

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сіськогосподарських машин
(назва кафедри)
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

_____ Гуменюк Ю.О. _____
(підпис) (ПІБ)

«___» _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

**на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСНИКА ГРУБОГО ВОРОХУ»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

(підпис)

Сівак І.М.

Керівник дипломного проекту

к.т.н., доц.

(підпис)

Гуменюк Ю.О.

Виконав

(підпис)

Широков О.В.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко–технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

К.Т.Н., доц. Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
«20» грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Широкову Олексію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра «Підвищення ефективності роботи зернозбирального комбайна шляхом удосконалення очисника грубого вороху»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Нормативно-технічні документи, інструкції з експлуатації комбайна, ширина захвату жатки – 5,2...6,0м, пропускна здатність – 9кг/с, наукова література; матеріали з мережі інтернет

Перелік питань, котрі потрібно розробити:

1. Огляд характеристик зернових культур як об'єкта збирання.
2. Способи збирання зернових культур.
3. Огляд технічних засобів збирання зернових культур.
4. Обґрунтування конструкції та розрахунок параметрів удосконаленого очисника грубого вороху.
5. Заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.
6. Огляд виробничої діяльності господарства.
7. Техніко-економічна оцінка ефективності використання удосконаленої машини.

Перелік графічних документів: 1. Конструктивні схеми існуючих очисників грубого вороху; 2. Функціональна схема удосконаленого очисника грубого вороху; 3. Складальне креслення кулачкового солоотрясу; 4. Складальне креслення кулачкового валу; 5. Заходи з охорони праці; 6. Складальне креслення кулачка очисника; 7. Деталювання кулачка очисника грубого вороху; 8. Техніко-економічні показники удосконаленої машини.

Дата видачі завдання «20» грудня 2024 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Гуменюк Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Широков О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 87 аркушів розрахунково-пояснювальної записки, 6 листів графічної частини формату А1 та 11 аркушів додатків.

В роботі проведено аналіз існуючих технологій збирання зернових культур, здійснено огляд технічних засобів для її реалізації, а також проаналізовано конструкції очисників грубого вороху сучасних зернозбиральних комбайнів. На основі цього аналізу обґрунтовано технологічний процес та конструктивну схему удосконаленого очисника грубого вороху для зернозбирального комбайна.

Розраховано основні конструкційні та технологічні параметри нового очисника та розглянуто заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища при використанні удосконаленої машини.

Обґрунтовано техніко-економічну ефективність запропонованої конструкції очисника грубого вороху, згідно до якої очікуваний річний економічний ефект від впровадження розробки складе 232347,13 грн.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, зернові культури, очисник грубого вороху, параметри, режими роботи, удосконалення, ефективність.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Широков					3	87
Перевір.		Гуменюк						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.						AI-2204 СТ		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР І СПОСОБИ ЇХ ЗБИРАННЯ.....	7
1.1 Характеристики зернових культур.....	7
1.2 Способи збирання зернових культур.....	9
2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	12
2.1. Будова та процес роботи зернозбирального комбайна.....	12
2.2. Основні передумови щодо розробки та удосконалення конструкцій зернозбиральних машин.....	21
2.3. Класифікація зернозбиральних комбайнів.....	24
2.4. Агротехнічні вимоги до процесу збирання зернових культур.....	27
2.5. Огляд конструктивних схем очисників грубого вороху.....	28
2.6. Основні напрями розвитку молотильно-сепарувальних пристроїв.....	37
2.7. Огляд конструкції прототипу зернозбирального комбайна, обраного для удосконалення.....	40
3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ, ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО ОЧИСНИКА ГРУБОГО ВОРОХУ.....	51
3.1. Обґрунтування доцільності використання удосконаленого очисника грубого вороху у конструктивну схему зернозбирального комбайна.....	51
3.2. Розрахунок параметрів молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна.....	52
3.3. Розрахунок основних параметрів удосконаленої системи очистки грубого вороху.....	61
4. ЗАХОДИ З ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	68
4.1 Загальний стан охорони праці в господарстві.....	68
4.2 Аналіз виробничих небезпек та причин їх виникнення.....	72
4.3. Вимоги до збирання зернових, зернобобових та круп'яних культур.....	74
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИКА ГРУБОГО ВОРОХУ.....	79
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
ДОДАТКИ.....

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ					
Розроб.	Широков							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк							4	8	87
Реценз.								АІ-2204 СТ		
Н. Контр.										
Затверд.										

ВСТУП

Зернові культури, які набули поширення майже на свій Земній кулі та вирощуються в нашій країні вважаються стратегічними. З початком російської агресії посівні площі в Україні, зайняті зерновими культурами зменшились на 26% і наразі складають близько 11,5 млн. га. [1]. Згідно даних Державної служби статистики України, озима пшениця, як найбільш високоврожайна культура, займає найбільші площі серед зернових, при чому у лісостеповій та степовій зонах їх зосереджено до 90%.

Вирощування, збирання і переробка зернових культур має на меті отримання якісних продуктів для харчування людей, згодовування худобі та використання у вигляді сировини для промислової переробки. Проте, навіть попри досить високий рівень рентабельності зернового господарства все ще існують проблеми процесу механізованого збирання зернових культур.

При збиранні зернових культур використовуються самохідні зернозбиральні комбайни, які при правильній підготовці і налаштуванні здатні забезпечити високу якість збирання врожаю. Згідно агротехнічних вимог до збирання врожаю зернових культур, втрати за підбирачем чи жаткою не повинні перевищувати 0,5% при збиранні прямостоячих рослин і 1,5% полеглих рослин. При підборі валків втрати зерна не повинні перевищувати 1%, а загальні втрати зерна через недомолот складати не більше 1,5% [26].

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Широков				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк					5	87
Реценз.					AI-2204 СТ		
Н. Контр.							
Затверд.							

Поряд з втратами зерна за жаткою і молотаркою, втрати спостерігаються і в процесі очищення грубого вороху. В значній мірі вони обумовлені недосконалістю конструктивних схем існуючих очисників грубого вороху та нездатністю їх адаптовуватись до умов роботи. Тому метою дипломного проєкту є удосконалення конструкції самохідного зернозбирального комбайна з «класичною» схемою молотильно-сепарувального пристрою шляхом розробки компоновальної схеми сепаратора грубого вороху. Це, в свою чергу, обумовить зниження втрат вільного зерна та підвищить ефективність використання технічних засобів при збирання зернових культур.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Для пшениці, оптимальною вважається кількість стебел на 1 м² на рівні 550 – 600 рослин. Рівень урожайності при цьому буде становити 70 – 80 ц/га. [23]. Згідно агрономог, для комбайнового збирання кількість стебел повинна становити не менше 250шт.

Урожайність пшениці у різних ґрунтово-кліматичних зонах теж може суттєво варіюватись. Так за науково-обґрунтованого використання технологічних матеріалів та прийомів вирощування урожайність пшениці можна сягати 250 ц/га. У 2024 році середня урожайність в Україні становила близько 45ц/га, тоді як в Казахстані - від 9 до 11ц/га.

Співвідношення маси зерна до маси незернової частини урожаю має винятково важливе значення для процесу завантаження комбайна хлібною масою. Це співвідношення, як правило, становить 1:1,5 – 1:2, а для окремих сортів - 1:0,8. Відношення довжини стебла до його діаметра складає приблизно 300...400 одиниць, а міцність стебла на розрив прирівнюється до міцності сталі і дорівнює 15...20кг/мм².

Процес збирання зернових культур полягає у виділенні зерна, яке формується в колосі чи волоті і оскільки міцність зв'язку зерна з колосом становить від 3 до 160г на 1 см довжини, відокремити зерно від колоса чи волоті досить непросто. Цей показник залежить від сорту та вологості культури. При значенні вологості колоса 9,2%, сила зв'язку зерна є вдвічі більшою, ніж за вологості 6,4%. Таким чином, особливості відокремлення зерна від колоса, колоса від стебла та стебла від кореня висуває певні вимоги до операцій механізованого збирання урожаю, а також до технічних засобів, які при цьому використовуються.

Початок та тривалість збиральних робіт напряму залежать від ступеня стиглості зерна в колосі чи волоті та його вологості. Зерна пшениці, ячменю та жита швидше дозрівають в середній частині колоса. Причому це зерно є найбільш повноцінним. Так, маса 1000 насінин середньої частини колосків озимої пшениці становить 45,5 - 48,9г, маса нижніх - 42,3 - 46,9г, тоді як верхні важать 28,9 - 34,5 г. На відміну від пшениці, зерна проса швидше дозрівають у верхній частині волоті.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		8

Розуміння особливостей дозрівання різних культур вимагають від хлібороба пошуку «золотої середини», оскільки раннє збирання – це зазвичай неповноцінний урожай, пізнє збирання - великі втрати. Так втрати озимої пшениці після 4 - 7 днів по досягненню повної стиглості можуть становити до 4%, а через 17 - 20 днів ці втрати збільшуються у 4 рази, до 27%. Через «розтягнуті» терміни збирання істотні втрати врожаю відбуваються також за рахунок вилягання хлібів, обламування колосків, обсіпання або проростання зерна у колосі чи волоті. З вищезазначених причини зернові культури рекомендовано зібрати протягом 8 - 10 днів.

Суттєві ускладнення процесу збирання врожаю створює забур'яненість полів, оскільки під час збирання зернові злаки мають вологість у межах 14%, а вологість бур'яну близько 70%. Водночас насіння бур'янів у цей період здебільшого зріле і, під час збирання основної культури, разом із зерном потрапляє у бункер комбайна. Потрапляння вологих стебел бур'яну на робочі органи збиральних машин значно ускладнює їх роботу, а наявність насіння бур'яну у зерновій масі – знижує його якість і у подальшому потребує додаткових очисних операцій. Тому в період вирощування культурних рослин значна увага приділяється боротьбі з бур'янами.

1.2. Способи збирання зернових культур

Щодо способів збирання збіжжя, то зернові культури збираються некомбайновим і комбайновим способами.

Особливістю *некомбайнового* способу полягає у тому, що хлібну масу після скошування транспортують на стаціонар, де здійснюється її обмолот та очищення (розділення маси на зернову і незернову частини).

Комбайновий спосіб поділяється на два види і може бути однофазним (або пряме комбайнування) і двофазним - роздільне комбайнування. Роздільне комбайнування передбачає підбирання валків та їх обмолот. За такого способу збирання можливим є транспортування скошеної маси на стаціонар з подальшим обробленням зерна за допомогою стаціонарних машина післязбиральної обробки

Зерно.					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

За прямого комбайнування процес збирання передбачає: зрізання стебел, обмолочування хлібної маси, відокремлення зерна від соломи, очищення зерна від домішок і транспортування продуктів обмолоту у бункер. Незернову частину врожаю (солома, полова, збоїна) укладається у валок на полі або подрібнюється і розкидається по полю. Всі вищезазначені операції самохідний комбайн виконує єдиному у безперервному процесі.

Способом прямого комбайнування збирають зернові культури з підсіяними багаторічними травами, низькорослі зернові (висотою до 50 см), зріджені (кількість рослин на 1 м² не перевищує 280 рослин) та перестоялі хліби, а також зернові з рівномірним досяганням та малозабур'янені.

Комбайн для однофазного способу збирання комплектується жаткою шириною захвату від 6 до 12м і виконує усі технологічні операції збирання у єдиному безперервному потоці.

При двофазному (роздільному) способі збір урожаю починають на 5 - 10 днів раніше, ніж при однофазному. Рослинну масу спочатку зрізують за допомогою причіпних або начіпних жаток-валкоутворювачів та укладають у валки для підсихання і досягання, при чому у зонах підвищеної вологості формують тонкі широкі валки, а в сухих кліматичних зонах - товсті неширокі валки з кутом похилу стебел 10 - 30° до поздовжньої осі валка. Через 3-5 днів стебла у валках підсихають, а бур'яни в'януть. Далі валки підбирають за допомогою комбайна, обладнаного підбирачем. Подальший процес (обмолочування, очищення, транспортування) відбувається аналогічно як і при однофазному збиранні.

Роздільним комбайнуванням збирають забур'янені і нерівномірно-стигли, хліби, а також посіви висотою менше 60 см і густотою, яка не перевищує 300 – 350 рослин на 1м².

У валкових жатках висоту зрізу хлібної маси встановлюють на рівні 12...25см (для жита 25...30см). Полеглі хліби скошують на мінімально можливій висоті. Недоліками роздільного комбайнування є зростання експлуатаційних витрат за рахунок подвійного руху збиральної машини по полю та пов'язане з цим переущільнення ґрунту.

					Арк.
					10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ

Некомбайновий спосіб збирання зернових культур передбачає скошування маси і її транспортування на стаціонар, де вона обмолочується і розділяється на зернову і незернову частини врожаю.

Щодо способів збирання незернової частини врожаю, то при прямому і роздільному комбайнуванні вони також різні: з утворенням копиць об'ємом 9...20м³ (майже не використовується), утворенням валків і потоковий спосіб.

У першому випадку комбайн обладнано копнувачем, у другому - валкоутворювачем, а в третьому - подрібнювачем та пристроєм для розкидання подрібненої соломи.

Як зазначалось вище, при копицевій технології використовують комбайни обладнані копнувачем та технічні засоби для збирання соломи: волокуші, навантажувачі, копицевози та універсальні скиртувальні агрегати. Основними недоліками даної технології є застосування додаткових засобів механізації та пов'язане з цим збільшення тривалості процесу збирання врожаю. Крім того, при застосуванні навантажувачів або волокуш майже повністю втрачається полова, яка є найбільш цінною частиною соломи. Наявність вищезазначених недоліків та відсутність технічних засобів для реалізації копицевої технології збирання соломи стало причиною того, що ця технологія не набула широкого застосування у господарствах [3].

При валковій технології використовують комбайни з валкоутворювачами і машин для підбирання валків: прес-підбирачі (рулонні або пакові), обмотувальники, тощо. Після них працюють підбирачі тюків (паків) або рулонів, обмотувальники, що транспортують спресовану солому до місця її зберігання.

Потокова технологія передбачає використання комбайнів, обладнаних подрібнювачами, які подрібнену солому розкидають по поверхні поля.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

2.1. Будова та процес роботи зернозбирального комбайна

Зернозбиральний комбайн призначений для збирання зернових колосових (пшениця, жито, ячмінь), зернових неколосових (овес, рис), зернобобових (соя, горох, нут, сочевиця), круп'яних (гречка, просо) прямим і роздільним комбайнуванням. Для збирання кукурудзи на зерно, соняшнику, насінників трав і насінників цукрових буряків комбайн обладнається спеціальними пристроями. В залежності від технології збирання незернової частини врожаю сучасні комбайни комплектуються подрібнювачем і капотом. На рисунку 2.1 подано загальний вигляд зернозбирального комбайна з «класичним» молотильно-сепарувальним пристроєм.

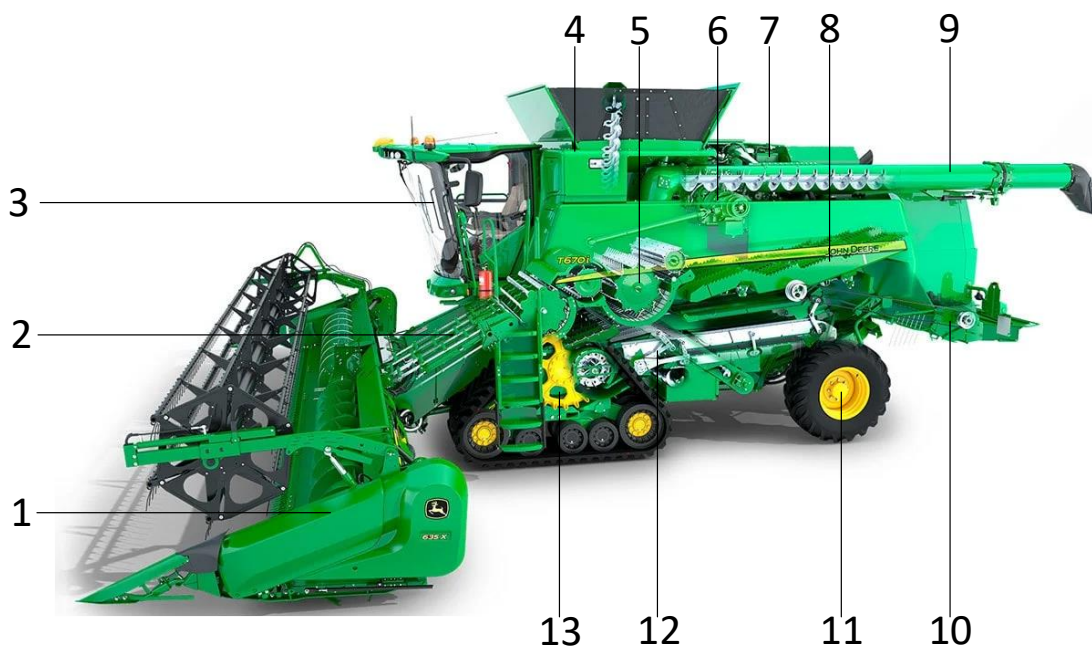


Рис 2.1 Загальний вигляд зернозбирального комбайна:

1 – жатна частина; 2 – похила камера; 3 – кабіна з органами керування; 4 – зерновий бункер; 5 – молотарка; 6 – двигун; 7 – трансмісія; 8 – соломотряс; 9 – вивантажувальний шнек; 10 – подрібнювач незернової частини урожаю; 11, 13 – ходова частина; 12 – пристрій для очищення зернового вороху

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 2					
Розроб.	Широков							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк								12	87
Реценз.								AI-2204 СТ		
Н. Контр.										
Затверд.										

Основними вузлами самохідного зернозбирального комбайна є: жатна частина 1, молотарка 5, сепарувальний пристрій для відділення зерна від соломи (соломотряс) 8, пристрій для очищення зернового вороху 12, зерновий бункер 4 з вивантажувальним шнеком 9; подрібнювач незернової частини урожаю 10, двигун 6, ходової частини 11, 13 та кабіна 3 з органами керування.

Технологічна схема комбайна класичної компоновки представлена на рис.2.2.

