

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Дідур В.В.
“ ” _____ 2026 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт)
перший (бакалаврський)
_____ (освітній рівень)

на тему **«Проектування використання МТП в технології збирання
озимої пшениці з модернізацією подрібнювача соломи»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 42-ім
Спеціальність _____ Н7
«Агроінженерія»
_____ Богдан ПАЛЯНИГА
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. Технологічна частина	6
1.1. Проектований технологічний проект виробництва озимої пшениці	6
1.2. Розробка операційної карти на збирання озимої пшениці	12
Розділ 2. Подрібнювач соломи	30
2.1. Обґрунтування конструкторської розробки	30
2.2. Опис розробки	31
2.3. Розрахунок основних елементів подрібнювача	32
Розділ 3. Охорона праці	38
Розділ 4. Економічна ефективність проекту	42
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	46

ВСТУП

Озима пшениця — не просто культура, вона — основа продовольчої безпеки, фундамент аграрної економіки та індикатор рівня технологічного розвитку країни. Сьогодні, коли кліматичні ризики, ринкова волатильність і потреба в ресурсозбереженні ставлять перед агросектором нові виклики, модернізація технологій вирощування озимої пшениці стає питанням національної стратегії, а не лише окремих господарств.

Покоління агрономів ще пам'ятає часи, коли поле обробляли «за інерцією»: стандартні сівозміни, одноманітні норми добрив, масові обробки пестицидами. Та цей підхід дедалі частіше виявляє свою неефективність — виснажені ґрунти, зростання витрат, зниження рентабельності. Сьогодні головний тренд — перехід від «агрономії за стандартом» до агрономії за даними: точне землеробство, диференційоване внесення, картографія врожайності та прийняття рішень на основі супутникових і ґрунтових даних.

Інновації в селекції дають сорти з підвищеною стресостійкістю — до посухи, шкідників і хвороб — що дозволяє знижувати хімічне навантаження й стабілізувати врожай. Водночас управління водними ресурсами — від геренеративного зрошення до агротехнік, що зберігають вологу (мульчування, мінімальний обробіток) — стає критичним фактором успіху, особливо в зонах ризикованого землеробства.

Технологічна база також переживає революцію: GPS-управління, автоматичні секції, дрони для моніторингу, біопрепарати й рішення на основі ІІ. Комбінування робототехніки з аналітикою дозволяє оперативно виявляти осередки уражень, оцінювати потребу в гербіцидах чи фунгіцидах і застосовувати їх точково — з економією ресурсів і мінімальним екологічним слідом.

Особливо важливим є перехід до систем захищеного ґрунту: мінімальний чи нульовий обробіток, міжрядні посіви покривних культур і розумна сівозміна.

Такий підхід відновлює структуру ґрунту, накопичує органіку й зменшує ерозію, а отже — підвищує довгострокову продуктивність та знижує залежність від дорогих хімічних ресурсів.

Енергоефективність — ще один вимір модернізації. Машинний парк з меншою питомою витратою палива, агрегати з гнучким приводом, електрифікація допоміжної техніки та оптимізація кількості проходів полем скорочують витрати і карбоновий слід виробництва. Для малого та середнього фермерства важливі також кооперативні моделі володіння технікою та сервісні рішення «як послуга».

Однак технологічний прогрес не замінить людський чинник. Підготовка агрономів, трактористів-операторів, аналітиків даних — ключова інвестиція. Освітні програми, демонстраційні полігони й консультаційні сервіси сприяють швидшому й безпечному впровадженню інновацій у різних регіонах.

Політика і ринок мають створювати умови для змін: стимулювання модернізації машинного парку, підтримка локальної селекції й НДДКР, доступ до кредитів на технологічні інвестиції та гарантування ринків збуту. Без цього інновації залишаться прерогативою одиниць, а не шляхом національного підвищення продуктивності.

У підсумку: розвиток технологій вирощування озимої пшениці — це не просто технічне оновлення. Це комплексна трансформація мислення: від кількості добрив і техніки до якості даних, адаптивності технологій і сталого менеджменту ґрунтів. Ті господарства, які швидко інтегрують ці підходи, отримають конкурентну перевагу — вищу стабільність врожайності, менші витрати й кращу екологічну репутацію. І саме цього вимагає наша епоха.

Розділ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Проектований технологічний проект виробництва озимої пшениці

Озима пшениця — базова продовольча культура і стратегічний ресурс. Сучасне виробництво вимагає поєднання селекційних досягнень, агротехніки, цифрових рішень і екосистемного підходу для забезпечення стабільної врожайності, якості зерна та економічної ефективності в умовах кліматичних ризиків і зростаючих витрат.

1. Місце озимої пшениці в сівозміні

- Роль у сівозміні: формує основу річного агротехнічного циклу, визначає наступні культури і впливає на популяції шкідників і збудників хвороб. Правильне місце в сівозміні знижує хімічне навантаження, підвищує біологічну родючість і економічну стійкість господарства.
- Оптимальні попередники: бобові (люпин, горох, соя) — підвищують азотне живлення і ґрунтову біоту; багаторічні трави — відновлюють структуру ґрунту; кукурудза та ріпак — можливі, але потребують ретельного менеджменту решток і хвороб.
- Часті помилки: часті поспільні посіви пшениці (культура-за-культурою) — призводять до наростання ґрунтових патогенів і зниження врожайності; відсутність покривних культур — втрата органіки й ерозія.
- Практичні рекомендації: планувати 4–5-польні сівозміни з включенням бобових і технічних культур; використовувати покривні культури восени після ранніх зернових або після збирання для збереження вологи й накопичення біомаси; враховувати ротацію препаратів захисту рослин.

2. Внесення добрив

- Передумови: обов'язковий ґрунтовий та листковий аналіз. План поживлення розробляти під цільову врожайність з урахуванням виносу елементів.
- Азот (N): базовий елемент для врожайності. Рекомендації: 30–40 % від потреби як старт у рядок або стрічку (starter), решта — у фазах кушіння і виходу в трубку (підживлення). Застосовувати нітрифікаційні інгібітори в зонах з високим ризиком вимивання.
- Фосфор (P) і калій (K): вносити на підставі аналізу ґрунту; локальне внесення при сівбі під насінину підвищує стартовий розвиток.
- Мікроелементи: бор, молібден, цинк — контролювати особливо на важких ґрунтах або при інтенсифікації. Використовувати листкові підживлення у фазах інтенсивного росту при дефіциті.
- Формування схеми: дробове внесення, поєднання гранульованих і рідких форм, використання диференційованого внесення (карти родючості) для економії та підвищення ефективності.
- Економіка: розрахунок окупності додаткового N-підживлення за фактичними умовами — надмірне внесення знижує прибуток і підвищує екологічний ризик.

3. Обробіток ґрунту

- Цілі обробітку: створення сприятливих умов для посіву й проростання, контроль бур'янів, поліпшення водного режиму й доступності поживних речовин.
- Сучасні системи:

- Нульовий обробіток (no-till): зберігає структуру й вологу, підвищує органічну масу, знижує ерозію; вимагає ретельного менеджменту залишків і дієвих гербіцидів.
 - Мінімальний обробіток (reduced tillage/strip-till): локальне розпушення смуги під насінину + поверхневий обробіток — компроміс між ерозійною безпекою й стартовим прогрівом ґрунту.
 - Консерваційні технології: покривні культури, смугові системи, мульчування.
- Агротехнічні заходи: глибоке рихлення раз на 3–5 років за ущільнення ґрунту; використання важкої техніки при оптимальній вологості, щоб уникнути ущільнення; контроль треку техніки (зменшення кількості проходів).
 - Практика: вибір системи обробітку залежить від клімату, рельєфу, ґрунту і технічних можливостей; під час переходу до no-till проводити адаптаційний період із моніторингом бур'янів і ґрунтової біоти.

4. Підготовка насіннєвого матеріалу

- Вибір сорту: орієнтуватися на стресостійкість (посуха, ослизнення), хвороби (мілдью, септоріоз), кінцеве призначення зерна (брикет, хлібопекарська якість). Використовувати еталонні випробування та адаптовані місцеві сорти.
- Сортування й калібрування: відсіювання дрібного насіння, очищення від домішок для рівномірного посіву та одночасного підвищення енергії проростання.
- Протруювання: комбіновані протруйники (а також біопрепарати) — захист від ґрунтових і наземних шкідників; враховувати резистентність патогенів та передбачати ротацію діючих речовин.

- Передпосівна підготовка: обробка біостимуляторами при холодному старті, калібрування вологості насіння; зберігання при контролі температури й вологості.
- Сертифікація: використовувати сертифіковане насіння при ресурсних можливостях; при самостійній підготовці — регулярний фітосанітарний контроль.

