	Ячмінь
Спосіб збирання	Пряме комбайнування
Площа поля	120 га
Урожайність	4,5 т/га
Валовий збір	540 т
Довжина гону	1200 м
Тип ґрунту	Чорнозем середньосуглинковий
Середній ухил місцевості	1,50%
Комбайн	Скіф-230А
Робоча ширина жниварки	7,0 м
Робоча швидкість комбайна	6 км/год
Транспортний засіб	Автомобільний зерновоз, 20 т

Умови роботи

- Ячмінь
- Площа поля 120 га
- Урожайність 4,5 т/га
- Валовий збір 540 т
- Довжина гону 1200 м
- Комбайн Скіф-230А
- Жниварка ЖЗС-7,0

Таблиця 2.4 - Агротехнічні вимоги до збирання ячменю

Показник	Допустиме або рекомендоване значення
Вологість зерна під час збирання	14–18 %
Спосіб збирання	пряме комбайнування
Висота зрізу стебел	10–20 см
Втрати зерна за жниваркою	не більше 1,0 %
Загальні втрати зерна	не більше 2,0 %
Пошкодження зерна	не більше 1,5–2,0 %
Чистота зерна в бункері	не менше 95 %
Робоча швидкість комбайна	5–7 км/год
Простої під час вивантаження	мінімальні

Агротехнічні вимоги

- Вологість зерна 14–18 %
- Втрати за жниваркою не більше 1,0 %
- Загальні втрати не більше 2,0 %
- Пошкодження зерна не більше 1,5–2,0 %
- Чистота зерна не менше 95 %
- Робоча швидкість 5–7 км/год

Склад агрегату

- Скіф-230А
- Жниварка ЖЗС-7,0
- Автомобільний зерновоз 20 т
- Комбайнер
- Водій автомобіля

Таблиця 2.5 - Склад та основні параметри збирально-транспортної ланки

Елемент ланки	Марка	Основний параметр
Зернозбиральний комбайн	Скіф-230А	бункер 6,0 м³; робоча швидкість 5–7 км/год
Зернова жниварка	штатна зернова жниварка	ширина захвату 7,0 м
Автомобільний зерновоз	умовно прийнятий зерновоз	вантажопідйомність 20 т; об'єм кузова 32 м³
Обслуговуючий персонал	-	2 особи
Допоміжний персонал	за потреби	1 особа

Результати розрахунків

- Коефіцієнт робочих ходів — 0,956
- Експлуатаційна продуктивність — 3,21 га/год
- Змінна продуктивність — 22,48 га/зм
- Тривалість виконання робіт — 37,37 год
- Годинний потік зерна — 14,45 т/год
- Кількість вивантажень бункера — 120
- Кількість рейсів зерновоза — 27
- Необхідна кількість автомобілів — 1
- Загальна витрата пального — 2203,5 л