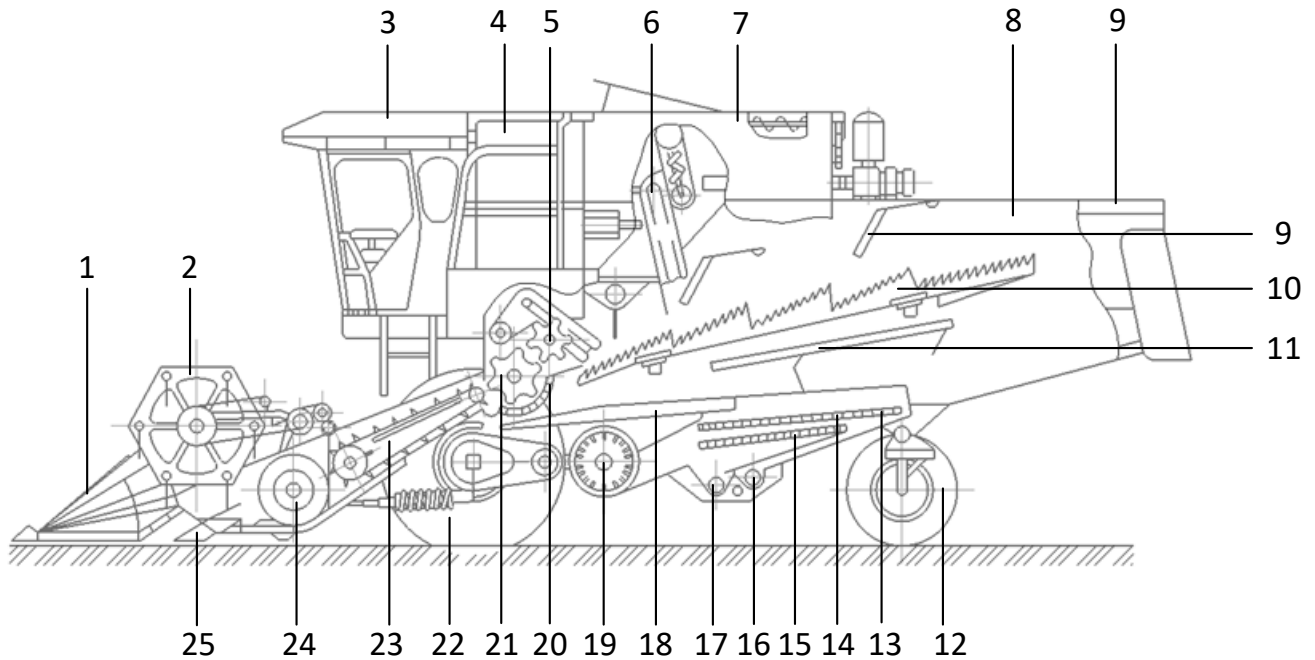


Рис. 2.2. Технологічна схема комбайна класичної компоновки:

1 - подільник; 2 - мотовило; 3 – кабіна з органами керування; 4 - двигун; 5 – відбійний бітер; 6 – зерновий елеватор; 7 - зерновий бункер; 8 – камера соломотряса; 9 – капот; 10 – клавішний соломотряс; 11 – скатна дошка; 12 – задні керовані колеса; 13 – подовжувач верхнього решета; 14 – верхнє решето; 15 – нижнє решето; 16 – колосовий шнек; 17 – зерновий шнек; 18 – стрясна дошка; 19 – вентилятор системи очищення; 20 – підбарабання; 21 – молотильний барабан; 22 – передні ведучі колеса; 23 – транспортер похилої камери; 24 – шнек жатки; 25 – різальний апарат

Два пасивних подільника 1, ексцентрикове мотовило 2, сегментно-пальцевий різальний апарат 25 та шнек 24 змонтовані на корпусі жатки, а плаваючий

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

транспортер 23 розміщений у похилій камері. Жатка з похилою камерою утворюють жатну частину комбайна.

В свою чергу молотильно-сепарувальний пристрій складається з молотильного барабана 21 з підбарабанням, відбійного бітера 5, клавішного соломотряса 10, транспортної (стрясної дошки) 18, решітного стану сформованого верхнім 14 і нижнім 15 решетами, вентилятора 19 та шнекових транспортерів 16 і 17.

При русі комбайна по полю, подільники розділяють смугу хлібостою на ширину захвату жатки, мотовило підводить хлібну масу до різального апарату і підтримує її під час зрізання. Після зрізання маси різальним апаратом, мотовило вкладає стебела на шнек, який зміщує їх з «периферії» жатки до її центральної частини, після чого, за допомогою пальцевого механізму шнека, стебла спрямовуються до транспортера похилої камери, а далі – у камеру молотильно-сепарувального пристрою. Хлібна маса, потрапляючи у зазор між бильним барабаном і решітчастим підбарабанням, піддається обмолочуванню. Грубий ворох (суміш соломи, полови, збоїни та вільного зерна), який виходить із молотильного зазору, спрямовується відбійним бітером на клавіші соломотряса, де залишкове зерно сепарується, а солома транспортується до подрібнювача.

Зерно, яке пройшло через підбарабання та виділилось на соломотрясі, спрямовується на транспортну (стрясну) дошку, з якої надходить на вітрорешетну очистку, де за рахунок коливань решітного стану і повітряного потоку, створеного вентилятором, очищається від легких домішок і необмолочених колосків. Очищене зерно зерновим шнеком спрямовується до зернового елеватора і далі до бункера, а необмолочені колоски - на повторний обмолот до молотильного апарату.

Описаний робочий процес зернозбирального комбайна є характерним як для вітчизняних, так і зарубіжних машин, тому таку компоновальну схему робочих органів самохідного комбайна називають класичною.

Комбайни моделі «Lexion» від компанії «Claas» виготовляються за вищезазначеною класичною схемою, але відрізняються наявністю барабана-прискорювача хлібної маси (система APS - Accelerated Pre-Separation), який встановлюється перед молотильним барабаном. Система APS прискорює потік

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

соломотряс. Завдяки такій компоновальній схемі молотарки і кінематиці процесу в зазорах між барабанами і підбарабанням опиняється тонкий шар хлібної маси та збільшуються відцентрові сили. Внаслідок цього хлібна маса проходить попереднє обмолочування та сепарується через підбарабання (з кутом обхвату 84°) барабана-прискорювача, а остаточно вимолочується і сепарується основним молотильним барабаном та його підбарабанням (з кутом обхвату 151°). Молотильний апарат з системою APS здатний сепарувати до 90% зерна, що в свою чергу дає змогу зменшити навантаження на соломотряс та в цілому підвищити пропускну здатність молотарки [12].

Практичний досвід комбайнового збирання свідчить про те, що лівова частина втрат зерна в комбайнах із класичними молотильно-сепарувальними пристроями відбуваються на соломотрясі, і особливо це помітно під час збирання високоврожайних, вологих і забур'янених зернових культур. Для підвищення ефективності сепарації грубого вороху та зменшення втрат зерна в комбайнах серії «Lexion» над клавішним соломотрясом встановлюється бітер з активними пальцями. Це система має назву Multi Separation System (MSS) і сприяє розпушуванню грубого вороху для покращення відділення з нього вільного зерна (рис. 2.4).

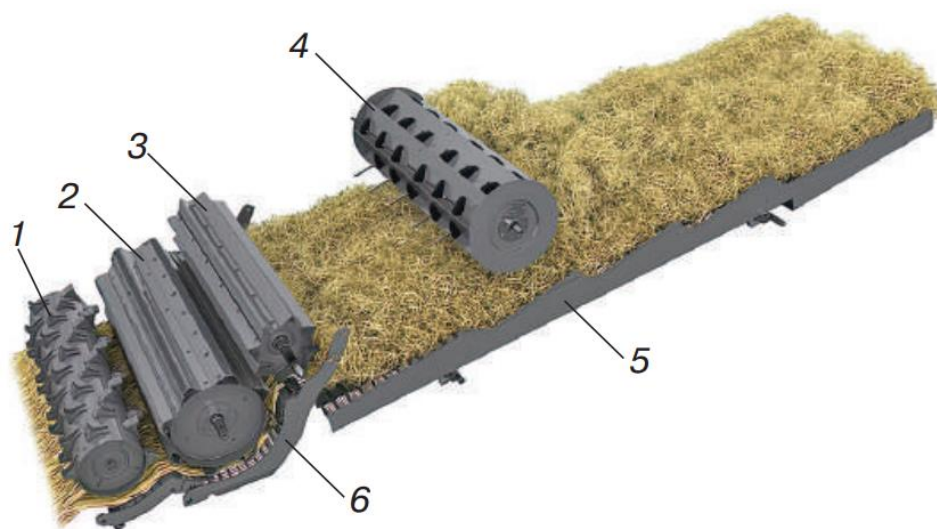


Рис. 2.4. Молотильно-сепарувальний пристрій комбайнів Claas Lexion із системами APS і MSS: 1 - прискорювальний барабан системи APS; 2 - молотильний барабан; 3 - відбійний бітер; 4 - бітер з активними пальцями (MSS); 5 - клавішний соломотряс; 6 - підбарабання

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		16

Кути нахилу пальців барабана MSS регулюють переміщенням регулювального важеля. При постійній роботі у важких умовах розпушування вороху привод барабана MSS комплектується понижувальним редуктором [12].

Еволюція розвитку конструкцій самохідних зернозбиральних комбайнів призвела до створення комбінованих схем молотильно-сепарувальних пристроїв (МСП), у яких процес обмолочення та основна сепарацію хлібної маси виконується молотильним барабаном, а сепарація грубого вороху - роторним сепаратором з осью (аксіальною) подачею. Такі компоновальні схеми використовуються на зернозбиральних комбайнах «Claas» серії «Lexion» моделей: «Lexion 570», «Lexion 580», «Lexion 600», «Lexion 700» та серії Tucano моделей: «Tucano 470», «Tucano 480»). Щодо інших виробників зернозбиральної техніки, машини яких обладнані комбінованим молотильно-сепарувальним пристроєм, найбільш відомими є комбайни John Deere моделі «С 670» та New Holland моделей «CS 6090 та «CSX 7080».

Комбайни Claas Lexion обладнують двома роторними сепараторами, які здійснюють обертання у протилежних напрямках. Частоту обертання роторів-сепараторів змінюють в межах 350...1010 об/хв в залежності від умов збирання, виду зернових культур і властивостей соломистої маси. Пропускна здатність комбайнів з комбінованим МСП може досягає 20 кг/с.

Процес роботи вищезазначених моделей комбайнів відбувається так: зрізана хлібна маса направляється транспортером похилої камери до барабана-прискорювача, який розганяє її, завдяки чому маса подається рівномірно без пульсацій в зазор між молотильним барабаном і підбарабанням. Ударні навантаження, які чинять біла барабана на колоски сприяють вимолочуванню зерна, значна частина якого разом з половиною проходить через решітчасту поверхню підбарабання, потрапляючи на стрясну дошку. Грубий ворох із залишками вільного зерна потрапляє під дію відбійного бітера, який подає їх до роторних соломотрясів. Тут грубий ворох інтенсивно перетирається, а вільне зерно з частинками соломи і колосків просипаються через отвори підбарабання роторних соломосепараторів на стрясну дошку.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для зміни площі сепарації роторних соломосепараторів, усі моделі комбайнів Claas Lexion оснащуються пластинчатими заслінками з гідравлічним приводом, які забезпечують ступінчасте зменшення відкритої площі сепарації.

Таким чином знижується навантаження на робочі органи роторного соломотряса при низькій вологості культури, а при підвищеній вологості - забезпечити більшу площу ефективної сепарації зерна. Після сепарації грубого вороху, солома від соломосепараторів надходить на подрібнення, після чого, за допомогою розкидних дисків, розподіляється по поверхні поля. Зерновий ворох стрясною дошкою спрямовується на решета для подальшого очищення. Таку ж гібридну схему компоновки МСП реалізована на комбайнах John Deere серії С та «Fendt» (рис. 2.5).

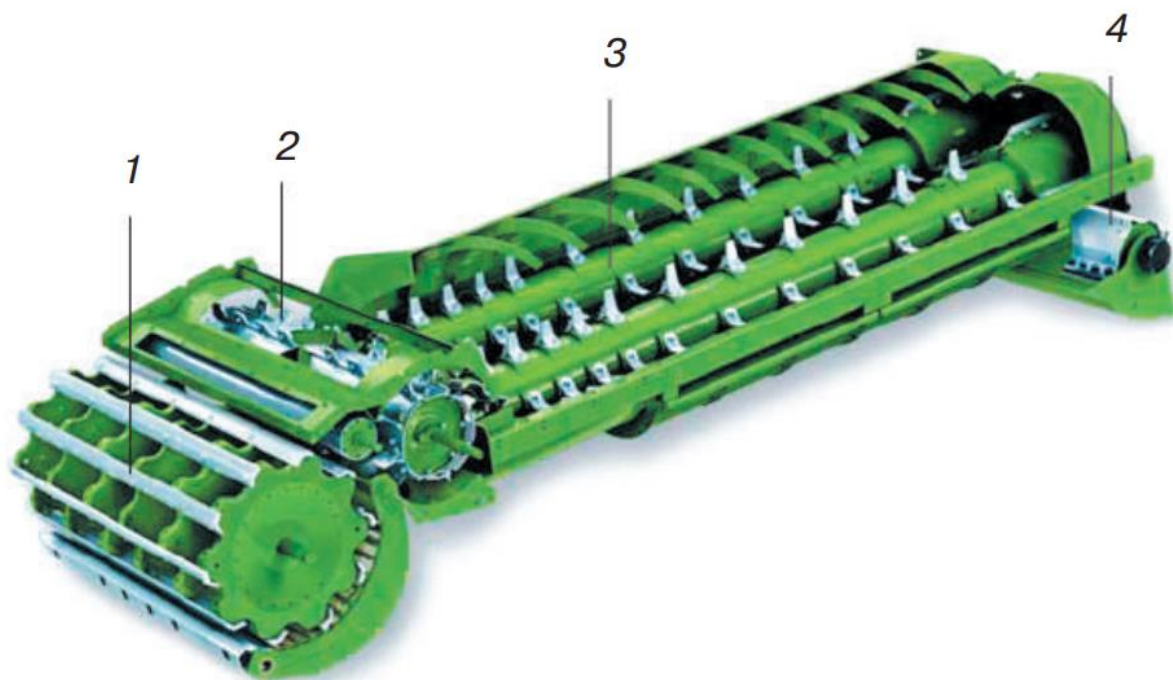


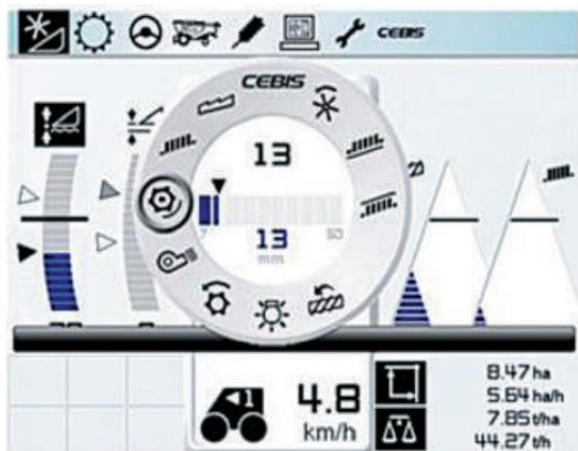
Рис. 2.5 Гібридний МСП комбайна John Deere серії С:

1 - молотильний барабан; 2 - ротаційний сепаратор; 3 - роторний соломотряс; 4 - подрібнювач соломи

У комбайнів «Claas» частоту обертання роторів соломотряса регулюють у діапазоні 350...1050 об/хв (незалежно від кількості обертів молотильного барабана) за допомогою системи SEBIS (рис. 2.6), яка поряд з можливістю швидкої зміни частоти обертання роторів (в залежності від умов збирання,

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		18

культури, властивостей грубого вороху), забезпечує оптимальну продуктивність машини.



а



б

Рис. 2.6 Система регулювання частоти обертання роторів CEBS від компанії «Claas»: а - монітор; б - варіатор приводу ротора

Порівнявши зернозбиральні комбайни з роторним та класичним типом МСП можна зробити висновок, що перевагою роторного типу є мінімальне (не більше 1%) травмування зерна та на рівні 1% втрати вільного зерна через недомолочування.

Недоліками комбайнів з роторним МСП є: підвищена витрата потужності на обмолочення, надмірне перетирання соломи, а на вологих і довгостеблових хлібах спостерігається скручування соломи в джгут, що призводить до зупинки ротора або відмови ротора приводу, потребує встановлення на комбайні продуктивнішої повітряно-решітної системи для очищення зерна. Але головним недоліком є енергоємність обмолоту зерна: комбайни, обладнані аксіально-роторним МСП витрачають на 20–40% більше пального на 1т намолоченого зерна ніж зернозбиральні машини з класичним МСП. [4]

Відмінність компоновальної схеми комбайнів Claas Commandor (рис. 2.7) полягає у встановленні замість клавійного соломотряса солеморозчісувальних роторів.

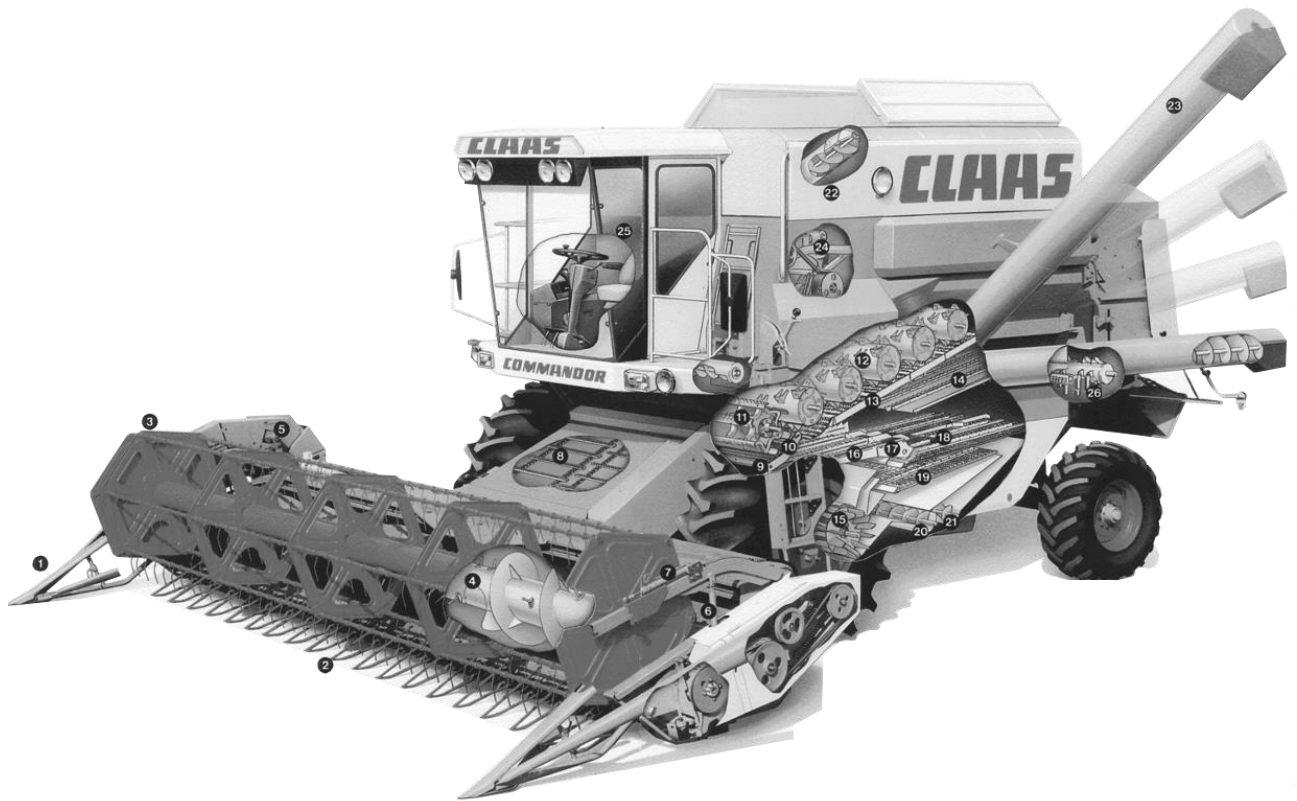


Рис. 2.7. Загальний вигляд зернозбирального комбайна Claas Commandor: 1 – подільники; 2 – стеблепідіймачі; 3 – мотовило; 4 – шнек; 5 – корпус жатки; 6 – гідроциліндр піднімання мотовила; 7 – гідроциліндр горизонтального виносу мотовила; 8 – транспортер похилої камери; 9 – приймальна камера молотарки; 10 – підбарабання; 11 – молотильний барабан; 12 – соломообчісувальні ротори; 13 – решето соломотряса; 14 – скатна дошка; 15 – вентилятор; 16 – стрясна дошка; 17 – пальцева решітка; 18 – верхнє решето; 19 – нижнє решето; 20 – зерновий шнек; 21 – колосовий шнек; 22 – зерновий бункер; 23 – вивантажувальний шнек; 24 – двигун; 25 – кабіна з органами керування; 26 – подрібнювач незернової частини врожаю

Щодо інших найбільш розповсюджених марок зарубіжних самохідних роторних комбайнів, то вони володіють такими технічними характеристиками: діаметр ротора від 432 до 800мм, довжина ротора - 2286...4267 мм, кут обхвату підбарабання – від 87 до 134°, об'єм бункера – від 6,3 до 11,1 м³, потужність силової установки від 107 до 199 кВт, споряджена маса комбайна від 8570 до 12200 кг, пропускна здатність до 20 кг/с.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2. Основні передумови щодо розробки та удосконалення конструкцій зернозбиральних машин

Намагання сконструювати машину, яка б скорочувала та спрощувала процес зрізання і обмолочування зернових культур зафіксовані ще задовго до удосконалення жаток-снопов'язалок і стаціонарних молотарок. Причиною цих намагань є затяжний термін збирання зернових культур пов'язаний зі скошуванням, в'язанням снопів, формування кіп, транспортування їх на тік та обмолочування на стаціонарних молотарках. За такої технології втрати урожаю становили 20...25 %. Крім того, дана технологія передбачала залучення значної кількості робітників, які виконували великий обсяг однотипних, повторюваних операцій, що в свою чергу не сприяло зниженню собівартості продукції. Тому у ініціаторів механізованого процесу збирання зернових культур назріла ідея в об'єднання декількох операцій в один технологічний процес, що стало першим кроком до створення комбайна.