5. Сівба

- Терміни: оптимальні строки — такі, щоб рослини сформували 4–5 стебел і розвинену кореневу систему до морозів; у зоні ризикованого землеробства строки можуть зміщуватися на ранню сівбу з підвищеним ризиком зимування.
- Густота стояння: для товарного виробництва 350–500 шт./м² (залежить від сорту і мети), для насінництва — нижча густота з вищою масою 1000 насінин. Диференційована норма висіву за картами поля.
- Глибина закладання: 3–5 см в нормальних умовах; глибше на сухих ґрунтах для кращого доступу до вологи, але ризик запізнення появи сходів.
- Рядковість і посівні агрегати: вузькорядні технології, strip-till та сівалки точного висіву з контролем насінини; ISOBUS-сумісність, контроль висіву, автоматичне секціонування для уникнення накладень.
- Підбір техніки: відповідність з типом ґрунту і залишками стерні; прецизійні сівалки з індивідуальним контролем висіву й притискними котками.
- Практика: перед сівбою — вирівнювання поля, перевірка густоти й калібру насіння; у разі нерівномірності — корекція норми і глибини.

6. Догляд за посівами

- Система захисту рослин (IPM — Integrated Pest Management):
 - Моніторинг: регулярні полеогляди, пастки, феромонні пастки, дрони/супутникові індекси (NDVI) для виявлення осередків.
 - Порогові значення і рішення: обробки — лише при досягненні порогу шкідливості; перевага точкових обробок і малотоксичних препаратів.
 - Ротація діючих речовин і використання біопрепаратів для запобігання резистентності.
- Підживлення:
 - Весняні підживлення за фазами (кущіння, початок трубкування); листові підживлення в стресових періодах.
 - Використання мікродобрив через листок при недоотриманні конкретних елементів.
- Водний режим:
 - Оптимізація зрошення (де є): дефіцит вологи в критичних фазах (вихід в трубку, цвітіння) критично впливає на формування врожаю. Використання датчиків вологості, дренажні системи в перезволожених районах.
- Контроль бур'янів:
 - Поєднання ґрунтових і післясходових гербіцидів у схемах; механічна боротьба в системах мінімальної обробки (культивування міжрядь, ротаційні граблі).
- Профілактика хвороб: комплексні заходи (сівозміна, стійкі сорти, протруювання, раннє виявлення і локальні обробки).

- Технології моніторингу: застосування дронів з мультиспектральними камерами, супутникового моніторингу та польових сенсорів для створення оперативних карт стану посівів і диференційованих рішень.

7. Збирання врожаю

- Строки і критерії: оптимальний вміст вологи зерна (залежно від призначення та сорту), візуальна оцінка зрілості; запланувати підготовку спорядження і обслуговування техніки заздалегідь.
- Підготовка техніки: налаштування молотильного апарату, гідравлічних систем, систем очищення; перевірка GPS/телеметрії, автоматичних налаштувань під навантаження (auto-setup).
- Техніка і режими: сучасні зерно- й комбайни з системами автоматичного регулювання (Loss-Control), датчиками вологості й забруднення, варіаторними передачами для оптимальних обертів.
- Зниження втрат: корекція швидкості руху та обертів молотильного барабана під зміну врожайності; використання технологій gentle-harvest для збереження якості зерна.
- Логістика і зберігання: організація «ланцюга» від поля до сушарки/сховища; мобільні бункери та тимчасові майданчики; мінімізація часу між збиральними операціями та сушінням.
- Післязбиральні операції: контроль вологості в сушарках — поступове сушіння при низьких температурах для збереження якості; очищення, калібрування і кондиціювання (вентиляція, інсектицидні профілактики при зберіганні).
- Економіка збору: планування переходів техніки по карті врожайності, оптимізація маршрутів, використання аналітики для визначення пріоритетних ділянок і графіків.

Висновки і практичні рекомендації

- Інтеграція технологій: поєднання селекції, точного внесення добрив, сучасного обробітку ґрунту і цифрового моніторингу створює синергію — вища врожайність при зниженні витрат і екологічного навантаження.
- Адаптація до регіону: кожне поле — унікальне; обов'язкові ґрунтові й листові аналізи, карти врожайності, локальна селекція і тестові ділянки перед масштабними змінами.
- Кадри й навчання: інвестиції у підготовку агрономів і операторів техніки, навчальні демонстраційні полігони і консультаційні сервіси — умова успішного впровадження інновацій.
- Політика та інфраструктура: державна підтримка модернізації парку, доступ до кредитних інструментів, підтримка НДДКР і відкритий доступ до агро-диджитал-сервісів.
- Сталий розвиток: впроваджувати практики, що зберігають ґрунт і ресурси (покровні культури, мінімальний обробіток, диференційоване внесення) як базу для довгострокової продуктивності.

1.2. Розробка операційної карти на збирання озимої пшениці

Вихідні дані для розробки:

- площа поля, $F=150$ га;
- довжина ділянки поля, $L=1000$ м;
- рельєф, $\alpha_{cp} = 3^\circ$; $\alpha_{max} = 8^\circ$;
- врожайність зерна, $h_z = 3,5$ т/га;
- коефіцієнт збору незернової частини врожаю (НЧВ), $\delta_2 = 0,77$.

Склад агрегату: Комбайн Дон-1500 платформа - підбирач ППЛ- 3А,

подрібнювач ПКН-1500, автозчіпка із тракторним причепом самоскидом 2ПТС-4-887А для збору полови, розкидач подрібненої соломи по полю.

Технічна характеристика комбайна Дон-1500 наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика комбайна Дон-1500

Параметри	Розмірність	Значення
Швидкість руху:		
- I діапазон	км/год	до 5
- II діапазон	км/год	до 10
- III діапазон транспортний	км/год	до 20
Ємність бункера	м ³	6,0
Пропускна здатність	кг/с	до 8
Вага на ведучий міст (розрахунковий)	кН	131
Потужність двигуна:		
- номінальна	кВт	178,9
- експлуатаційна	кВт	162,0

Вибір швидкісного режиму роботи самохідного комбайна із платформою-підбирачем ГШТ- 3А, повним бункером і візком для збору здрібненої соломи по стернях до 200 мм обмежується наступними факторами:

- агротехнічними вимогами;
- пропускною здатністю молотильного пристрою, що сепарує (МСП);
- експлуатаційної потужності двигуна СМД-31 А;
- пропускною здатністю подрібнювача.

Згідно технічних вимог робоча швидкість комбайна, $V_p = 0,8 \dots 2,8$ м/с - на обмолоті. Визначаємо максимальну припустиму швидкість $V_{p \max}^{\partial}$ обмежену пропускною здатністю МСП:

$$V_{p \max}^{\partial} = \frac{10 \cdot g_n}{B_p \cdot H_{\partial}}, \quad (1.1)$$

де g_n - номінальна пропускна здатність молотарки, кг/с;

B_p - робоча ширина захвата, м;

H_6 - біологічна врожайність озимої пшениці, т/га.

За даними таблиці 4.2 значення $g_n = 7,8 \text{ кг/с}$, приймаємо з коефіцієнтом завантаження МСП, до $= 0,97$, [25]. Визначаємо робочу ширину захвата обмолоту по ширині між валками, при скошуванні агрегатом МТЗ-80+ЖВС-6, з урахуванням коефіцієнта перекриття проходу:

$$B_p = 0,9B_k, \quad (1.2)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату жниварки, рівна 6 м [16].

Тоді відстань між валками по осевій лінії приймемо по формулі 4.2:

$$B_p = 0,99 \cdot 6 = 5,94 \text{ м}$$

Знаходимо біологічний врожай озимої пшениці:

$$H_6 = h_3(1 + \partial_2), \quad (1.3)$$

де h_3 - врожай основної продукції - зерна, т/га;

∂_2 - частка побічної продукції, що збирається, коефіцієнт НЧВ.

Приймаємо $h_3 = 3,5$ т/га; $\partial_2 = 0,77$ [25].

Тоді $H_6 = 3,5(1 + 0,77) = 6,195$ т/га.

Отримані числові значення підставимо у формулу (4.1), знайдемо:

$$V_{рмач}^{\partial} = \frac{10 \cdot 7,8}{9 \cdot 6,195} = 1,35 \text{ м/с} (4,85) \text{ км/год}$$

Максимальна припустима швидкість руху комбайна в умовах рельєфу й відповідно ходового завантаження не перевищує значення I діапазону до 5 км/год і мінімальне значення з урахуванням буксування 15%, 4,25 км/год (1,18 м/с). Перевіряємо можливість роботи збирального агрегату зі швидкістю $V_{рмач}^{\partial}$, виходячи з потужності двигуна й припустимого його завантаження. Розрахунки ведемо по формулі:

$$N_{ep} = \frac{R_a \cdot V_{рмач}^{\partial}}{\eta_{тр} \cdot \eta_6} + \frac{N_{вом}}{\eta_{вом}}, \quad (1.4)$$

де $N_{\text{ер}}$ – витратам потужності на рухоме завантаження і роботу технологічних органів, наведених узагальненою потужністю до ВВП, кВт;

R_a – опір агрегату, кН;

$\eta_{\text{тр}}$ – к.к.д. трансмісії загальний;

$N_{\text{ВВП}}$ –сумарна потужність, що затрачується на привод робочих органів, кВт;

$\eta_{\text{вом}}$ – к.к.д. приводу ВВП.