Удосконалення жнивarki комбайна Скіф-230А

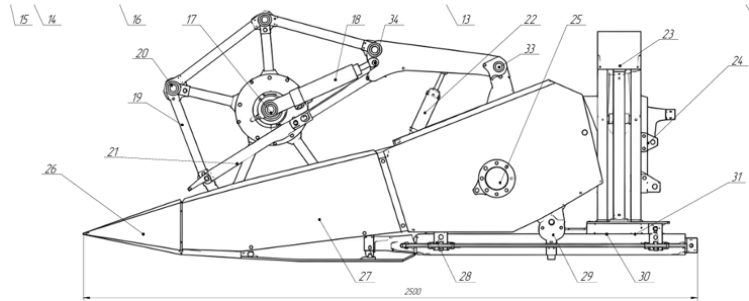


Рис. 3.1 – Вигляд модернізованої жнивarki

Таблиця 3.2 – Рекомендовані режими роботи мотовила при збиранні ячменю

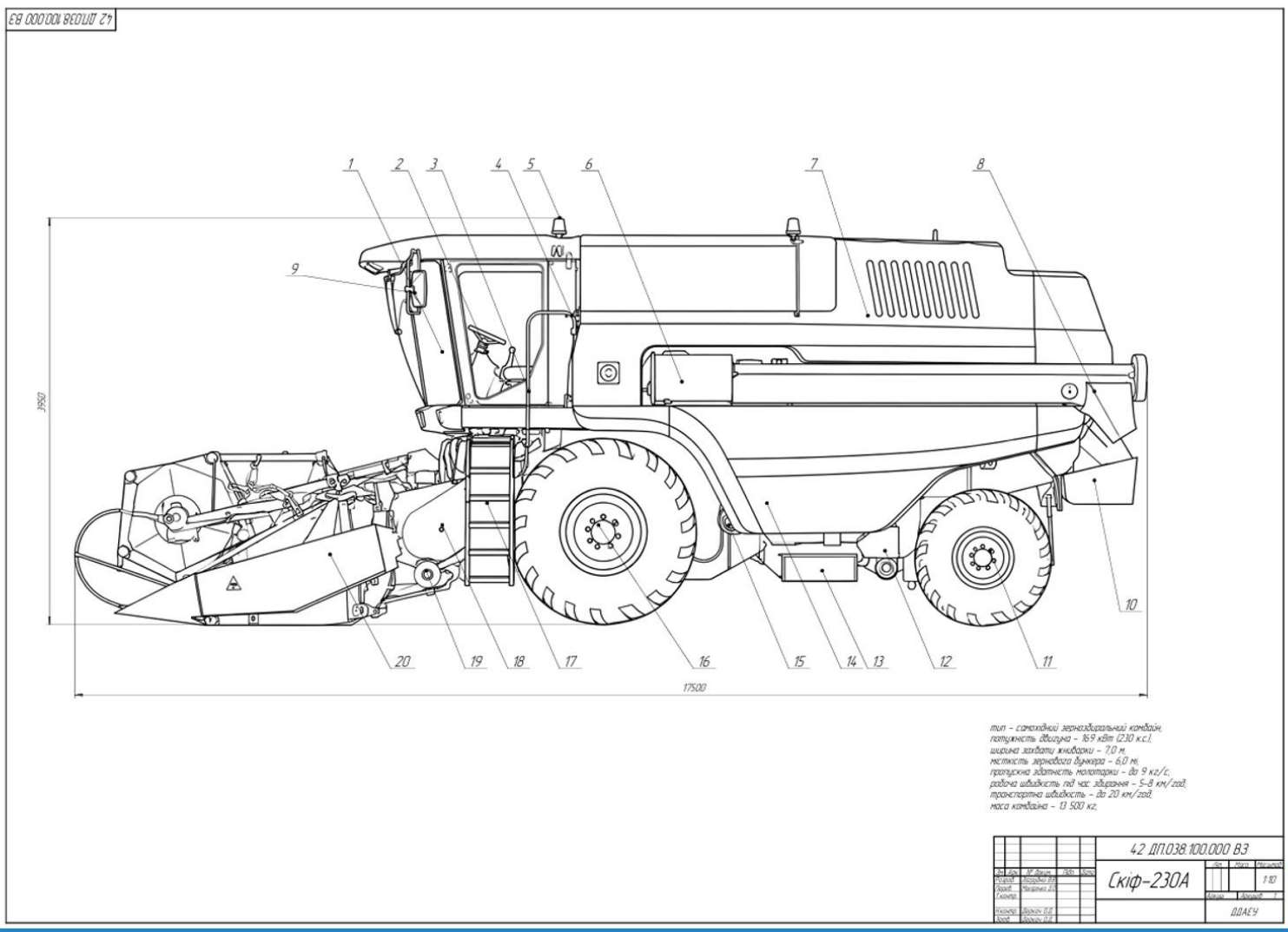
Швидкість комбайна, км/год	Стан стеблостою	Vm, м/с	n, об/хв
4	прямостоячий	1,33	23,1
5	прямостоячий	1,67	28,9
6	прямостоячий	2,00	34,7
6	частково полеглий	2,25	39,1
6	сильно полеглий	2,50	43,4
7	частково полеглий	2,62	45,6
8	сильно полеглий	3,33	57,9