У 1828 р. в США було запатентовано першу жатку-молотарку, яка послідовно виконувала операції зрізання хлібної маси, обмолочування і очищення зерна. Агрегатувався цей «комбайн» кінною тягою (30 – 40 коней), а його робочі органи приводились в рух від опорно-приводних коліс.

Однак слід також зазначити, що перший молотильний апарат, обладнаний тригранними дерев'яними білами був запропонований ще у 1775 році, а 1785 р. уже застосовувались молотарки з бильними молотильним барабаном і пальцевим соломотрясом.

Щодо сегментно-пальцевого різального апарату, то перший патент на нього був отриманий англійцем Р. Мейєром у 1800 році. Різальний апарат працював за принципом ножиць. У 1842 р. цей різальний апарат був удосконалений Мак Корміком (США) і доведений ним майже до того вигляду, який він має зараз. [25]

У 1815 р. у Сполученому Королівстві було організовано виробництво молотарок молотильно-віяльного типу, а вже у 1822 р. було розроблено конструкцію жатки обладнаної різальним апаратом зі зворотно-поступальним

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

рухом ножа і планчастим мотовилом. Таким чином, передумови для створення універсальної машини були закладені ще у середині XIX.

Перший комбайн з обчісувальною жаткою був розроблений у 1843 році в Австралії. Принцип роботи комбайна базувався на ідеї жатної машини винайдені галлами у 77 році нашої ери. Машина у формі дерев'яного ящика, до передньої стінки якого кріпилась гребінка, а до задньої – дві жердини (голоблі) для запрягання худоби. Ящик монтувався на одновісний візок, який тварина штовхала перед собою. Поряд із візком ішов збирач і гострим череслом збивав колоски, затиснуті між зубцями гребінки, після чого колоски падали до ящика.

Крім перших зернозбиральних комбайнів, для скошування хлібної маси використовувались так звані жатки-лобогрійки (розроблені у 1842 р.), жатки-самоскидки (розроблені у 1851 р.), жатки-снопов'язалки (розроблені у 1873 р.). Подальше обмолочування здійснювалось стаціонарними молотарками з бильними або зубовими молотильними барабанами, клавішними соломотрясами (розроблені у 1775 і удосконалені у 1831 рр.) та вітрорешетними очисниками (відомі з 1850 р.).

Перший комбайн на теренах України був побудований у 1929 р у місті Запоріжжя. Він мав назву «Комунар» (ЖМ-4,6), переміщувався по полю за допомогою трактора, а привод робочих органів здійснювався від окремого бензинового двигуна, змонтованого на рамі комбайна.

Надалі конструкції причіпних моторних комбайнів удосконалювались (С-1, СЗК (1932 – 1941), С-6 (1947 – 1956), РСМ-8 (1957 – 1958)), а у 1957 році був випробуваний перший безмоторний причіпний комбайн ПК-2.

У 1947 р. почалося виробництво першого советського самохідного комбайна С-4 «Ростсельмаш», а вже у 1958 році випуск причіпних комбайнів було припинено, оскільки комбайнова промисловість сконцентрувалась на виробництві нового самохідного зернозбирального комбайна СК-3. Згодом промисловістю випускались такі моделі самохідних зернозбираючих комбайнів: СК-4 (1962 р.), СКД-5 «Сибіряк» (1969 р.), СК-6 II «Колос» (1971 р.), СК-5 «Нива» (1973 р.), «Єнісей-1200» (1986 р.), РСМ-8 «Дон-1200», РСМ-10 «Дон-1500», СК-10 «Ротор», КРТ-10 «Дон-Ротор» (1986 р.) та ін. [22]

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

До 1990-х років минулого століття в Україні діяло біля десятка підприємств-виробників комбайнів. Фактично всі вони після розпаду СРСР припинили свою діяльність або ж перепрофілювались на виробництво інших видів продукції.

Новим поштовхом до відновлення та розвитку вітчизняного комбайнобудування стала «Цільова підпрограма створення та організації виробництва в Україні комплексу машин і обладнання для збирання, післязбиральної обробки та зберігання зерна і незернової частини урожаю», прийнята у 1993 році, яка також передбачала спільне з іншими країнами виробництво комбайнів. Протягом двох років Головне СКБ зернозбиральних комбайнів та самохідних шасі (м. Таганрог), КБ «Південне» (Дніпро) та Інститут механізації та електрифікації сільського господарства (смт. Глеваха) розробили дві моделі комбайнів: класичного та аксіально-роторного типу. Згідно розробленої документації на Херсонському машинобудівному заводі було виготовлено 4 зразки комбайнів (по два комбайни кожного типу): у 1995 році – дослідний зразок зернозбирального комбайна КЗС-9 «Славутич», а у 1996 році - зразок роторного комбайна КЗСР-9 «Славутич».

Польові випробування цих комбайнів довели доцільність впровадження їх у промислове виробництво, однак перевагу надали комбайну з класичною схемою компоновки, оскільки його робота менш енергоємна, а конструкція простіша і порівняно з роторним комбайном - дешевша.

За весь період підприємство здійснило випуск близько 1500 комбайнів КЗС-9-1 «Славутич». Поява вітчизняних аналогів зернозбиральних машин спричинила зниження на 15–20% цін на зарубіжні машини.

Майже одночасно із Херсонським машинобудівним заводом підприємство «Автоштамп» у місті Олександрія Кіровоградської області налагодило виробництво комбайнів КЗС 1580 «Лан» (ліцензована копія німецького комбайна Claas «Dominator-108»), Харківський завод транспортного машинобудування ім. В.О. Малишева у співпраці з польською компанією «Vizon» розпочав збирання комбайнів «Обрій», Київський екскаваторний завод «Атек» у співпраці з італійською фірмою «Laverda» - комбайни «Атек-1300», а

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

підприємство «Південмаш» (м. Дніпро) спільно з німецькою компанією «Claas» налагодило виробництво комбайнів «Дніпро-350».

В подальшому Херсонський машинобудівний завод налагодив з компанією «Claas» - складання комбайнів серії «Tusano», однак, згодом спільне виробництво копій зарубіжних зернозбиральних комбайнів припинилося. Зусилля заводу сконцентрувались на модернізації комбайнів КЗС-9-1 «Славутич», яка завершилася створенням зернозбиральних комбайнів сімейства «Скіф» («Скіф-235», «Скіф-250» та ін.). Історія розвитку галузі комбайнобудування країн Європи розвивалась подібним шляхом [19].

Підводячи підсумки вищесказаному, конструкції комбайнів удосконалювалися за «американською» схемою компоновки, причому головний акцент робився саме на самохідній машині. Проте не відкидалася також ідея створення комбайна за австралійською схемою з обчісувальною жаткою і, наприкінці 90-х років ХХ століття комбайни з обчісувальними пристроями були випробувані в Україні і за кордоном.

2.3. Класифікація зернозбиральних комбайнів

За призначенням зернозбиральні комбайни поділяються на два основні типи:

- комбайни загального призначення (універсальні) - для збирання зернових колосових, зернобобових і круп'яних культур, насінників трав та насінників цукрових буряків;
- спеціальні комбайни - для збирання високоврожайних зернових культур та рису, зернових культур на полях зі складним рельєфом (на схилах), на насінневих ділянках (селекційні комбайни), а також для збирання зеленого гороху.

За способом агрегування розрізняють самохідні, причіпні, начіпні, монтвані зернозбиральні комбайни та блоково-модульні на базі універсального енергетичного засобу (рис. 2.8).

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

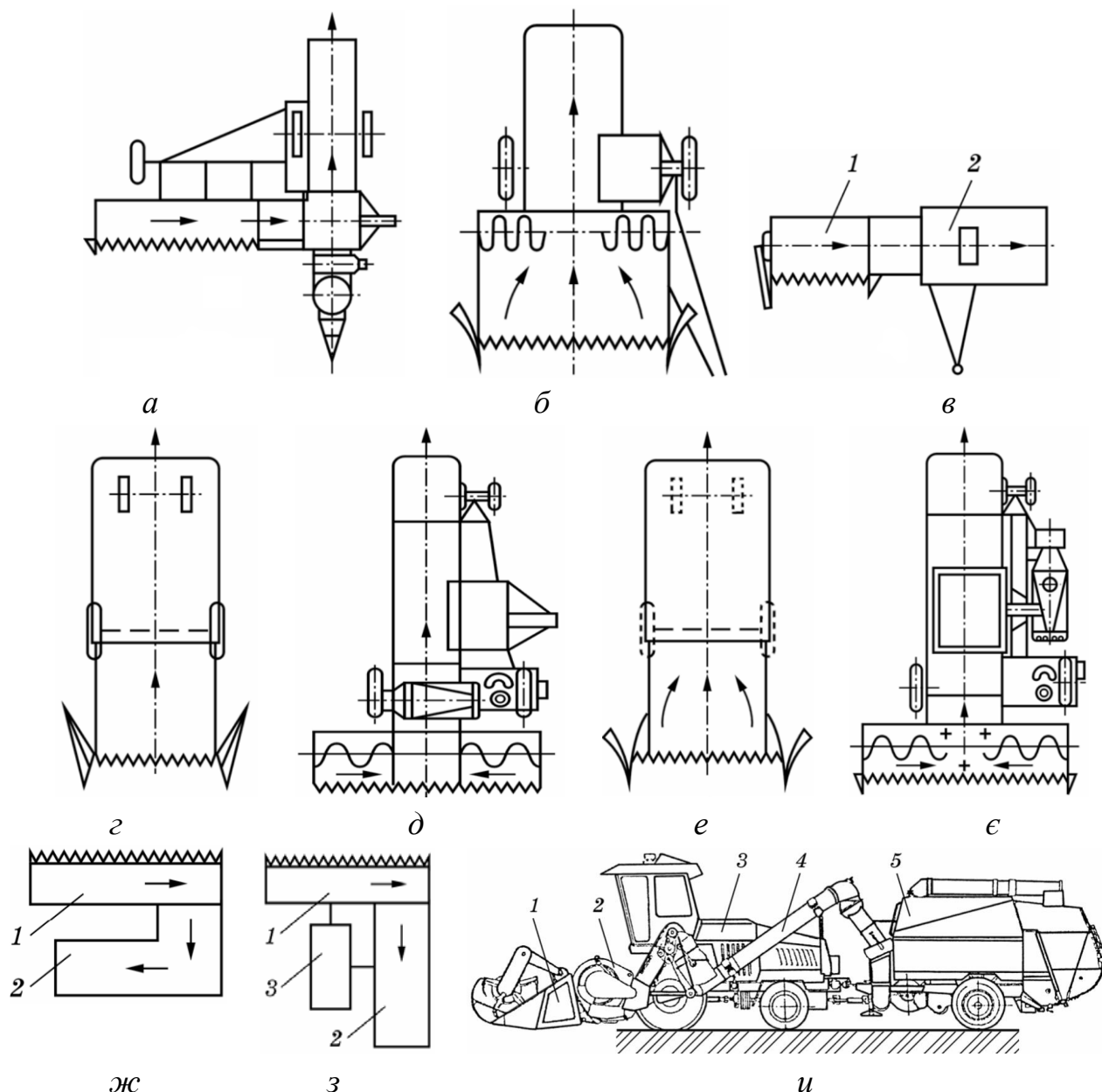


Рис. 2.8. Класифікація зернозбиральних комбайнів:

a, з – причіпний Г – подібний непрямопотоковий; *б* – причіпний прямопотоковий; *в* – причіпний поперечно-прямопотоковий; *г* – самохідний поздовжньо-прямопотоковий; *д* – самохідний Г-подібний непрямопотоковий; *е* – самохідний прямопотоковий з пасивним звуженням потоку хлібної маси; *є* – Г-подібний непрямопотоковий начіпний на самохідне шасі; *ж* – П-подібний непрямопотоковий блоково-модульний на базі енергетичного засобу; *и* – блоково-модульний комбайн на базі енергетичного засобу; 1 – жатка; 2 – молотильно-сепарувальний пристрій; 3 – енергетичний засіб; 4 – похилий шнек дрібного вороху; 5 – зерновий бункер з вітрорешетними очисником [26].

Однак переважна більшість компаній-виробників випускають самохідні версії зернозбиральні комбайни.

За типом ходової частини комбайни поділяють на колісні, гусеничні і комбіновані (колісно-гусеничні). Для зменшення ущільнюючої дії на поверхню поля на деяких моделях комбайнів установлюють спарені колеса, а для підвищення прохідності - повний привод.

За напрямом подачі зрізаних стебел до молотарки, комбайни поділяються на прямопотокові і непрямопотокові. В свою чергу прямопотокові комбайни поділяють на поздовжньо-прямопотокові і поперечно-прямопотокові, а непрямопотокові комбайни - на Г -, Т - та П -подібні.

За типом молотильно-сепарувального пристрою (МСП) розрізняють комбайни з класичною схемою молотильно-сепарувального пристрою та роторні. У комбайнах спроектованих за класичною схемою, молотарка обладнана одно- або двобарабанным молотильним апаратом, який розміщується уперек комбайна, а сепаратором грубого вороху є клавішний соломотряс.

Роторні комбайни за механіко-технологічними принципами обмолочування хлібної маси та сепарації грубого вороху розділяють на дві групи: з роздільно-агрегатним молотильно-сепарувальним пристроєм та моноблокові.

За пропускною здатністю зернозбиральні машини поділяють на класи. Клас комбайна залежить від таких основних параметрів комбайна як ширини молотарки, загальна та ефективна площа сепарації зерна, площа очищення решет, місткість бункера і потужність двигуна. (табл. 2.1) [12].

Таблиця 2.1

Розподіл комбайнів за класами

Клас	Потужність двигуна, к.с.	Пропускна здатність молотарки, кг/с
4	150...200	7...8
5	200...250	9...11
6	250...350	11...14
7	350...400	14...16
8	400...500	16...19
9	>500	>19

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ				

2.4. Агротехнічні вимоги до процесу збирання зернових культур

Головна вимога, яка ставиться до зернозбиральних машин – це забезпечення своєчасного і якісного збирання врожаю. А для цього параметри і режими роботи робочих органів зернозбиральної машини мають бути узгоджені з поточними умовами збирання сільськогосподарської культури.

При використанні валкових жаток повинен забезпечуватись рівний зріз стебел рослин та формуватися рівномірний за товщиною та неперервний валок. Мінімальна висота зрізу стебел має бути на рівні 50...100 мм, а нерівномірність висоти зрізу стебел – не перевищувати 20%. Втрати зерна за валковою жаткою не повинні перевищувати: для прямостоячих хлібів – 0,5%, а для полеглих хлібів – 1,5%.

За роздільного способу збирання зернових культур, втрати зерна за підбирачем валків не мають перевищувати 1%, а чистота зерна в бункері - не менше 96%.

При збиранні врожаю прямим комбайнуванням вологість хлібної маси у фазі повної стиглості має становити 14...17%. Збирання хлібів з вологістю вище зазначеної призводить до збільшення втрат через недомолот, а при збиранні хлібів з вологістю нижче 14% - зростає відсоток подрібненого зерна і його втрати з половиною.

Втрати зерна за жаткою комбайна не повинні перевищувати 1% для прямостоячих рослин і 1,5% для рослин полеглих; втрати за молотаркою через недомолот – не більше – 1,5% при збиранні зернових культур та не більше 2% при збиранні рису. Подрібнення зерна молотаркою не повинно перевищувати 1%, продовольчого зерна – 2%, зернобобових і круп'яних культур – 3%, рису – 5%. Чистота зерна у бункері – не нижче 95%.

Щодо роздільного комбайнування, як зазначалось вище, агротехнічні вимоги такі: відсоток втрат зерна за валковою жаткою для прямостоячих рослин - не більше 0,5% для полеглих рослин – 1,5%; втрати за молотаркою – не більше 1%. Чистота зерна в бункері - не менше ніж 96% [26].

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.5. Основні напрями розвитку молотильно-сепарувальних пристроїв

Щодо підвищення продуктивності комбайнів які сконструйовані за «класичною» схемою, то воно досягається завдяки збільшенню ширини захвату жатки, молотильно-сепарувальних пристроїв та використанням додаткових пристроїв для інтенсифікації процесу збирання.

Паралельно з удосконаленням існуючих конструкцій зернозбиральних комбайнів ведуться роботи з пошуку, розробки принципово нових конструктивно – технологічних схем молотильно-сепарувальних пристроїв.

В зернозбиральних машинах компанії Case IH (США) молотильно-сепарувальним пристроєм є ротор, розміщений вздовж осі комбайна під певним кутом нахилу (рис. 2.5).