Опір агрегату визначаємо по формулі:

$$R_a = G_m \cdot (f_{об} + \sin \alpha), \quad (1.5)$$

де G_m – загальна зчіпна вага комбайна, з урахуванням ваги підбирача,

подрібнювача, причіпного візка, бункерної ваги зерна,кН;

$f_{об}$ – коефіцієнт опору коченню, загальний;

α – кут підйому маршруту.

Маса комбайна, $M_k = 13800$ кг;

Маса платформи-підбирача й подрібнювача соломи, $M_{\text{п}} + M_i = 2000$ кг;

Маса зерна в бункері, $M_z = 3000$ кг;

Маса візка з половою, $M_t = 2000$ кг.

Загальна вага збирального агрегату, $G_a = 208$ кН.

Загальна вага комбайна без візка, $G_k = 188$ кН.

Коефіцієнт розподілу зчіпної ваги комбайна на провідну вісь приймаємо, $\lambda = 0,7$ [31].

Тоді, $G_{\text{ц а}}$ – зчіпна вага агрегату з комбайном при повному завантаженні бункера й причіпного візка досягає, по формулі:

$$G_{\text{ц а}} \leq 0,7 \cdot G_k + G_m, \quad (1.6)$$

Звідси узагальнена зчіпна вага агрегату:

$$G_{\text{ц а}} = 0,7 \cdot 188 + 20 = 151 \text{ кН.}$$

Опір агрегату буде залежати від наступних факторів:

- заповнення технологічних ємностей;
- характеру агрофону, $f = (0,08 \dots 0,15)$;

- рельєфу, кута підйому $\alpha=(0...3...8^\circ)$.

Опір комбайна і візка:

$$R_a = G_{ц_{\kappa}} (f_{\kappa} + \sin \alpha) + (G_T (f_T + \sin \alpha), \quad (1.7)$$

де $G_{ц_{\kappa}} \quad G_T = G_{ц_a}$ - складові зчіпної ваги комбайна й візка, рівна зчіпній вазі збирального агрегату, кН;

f_{κ} і f_T – коефіцієнти опору перекочуванню комбайна і візка;

α - кут підйому маршруту, у $^\circ$.

Тоді, при $\alpha < 0^\circ$, ухил $\alpha = 0...10^\circ$:

$$R_{a_0} = 131(0,08+0)+20(0,08+0)=12,08 \text{ кН.}$$

Продовжимо розрахунки без обліку коефіцієнта використання зчіпної ваги на підйом по [5], тоді при $\alpha = 3^\circ$ – на підйом:

$$R_{a_0} = 131(0,08+0,13)+20(0,08+0,13)=31,71 \text{ кН.}$$

Однак з врахуванням даних, що враховують коефіцієнт використання зчіпної ваги, залежить від кута рельєфу, що можна простежити теоретично по формулі:

$$\varphi_a = \frac{R_{a(\kappa+m)}}{G_{ц(a)}} = \frac{P_{f_{\kappa}}}{G_{ц_{\kappa}}} + \frac{P_{a_{\kappa}}}{G_{ц_{\kappa}}} + \frac{P_{f_T}}{G_{ц_T}} + \frac{P_{a_T}}{G_{ц_T}}, \quad (1.8)$$

або

$$\varphi_a = f_{\kappa} + \varphi_{a_{\kappa}} + f_m + \varphi_{a_m},$$

По даним [32], $f_a = (0,08...0,15)$, а складова кута підйому, $\varphi_{a_a} = (0,03...0,14)$, тоді коефіцієнт використання зчіпної ваги можна представити при різних значеннях α :

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_0} = (0,08+0,03) = 0,11;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3} = (0,08+0,07) = 0,15;$$

при $f_a=0,08$:

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_8} = (0,08+0,14) = 0,22.$$

$$\alpha = 0^\circ, \varphi_{a_0} = (0,15 + 0,03) = 0,18;$$

$$\alpha = 3^\circ, \varphi_{a_3} = (0,15 + 0,07) = 0,22;$$

при $f_a = 0,15$:

$$\alpha = 8^\circ, \varphi_{a_{30}} = (0,15 + 0,14) = 0,29.$$

Опір агрегату може мінятися від ступеня усадки шин у міру завантаження технологічних ємностей, а також стійкості руху ($\Delta P = 104 \text{ кг/см}^2 \approx 10,2 \text{ Мпа}$, $\tau = 91 \text{ кг/см}^2$).

Розрахунки опору R_a , по $\alpha = 0 \dots 8^\circ$ і $f_a = 0,08 \dots 0,15$:

при $f_a = 0,08$:

$$R_{a_0} = 131(0,08+0,03)+20(0,08+0,03)=16,61 \text{ кН};$$

$$R_{a_3} = 131(0,08+0,07)+20(0,08+0,07)=22,65 \text{ кН};$$

$$R_{a_8} = 131(0,08+0,14)+20(0,08+0,14) = 33,22 \text{ кН}.$$

при $f_a = 0,15$:

$$R_{a_0} = 131(0,15+0,03)+20(0,15+0,03) = 27,18 \text{ кН};$$

$$R_{a_3} = 131(0,15+0,07)+20(0,15+0,07) = 33,22 \text{ кН};$$

$$R_{a_8} = 131(0,15+0,14)+20(0,15+0,14) = 43,79 \text{ кН}.$$

Розрахунки опору R_a для розвантажених ємностей, без обліку усадки шин по формулах [5],[9].

$$R_{a_0} = 131(0,15+0,0)+20(0,15+0,0) = 22,65 \text{ кН};$$

$$R_{a_3} = 131(0,15+0,05)+20(0,15+0,05) = 30,20 \text{ кН};$$

$$R_{a_8} = 131(0,15+0,05)+20(0,15+0,13) = 42,28 \text{ кН}.$$

Значення $\eta_{mp}, \eta_{\delta}, \eta_{вом}$ приймаємо за літературними даними [28]:

$$\eta_{mp} = 0,70; \quad \eta_{\delta} = 0,965; 0,931; 0,860; \quad \eta_{вом} = 0,93.$$

де $\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100\%}$, при $\alpha \sim \delta = 3,5\%$; $\tau = \frac{T_p}{T_{смен}} \sim \delta = 7\%$; $\alpha = 8^\circ \sim \delta = 14\%$,

відповідно: $\eta_{\delta_0} = 0,965$; $\eta_{\delta_3} = 0,930$; $\eta_{\delta_8} = 0,860$.

Визначаємо сумарну потужність:

$$N_{вом} = N_{y\delta_6} \cdot g_{\delta} + N_{из} \cdot g_c + N_{вом_0} + N_{вом_x}, \quad (1.9)$$

де $N_{y\delta_6}$ – питомі витрати енергії на технічний процес добору валка, обмолоту і сепарації зерна, соломовідділення, кВт с/кг;

g_{δ} – питомі витрати енергії на подрібнення НЧВ, розсіювання по полю, на подачу половини у візок, кВт с/кг;

$N_{\text{взм}_\delta}$ - витрати потужності на холосте обертання приводів ВВП, кВт;

g_c - пропускна здатність подрібнювача НЧВ, кг/с;

g_{δ} - пропускна здатність МСП, кг/с.

За даними літератури [9]:

$N_{\text{вд}_6} = 7$ кВт с/кг; $g_{\delta} = 7,8$ кг/с; $N_{\text{вд}_u} = 7$ кВт с/кг; $g_c = 2,6$ кг/с; $N_{\text{взм}_x} = 10$ кВт;

$N_{\text{взм}_\delta} = 3,5$ кВт.

Тоді

$$N_{\text{взм}} = 7 \cdot 7,8 + 7 \cdot 2,6 + 10 + 3,5 = 86,3 \text{ кВт.}$$

Остаточні витрати потужності на роботу самохідного комбайна "Дон-1500":

при $\alpha = 0^\circ$,

$$N_{e_p} = \frac{12,08 \cdot 1,35}{0,7 \cdot 0,965} + \frac{86,3}{0,930} = 116,8 \text{ кВт;}$$

при $\alpha = 30^\circ$,

$$N_{e_p} = \frac{19,63 \cdot 1,27}{0,7 \cdot 0,93} + \frac{86,3}{0,930} = 131,0 \text{ кВт;}$$

при $\alpha = 80^\circ$,

$$N_{e_p} = \frac{31,71 \cdot 1,19}{0,7 \cdot 0,86} + \frac{86,3}{0,930} = 154,8 \text{ кВт.}$$

Розрахунки виконані по завантаженню МСП і регульованому ходовому завантаженню, що дозволяє стабілізувати роботу технологічних робочих органів.