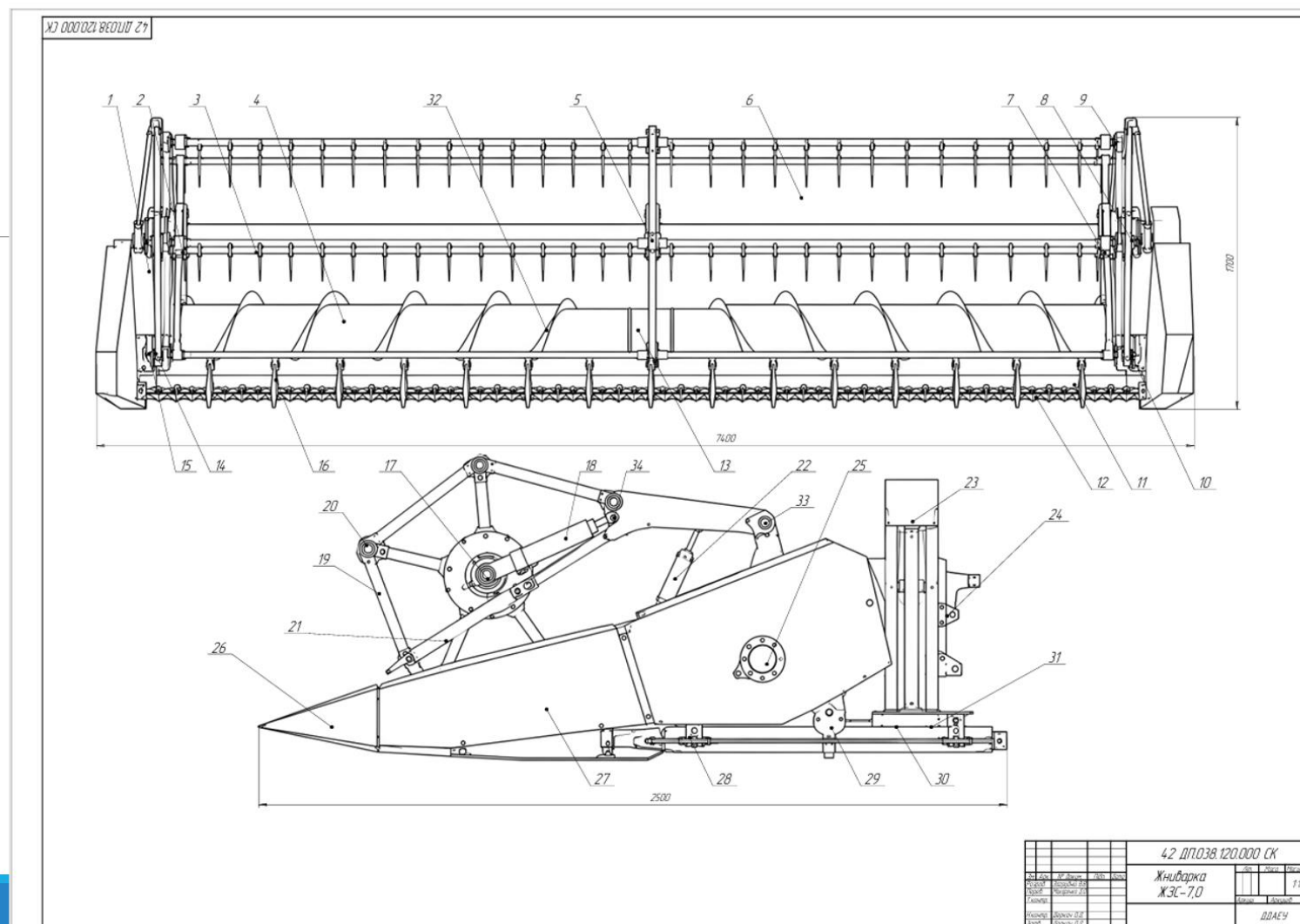
Таблиця 3.1 – Основні елементи системи автоматичного регулювання

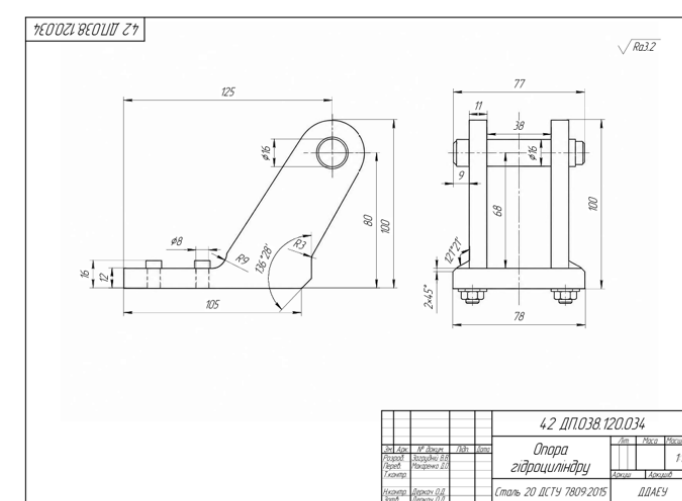
Елемент системи	Призначення	Прийнятний діапазон	Технологічне значення
Датчик швидкості руху	Вимірювання фактичної швидкості комбайна	0-12 км/год	Формування сигналу для розрахунку пззд
Датчик положення мотовила	Контроль ходу каретки	0-500 мм	Зворотний зв'язок за положенням
Електронний блок керування	Обробка сигналів і формування команд	12 В	Керування клапаном і регулятором частоти
Електрогідравлічний клапан	Керування гідроциліндром переміщення	10 МПа	Плавна зміна виносу мотовила
Регулятор частоти приводу	Зміна частоти обертання мотовила	20-60 об/хв	Підтримання заданого λ