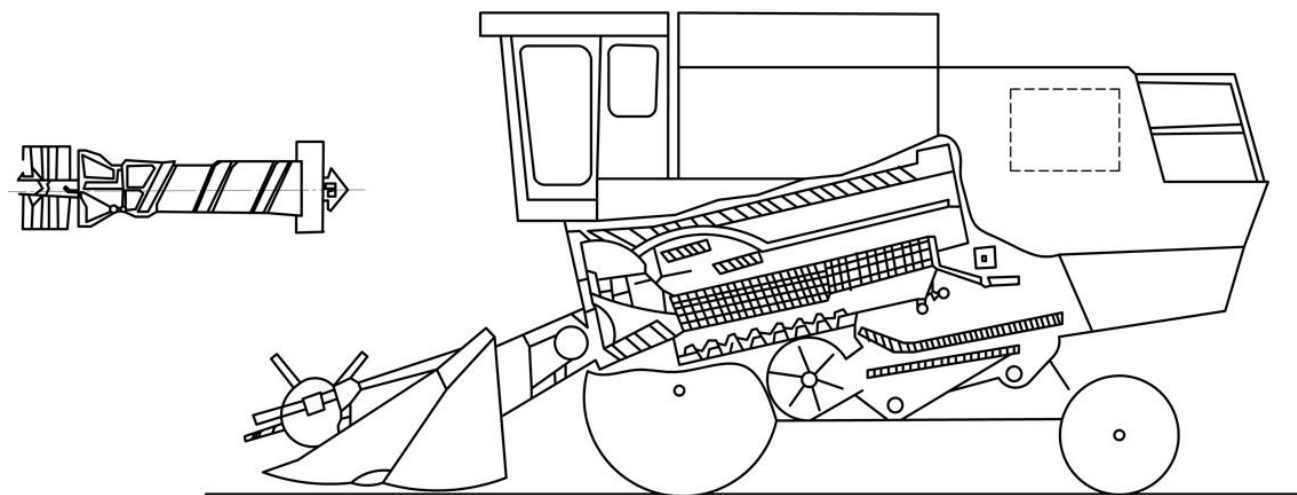


Рис. 2.9. Схема комбайна Case IH (США)

Така ж сама технологічна схема застосовується на зернозбиральних комбайнах канадської компанії Western Combine. Відмінність тільки у тому, що ротор розміщений горизонтально, є тільки приймальний бітер, а відбійний бітер – відсутній.

В зернозбиральних комбайнах моделі TR 97 від компанії New Holland (США) хлібна маса, що рухається похилим транспортером розподіляється на два потоки і надходить до двох поздовжньо розташованих роторів, що обертаються в протифазі (рис 2.10). Соломиста фракція при виході з молотарки потрапляє під дію відбійного бітера.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

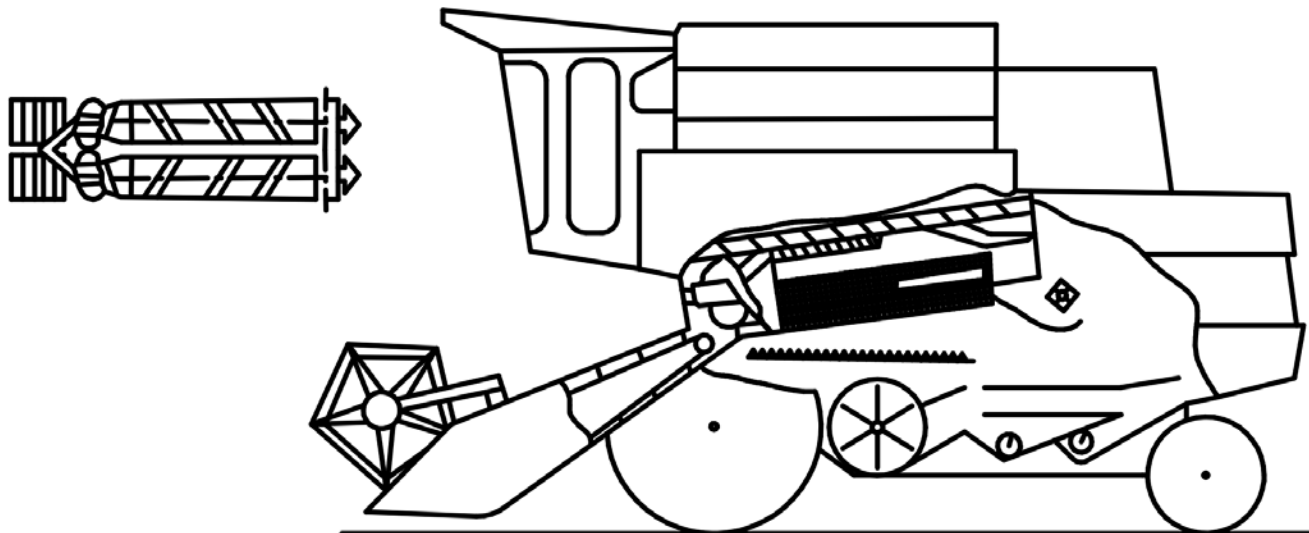


Рис 2.10. Схема зернозбиральної машини компанії New Holland (США)

В схемі комбайна моделі TF компанії New Holland (рис 2.11) традиційний соломотряс замінено на поперечний ротор, функція якого полягає у роздвоєнні потоку хлібної маси, попередньо обмолоченої барабаном. Поєднання в одній компоновальній схемі ротора, молотильного барабана з відбійним бітером і розчісувальним барабаном дозволило суттєво підвищити рівень сепарації і збільшити швидкість проходження хлібної маси через молотарку.

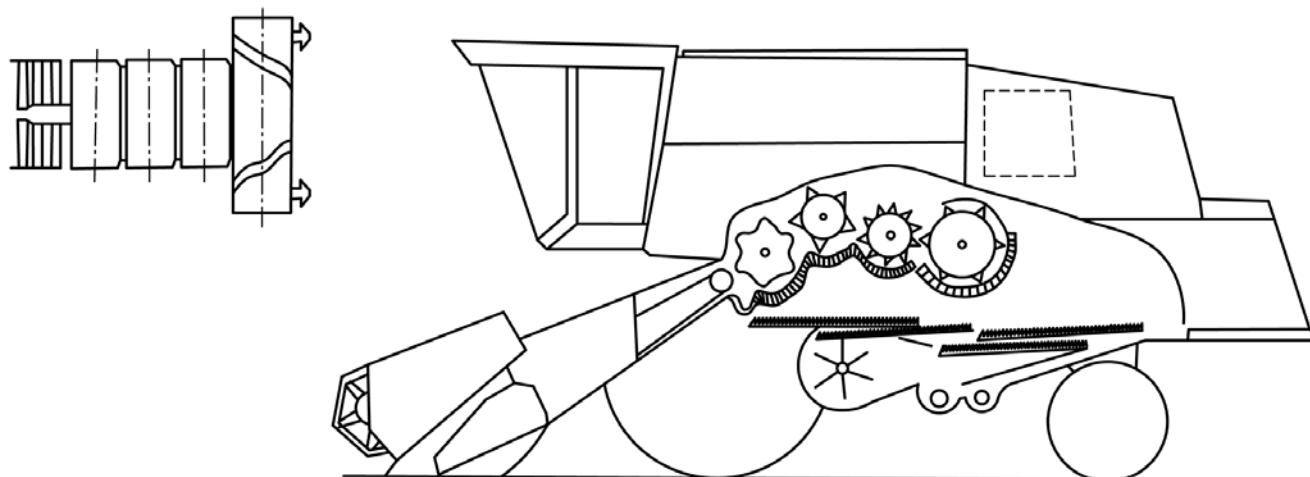


Рис. 2.11. Схема комбайна моделі TF компанії New Holland

За досить оригінальною компоновальною схемою спроектовано зернозбиральний комбайн моделі MX - 300 від італійської компанії Fiatagri. Роторний молотильно-сепарувальний пристрій, як самостійний модуль, розміщується поперечно між жаткою і комбайном (рис. 2.12). Скошена хлібна

						01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

маса подається до ротора, права частина якого здійснює обмолочування, а ліва – сепарацію вороху. Відсепарована солома виводиться з робочої зони машини ліворуч від передніх коліс комбайна.

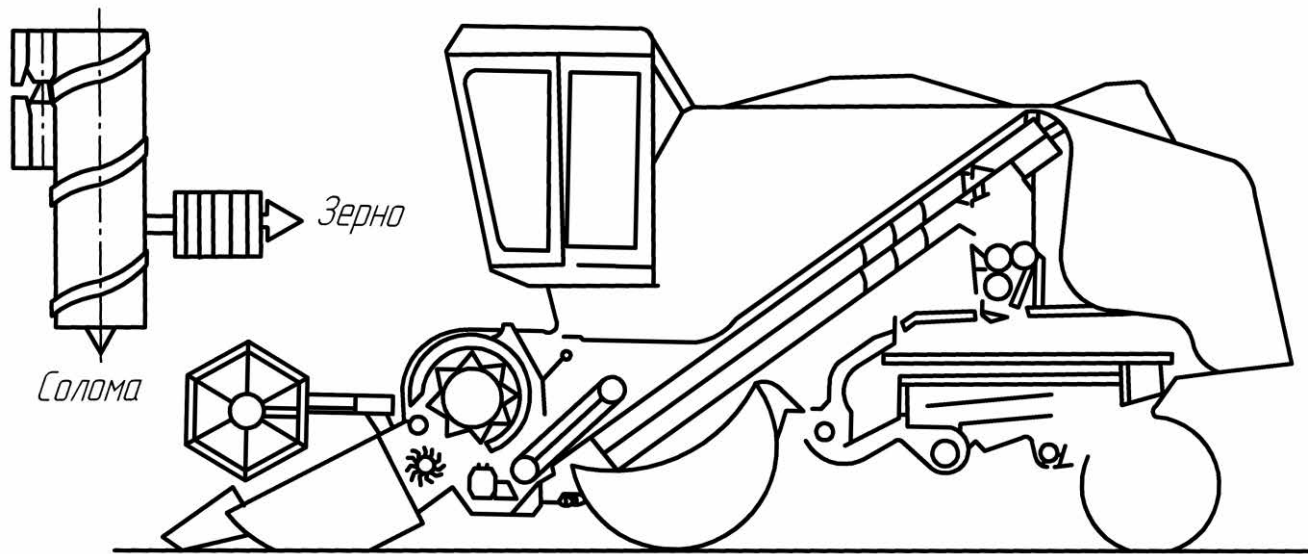


Рис. 2.12. Схема зернозбирального комбайна Fiatagri (Італія)

Для інтенсифікації сепарування грубого вороху та підвищення продуктивності зернозбиральної машини інженери компанії Fiatagri установили над клавішним соломотрясом два сепарувальних барабани з конічними штифтами.

У моделі зернозбирального комбайна Commandor компанії Claas (Німеччина) замість традиційного клавішного соломотряса встановлено вісім сепарувальних роторів з «власними» підбарабаннями (рис 2.13).

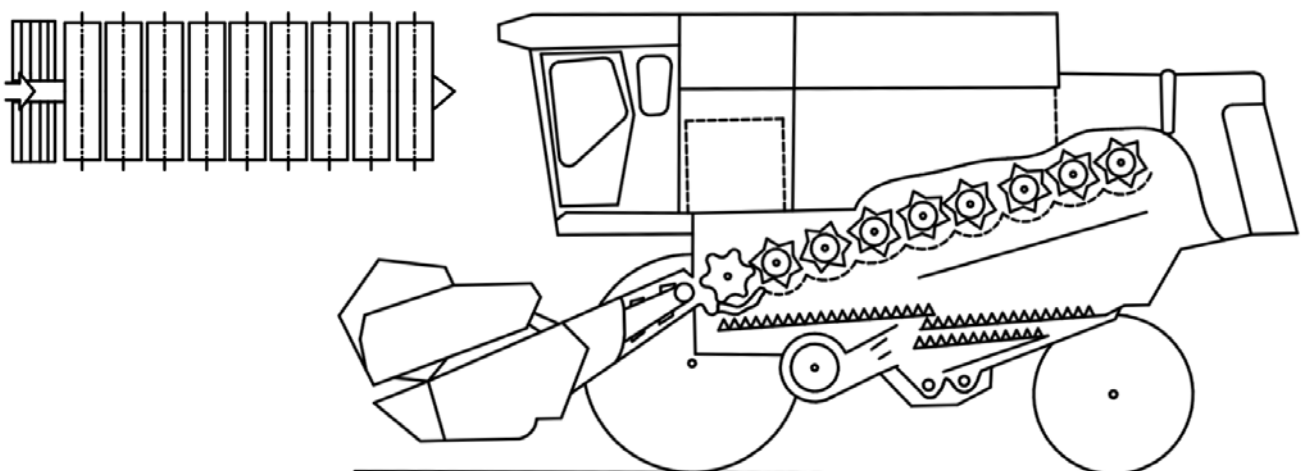


Рис. 2.13. Схема комбайна Commandor компанії Claas (Німеччина)

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Ротори обертаються з однаковою швидкістю, а їх сепарувальні підбарабання закріплені на направляючих одне за одним, і за необхідності легко виймаються для заміни або технічного обслуговування [25].

Для чіткого розуміння поняття «інтенсифікація сепарування грубого вороху» спочатку розберемося з визначенням грубого вороху. Грубим ворохом називають рослинну масу, яка отримується після обмолочування зернових культур. Структура і склад грубого вороху залежить від того, який тип молотильного барабана був використаний для обмолочування хлібної маси. Зазвичай до складу грубого вороху входять: солома, полова, збоїна, дрібні домішки, необмолочені колоски та вільне зерно. Виходячи з цього, основною функцією сепарувальних робочих органів (соломовідокремлювачів) є забезпечення вилучення вільного зерна з вороху та відправлення його на очищення, а солому – до подрібнювача або капота.

За принципом дії на грубий ворох розрізняють два типи соломовідокремлювачів: соломотряси і роторні соломовідокремлювачі. Дія соломотрясів на грубий ворох подібна до роботи вил, якими перетрушують солому. Вони підкидають, розпушують і розтягують грубий ворох по усій площі сепарувального пристрою, причому завдяки наданню поздовжніх та вертикальних коливань вороху (підкидань і струшувань) вільне зерно, як найбільш важка і дрібна частинка вороху «просівається» через стебла і проходить вниз крізь отвори верхньої решітчастої поверхні соломотряса на очистку. Соломиста фракція урожаю залишається на поверхні клавіш соломотряса, а далі поступово сходить з неї, направляючись до пристроїв для незернової частини врожаю.

В ранніх конструкціях соломотрясів реалізовано прагнення перших винахідників «відтворити» рух струшувального органу (клавіші) якомога подібніше до руху ручних вил. В подальшому це стане причиною створення пальчастих та каскадних соломотрясів.

У пальчастому соломотрясі (рис. 2.14 в) до решітчастої поверхні 2, яка коливається у горизонтальній площині, шарнірно приєднані пальці 5 з кронштейнами 4, один кінець яких утримується пасом 3. Завдяки чому при

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

переміщенні решітчастої поверхні пальцям надається коливальний рух навколо шарніра б.

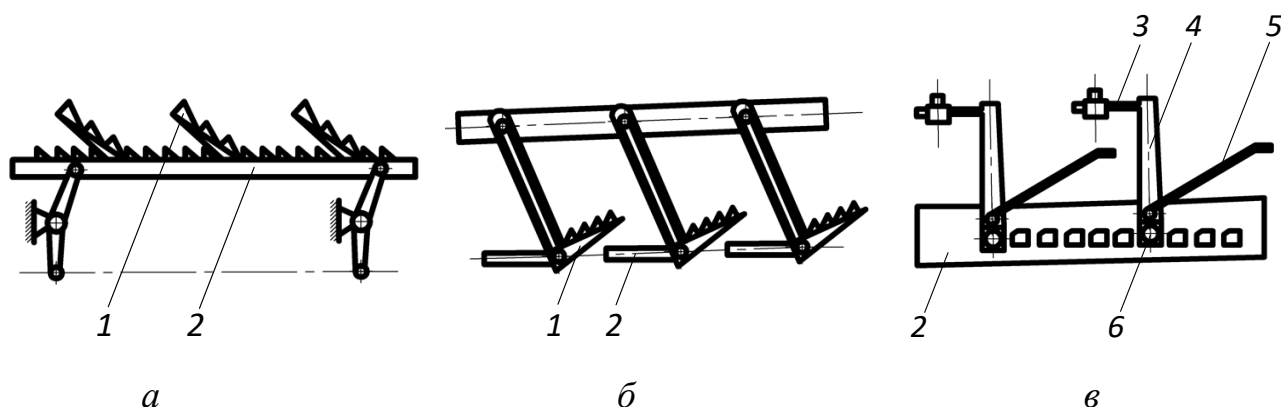


Рис. 2.14. Схеми соломотрясів ранніх конструкцій: *а* – гребінчастий з суцільним решетом; *б* – гребінчастий з секційним решетом; *в* – пальчастий; 1 – гребінка, 2 – решето, 3 – пас, 4 – кронштейн, 5 – палець, 6 – шарнір

Пальчастий платформний соломотряс (рис. 2.15) був запропонований шотландцем А. Мейклом ще у 1815 році.

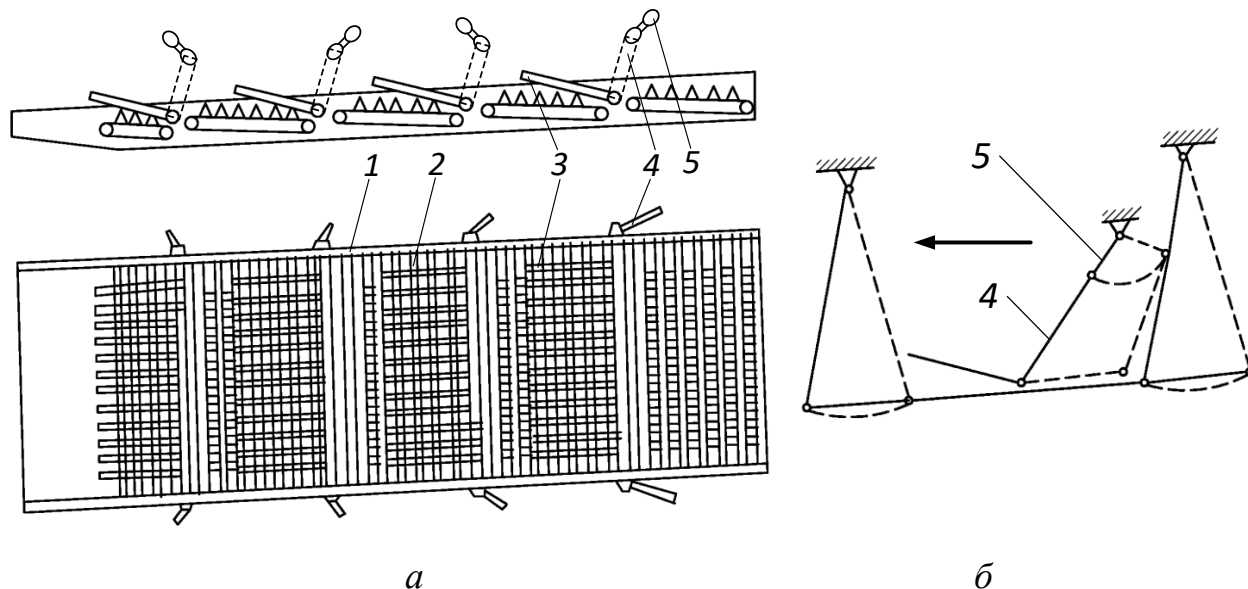


Рис. 2.15. Пальцьовий платформний соломотряс: *а* – загальна будова; *б* – схема робочого процесу; 1 – рама; 2 – пальцьові стержні; 3 – пальці-ворушники; 4 – важіль; 5 – утримувальна ланка

Він складався з дерев'яної решітки, підвешеної на шарнірних підвісах до корпусу молотарки. Решітка приводилась у коливальний рух у повздовжній

площині. На рамі 1 соломотряса розміщуються підшипники пальцевих стрижнів, на яких жорстко закріплені пальці-ворушники 3. На виступаючих кінцях пальцевих стрижнів закріплюються нижні кінці важелів 4, а верхні їх кінці шарнірно з'єднані з утримувальними ланками 5, які в свою чергу шарнірно з'єднуються з рамою молотарки.