Збиральний агрегат затрачає потужність у межах експлуатаційної потужності двигуна СМД-31А:

при $\alpha = 0^\circ$,

$$N_{ep} \leq N, \quad 116,8 \leq 162 \text{ кВт;}$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$N_{ep} \leq N, \quad 131,0 \leq 162 \text{ кВт;}$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$N_{ep} \leq N_s, 154,8 \leq 162 \text{ кВт.}$$

Робоча швидкість колеса I діапазону: 5 км/год (1,39 м/с).

Фактична швидкість агрегату : $V_\phi = \eta_m \cdot V_p$, тоді :

при $\alpha = 0^\circ$,

$$V_\phi = 0,97 \cdot 1,39 \approx 1,35 \text{ м/с};$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$V_\phi = 0,91 \cdot 1,39 \approx 1,27 \text{ м/с};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$V_\phi = 0,86 \cdot 1,39 \approx 1,19 \text{ м/с};$$

Визначаємо експлуатаційні показники агрегату, максимальне значення продуктивності по припустимій робочій швидкості колеса під нахил ($\alpha = 0 \dots 1^\circ$) по формулі:

$$W_{\text{мех}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p^g \cdot \tau, \quad (1.10)$$

де τ - коефіцієнт використання часу зміни, по формулі:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{змін}}}, \quad (1.11)$$

тут T_p – чистий робочий час, год;

$T_{\text{змін}}$ – прийнята тривалість зміни, год.

За даними літератури [9] приймаємо $T_{\text{змін}} = 8,5$ год у напружений період с.-г. робіт.

Чистий робочий час збирального агрегату знаходимо по формулі:

$$T_p = \frac{2L_p}{60 \cdot V_p} \cdot n_u, \quad (1.12)$$

де L_p – довжина робочого ділянки загону, м.

Тоді

$$L_p = L_y - 2E, \quad (1.13)$$

де L_y – загальна довжина гонів, м:

$2E$ – подвійна ширина поворотної смуги в м.

Ширину поворотної смуги знаходимо по формулі:

$$E = 1,1R_{\min} + 0,5d_k + l_k, \quad (1.14)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м;

d_k – кінематична ширина агрегату, м;

l_k – кінематична довжина агрегату, м.

За літературним даними [5, 25, 29], приймаємо:

$R_{\min} = 4,81$ м; $d_k = 4,5$ м; $l_k = 6$ м.

Тоді:

$$E = 1,1 \cdot 4,81 + 0,5 \cdot 4,5 + 6,0 = 13,55 \text{ м}$$

Робоча довжина гонів:

$$l_p = 1000 - 2 \cdot 13,55 = 972,9 \text{ м} \approx 972 \text{ м},$$

приймаємо менше значення $L_p = 972$ м.

Кількість циклів за зміну знаходимо по виразу:

$$n_u = \frac{T_{cm} - T_{пз} - T_{обс} - T_{отл}}{t_u}, \quad (1.15)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час роботи, хв;

$T_{обс}$ – час організаційно-технологічного обслуговування агрегату в загоні, хв;

$T_{отл}$ – час відпочинку й регламентованих перерв обслуговуючого персоналу, хв.

Час підготовчо-заключної роботи включає наступні елементи:

$$T_{пз} = T_{ето} + T_{пп} + T_{пн} + T_{оп}, \quad (1.16)$$

де $T_{ето}$ – витрати часу на щоденне технічне обслуговування, хв;

$T_{пп}$ – час підготовки до переїзду, хв;

$T_{пн}$ – час одержання вбрання і здачі роботи, хв;

$T_{оп}$ – час заклjučного обслуговування, хв.

За даними літератури [5.]: $T_{ето} = 60$ хв; $T_{пп} = 3$ хв; $T_{пн} = 4$ хв; $C_{трум} = 16$ хв.

Тоді,

$$T_{пз} = 60 + 3 + 4 + 16 = 83 \text{ хв}.$$

Час організаційно-технологічного обслуговування агрегату в загоні [5.]:

$T_{\text{обс}} = 25 \text{ хв.}$

Час циклу роботи знаходимо по формулі:

$$t_u = \frac{2L_p}{60 \cdot V_p^g} + \frac{2L_x}{60 \cdot V_{xx}} + t_{\text{оц}}, \quad (1.17)$$

де t_u – час циклу роботи, хв;

L_x – середня довжина повороту і холостого ходу на переїздах, м;

L_{xx} – швидкість холостого ходу агрегату, м/с;

$t_{\text{оц}}$ – час зупинок на технологічне обслуговування, що приходить на один цикл, хв.

За даними літератури [9] приймаємо: $V_{xx} = 1,35 \text{ м/с}$.

Середня довжина холостого ходу на повороти й переїзди по формулі:

$$L_x = 2R_{\text{min}} \cdot \frac{c}{2} \cdot 2l_k, \quad (1.18)$$

де c – ширина загону, м;

$$c = 8 \cdot R_{\text{min}}, \quad (1.19)$$

$$c = 8 \cdot 4,81 = 38,4 \text{ м}$$

Тоді L_x - на повороти дорівнює:

$$L_x = 2 \cdot 4,81 + \frac{38,4}{2} + 2 \cdot 6 = 48,8 \text{ м}$$

$L_x = 70 \text{ м}$ – на переїзди з урахуванням середньої ширини загону.

Час зупинок на технічне обслуговування агрегату, що доводиться на один цикл роботи, знаходимо по вираженню:

$$t_{\text{оц}} = \frac{2 \cdot L_p}{L_{\text{техн}}} \cdot t_{\text{ос}}, \quad (1.20)$$

де $L_{\text{техн}}$ – запас робітника ходячи агрегату до повного заповнення технологічної ємності бункера, м;

$t_{\text{ос}}$ – час на одну технологічну зупинку агрегату, хв.

Запас робочого ходу комбайна до повного заповнення технологічних ємностей знаходимо по формулі:

$$L_{техн.} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot 10^4}{g \cdot B_p}, \quad (1.21)$$

де V – об'єм бункера, м^3 ;

γ - насипна маса матеріалу, т/м^3 ;

λ - коефіцієнт використання технологічної ємності;

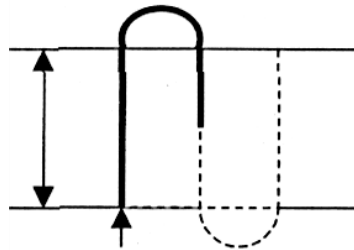
g - врожайність, т/га .

За даними літератури [25, 29]:

$$V = 6 \text{ м}^3; \gamma = 0,85 \text{ т/м}^3; g_s = 3,5 \text{ т/га}; \lambda = 0,91$$

Тоді

$$L_{техн_3} = \frac{6 \cdot 0,85 \cdot 0,91 \cdot 10^4}{3,5 \cdot 9,0} = 1521 \text{ м}$$



Місце вивантаження зерна:

$$L_{тех} / L_p = 1521 / 975 = 1,56 L_p$$

Запас ходу по технологічній ємності по збору половини у візок 2ПТС-4-887А:

$$L_{техн_n} = \frac{V_T \cdot \gamma_e \cdot \lambda \cdot 10^4}{0,191 \cdot g_c \cdot B_p}, \quad (1.22)$$

де V_T – обсяг кузова із сіткою для половини, м^3 ;

γ_t - насипна маса подрібненої НЧВ, т/м^3 ;

λ - коефіцієнт використання об'єму кузова;

g - врожайність НЧВ, т/га .

$0,191 g_c$ – частка половини в НЧВ, т/га .

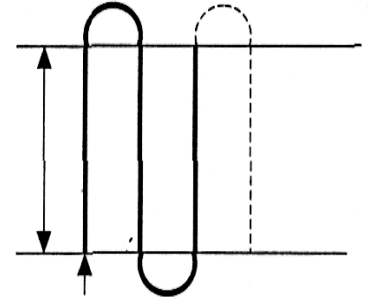
За даними літератури [16]: $V_T = 45 \text{ м}^3$; $\gamma_t = 0,04 \text{ т/м}^3$; $\lambda = 0,804$; $g_c = 2,69 \text{ т/га}$.

Тоді
$$L_{техн} = \frac{45 \cdot 0,04 \cdot 0,804 \cdot 10^4}{0,191 \cdot 2,69 \cdot 9} = 3244 м$$

Переагрегативання візка автозчіпкою виконується під час руху в точці на поворотній смузі:

$$L_{техн} = L_p = 3244/972 = 3,3 \text{ робочих хода.}$$

З урахуванням коефіцієнта використання ємності, приймаємо 3 робочих хода.