Таблиця 3.3 – Основні результати розрахунку модернізованого вузла

Показник	Позначення	Результат
Розрахункове зусилля переміщення мотовила	F_p	2000 Н
Навантаження на одну каретку	F_k	1000 Н
Напруження в каретці	σ_k	70,3 МПа
Запас міцності каретки	n_k	2,28
Напруження в напрямній	σ_n	30,5 МПа
Запас міцності напрямної	n_n	5,25
Прийнятий гідроциліндр	-	D 32 мм; d 20 мм; S 500 мм
Фактичне зусилля гідроциліндра	$F_{\text{ц}}$	8042 Н
Запас гідроциліндра за зусиллям	$n_{\text{ц}}$	4,02
Напруження зрізу в пальці	τ	8,85 МПа
Запас пальця за зрізом	$n_{\text{т}}$	10,2
Необхідний момент приводу мотовила	$M_{\text{пр}}$	110,5 Н·м
Необхідна потужність приводу	P	0,69 кВт
Діапазон регулювання частоти мотовила	n	20-60 об/хв







Економічна доцільність модернізації

Таблиця 5.1 – Розрахунок додатково збереженого урожаю

Показник	Позначення	Розрахунок	Значення
Валовий збір, т	Q	$120 \cdot 4,5$	540
Втрати до модернізації, %	L ₁	прийнято	2,0
Втрати після модернізації, %	L ₂	прийнято	1,6
Зменшення втрат, %	ΔL	$2,0 - 1,6$	0,4
Додатково збережене зерно, т	ΔQ	$540 \cdot 0,4 / 100$	2,16
Ціна зерна ячменю, грн/т	Ц	прийнято	9500
Вартість додаткової продукції, грн	Ед	$2,16 \cdot 9500$	20520

Таблиця 5.2 – Аналіз техніко економічних показників

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Площа збирання, га	120	120
Урожайність ячменю, т/га	4,5	4,5
Валовий збір зерна, т	540	540
Втрати зерна за жнивваркою, %	2,0	1,6
Зменшення втрат, %	-	0,4
Додатково збережене зерно, т	-	2,16
Вартість додатково збереженої продукції, грн	-	20520
Експлуатаційна продуктивність, га/год	3,21	3,31
Економія від стабілізації роботи, грн	-	7890
Річний економічний результат, грн	-	28410
Вартість модернізації, грн	-	18500
Чистий економічний ефект за перший сезон, грн	-	9910
Коефіцієнт економічної ефективності	-	1,54
Термін окупності за чистим ефектом, року	-	1,87

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено завдання підвищення ефективності використання техніки при вирощуванні ячменю шляхом розробки операційної технології збирання та удосконалення жниварки комбайна Скіф-230А за рахунок модернізації механізму виносу мотовила і автоматичного регулювання частоти його обертання.

Для виконання збиральних робіт прийнято збирально-транспортну ланку у складі зернозбирального комбайна Скіф-230А із зерною жниваркою шириною захвату 7,0 м та автомобільного зерновоза вантажопідйомністю 20 т. За результатами розрахунків встановлено, що експлуатаційна продуктивність комбайна становить 3,21 га/год, змінна продуктивність — 22,48 га/зміну, а загальна тривалість виконання операції — 37,37 год. Для транспортування врожаю необхідно виконати 27 рейсів автомобільного зерновоза. Загальна витрата пального на виконання операції становить 2203,5 л, а загальні затрати праці — 74,73 люд.-год.

У конструктивній частині роботи проведено аналіз будови зернової жниварки комбайна Скіф-230А та встановлено, що якість збирання ячменю значною мірою залежить від роботи мотовила, його положення відносно різального апарата та частоти обертання. Обґрунтовано доцільність модернізації механізму виносу мотовила шляхом встановлення рухомої каретки з гідравлічним приводом переміщення та впровадження системи автоматичного регулювання частоти його обертання залежно від швидкості руху комбайна.

Виконано інженерні розрахунки модернізованого механізму. Визначено, що раціональний діапазон частоти обертання мотовила повинен становити 20–60 об/хв. Повне розрахункове зусилля, яке діє на механізм виносу мотовила, становить близько 2,0 кН. Перевірка каретки та напрямних підтвердила достатню міцність конструкції: коефіцієнт запасу міцності каретки становить 2,28, а напрямних — 5,25. Для переміщення мотовила обґрунтовано застосування гідроциліндра двосторонньої дії з діаметром поршня 32 мм, діаметром штока 20 мм та ходом 500 мм.

Запропонована система автоматичного регулювання дозволяє узгоджувати частоту обертання мотовила зі швидкістю руху комбайна та станом стеблостою. Це забезпечує більш якісне підведення рослин до різального апарата, покращує роботу жниварки на полеглих посівах, зменшує ударну дію на колос і сприяє зниженню втрат зерна під час збирання.

В економічній частині визначено доцільність впровадження запропонованої модернізації у виробничих умовах. За рахунок зменшення втрат зерна з 2,0 до 1,6 % додатково зберігається 2,16 т зерна ячменю. Розрахунки показали, що строк окупності модернізації за чистим економічним ефектом становить 1,87 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованого технічного рішення.

Дякую за увагу!