При русі соломотряса у напрямку руху соломи, пальці підкидають і перетрушують грубий ворох, а разом з цим переносять солому до виходу. Коли соломотряс рухається у зворотному напрямку, пальці притискаючись до платформи, проковзують відносно підкинутого ними вороху [18].

У 1831 р. американські інженери Тернер і Моффіт запатентували зубовий молотильний апарат з клавійним соломотрясом.

На двовальний клавійний соломотряс встановлюються два однакові колінчасті вали 5 і 7 (рис. 2.16 а) з кількістю колін, яка відповідає кількості клавій соломотряса (від 3 до 6).

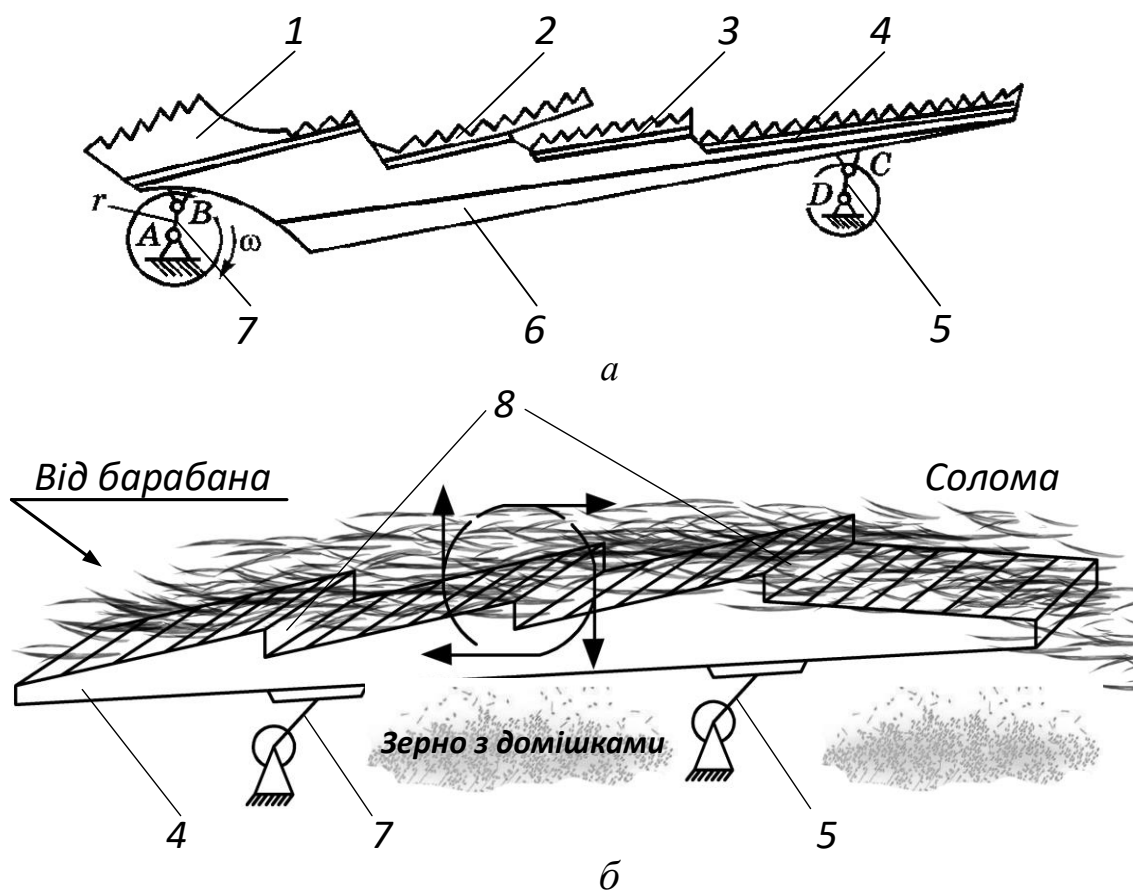


Рис. 2.16. Клавійний соломотряс: а – загальна будова; б – схема робочого процесу; 1 – гребінка, 2 – граблина, 3 - решітчаста поверхня, 4 - корпус клавіші, 5, 7 – колінчасті вали, 6 – клавіша, 8 – вертикальна стінка клавіші

Опишемо процес перетрушування грубого вороху, і переміщення соломи до виходу сепарувального пристрою. Клавіша соломотряса, рухаючись догори, (напрямок руху клавіші показано стрілками див. рис. 2.16 б), підкидає ворох. Вільне зерно, яке має меншу площу поверхні і більшу, у порівнянні з соломою, вагу, просівається вниз швидше за солому і проходить крізь отвори решітчастої поверхні клавіші. Соломиста фракція грубого вороху, яка після підкидання «приземляється» на клавішу і поступово переміщується до виходу. Переміщуватись у бік зворотний до виходу солома не може, оскільки цьому стають на заваді вертикальні стінки 8 каскадів клавіші. Для того щоб клавіша соломотряса мала здатність відділяти зерно від соломистої фракції, потрібно щоб ворох отримував імпульс, під дією якого відбувалось його підкидання з відривом від поверхні клавіші. Це досягається завдяки обертанню колінчастого вала соломотряса з частотою 200...230 об/хв.

Одновальний клавішний соломотряс обладнаний лише одним колінчастим валом. Суміжні коліна вала розміщуються під кутом 180° одне відносно одного. Клавіші своїми серединами спираються на коліна вала. Почергово один із кінців кожної клавіші (передній чи задній) шарнірно з'єднується з підвісом, а інший кінець клавіші залишається вільним. Таким чином, різні точки однієї клавіші здійснюють рух за різними траєкторіями і мають різні за величиною і напрямком швидкості. В той час, коли середина клавіші рухається по коловій траєкторії, точки клавіші, які розміщені між підвіскою і колінчастим валом мають еліптичну траєкторію. Внаслідок різниці траєкторій та швидкостей, інтенсивність видалення вільного зерна по довжині клавіші підвищується у напрямку вільного кінця клавіші і, як показали дослідження, на кінці клавіші ця інтенсивність стає надмірною і спричиняє підкидання зерна вище шару соломи, виносячи його разом з шаром соломи за соломотряс.

На прямопотокових комбайнах з невеликою шириною захвату використовувались платформні каскадні соломотряси, у яких клавіші являють собою одну суцільну поверхню, встановлену на одному коліні вала. Розпушування грубого вороху на таких соломотрясах здійснювалось за допомогою ворушилок.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Ще в ранніх конструкціях молотарок дослідники робили спроби забезпечення перетрушування грубого вороху без застосування коливань робочих органів, замінюючи коливання на рівномірне обертання. Так виникли конвеєрно-роторні соломотряси (рис. 2.17). Громіздкість конструкції соломотряса виправдовувалась тим, що обертальні робочі елементи у порівнянні з коливними не будуть створювати шкідливі інерційні сили і, відповідно, забезпечать надійність і довговічність молотарки.

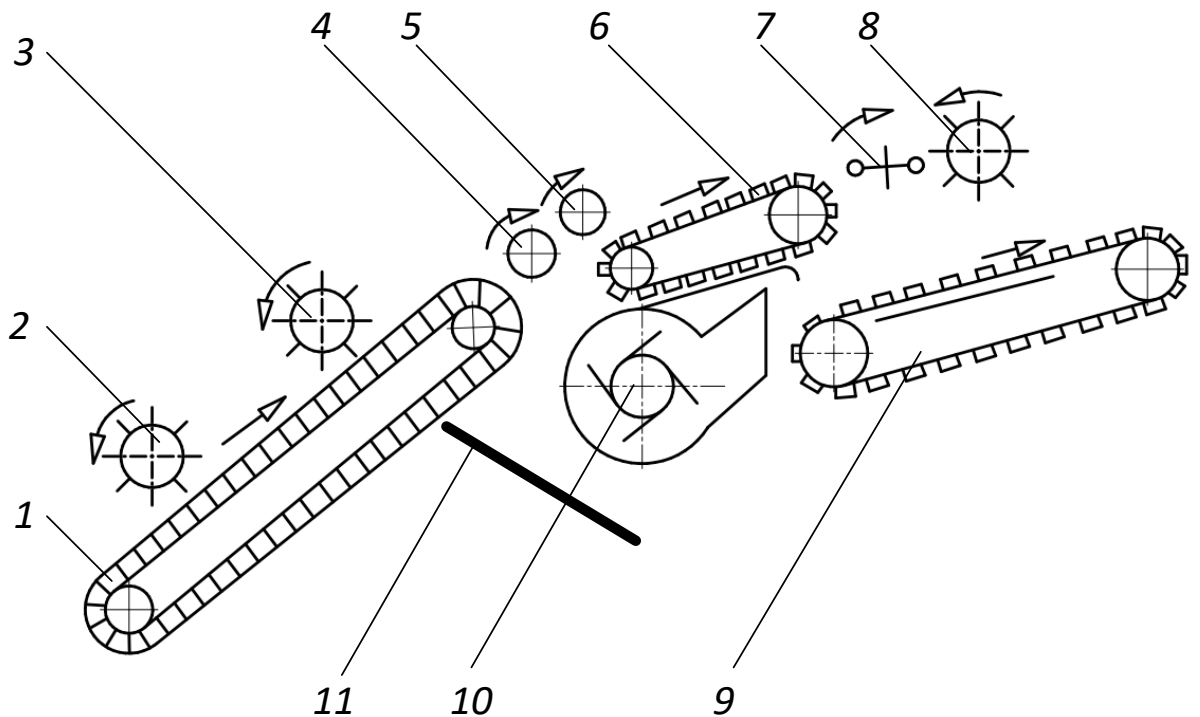


Рис. 2.17. Схема конвеєрно-роторного соломотряса:

1 - конвеєр вороху, 2 і 3 – бітери, 4 і 5 – пікери, 6 і 9 – короткий і довгий конвеєри, 7 – двопрудковий бітер, 8 – відбійний бітер, 10 – вентилятор, 11 – похила дошка

Процес роботи конвеєрно-роторного соломотряса відбувається так. Грубий ворох з молотильного апарата, потрапляє на транспортер 1, на якому за допомогою двох голчастими валиками 2 і 3 солома прочісується. Основна частина вільного зерна потрапляючи на поверхню транспортера виноситься ним на похилу дошку 11, а солома захоплюється двома валиками 4 і 5 (пікерами) і подається на ланцюгово-пластинчастий транспортер 6 (короткий транспортер). З короткого транспортера солома підхоплюється двопрудковим бітером 7 і

передається на відбійний бітер 8, який скидає її на ланцюгово-пластинчастий транспортер (довгий транспортер). Зерно і дрібні домішки, проходячи через робочі елементи схеми, витрушуються з соломи і падаючи донизу, потрапляючи під дію повітряного потоку створеного вентилятором 10, А солома довгим транспортером солома виноситься за межі молотарки.

Такий тип соломотряса раніше застосовувався у деяких стаціонарних молотарках, але з часом був витіснений клавішними і пальчастими соломотрясами.

Спроби інженерів зменшити габарити комбайна посприяли виникненню альтернативного способу сепарації грубого вороху, який базується на використанні соломообчісувальних барабанів (роторів) і решітчастих дек. Вісім барабанів, обладнані особливими штифтами і формують роликову обчісувальну поверхню. Під кожним соломообчісувальним барабаном встановлено індивідуальну решітку (підбарабання), крізь яку здійснюється просипання зернової суміші.

Процес очищення (вивільнення) зерна відбувається так. Грубий ворох з молотильного барабана подається до обчісувальних роторів, які, обертаючись проти годинникової стрілки, по чергово захоплюють його і протягують в зазори між роторами і решітчастими деками. Виділене при цьому зерно проходить через решітчасту поверхню деки і надходить до очистки, а солома останнім ротором подається до пристрою для збирання незернової частини урожаю.

На деяких комбайнах «New Holland» використаний двопотоковий ротор соломовідокремлювача, який розміщується паралельно осі молотильного барабана. У процесі роботи грубий ворох, який спрямовується відбійним бітером до ротора, розділяється на два потоки, а солома з робочої зони машини також виходить двома потоками.

На комбайні моделі «Lexion-480» від компанії Claas і деяких моделях комбайнів компанії John Deere встановлюються два аксіальні ротори, які крім обмолоту також виконують функцію соломовідокремлювача. Наведені вище соломовідокремлювачі мають назву роторних роздільно-агрегатних.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Крім роторних роздільно-агрегатних соломовідокремлювальних пристроїв на сучасних комбайнах використовуються моноблокові, які розміщуються в одному агрегаті з молотильним апаратом і мають спільний ротор з кожухом. В таких пристроях обмолот відбувається на 1/3 довжини ротора, а відокремлення соломи - на 2/3 довжини одного або двох роторів з аксіальною або тангенціальною подачею.

Підводячи підсумок аналізу конструкцій та компоувальних схем технічних засобів для виділення вільного зерна із грубого вороху, можна зробити висновок, що в даний час найбільш поширеними залишаються соломовідокремлювачі клавійного типу. Щодо вітчизняної зернозбиральної техніки, цей тип соломовідокремлювача встановлюється на зернозбиральних комбайнів КЗС-9-1 «Славутич», КЗС-1580 «Лан», Скіф-280 Superior, Скіф-310.

Попри свою здатність якісно виконувати технологічний процес, простоту та незначні енерговитрати клавійні соломотряси мають певні недоліки, які стосуються забивання отворів клавій і пов'язані з цим втрати зерна (особливо при їх роботі на схилах). Якість роботи таких соломотрясів знижуються при подачі хлібної маси більше ніж 5 кг/с на один метр ширини молотарки. З цієї причини наразі немає сенсу відмовлятися від можливості використання роторних соломовідокремлювачів як роздільно-агрегатного типу, так і моноблокового. Ці пристрої добре відокремлюють зерно незалежно від рельєфу поля, вони менш чутливі до нерівномірностей подачі хлібної маси, проте складніші за будовою та більш енерго- і металоємні.

2.6. Основні напрями розвитку молотильно-сепарувальних пристроїв

Як зазначалося раніше, на соломотряс покладено функцію відокремлення вільного зерна з грубого вороху. Ще на зорі створення перших вітчизняних причіпних зернозбиральних комбайнів С-6 «Комунар», (30-ті роки ХХ століття) у компоувальних схемах молотарок застосовувались конвеєрно-роторні соломотряси, які обладнувались дво- або триступневими конвеєрів з бітерами і пікерами. Ці соломотряси відрізнялись стабільною роботою, однак при значному подрібненню соломи, яка надходила з молотарки, спостерігалось

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

перевантаження очисного пристрою. Крім того привод такого соломотряса був занадто громіздким.

У моделях вітчизняних зернозбиральних комбайнів «Славутич», «Лан», «Скіф», а також закордонних застосовано клавішний соломотряс. Проте з метою підвищення ефективності роботи таких соломотрясів їх конструкції удосконалюють:

- встановлюють активні ворушилки над клавішами соломотряса (Claas Dominator, Лан) (рис. 2.18);
- на виході соломи із соломотряса розміщують бітер-сепаратор;
- встановлюють пальцевий барабан (John Deere W) (рис. 2.19);
- встановлюють систему MSS (Multi Separation System) (Claas Lexion) (рис. 2.20)
- збільшують довжину клавіш (4350 мм (КЗС-9-1), 3620 мм (СК-5);
- збільшують кількість клавіш, тобто загальну ширину соломотряса (з 970 до 1660 мм).

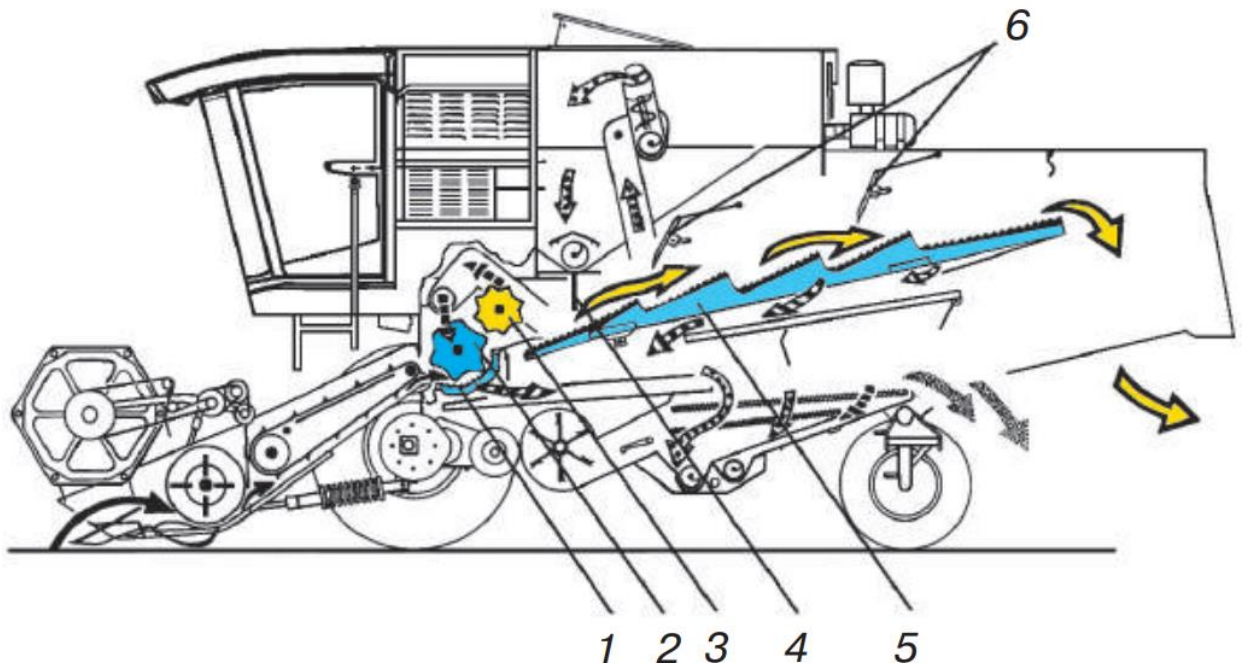


Рис. 2.18. Зернозбиральний комбайн Claas Dominator 108:

1 - підбарабання; 2 - молотильний барабан; 3 - відбійний бітер; 4 - соломозатримувальний фартух; 5 - соломотряс; 6 - пальцеві розпушувачі