Час на одну технологічну зупинку агрегата знаходимо по формулі:

$$t_{oc} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda}{0,06 \cdot W_{шн}}, \quad (1.23)$$

де $W_{шн}$ – продуктивність вивантажувального шнека, кг/с.

За даними літератури [16]: $W_{шн} = 25 \text{ кг/с.}$

Тоді
$$t_{oc} = \frac{6 \cdot 0,6 \cdot 0,79}{0,06} = 1,58 \text{ хв.}$$

Знаходимо час зупинки на технологічне обслуговування на один цикл:

$$t_{оц} = \frac{2 \cdot 972 \cdot 1,58}{2382} = 1,2 \text{ хв}$$

де $2382 \text{ м} = (1521 + 3244)/2$ – середня довжина ходу між вивантаженнями зерна і полови

Час циклу роботи:

$$t_{ц} = \frac{2 \cdot 972,9}{60 \cdot 1,35} + \frac{2 \cdot 40,8}{60 \cdot 1,35} + 1,2 = 26,2 \text{ хв}$$

Кількість циклів за зміну ($T_{см} = 8,5 \text{ ч}$):

$$n_{ц} = \frac{510 - (83 + 25 + 25)}{26,2 \text{ хв}} = 14,3 \text{ цикла}$$

Чистий робочий час зміни:

$$T_p = \frac{2 \cdot 972,9 \cdot 14,3}{60 \cdot 1,27} = 365,1 \text{ хв}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{365,1}{510} = 0,72$$

Продуктивність комбайна "Дон-1500Б" залежно від кута підйому маршруту руху по ділянці поля (загону):

при $\alpha = 0^\circ$,

$$W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,35 \cdot 0,72 = 3,14 \text{ га / год}$$

$\alpha = 3^\circ$,

$$W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,27 \cdot 0,72 = 2,96 \text{ га / год}$$

$\alpha = 8^\circ$,

$$W_{tex} = 0,36 \cdot 9 \cdot 1,19 \cdot 0,72 = 2,77 \text{ га / год}$$

Змінна продуктивність збирального агрегату, залежно від кута підйому маршруту.

$$W_{cm} = W_{tex} \cdot T_{cm},$$

при $\alpha = 0^\circ$,

$$W_{cm} = 3,14 \cdot 8,5 = 26,69 \text{ га / зміну};$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$W_{cm} = 2,96 \cdot 8,5 = 25,16 \text{ га / зміну};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$W_{cm} = 2,77 \cdot 8,5 = 23,54 \text{ га / зміну};$$

Середня продуктивність збирального агрегату, залежить від сумарного ходового завантаження по маршруту від кутів спуска і підйому, може контролюватися тиском у робочій магістралі ГСТ-90 по $\Delta P_{\text{зл}}$, приймемо середню продуктивність $W_{cm_{\text{ср}}} = 25,1 \text{ га / зміну}$.

Визначимо погектарну витрату палива збирального агрегату залежно від ходового завантаження по маршруту від кута підйому:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{W_{\text{см}_a}}, \quad (1.24)$$

де $g_{\text{га}}$ – погектарна витрата палива, кг/га;

G_p, G_x, G_o – годинна витрата палива на робочий хід, на холостий хід, на зупинках, кг/год;

T_p, T_x, T_o – відповідно чистий робочий час, холостого ходу, зупинок, год.

За даними літератури [27]: $G_p = 48,6$ кг/год; $G_x = 25,5$ кг/год; $G_o = 12,5$ кг/год.

Час холостого ходу на повороти і переїзди по ділянках комбайна:

$$T_x = \frac{2 \cdot L_{x_{\text{обц}}}}{3600 \cdot V_x} \cdot n_{\text{ц}}, \quad (1.25)$$

тоді

$$T_x = \frac{2 \cdot (40 + 70)}{3600 \cdot 1,35} \cdot 14,3 = 0,64 \text{ год}$$

Час зупинок на вивантаження зерна, а також інші технологічні зупинки агрегату:

$$T_o = 0,5T_{\text{емо}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}} + T_{\text{то}}, \quad (1.26)$$

де $T_{\text{то}}$ – час технологічний на розвантаження ємностей, год.

$$T_{\text{то}} = \frac{t_{\text{оц}} \cdot n_{\text{ц}}}{60}, \quad (1.27)$$

тоді

$$T_o = \frac{1,2 \cdot 14,3}{60} = 0,30 \text{ год}$$

Загальний час зупинок:

$$T_o = 0,5 \cdot 1 + 0,42 + 0,42 + 0,30 = 1,64 \text{ год}$$

Погектарна витрата палива залежно від змінної продуктивності збирального агрегату:

при $\alpha = 0^\circ$,

$$g_{\text{га}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{26,69} = 12,4 \text{ кг/га};$$

при $\alpha = 30^\circ$,

$$g_{\text{за}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{25,16} = 13,3 \text{кз / за};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$g_{\text{за}} = \frac{48,6 \cdot 6,1 + 25,5 \cdot 0,64 + 12,5 \cdot 1,64}{23,54} = 14,1 \text{кз / за}.$$

Визначаємо витрати праці:

$$3_{mn} = \frac{m + m_g}{W_{\text{мех}_a}}, \quad (4.28)$$

де m – кількість основного обслуговуючого персоналу, люд;

m_g – кількість допоміжного обслуговуючого персоналу, люд.

при $\alpha = 0^\circ$,

$$3_{mn} = \frac{1+1}{3,14} = 0,63 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{за}};$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$3_{mn} = \frac{1+1}{2,96} = 0,67 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{за}};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$3_{mn} = \frac{1+1}{2,77} = 0,72 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{за}}.$$

Визначаємо питомі витрати енергії:

$$\alpha = \frac{N_{\text{еп}_a}}{W_{\text{мех}_a}}, \quad (4.29)$$

при $\alpha = 0^\circ$,

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{124,7}{3,14} = 39,7 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{за}};$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{125,8}{2,96} = 42,5 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{за}};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{154,8}{2,77} = 55,9 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{за}}.$$

Визначаємо продуктивність праці обслуговуючого персоналу агрегату:

$$П = \frac{W_{mex_a}}{m + m_e}, \quad (1.30)$$

при $\alpha = 0^\circ$,

$$П = \frac{3,14}{2} = 1,57 \frac{га}{люд \cdot год};$$

при $\alpha = 3^\circ$,

$$П = \frac{2,97}{2} = 1,48 \frac{га}{люд \cdot год};$$

при $\alpha = 8^\circ$,

$$П = \frac{2,77}{2} = 1,38 \frac{га}{люд \cdot год}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. – Експлуатаційні показники роботи комбайна "Дон-1500Б" по четвертій технологічній схемі збирання озимої пшениці

Показники	Одиниця виміру	Умовні позначки	Значення показників при α°		
			0°	3°	8°
Агрегат: Дон-1500Б	шт	-			
Тяговий опір агрегату	кН	R_{a_a}	12,08	19,63	31,71
Фактична швидкість агрегату	м/с	V_{ϕ_a}	1,35	1,27	1,19
Витрати потужності	<u>кВт/год</u> га	N_{ep_a}	116,8	131,0	154,8
Продуктивність агрегату:					
- годинна	га/год	W_{mex_a}	3,14	2,96	2,77
- змінна	га/змін	W_{cm_a}	26,69	25,16	23,54
Витрата палива погектарна	кг/га	g_{za_a}	12,4	13,3	14,1

Показники	Одиниця виміру	Умовні позначки	Значення показників при α°		
			0°	3°	8°
Питомі прямі витрати праці обслуговуючого персоналу агрегату	$\frac{\text{люди} \cdot \text{год}}{\text{га}}$	Z_{ma}	0,63	0,67	0,77
Питомі енерговитратні	$\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{га}}$	α_{ma}	37,2	44,2	55,9
Продуктивність праці особового складу збирального агрегату	$\frac{\text{га}}{\text{люди} \cdot \text{год}}$	P_a	1,57	1,48	1,38

Контроль якості роботи

Якість роботи комбайна оцінюється в балах залежно від відсотка втрат зерна. Припустимі втрати встановлюють, виходячи з умов збирання, але з таким розрахунком, щоб втрати врожаю від самообсіпання і за машиною були мінімальними.

Методом контрольних обмолотів спеціальна комісія визначає контрольну врожайність ділянки поля. Попередньо ретельно регулюють комбайн відповідно до технологічних регулювань.