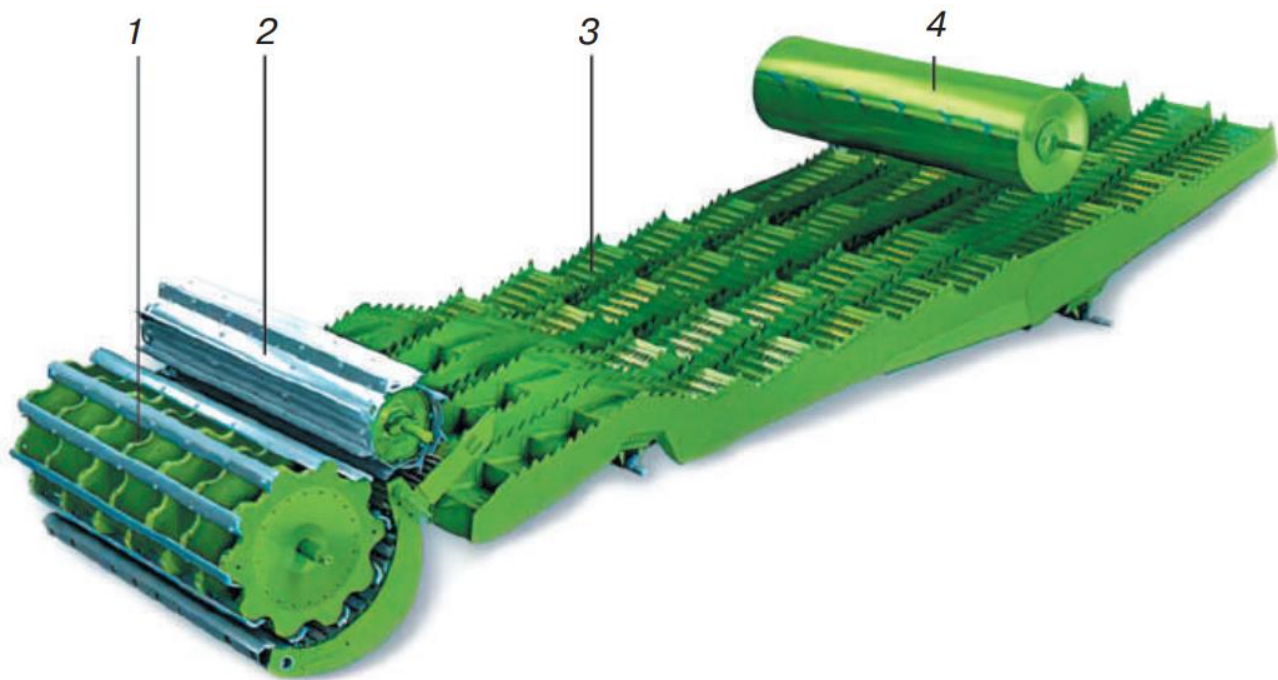


Рис. 2.19. Елементи схеми обмолочування та сепарації комбайна «John Deere W»: 1 – молотильний барабан; 2 - відбійний бітер; 3 - соломотряс; 4 - пальцевий розпушувач



Рис. 2.20. Елементи схеми обмолочування та сепарації комбайна Claas Lexion: 1 - прискорювальний барабан системи APS; 2 - молотильний барабан; 3 - відбійний бітер; 4 - бітер з активними пальцями (барабан MSS); 5 - клавіші соломотряса; 6 - підбарабання

Однак при необхідності збільшення пропускнуої здатності молотильно-сепарувальних пристроїв клавішний соломотряс уже не в змозі задовольнити якісного виконання технологічного процесу. Тому сучасні зернозбиральні комбайни комплектуються ротаційними соломотрясами.

Наразі існує шість типів ротаційних соломотрясів:

1) соломотряс, у якому двопотоковий ротор розміщується після МСП перпендикулярно поздовжній осі комбайна;

2) п'ять або вісім роторів, які розміщуються після МСП перпендикулярно поздовжній осі комбайна;

3) соломотряс, у якому ротори розміщуються вздовж комбайна і виконують обмолочування та видалення зерна з грубого вороху;

4) соломотряс, у якому ротор розміщується в жатній частині перпендикулярно поздовжній осі комбайна і здійснює обмолочування та сепарацію зерна з грубого вороху;

5) соломотряс, який складається з двох роторів, розміщених після МСП вздовж осі комбайна і здійснюють сепарацію зерна з грубого вороху;

6) соломотряс, який складається з двох роторів, розміщених вздовж комбайна в жатній частині, які здійснюють обмолочування і сепарацію зерна з грубого вороху.

Як уже зазначалось раніше, ротаційні соломотряси володіють вищою інтенсивністю сепарації у порівнянні з клавішними та є менш чутливими до стану хлібної маси і умов її збирання. Численні дослідження проведені вітчизняними і закордонними вченими вказують на те, що зернозбиральні машини, обладнані роторними молотильно-сепарувальними пристроями є найбільш ефективними в умовах високої урожайності, довгих гонів та рівного рельєфу поля.

2.7. Огляд конструкції прототипу зернозбирального комбайна, обраного для удосконалення

Прототипом комбайна, який був обраний для подальшого удосконалення став наявний у господарстві зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Комбайн призначений для збирання зернових колосових культур прямим та

					Арк.
					40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ

роздільним комбайнуванням, а при обладнанні його спеціальними додатковими пристроями, може збирати кукурудзу на зерно, соняшник, зернобобові і круп'яні культури, сою, сорго, рапс, насінники трав, цукрових буряків і лікарських рослин. В залежності від технології збирання незернової частини врожаю, комбайн комплектується копнувачем (майже не використовується), подрібнювачем або капотом.

Технічна характеристика зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» подана у таблиці 2.1.



Рис. 2.21. Загальний вигляд комбайна КЗС-9-1 «Славутич»

Таблиця 2.1

Технічна характеристика комбайна КЗС-9-1 «Славутич»

№	Показник	Значення
1	2	3
1	Пропускна здатність, кг/с	9,0
2	Продуктивність по зерну за годину основного часу, т/год.	11,0...12,0
3	Місткість бункера, м ³	6,7
4	Місткість паливного бака, л	500
5	Суха маса з жаткою шириною 6 м і подрібнювачем, кг	14000
6	Ширина захвату жатки, м	6
7	Маса жатної частини, кг	2425
8	Ширина захвату платформи-підбирача, м	3,4
9	Суха маса платформи-підбирача, кг	1040
10	Ширина молотарки, мм	1500

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

1	2	3
11	Діаметр молотильного барабана, мм	700
12	Підбарання:	
	- кут обхвату, град	126
	- площа сепарації, м ²	1,12
13	Соломотряс:	
	- довжина клавиші, мм	4350
	- площа сепарації, м ²	6,5
14	Площа решіт, м ²	4,4
15	Марка двигуна	СМД-31,16
16	Номінальна потужність двигуна, кВт (к.с.)	191(260)

Зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич» (рис. 2.22) рухаючись по полю подільниками 28 відокремлює смугу рослин шириною, рівною ширині захвату жатки.

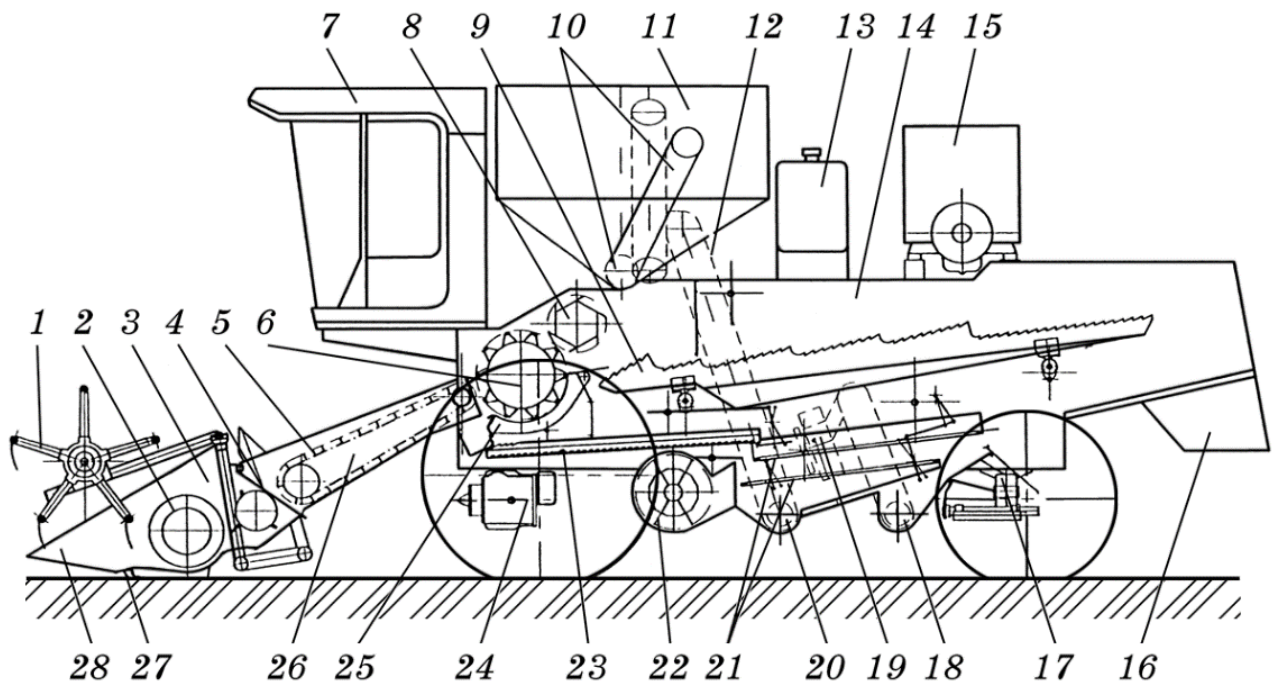


Рис. 2.22. Загальна будова зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич»:

1 - мотовило; 2 - шнек; 3 - корпус жатки; 4 – бітер-проставка; 5 - транспортер похилої камери; 6 - молотильний барабан; 7 - кабіна; 8 - відбійний бітер; 9 — соломотряс; 10 - вивантажувальний шнек; 11 - бункер; 12 - зерновий елеватор; 13 - паливний бак; 14 - молотарка; 15 - двигун; 16 - капот; 17 - міст керованих коліс; 18 - колосовий шнек; 19 - домолочувальний пристрій; 20 - зерновий шнек; 21 - решета очисника; 22 - вентилятор; 23 - стрясна дошка; 24 - міст ведучих коліс; 25 - підбарання; 26 - похила камера; 27 - різальний апарат; 28 - подільник

Мотовило 1, обертаючись, підводить стебла до різального апарата 27, підтримує їх під час зрізання, а після зрізання стебел різальним апаратом, укладає їх на шнек 2. Спіральні витки шнека переміщують скошену масу з периферії жатки до її центральної частини. В центральній частині шнека розміщено пальцьовий механізм шнека, який захоплює стебла і направляє їх по днищу жатки до бітера-проставки 4. Обертаючись проти годинникової стрілки пальці та лопаті бітера, спрямовують хлібну масу до транспортера 5 похилої камери, скребки якого транспортують масу до молотильного апарата.

Завдяки ударам бил барабана 6 і протягуванню стебел через зазор між рухомим барабаном і нерухомим підбарабанням 25, хлібна маса обмолочується. Основна маса вимолоченого зерна з домішками (дрібний ворох) проходить через отвори підбарабання, потрапляючи на стрясну (транспортну) дошку 23. Грубий ворох (солома, зерно, збоїна, колоски), який пройшов крізь зазор «барабан-підбарабання», потрапляє під дію відбійного бітера 8, який змінюючи напрям руху вороху спрямовує його на передню частину клавішного соломотряса 9.

Завдяки коливанням, які здійснюють клавіші соломотряса відбувається процес розділення грубого вороху на дві фракції: дрібний ворох і солону. Дрібний зерновий ворох, просипавшись через верхню решітчасту поверхню клавіш до їх середини, а далі, рухаючись їхніми внутрішніми поверхнями, потрапляє на стрясну (транспортну) дошку.

Стрясна (транспортна) дошка також здійснює коливальний рух, завдяки якому дрібний зерновий ворох починає розділятися на фракції (пошарово самосортуватися). У такому вигляді, за рахунок коливань дошки, ворох направляється до пальцевої решітки, а далі — на верхнє і нижнє 21 решета решітного стану. На решетах завдяки їх коливанням і повітряному потоку створеного вентилятором 22 зерновий ворох, просипаючись через жалюзійні зазори решіт, очищається від легких (полови, збоїни) і великих домішок. Очищене на решетах зерно потрапляючи до зернового шнека 20, транспортується ним до елеватора 12, а далі до зернового бункера 11. Великі легкі домішки і половина з решет транспортуються до половонабивача, а від нього - на поле у валок.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Недомолочені колоски не в змозі пройти через зазори решета, потрапляють на подовжувач верхнього решета. На подовжувачі встановлюються більші зазори ніж на решетах і том, колоски просипаються крізь його зазори, потрапляючи до колосового шнека 18. Сюди ж надходять і великі домішки з нижнього решета. Колосовий шнек транспортує цю суміш до елеватора колосків, а той в свою чергу — на домолочувальний пристрій 19 де вони і обмолочуються.

Заповнений зерновий бункер вивантажують у транспортні засоби за допомогою вивантажувального пристрою, який складається з горизонтального та похилого шнеків).

Вільна від зерна солома транспортується соломотрясом до капота 16, який укладає її у валок на поверхню поле. У випадку роботи з подрібнювачем, солома із клавіш соломотряса надходить до ротора подрібнювача, а після подрібнення розподіляється разом з половиною по поверхні поля.

При двофазному (роздільному) комбайнуванні на комбайн замість жатки встановлюють платформу-підбирач, яка приєднується до похилої камери. Під час руху комбайна пальцевий стрічковий транспортер пружинними пальцями підбирає попередньо скошений валковою жаткою валок і транспортерною стрічкою направляє валок до шнека платформи-підбирача. Шнек, в свою чергу, за допомогою пальцевого механізму спрямовує хлібну масу до бітера-проставки, а бітер-проставка — до транспортера похилої камери. Далі технологічний процес відбувається аналогічно, як і при прямому комбайнуванні.

Жатна частина (рис. 2.23) комбайна КЗС-9-1 «Славутич» складається із жатки (жниварки) А, проставки Б та похилої камери В.

На корпусі жатки монтуються: подільники 10, мотовило 9, різальний апарат 8, шнек 6 з пальцевим механізмом 7 і копіювальні башмаки 5. Бітер 4 встановлено у корпусі проставки, а плаваючий конвеєр (транспортер) 2 — у корпусі похилої камери.

Корпус жатки за допомогою центрального шарніра 8 і двох підвісок 2 механізму зрівноважування з'єднаний з корпусом проставки шарнірно. Тоді як корпус проставки кріпиться швидкознімним гвинтовим з'єднанням до корпусу похилої камери нерухомо.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

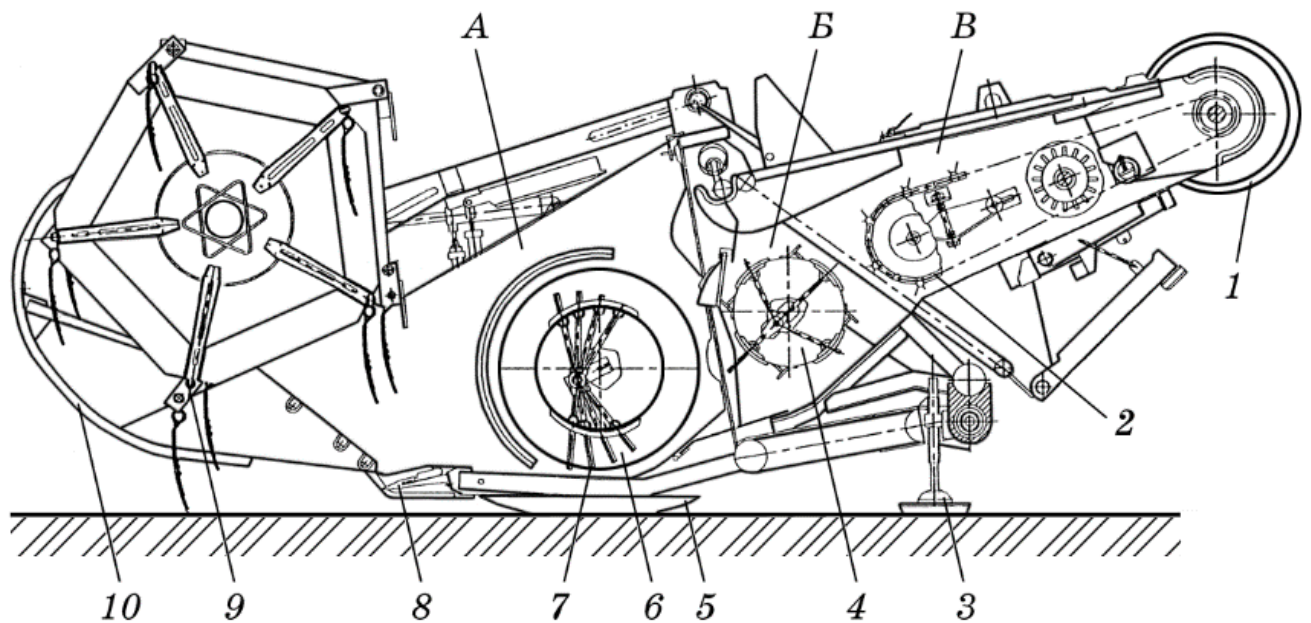


Рис. 2.23. Жатна часина комбайна КЗС–9–1 «Славутич»:

А – жатка (жниварка); Б - проставка; В - похила камера; 1 - шків верхнього вала плаваючого конвеєра; 2 - плаваючий конвеєр; 3 - гвинтовий домкрат; 4 - бітер; 5 - копіювальний башмак; 6 - шнек; 7 - пальцьовий механізм шнека; 8 - різальний апарат; 9 - мотовило; 10 - подільник

Корпус похилої камери шарнірно з'єднаний з корпусом молотарки та за допомогою двох циліндрів спирається на балку моста ведучих коліс комбайна.

Механізм зрівноважування забезпечує роботу жатки як з копіюванням рельєфу поля, так і без копіювання. При транспортуванні жатки на великі відстані механізм зрівноваження жатки блокується. Механізм зрівноваження жатки складається з правої і лівої підвісок, триплечих важелів, перехідних ланок, пружинних блоків та пружинних розтяжок. Права підвіска шарнірно приєднується до триплечого важеля, який має здатність повертатися відносно шарніра корпусу жатки. До триплечого важеля шарнірно приєднується перехідна ланка, а до неї пружинний блок, який шарнірно приєднується до корпусу жатки. Ліва підвіска має аналогічну будову і кріплення. На поверхню поля корпус жатки спирається башмаками.

Плаваючий конвеєр (транспорт) похилої камери подає хлібну масу від бітера проставки у приймальну камеру молотарки. Конвеєр складається з

						01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата			45

ведучого вала, веденого барабана та планчастих ланцюгів. На ведучому валу жорстко закріплені зірочки приводу ланцюгового конвеєра, приводний шків із запобіжною муфтою та зірочка ланцюгової передачі приводу трансмісійного вала.