Обмолот проводить досвідчений комбайнер. Проби беруть із краю загону і у середині. При першому пробному проході важливо правильно вибрати швидкісний режим роботи комбайна, виходячи з умов - мінімальні втрати при максимальній швидкості. При збільшенні втрат швидкість зменшується. При правильних регулюваннях і оптимальному режимі роботи комбайна, врожайність у перші вісім днів збирання повинна збігатися з біологічною врожайністю з відхиленням не більш -3%.

Після завершення збирання на ділянці поля в акті вказують фактичну врожайність. Один екземпляр акту з оцінкою фактичної врожайності залишається в комбайнера, другий передають у бухгалтерію.

Втрати 1% за жнивваркою ($B_{\phi}=9\text{м}$) при врожайності 3,5 т/га, повинні бути не більш 74 шт. зерен.

Втрати 1% після платформи - підбирача при роботі із шириною між валками ($B_{\phi}=9\text{м}$) не більш 88 шт. зерен.

Втрати 1% у соломі (при співвідношенні $H_6= 3,5(1+0,77)$ т/га) не повинні перевищувати 100 шт. зерен. Рівень втрат регулюють зазорами підбарабання і швидкістю обертання барабана.

Збільшення частоти обертання останнього поліпшуємо інтенсивність обмолоту і сепарації зерна через деку, особливо для вологих хлібів.

Чистоту бункерного зерна регулюють ступенем відкриття жалюзі решіт і подовжувача верхнього решета, а також швидкістю обертання ротора вентилятора.

Розділ 2. ПОДРІБНЮВАЧ СОЛОМИ МОДЕРНІЗОВАНИЙ ДЛЯ КОМБАЙНА ДОН - 1500

2.1. Обґрунтування конструкторської розробки

Проектована технологія, її способи і засоби спрямовані на ресурсозбереження й безвідхідне використання всього біологічного врожаю, зокрема, збирання незернової частини для потреб тваринництва і рослинництва, а також стеблової частини, що залишилася, залежно від висоти зрізу, для поліпшення родючості ґрунтів. Успішний розв'язок цих двох завдань, використання незернової частини, можна досягти при якісному подрібненні стеблової маси під час збирання врожаю. Це спонукає до вдосконалення конструкції подрібнювачів комбайнів, що дозволить подрібнювати соломі на частки до 3..5см.

По зоовимогам на кормосуміші вівцям і худобі потрібно до 18% такої подрібненої соломистої маси в раціонах. Подрібнену соломі й полову закладають пошарово в «кормоцех-траншею», де вона збагачується соком силосуємих і консервуємих культур і подається тваринам, як сіно середньої якості, у стійловий зимовий сезон. Подрібнена соломі й полова збагачується каратином силосуємих культур, досягає живильної цінності більш 0,35...0,45 кормових одиниць. Тому якісна робота подрібнювача дозволить дати значний народногосподарський ефект у сільському господарстві.

Найбільш ефективною технологічною схемою збирання НЧВ є третя схема, по якій здійснюється збір полови в причіпні до комбайна візки, а подрібнена соломі розсіюється по полю.

Не зернова частина, що залишилася на полі, повинна бути дрібно подрібнена і забита в ґрунт дисковими боронами й лушчильниками не пізніше 3-х годин після проходження комбайна. Це висуває вимоги потоковості механізованих робіт, і умови біохімічного процесу анаеробної органотрофії, яка

лежить в основі перетворення стеблової маси НЧВ в поживну складову ґрунту. Ця умова виключає мінералізацію стерні і створює анаеробне дихання і ґрунтоутворення з нагромадженням органіки. Така технологія збирання НЧВ дозволяє заощаджувати до 30 % добрив у наступному циклі оброблення озимих культур. Тому модернізація подрібнювача соломи комбайна Дон-1500 є актуальною і носить стратегічну спрямованість у виборі способу збирання соломистої частини врожаю.

Такий спосіб збирання здійснюється без використання ручної праці і значно підвищує рівень механізації.

Використання широкозахватних жниварок дозволяє зменшити енерговитрати на ходове завантаження і перерозподілити їх на технологічну - на обмолот зерна й подрібнення НЧВ.

Тому основним завданням модернізації є зменшення довжини часток стебел, дрібне подрібнення і рівномірне розсіювання по площі поля.

Для цього подрібнювач повинен бути опущений у корпусі нижче для виключення забивання соломотрясів, а подовження саморегулювальної заслінки стабілізує технологічне завантаження барабана подрібнювача і подачу подрібненої маси через конфузор.

2.2. Опис розробки

Робота подрібнювача здійснюється в такий спосіб, обмолочена маса із соломотряса подається під власною вагою в корпус 1 на заслінку 2 і порційно на обертові молотки барабана 3, молотки повітряним потоком зтягують солому на протиріжучі ножі, подрібнюють і подають потік маси на регульований дефлектор, який направляє й розсіює потік по ширині проходу комбайна по стернях.

Схема модернізації подрібнювача соломи представлено на рисунку 2.1.

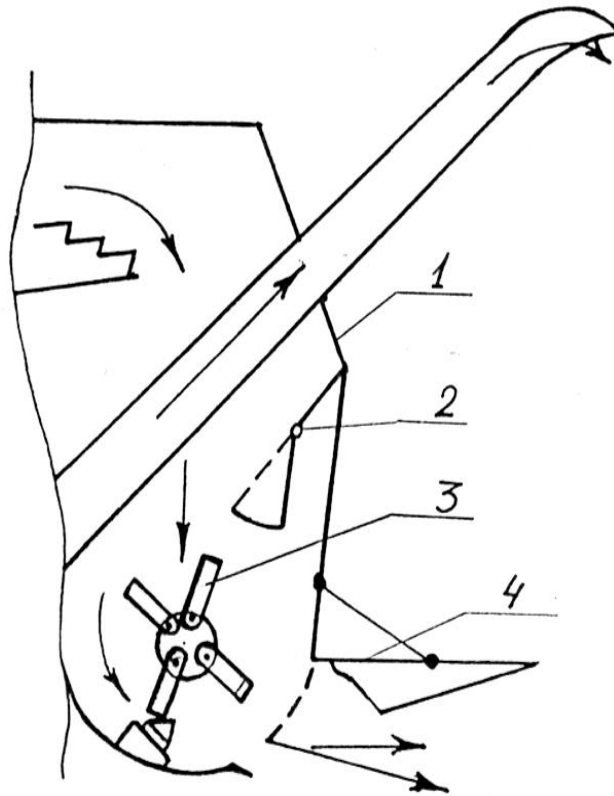


Рисунок 2.1 - Модернізація подрібнювача соломи комбайна Дон-1500:

1 – подовжений корпус; 2 - заслінка саморегулююча потік; 3 - барабан зі збільшеним числом молотків; 4 – дефлектор регульований.

2.3. Розрахунки основних елементів подрібнювача

Поворотна заслінка кріпиться на двох тягах, у вигляді привареного лівого й правого вуха електродуговим ручним зварюванням електродом Э-42 за ДСТУ 5264-69. Шов тавровий двосторонній, загальна довжина $l=0,12$ м.

Катет шва $k=0,005$ м.

З боку рами діє до елемента кріплення прикладена сила $P=10$ кН, схема представлено на рисунку 5.2.

Зусилля на розтягування у звареному шві визначаємо по формулі:

$$\varepsilon'_{cp} = \frac{P}{0,7 \cdot k \cdot l}, \quad (2.1)$$



Рисунок 2.2 – Розрахункова схема зварювального шва

де ε'_{cp} - напруга звареного шва на зріз, МПа;

k – катет шва, м;

l – довжина шва, м

$$\varepsilon'_{cp} = \frac{1000}{0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,12} = 23,8 \text{ МПа.}$$

За умовою міцності повинна виконуватися нерівність:

$$\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}], \quad (2.2)$$

Матеріал зварених деталей Ст3 для яких $[\sigma_p] = 160 \text{ МПа}$, тоді: $[\tau_{cp}] = 0,6[\sigma_p]$, [3,]

$[\tau_{cp}] = 96 \text{ МПа}$, отже $\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}]$, що задовольняє умові міцності.

Від дій сили P виникають напруги зрізу й зминання по довжині l (рисунок 2.3).

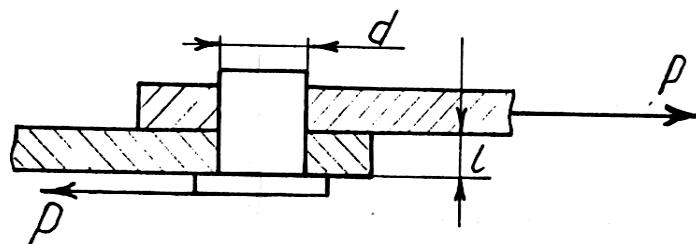


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема зминання – зрізу

Працездатність осі визначаємо за умовою міцності на зріз і зминання:

$$\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}], \quad \tau'_{cm} \leq [\tau_m].$$

Матеріал осі Ст 3, для якої $[\tau'_{cp}] = 50 \text{ МПа}$, $[\tau'_{cm}] = 135 \text{ МПа}$, [3].