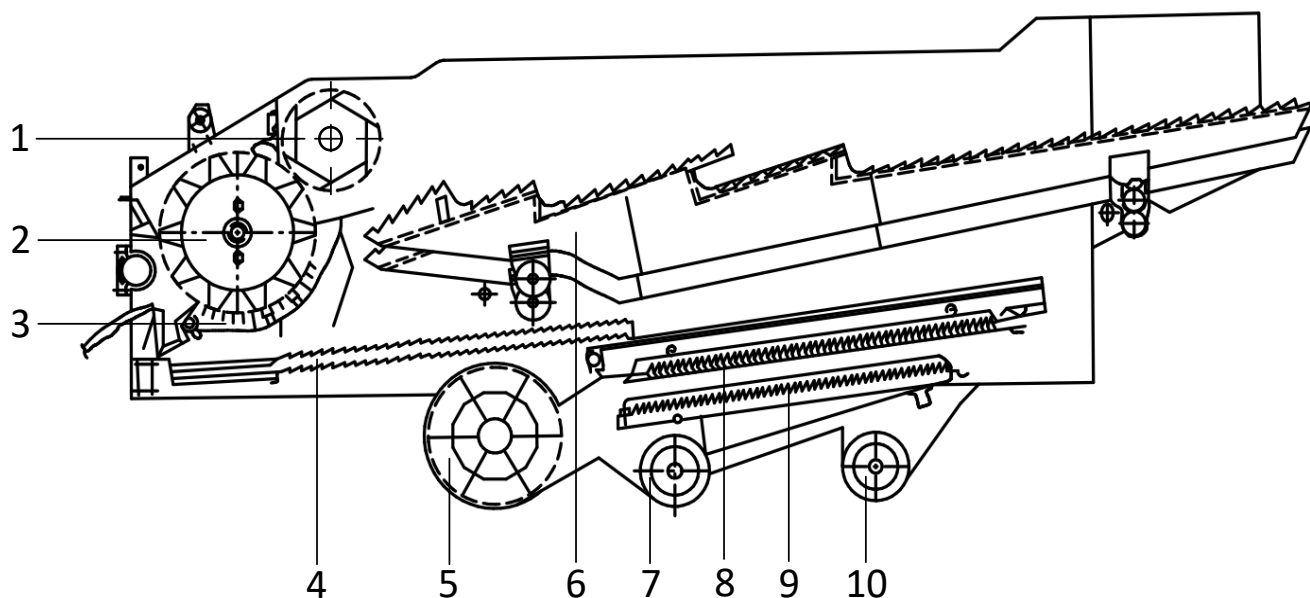


Рис. 2.24. Основні складальні одиниці молотильно-сепарувальний пристрій комбайна КЗС-9-1 «Славутич»:

1 - відбійний бітер; 2 - молотильний барабан; 3 - підбарабання; 4 - стрясна (транспортна) дошка; 5 – вентилятор; 6 – соломотряс; 7 - зерновий шнек; 8 - верхнє решето; 9 нижнє решето; 10 - колосковий шнек

Молотильно-сепарувальний пристрій (МСП) (рис.2.24) призначений для обмолочування зерна, виокремлення його з грубого вороху, очищення зерна від домішок, транспортування зерна до бункера і вивантаження його у транспортні засоби. Щодо незернової частини врожаю, - МСП транспортує соломку, збоїну і полови до пристрою для збирання незернової частини врожаю.

Молотильно-сепарувальний пристрій складається з приймальної камери молотарки, молотильного апарату, відбійного бітера, клавійного соломотряса, вітрорешетного очисника, домолочувального пристрою, зернового бункера, транспортувальних органів та механізмів керування і приводу. Приймальна камера молотарки обмежена з боків панелями, зверху - кришкою, знизу -

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

камерою каменевловлювача, а попереду горловиною, в яку вмонтовано верхню частину похилої камери жатки.

Похилу камеру монтується таким чином, щоб відстань між билами молотильного барабана і планками конвеєра складала 20 мм. Такий зазор забезпечує краще спрямування хлібної маси до молотильного апарату і сприяє відбиванню камінців та інших твердих предметів у камеру каменевловлювача.

Молотильний апарат призначений для виділення зерна з колосків або насіння з волоті, спрямування насінневого вороху на стрясну дошку, а грубого соломистого вороху на відбійний бітер. Він складається з бильного молотильного барабана, решітчатого підбарабання (деки), приводу та механізму регулювання. Барабан у вигляді ротора, вал котрого розміщений перпендикулярно поздовжній осі молотарки. Рифи бил барабана розміщуються під кутом до осі барабана. На суміжних билах кут нахилу рифів змінюється на протилежний. Профіль підбильників (платформа для кріплення бил) повернутий на 7° у напрямку обертання молотильного барабана, що в свою чергу забезпечує підвищення пропускної здатності молотильного апарату та унеможливує його забивання на вході в молотарку. Привод і регулювання частоти обертання барабана здійснюється за допомогою гідрофікованого клинопасового варіатора.

Підбарабання односекційне, прутково-планчасте, встановлене відносно барабана із зазором, який від входу молотарки до її виходу поступово зменшується. Регулювання зазорів між барабаном і підбарабанням – електромеханічне (клавійним перемикачем з робочого місця оператора).

Відбійний бітер приймає соломисту масу від молотильного барабана і спрямовує її на клавіші соломотряса. Бітер встановлюється з мінімальним зазором відносно бил молотильного барабана, безпосередньо над пальцевою решіткою підбарабання. Колова швидкість бітера менша ніж швидкість барабана і складає 17,5 м/с.

Функція соломотряса полягає у вилученні із грубого вороху зернової суміші і спрямування соломи до пристрою для збирання незернової частини урожаю. До складу грубого вороху за масою входить 14...16% зерна, 72...77% соломи, 5...6% збоїни та 1...3% дрібних домішок.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Основними складовими одиницями соломотряса (рис. 2.25) є п'ять клавiш 1, які на підшипниках встановлюються на шийках ведучого 16 і веденого 10 колінчатих валів і під час роботи комбайна здійснюють коливальний рух. Клавiша у формі довгастого короба із оцинкованої сталі, верхня (робоча) поверхня якої жалюзійна і має каскадами. Для стримування руху вороху над клавiшами встановлюється відбивний щиток.

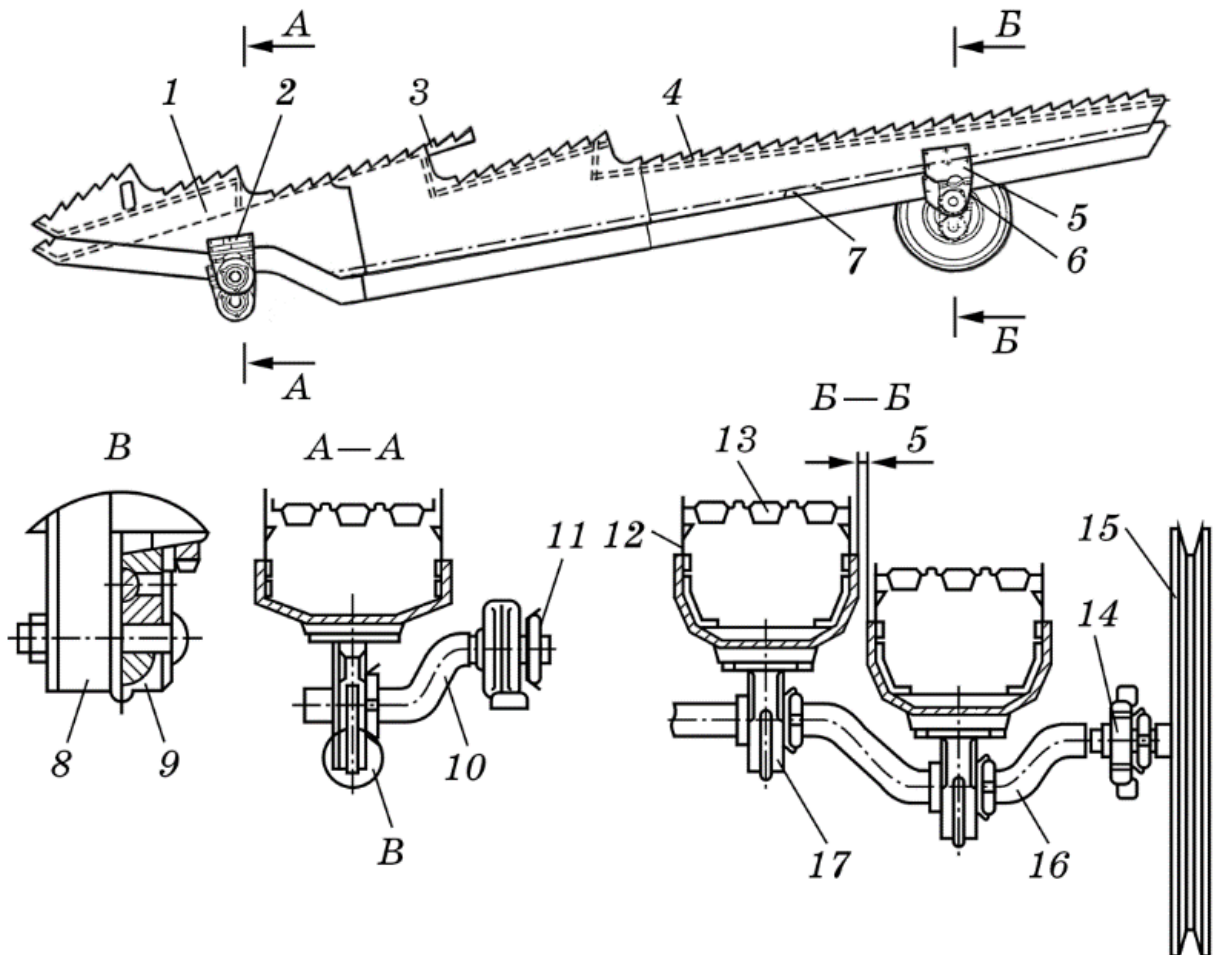


Рис. 2.25. Клавiшний соломотряс комбайна КЗС-9-1 «Славутич»:

1 - клавiша соломотряса; 2 і 5 - кронштейни кріплення; 3 і 4 - гребінки; 6 - прокладка; 7 - днище; 8 - корпус підшипника кочення; 9 - амортизатор; 10 - ведений колінчатий вал; 11 - гайка; 12 - корпус клавiші; 13 - жалюзійна поверхня клавiші; 14 , 17 - підшипники кочення; 15 - приводний шків; 16 - ведучий колінчатий вал

Очисник призначений для відокремлення зерна з дрібного вороху, котрий надходить з молотильного апарата, соломотряса та домолочувального пристрою.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Дрібний ворох за масою складається з 80...85 % зерна, 7...8 % збоїни, 5...6 % полови і 3...6 % інших домішок. Збоїна і половина можуть містити обмолочені і необмолочені колоски та їхні частинки.

Основними складальними одиницями очисника (рис. 2.26) є стрясна (транспортна) дошка з пальцевою решіткою, верхнє решето з подовжувачем, нижнє решето, вентилятор, швидкознімний лоток половонабивача, механізми приводу, підвіски та регулювань.

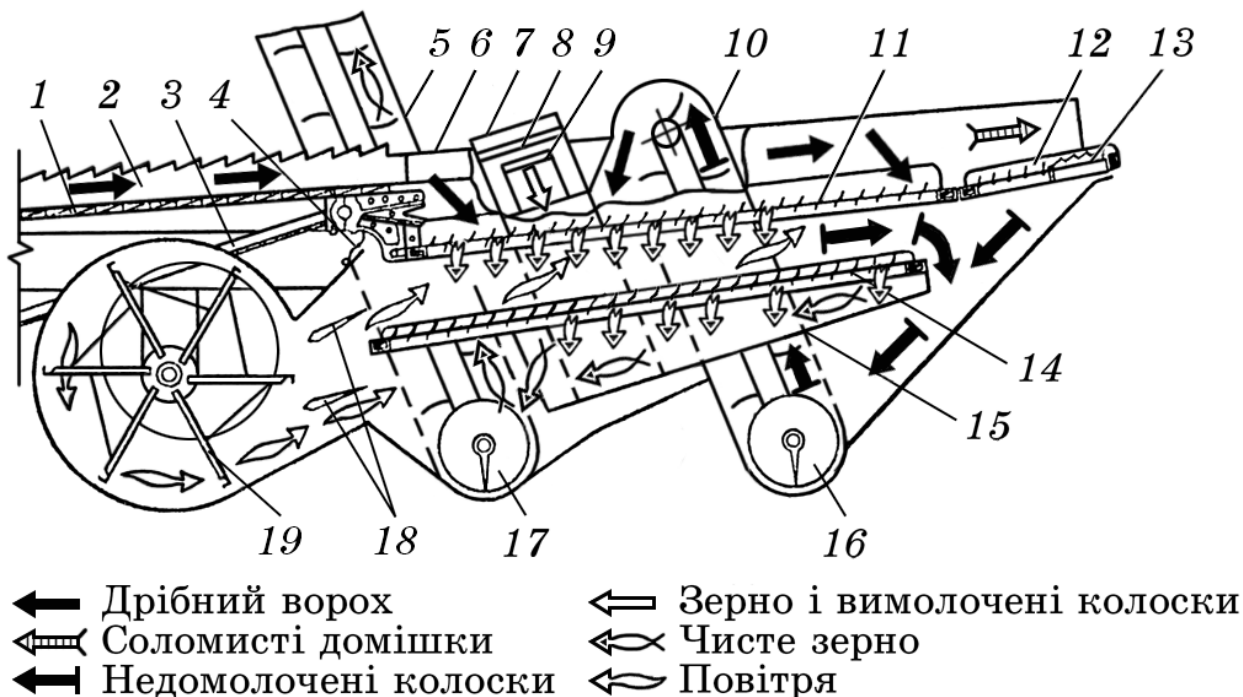


Рис. 2.26. Схема роботи очисника комбайна КЗС-9-1 «Славутич»:

1 - східчастий настил стрясної дошки; 2 - гребінка; 3 - шатун приводу стрясної дошки; 4 - фартух; 5 - зерновий елеватор; 6 - пальцева решітка; 7 - домолочувальний пристрій; 8 - терткова поверхня; 9 - домолочувальний барабан; 10 - колосовий елеватор; 11 - верхнє решето; 12 і 13 - поздовжні і поперечні жалюзі подовжувача; 14 - нижнє решето; 15 - скатна дошка решетного стана; 16 - колосовий шнек; 17 - зерновий шнек; 18 - розсікачі; 19 - відцентровий вентилятор

Стрясна (транспортна) дошка являє собою східчастий настил 1, який виготовлено із оцинкованої листової сталі. До настилу жорстко кріпляться поздовжні гребінки 2. Вони розділяють настил на декілька незалежних доріжок

і утримують ворох від зміщення в той чи інший бік при роботі комбайна на схилах. До заднього поперечного бруса стрясної дошки кріпляться пальцева решітка 6 та фартух 4, який перекриває щілину між стрясною дошкою й кожухом вентилятора. Пальцева решітка виділяє із зернового вороху зернову фракцію і спрямовує її на передню частину верхнього решета, а соломисту фракцію спрямовує на менш завантажену середню ділянку решета.

Верхнє решето 11 - жалюзійне, регульоване, кріпиться у верхній частині решетного стану. Регульовані жалюзі за допомогою важеля можуть відхилитися на кут від 0° до 70°. В задній частині верхнього решета жорстко прикріплений подовжувач, робоча поверхня якого жалюзійна і має регулювання.

Так само як і верхнє, нижнє решето 14 - жалюзійне, регульоване і встановлюється у нижній частині решетного стану. Кут нахилу жалюзі (регульовальний зазор між жалюзі) нижнього решета регулюють механізмом, будова якого аналогічна механізму регулювання зазорів верхнього решета.

Вентилятор очисника – відцентровий, шестилопатевий, розміщений у металевому корпусі (кожусі). У горловині кожуха вентилятора встановлено розсікачі повітряного потоку. Привод вентилятора здійснюється за допомогою клинопасового варіатора, яким керують із робочого місця оператора.

Половонабивач являє собою граблину у вигляді труби, до якої приварені пальці і важелі. Під час роботи кінці пальців граблини рухаються по еліптичній траєкторії, спрямовуючи полу до пристроїв для збирання незернової частини уражаю.

Домолочувальний пристрій виконує обмолочування вороху, який подається колосовим шнеком та елеватором з очисника. Він складається з домолочувального барабана і нерухомої теркової поверхні.

Зерновий бункер призначений для акумулювання зерна і вивантаження його у транспортний засіб. На задній стінці бункера розміщуються два гідравлічних вібратори, які створюють сприятливі умови для руху зерна будь-якої вологості до вивантажувального шнека. Частота коливань поршня вібратора 20...25 коливань за секунду, амплітуда - 5 мм.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ, ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО ОЧИСНИКА ГРУБОГО ВОРОХУ

3.1. Обґрунтування доцільності використання удосконаленого очисника грубого вороху у конструктивну схему зернозбирального комбайна

Одним із шляхів підвищення якісних показників роботи зернозбирального комбайна є зменшення втрат зерна у грубому воросі. З цією метою нами запропоновано замінити штатний клавійний соломотряс на ротаційно-пластинчатий. Ротаційно-пластинчатий соломотряс (рис. 3.1) вперше був запропонований у 70-х роках ХХ століття.

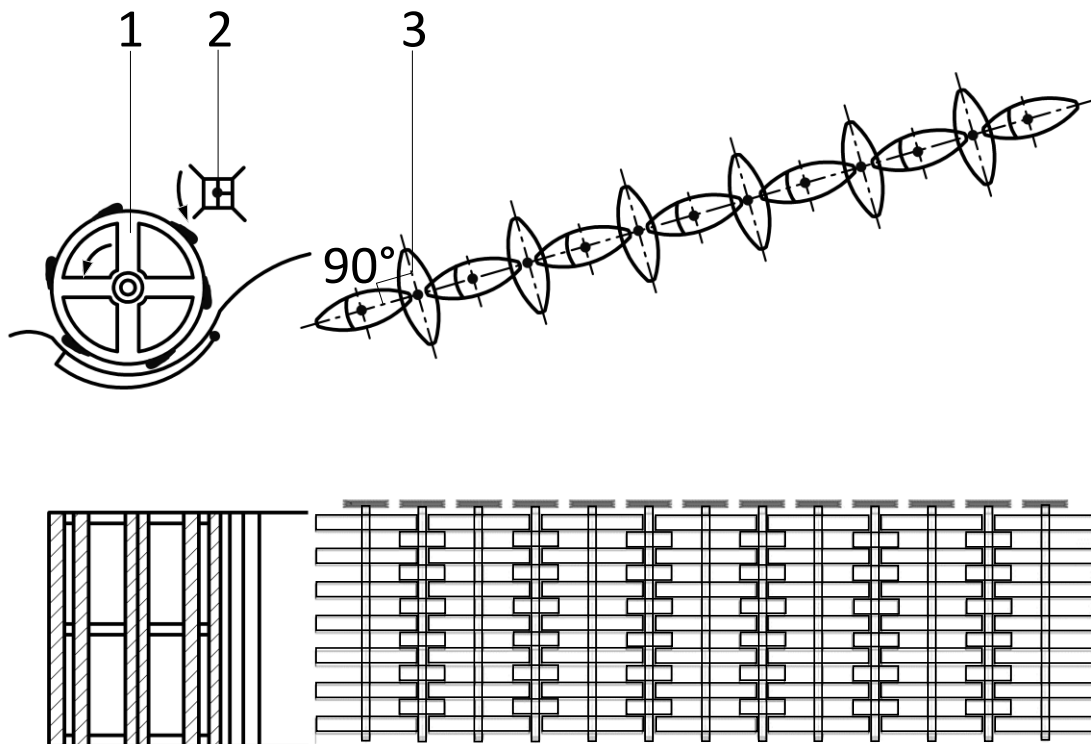


Рис. 3.1. Конструктивна схема ротаційно-пластинчатого соломотряса

Він складався із пластин еліптичної форми, набраних на валу, які формують батарею. П'ятнадцять паралельних, розміщених уперек руху

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Широков				РОЗДІЛ 3	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк					51	87	
Реценз.						AI-2204 СТ		
Н. Контр.								
Затверд.								