Напруга зрізу в стержні осі визначається по формулі:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{2 \frac{\pi d^2}{4}}, \quad (2.3)$$

де P – сила тяги на одну крапку приєднання, Н;

d – діаметр стрижня, м.

$$\tau_{cp} = \frac{10000}{2 \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4}} = 7,14 \text{ МПа.}$$

$\tau'_{cp} \leq [\tau_{cp}]$ – умови міцності виконуються.

Розрахунки нарізного сполучення здійснюється для драбини (М12 -гайка) кріплення підшипникової опори. При затягуванні гайки, до стандартного ключа ($l = 0,2$ м) прикладається сила $P_p = 250$ Н. У цьому випадку стержень розтягується осьюовою силою F і закручується моментом сил тертя в нарізному сполученні - T_p , який після закінчення затягування продовжує діяти на стержень (Рис. 5.4).

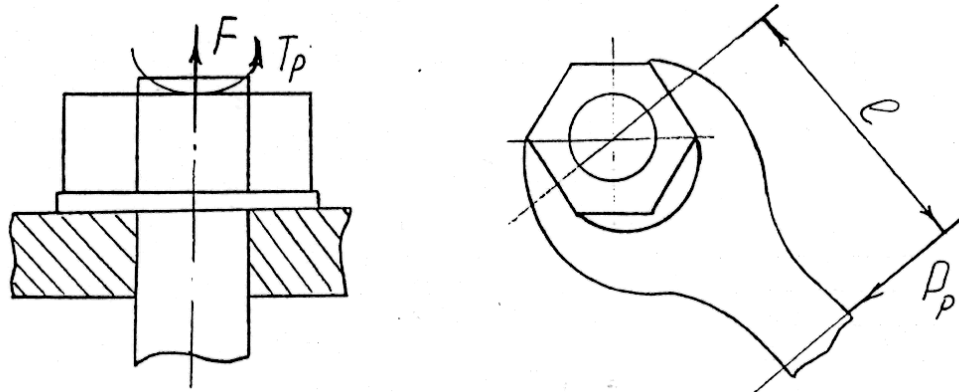


Рисунок 2.4 - Схема до розрахунків нарізного сполучення

Параметри нарізного сполучення:

$d_m = 0,0206$ м – середній діаметр опорної поверхні гайки;

$d_p = 0,010$ м – внутрішній діаметр різьби;

$\beta = 3^\circ 12'$ кут підйому різьби;

$\alpha = 60^\circ$ – кут профілю різьби;

$\varphi' = 10^\circ 91'$ - наведений кут тертя в різьбі;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя в різьбі і на торці гайки;

$d_2 = 0,011$ м – середній діаметр різьби.

Працездатність нарізного сполучення визначаємо умовою міцності:

$$\sigma_{екв} \leq [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p]$ - допустиме напруження розриву, МПа

$$[\sigma_p] = 0,6 \sigma_T;$$

σ_T - межа міцності, плинності для Сталі 40Х, МПа, $\sigma_T = 784$ МПа;

$$[\sigma_p] = 0,6 \cdot 784 = 470 \text{ МПа}, [3]$$

Нормальна напруга в перетині стрижня визначаємо по формулі:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_p^2} \quad (2.6)$$

де F – осьова сила, Н

$$F = \frac{M_3}{\frac{d_2}{2} [tg(\beta + \varphi) + f \frac{d_m}{d_2}]}, \quad (2.7)$$

$$M_3 = P_p \cdot l, \quad (2.8)$$

$$M_3 = 250 \cdot 0,2 = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F = \frac{50}{\frac{0,010}{2} [tg(3,72 + 10,91) + 0,15(\frac{0,0206}{0,0110})]} = 18181 \text{ Н}$$

$$\sigma = \frac{4 \cdot 1818}{3,14 \cdot 0,010^2} = 231 \text{ МПа}$$

Дотичне напруження в стержні визначаємо по формулі:

$$\tau = \frac{0,5F \cdot d_2 \cdot tg(\beta + \varphi)}{0,2d_p^3}, \quad (2.9)$$

$$\tau = \frac{0,5 \cdot 18181 \cdot 0,011 \cdot \operatorname{tg}(3,72 + 10,91)}{0,2 \cdot 0,01^3} = 131 \text{ МПа}$$

Еквівалентна напруга складе:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \quad (2.10)$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{231^2 + 4 \cdot 131^2} = 349 \text{ МПа}$$

$\sigma_{\text{экв}} \leq [\sigma_p]$; (349 < 470 МПа), що задовольняє умові міцності Сталі 40Х,

Сталі 45Х.

Приймаємо для гарантії Сталь 45Х.

До труби 100-6 ДСТУ-8639-79 при дії сили $F = S_1 = 8,414 \text{ кН}$.

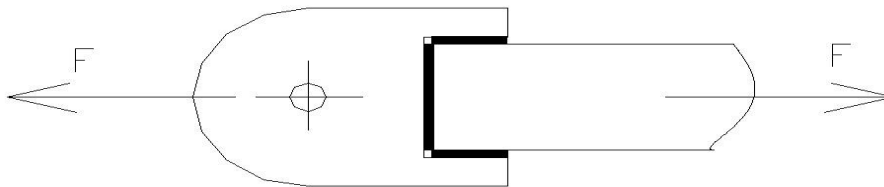


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема

Вибираємо матеріал деталей, що з'єднуються:

Сталь Ст 3. Вид зварювання – ручна дугова електродами Э 42.

Знаходимо для сталі Ст 3 допустиму напругу:

$$[\delta_p] = 160 \text{ МПа і } [\delta_p'] = 0,9 \times 160 = 144 \text{ МПа}$$

Площа поперечного перерізу труби

$$A = 22,13 \text{ см}^2.$$

Допустима напруга у звареному шві при зрізі

$$[\tau'] = 0,6 [\delta_p] = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа}$$

З рівняння напруги при зрізі в небезпечному перерізі

$$\tau = F / (0,7kl) \leq [\tau'],$$

де k – катет шва, м.,

l – довжина шва, м.;

Одержуємо що:

$$l = F / 0,7 \sigma_o * [\tau'] = 8,414 * 103 / 0,7 * 5 * 10^{-3} * 96 * 106 = 0,025 \text{ м.} = 25 \text{ мм.}$$

Довжину лобового шва приймемо $L = l = 100 \text{ мм.}$, а у флангових швів $L_{\phi} = 30 \text{ мм.}$

Розділ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Правила безпеки праці при роботі на зернозбиральному комбайні

Загальні вимоги

- Працювати лише особам, які пройшли інструктаж, навчання та мають допуск.
- Ознайомитись з експлуатаційною документацією та аварійними процедурами комбайна.
- Не допускати до роботи осіб без відповідного одягу або дітей на робочій території.

Особисті засоби захисту (ЗІЗ)

- Закрите взуття зі сталевим носком, щільний спецодяг без вільних частин, рукавиці, захисні окуляри.
- Протимасочні або респіратори при пилових роботах; слухозахисні засоби при тривалій роботі.
- Використовувати засоби захисту від падіння при роботах на висоті (лягушки, пояси).

Підготовка до роботи

- Перевірити технічний стан: гальма, рульове, шини, світлотехніка, система пожежогасіння, огороження робочих органів, рівні робочих і гідравлічних рідин.
- Усунути пошкодження, протікання, незакріплені деталі; перевірити кріплення захисних кожухів і заслінок.
- Переконавшись в наявності аптечки, вогнегасника, вогнегасних засобів, засобів зв'язку.
- Очистити від сторонніх предметів робочу зону (каміння, дроти, залишки соломи).

Запуск і робота

- Запускати двигун тільки з кабіни або з місця оператора; не залишати комбайн із працюючим двигуном без нагляду.
- Перед виїздом з місця паркування опустити всі робочі органи; користуватися стоянковим гальмом.
- Дотримуватись рекомендованих обертів двигуна та режимів роботи; не перевантажувати бункер і молотильний апарат.
- Не підходити до працюючих робочих органів; не ставати на рухомі стрічки, вали, молотильні барабани.
- Не знімати й не відкривати захисні кожухи під час роботи; зупинити двигун і відключити запалювання перед доступом до вузлів.

Робота під час обслуговування і очищення

- Перед будь-яким обслуговуванням зупинити двигун, вивести важелі в нейтральне положення, вимкнути акумулятор (замкнути контакт) або застосувати LOTO (lockout-tagout).
- Дочекатися повної зупинки всіх рухомих частин і охолодження вузлів.
- Використовувати підпірки/опори при підйомі загорожених вузлів; не спиратися на гідроопори.
- Очищати скидальні отвори, решета, охолоджувальні радіатори та інші місця за допомогою спеціальних інструментів; не використовувати руки при обертанні валів.
- При роботі з гострими або важкими деталями — одягати рукавиці, захисні окуляри і застосовувати підйомні пристрої.

Заправка та експлуатація паливної системи

- Заправляти двигун лише при вимкненому й охолоджену двигуні на відстані від джерел вогню.
- Не палити під час заправки; застосовувати заземлення при перекачуванні палива.
- Зберігати паливо у сертифікованій тарі, у вентиляційованих приміщеннях, окремо від джерел тепла.

Пожежна безпека

- Регулярно очищати агрегат від пилу, солом'яних та масляних нальотів — джерел займання.
- Мати справний вогнегасник в кабіні і на агрегаті; знати місця встановлення.
- При загорянні — негайно зупинити двигун, відключити акумулятор, евакуювати персонал і використовувати первинні засоби пожежогасіння; викликати пожежну службу.

Робота в полі та транспортування

- Дотримуватись безпечної швидкості руху, особливо на ухилах і при поворотах; уникати перевантаження бункера при підйомі або на спусках.
- Уникати роботи поблизу відкритих каналів, крутих берегів і нестабільного ґрунту; тримати відстань від ліній електропередач.
- При русі по дорогах позначати комбайн сигналами, освітленням і повільним знаком; дотримуватись правил дорожнього руху.

Електробезпека

- Перед роботою перевірити кабелі, ізоляцію і контакти електрообладнання; не працювати при виявлених пошкодженнях.
- Не працювати з електричними компонентами під час дощу без відповідного захисту; уникати контакту з мокрими частинами.

Працювати з причепами та вантаженням

- При навантаженні зерна переконатися в правильному закріпленні шлейфів, шлюзів і з'єднань; уникати перевантаження транспортних засобів.
- Забезпечити безпечні підходи й зони для вантажників; не дозволяти перебувати людям у зоні завантаження.

Аварійні ситуації та перша допомога

- Мати план дій при аваріях: зупинка агрегату, евакуація, повідомлення відповідальних осіб і швидкої допомоги.
- Надати невідкладну допомогу при травмах; забезпечити на робочому місці аптечку та навченого співробітника.

- Фіксувати інциденти та проводити розслідування для запобігання повторенню.

Технічне обслуговування і ремонти

- Виконувати технічне обслуговування згідно з регламентом виробника; записувати роботи в журнал ТО.
- Замінювати зношені деталі та кріплення, використовувати оригінальні або рекомендовані запчастини.
- Забороняється самовільно модифікувати системи без технічного обґрунтування і випробувань.

Навчання та документація

- Проводити регулярні інструктажі з охорони праці, практичні тренування з аварійних ситуацій і пожежогасіння.
- Забезпечити доступність експлуатаційної документації, інструкцій з безпеки і журналу ТО для всього персоналу.

Окремі обмеження

- Заборонено працювати в стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння.
- Заборонено залазити під підняті частини без надійних підпор та блокувань.

Контроль та відповідальність

- Відповідальний керівник робіт повинен перевіряти виконання правил безпеки, вести облік інструктажів і допусків.
- Порушення правил безпеки тягне дисциплінарну або адміністративну відповідальність згідно з чинним законодавством.

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Економічне обґрунтування ефективності комплексної механізації і передової технології вирощування й збирання озимої пшениці виконуємо на основі порівняння проектного варіанта і базового.

В проектованому варіанті застосування високопродуктивних збиральних машин дозволяє підвищити рівень механізації, а також використовувати не зернову частину врожаю для підвищення родючості ґрунтів і для використання у тваринництві при закладці силосних культур, як додаткова продукція рослинництва за рахунок її реального використання.

Високий зріз при скошуванні у валок ($HЧВ=0,77$) і розкидання по полю, по стерньовому фоні подрібненої не зернової частини, дозволяє одержати поліпшення структури ґрунту і знизити загальні витрати на добрива до 30% у наступному виробничому циклі.

Збір подрібненої НЧВ у візки безпосередньо під час збирання з під подрібнювача і доставка на ферму для пошарової закладки в силосуємі культури, підвищує рівень механізації праці за рахунок зниження перевалок і при цьому половина НЧВ використовується як кормовий ресурс, збагачений соком зелених культур при укладанні в траншею. Причому НЧВ оцінюється як додатковий біологічний продукт урожаю в біотехнології силосування культур.

Таблиця 4.1- Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий комбайн	Модернізований
Продуктивність, га/год	3,14	3,14
Питомі витрати палива, кг/га	14,1	12,7
Вартість подрібнювача, грн	30000	31000

Результати розрахунку економічної ефективності модернізації комбайна зведемо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2- Основні економічні показники проекту

Назва показників	Комбайни		Відхилення, +,-
	базовий	модернізований	
1. Балансова вартість, грн.	30000	31000	1000
2. Продуктивність, га/год.	3,14	3,14	0,15
3. Затрати праці, люд.год./га	3,9	3,9	0
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн.:			
всього	25245	23025	- 2220
на 1 га	168,3	153,5	- 36,41
5. Річний економічний ефект, грн.		2235	
6. Строк окупності витрат на модернізацію комбайна, років		0,45	

Таким чином, запропоновані в дипломному проекті конструктивні зміни подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500 дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 2235 грн., а затрати на модернізацію комбайна окупляться протягом одного року експлуатації. Крім того розкидання якісно подрібненої соломи дасть змогу знизити загальні витрати на добрива до 30% у наступному виробничому циклі.

ВИСНОВКИ

1. Конкуентоспроможність і виживання сільгоспвиробників в умовах економічного спаду в господарстві залежить від вдосконалення маловитратних технологій обробітку озимої пшениці і безвідходного використання його всього біологічного урожаю, як кормового ресурсу в замкнутому циклі виробництва тваринницької продукції, що має стійкий і стабільний попит па споживчому ринку.

2. У посушливий сезон в умовах граничного виснаження ґрунту і високого питомого опору (більше 50 кН/м), з урахуванням зарубіжного і вітчизняного досвіду необхідно застосовувати перспективні способи і засоби виконання виробничих процесів обробки ґрунту, посіву, збирання врожаю.

3. Внесення подрібненої соломи дозволяє понизити витрати на добрива до 30% під урожай наступного року і зберегти екологію.

4. Використання широких жаток на збиранні врожаю, дозволяє раціонально завантажити високопродуктивний комбайн Дон-1500Б, понизити витрати енергії на ходове завантаження на 44%, а використовувати її на подрібнення НЧВ.

5. Розроблена технологія на основі вдосконалення способів і засобів обробітку озимої пшениці, раціональна обробка ґрунтів і посівів, збирання усього біологічного врожаю, подрібнення, збору і укладання незернової частини на корм, дозволяє понизити собівартість отриманої продукції, а приведені витрати проектного варіанту технології склали 90% до базового.

6. Розроблена вдосконалена технологія обробітку озимої пшениці дозволяє істотно понизити витрати при врожайності 3,55 т/га, крім того понизити експлуатаційні витрати та витрати палива.

7. Рекомендовані класи мобільної техніки дозволяють виконувати усі види сільськогосподарських робіт відповідно до структури і об'ємів посівних площ.

8. Запропоновані в дипломному проекті конструктивні зміни подрібнювача соломи комбайна ДОН-1500 дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 2235 грн., а затрати на модернізацію комбайна окупляться протягом одного року експлуатації. Крім того розкидання якісно подрібненої соломи дасть змогу знизити загальні витрати на добрива до 30% у наступному виробничому циклі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – Підручник. 2-е вид. – К.: Каравела, 2008. – 552с.
2. Гревцов В.Д., Афанасьєв Є.С. та ін. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
 3. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с.
 4. Зінченко О.І. Рослинництво. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
 5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімот та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
 6. Кулик М.Ф., Gracey A. Вдосконалення технологій збирання та зберігання зернових культур. – Wilmington.: “WGCC”, 1996. – 240 с.
 7. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
 8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему: “Визначення структури машинно-тракторного парку та планування його роботи”. – К.: НАУ, 2001. – 50 с.
 9. Методичні рекомендації щодо виконання дипломного проекту зі спеціальності 5.091902 «Механізація сільського господарства». – Немішаєво: НМЦ, 2006.- 148с.
 10. Методичні вказівки по організаційно-економічному обґрунтуванню інженерних рішень в дипломних проектах по вдосконаленню сільськогосподарської техніки. І.Й.Табенський, О.П.Недбалю, С.Г. Кафлевська, В.Ф.Цвігун. – Вінниця, 2001. – 16 с.
 11. Типові норми виробітку, витрати палива на механізовані польові роботи в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1987. – 416 с.
 12. Целинский В.П. Охорона праці в рослинництві. – К.: Урожай, 1991. – 80 с.