хлібної маси, батареї формують роликову поверхню соломотряса [11]. Еліптичні пластини кожної із батарей розміщені у зазорах між пластинами суміжних батарей, при цьому кут встановлення більших осей пластин суміжних батарей відрізняється на 90° .

При обертанні батареї грубий соломистий ворох, переміщуючись по поверхні пластин, завдяки їх еліптичній формі, перетрушується та під час переходу з однієї батареї на іншу - підкидається. Грубий ворох отримує при цьому періодичне імпульсне навантаження однакової сили.

Експериментальні дослідження пропонуваного соломотряса, проведенні авторами дозволили зробити висновок, що такий соломотряс ефективно працює на зернозбиральних комбайнах з пропускною здатністю від 5 кг/с, а після підбору раціональних параметрів і режимів роботи, зможе ефективно працювати на комбайнах з пропускною здатністю 10...12 кг/с.

Робочий процес комбайна обладнаного пропонуваним соломотрясом відбувається так: після обмолочування хлібної маси, грубий ворох спрямовується відбійним бітером на роликову поверхню соломотряса. Ролики підкидають і перетрушують грубий ворох вивільнюючи з нього зернову суміш.

3.2. Розрахунок параметрів молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна

Технологічний процес роботи будь-якого молотильно-сепарувального пристрою можна розділити на дві фази:

- I. обмолочування хлібної маси - руйнування зв'язків зерен з колосом і виділення зерен з колосу,
- II. виокремлення зерна від соломистої фракції.

Продуктивність молотильного апарату має чіткий кореляційний зв'язок з його параметрами і режимами роботи. Залежність між потужністю на привод, параметрами молотильно-сепарувального пристрою і подачею хлібної маси представлена основним рівнянням молотильного барабана, яке було запропоноване академіком В.П. Горячкіним.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Залежність для визначення подачі хлібної маси до молотильного апарату має вигляд:

$$q = \frac{0,01 QVB}{\beta}, \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (1.1)$$

де Q - урожайність зернових культур, ц/га;

V – швидкість руху комбайна, м/с;

B - ширина захвату жатки, м;

β - вміст вільного зерна у хлібній масі.

Після підстановки вихідних даних $Q = 30$ ц/га, $V = 1,67$ м/с, $B = 6$ м, $\beta = 0,4$ подача q хлібної маси буде дорівнювати 7,53 кг/с. Згідно технічної характеристики комбайна КЗС-9-1 «Славутич» його пропускна здатність становить 9 кг/с, тому при розрахунковій подачі хлібної маси 7,53 кг/с зазначений комбайн можна використовувати для удосконалення.

Діаметр молотильного барабану визначається залежністю:

$$d = \frac{V_6 M \Delta t}{\pi}, \text{ м} \quad (1.2)$$

де M - число планок (бичів);

Δt - інтервал часу між ударами по масі двох суміжних бичів;

V_6 – колова швидкість бичів, в залежності від стану і характеристики культури, що збирається, м/с;

Після розрахунків діаметр молотильного барабану d дорівнює 0,7 м. При обмолочуванні пшениці рекомендована колова швидкість бича барабана має становити 28,0...32,0 м/с.

Довжина молотильного барабана описується залежністю:

$$L_6 = \frac{q}{q_0 M}, \text{ м} \quad (1.3)$$

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

де q_0 - допустима подача хлібної маси на 1 м довжини бича (для пшениці при вологості 14...18% $q_0 = 0,25...0,35$ кг/с · м). При підвищенні вологості пшениці на 5% значення допустимої подачі q_0 знижують на 15...20%.

Для молотильного апарата комбайна КЗС-9-1 «Славутич» довжина молотильного барабана становить 1484 мм.

Розрахункова частота обертання молотильного барабана визначається за формулою:

$$\omega_6 = \frac{\pi V_6}{d}, \frac{\text{об}}{\text{с}} \quad (1.4)$$

Згідно розрахунку частота обертання молотильного барабана рівна 465...1013 об/хв або 7,75...16,88 об/с. Для подальшого розрахунку ω_6 приймемо рівною 12 об/с.

Потужність, яка витрачається на привод молотильного барабана описується рівнянням:

$$N = N_1 + N_2, \text{Вт} \quad (1.5)$$

де N_1 – потужність, яка витрачається на подолання корисних сил опору при виконання технологічного процесу. Потужність N_1 - це запас потужності двигуна витраченої на подолання корисного опору при обмолочуванні;

N_2 – потужність, яка витрачається на подолання сил тертя (шкідливий опір).

Потужність витрачена на подолання корисних сил опору при виконанні технологічного процесу визначаються із виразу:

$$N_1 = P V_6 \quad (1.6);$$

де P – колове зусилля, яке виникає на барабані, H ;

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Колове зусилля на барабані визначимо за формулою:

$$P = P_1 + P_2, \quad (1.7)$$

де P_1 – зусилля удару бича по хлібній масі;

P_2 – зусилля, яке витрачається на протягування скошеної маси в зазор між барабаном і підбарабанням.

При цьому зусилля удару бича по хлібній масі визначаємо із залежності:

$$P_1 = q(U_2 - U_1), \quad (1.8)$$

де U_1 – швидкість подачі маси до молотильного барабана, $U_1 = 3 \dots 5$ м/с;

U_2 – швидкість, яка передається хлібній масі ударом бича, м/с.

Швидкість, якої набуває хлібна маса після удару бича визначається за формулою:

$$U_2 = \psi V_0 \quad (1.9)$$

при $\psi = 0,5 \dots 0,85$ $P_1 = 9 \cdot (0,75 \cdot 12 \cdot 0,7 - 4) = 20,7H$

$$P_2 = f P_1 \quad (1.10)$$

де f - коефіцієнт перетирання хлібної маси (для бильного барабана коефіцієнт $f = 0,65 \dots 0,75$).

$$P_2 = 0,7 \cdot 20,7 = 14,5H.$$

Тоді колове зусилля на барабані буде дорівнювати $P = 35,2 H$, а потужність, яка витрачається на подолання корисних сил опору при виконанні

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

технологічного процесу $N_1 = 35,2 \cdot 12 \cdot 0,7 = 295,68 \text{ Вт}$

Потужність, яка витрачається на подолання сил тертя (шкідливий опір) визначається за формулою:

$$N_2 = AV_6 + CV_6^3 \quad (1.11),$$

де A, C – коефіцієнти, які визначаються експериментально: $A = 0,3 \dots 0,4 \text{ Нм}$;

$$C = (0,8 \dots 0,9) 10^{-3} \text{ Нмс}^2$$

З урахуванням експериментальних коефіцієнтів, потужність на подолання шкідливого опору буде рівна:

$$N_2 = 0,35 \cdot 8,4 + 0,00085 \cdot 8,4^3 \approx 3,54 \text{ Вт}$$

Тоді, загальна потужність, яка витрачається на привод молотильного барабана $N = 299,22 \text{ Вт}$.

У загальному вигляді залежність для визначення потужності, яка витрачається на привод молотильного барабана описуватиметься формулою:

$$N = \frac{q(U_2 - U_1)V_6}{1 - f} + AV_6 + CV_6^3 \quad (1.12)$$

При проведенні початкових обрахунків прийmemo у першому наближенні, що:

$$U_2 - U_1 = \gamma V_6 \quad (1.13)$$

де γ - коефіцієнт, який враховує характер зміни швидкості хлібної маси за час проходження через зазор між барабаном і підбарабанням.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Тоді вираз для визначення потужності набуде такого вигляду:

$$N = \frac{q\gamma V_6^2}{1-f} + AV_6 + CV_6^3 \quad (1.14)$$

Значення для коефіцієнта γ можна одержати з виразу:

$$\gamma = \varphi - \frac{U_1}{V_6} \quad (1.15)$$

Збільшення або зменшення швидкості обертання барабана буде визначатись різницею між потужністю двигуна $N_{дв}$ та потужністю на привод барабана N :

$$N_{дв} - N = \pm J \omega_6 \frac{d\omega_6}{dt} \quad (1.16)$$

де J - зведений момент інерції молотильного барабана, кг/м²

$d\omega_6/dt$ – кутове прискорення молотильного барабана, рад/с².

Для комбайнових молотарок кутове прискорення молотильного барабана приймають у межах:

$$\frac{d\omega_6}{dt} = 15 \dots 17 \text{ рад/с}^2$$

Після підстановки виразу для визначення потужності у вихідне рівняння та деяких алгебраїчних перетворень ми отримуємо основне рівняння молотильного барабана:

$$\frac{d\omega_6}{dt} = \pm \frac{N_{дв} - \frac{q\gamma V_6^2}{1-f} + AV_6 + CV_6^3}{J\omega_6} \quad (1.17)$$

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

При роботі комбайна на холостому ходу рівняння прийме вигляд:

$$\frac{d\omega_6}{dt} = \frac{N_{дв} - AV_6 - CV_6^3}{J\omega_6} \text{ або } \frac{d\omega_6}{dt} = \frac{N_1}{J\omega_6} \quad (1.18)$$

Витрата енергії буде виражатись залежністю:

$$\frac{d\omega_6}{dt} = \frac{q \gamma V_6^2}{J \omega_6 (1 - f)} \quad (1.19)$$

Оскільки колова швидкість бичів барабана $V_6 = \omega_6 \frac{d}{2}$, то вираз для витрати енергії набуде вигляду:

$$\frac{d\omega_6}{dt} = \frac{0,25 q \gamma d^2}{J (1 - f)} \omega_6 \quad (1.20)$$

За постійного значення величини подачі q доцільно працювати з кутовою швидкістю $\omega_{кр}$, проте на практиці подача хлібної маси може змінюватись у межах $(0,67 \dots 1,33)q$. Тому для уникнення забивання молотильного барабана його кутову швидкість приймаємо $\omega_{роб} < \omega_{кр}$.

У такому випадку має виконуватися умова:

$$0,5 \omega_{роб} d \geq V_{6 \min} \quad (1.21)$$

де $V_{6 \min}$ - мінімально допустима колова швидкість молотильного барабана, за якої буде забезпечена повнота обмолоту хлібної маси.

У випадку невиконання вищезазначеної умови необхідно зменшувати подачу хлібної маси q , а, відповідно, і збільшувати $\omega_{роб}$ та V_6 . Мінімально допустима величина швидкості $V_{6 \min}$ відповідає частоті $\omega_{доп}$.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Величина подачі хлібної маси при такому режимі роботи описується залежністю:

$$q_{\text{роб}} = \frac{d\omega_{\delta}}{dt}_{\text{роб}} \cdot \frac{J(1-f)}{\gamma\omega_{\text{роб}} r^2} \quad (1.22)$$

Оскільки $q_{\text{роб}}$ відповідає максимально допустимій подачі з умови вимолочування зерна, то фактична середня подача хлібної маси буде в 1,33 рази менша, тобто:

$$q_{\text{ф}} = q_{\text{роб}}/1,33 = 0,75 q_{\text{роб}} \quad (1.23)$$

Отримане значення фактичної подачі дозволить отримати оптимальне значення швидкості руху зернозбирального комбайна:

$$V_{\text{к}} = \frac{q_{\text{ф}} \beta}{0,01 Q B} \quad (1.24)$$

Щодо соломотряса, то кінематика його роботи визначається показником кінематичного режиму:

$$K = \frac{\omega_c^2 r}{g} \quad (1.25)$$

де ω_c – кутова швидкість колінчатого вала, рад/с;

r - радіус колінчатого вала соломотряса, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Експериментально доведено, що від показника кінематичного режиму роботи соломотряса залежить якість видалення зерна з грубого вороху. Збільшення швидкості обертання вала призводить до збільшення швидкості руху вороху по поверхні соломотряса. Для 4-и клавішних соломотрясів значення

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

показника кінематичного режиму $K = 2,2 \dots 2,6$, а для 5-ти клавішних цей показник становитиме $K = 1,1 \dots 1,5$.

Крім того, при такому режимі роботи клавіш грубий ворох підкидається і струшується, що інтенсифікує виділення з нього вільного зерна.

Середня швидкість переміщення грубого вороху поверхнею соломотряса визначається за формулою:

$$V_{\text{ср}} = \frac{S\omega_c}{2\pi} \quad (1.26)$$

де S – висота, на яку піднімається грубий ворох за одне підкидання, м.

Загальна ширина соломотряса:

$$B_c = 1,1 L_6, \text{ м} \quad (1.27)$$

Загальна довжина соломотряса визначається із урахуванням втрат вільного зерна разом із соломою.

Втрати зерна з соломою визначаються за формулою:

$$q_c = q_3 e^{-mL}, \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (1.28)$$

де q_3 - кількість зерна, що потрапляє з соломою на соломотряса, кг/с;

m - коефіцієнт сепарації вороху;

L - довжина клавіш соломотряса, м.

Після здійснення відповідних математичних перетворень виразу для втрат зерна отримаємо залежність для визначення довжини соломотряса:

$$L = \frac{\ln[(1 - \varepsilon) \cdot 100]/P}{\mu} \quad (1.29)$$

					Арк.
					60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де ε - коефіцієнт сепарації зерна підбаранням (значення коефіцієнта сепарації приймають на рівні $\varepsilon = 0,80 \dots 0,85$;

$P = 0,25\%$ - відсоток допустимих втрат зерна за соломотрясом.

μ – коефіцієнт інтенсивності сепарації зерна, який описує яка частка вимолоченого вільного зерна виділяється на 1 м^2 проці соломотряса.

Коефіцієнт інтенсивності сепарації визначається з виразу:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{h_0}{h} \right)^m \quad (1.30)$$

де $\mu_0 = 0,018 \text{ 1/м}^2$ - інтенсивність сепарації при товщині шару соломи на соломотрясі $\mu_0 = 0,2 \text{ м}$

$m = 0,8 \dots 1,2$ – коефіцієнт, який описує умови роботи соломотряса. Більші значення коефіцієнта приймають при важких умов роботи, менші - при легких.

Товщину прошарку соломи на соломотрясі визначаємо за формулою:

$$h = \frac{q(1 - \beta)}{B_c V_{cp} \rho} \quad (1.31)$$

де ρ - густина прошарку соломи на поверхні соломотрясу, кг/м^3 .

3.3. Розрахунок основних параметрів удосконаленої системи очистки грубого вороху

Розрахунок основних параметрів удосконаленого соломотряса почнемо з визначення ширини ротаційного соломовідокремлювача. Ширина ротаційного соломотряса рівна довжині молотильного барабана. Тому можемо записати:

$$B_c = L_B \quad (1.32)$$

де: L_B – загальна довжина молотильного барабана;

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для молотильного апарата комбайна КЗС-9-1 «Славутич» довжина молотильного барабана становить 1484 мм. Пропоновані в роботі конструктивні рішення дозволяють зменшити ширину удосконаленого соломотряса 1420 мм.

На валах ротаційного соломотряса встановлено еліпсоподібні пластини (кулачки). Різниця величин більшого і меншого діаметрів еліпсоподібних пластини повинна відповідати умові динамічної дії на соломисту масу. Тому, приймаємо величину більшого діаметра 200 мм, а меншого – 90 мм.

Ефективне виділення зерна із прошарку грубого вороху забезпечується при кінематичному режимі очисника $K = 2,2$.

Оскільки $K = \frac{\omega^2 \Delta}{g} = 2,2$, то виразивши ω із цієї залежності отримаємо:

$$\omega = \sqrt{\frac{2,2g}{\Delta}} = \sqrt{\frac{2,2 \cdot 9,81}{0,11}} \approx 14 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Для оцінки правильності вибору величини більшого діаметра еліпса пластини ротаційного соломотряса визначимо висоту прошарку соломи, яка знаходиться на поверхні соломотряса:

$$H_c = \frac{q_m \beta}{B_c V_{\text{по}} \rho} \quad (1.33)$$

де q_m - пропускна здатність зернозбиральної машини. Приймаємо $q_m = 9$ кг/с;

B_c - ширина роторного соломотряса;

$V_{\text{по}}$ - лінійна швидкість роликів сепарувальної поверхні очисника. (лінійна швидкість $V_{\text{по}}$ роликів при значенні більшого радіуса R ексцентрика 0,2 м та кутовій швидкості $\omega = 14$ рад/с буде дорівнювати 2,8 м/с);

β - коефіцієнт соломистості маси. При співвідношенні маси соломи до маси зернової частини 1:1,5 коефіцієнт $\beta = 0,67$. Приймаємо $\beta = 0,7$;

ρ – об'ємна маса соломи ($\rho = 10 \dots 20$ кг/м³). Для розрахунків $\rho = 15$ кг/м³.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Підставляючи вихідні данні у рівняння для висоти прошарку соломи, яка знаходиться на поверхні ротаційно-планчастого соломотряса отримаємо:

$$H_c = \frac{9 \cdot 0,7}{1,42 \cdot 2,8 \cdot 15} = 0,1\text{м}$$

Коефіцієнт інтенсивності сепарації визначається з виразу:

$$\mu = 0,009 \left(\frac{1}{1,5} \right)^{1,2} = 0,005$$

Тоді коефіцієнт сепарації очисника буде дорівнювати:

$$\mu_c = \frac{\mu}{H_c} = \frac{0,005}{0,1} = 0,05$$

Оптимальна довжина соломотряса для вороху товщиною $h_0 = 10$ см визначається за формулою:

$$L_{oc} = \frac{60\varepsilon}{n^1} V_c, \quad (1.34)$$

де ε –кількість струшувань, яка необхідна для виділення зерна з вороху, при $h_0=10$ см, ($\varepsilon = 20 \dots 22$) Приймаємо $\varepsilon = 20$;

n^1 – кількість ударів, що наносить ексцентрикова пластина за 1 хвилину, об/хв (для розрахунків $n^1 = n$);

n – частота обертання валів соломотряса, об/хв;

ω – кутова швидкість валів привода, рад/с;

V_c - середня швидкість переміщення грубого вороху по поверхні роторного соломотряса.

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 14}{3,14} = 133,7 \text{ об/хв}$$

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Середня швидкість переміщення грубого вороху по поверхні ротаційного соломотряса, м/с:

$$V_c = \eta \frac{g}{\omega} \cos \alpha \quad (1.35)$$

де η – коефіцієнт, що враховує опір переміщенню вороху, ($\eta = 0,8 \dots 0,9$);

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

α – кут нахилу ротаційної поверхні до горизонту, ($\alpha = 5 \dots 15^\circ$ – приймаємо 10°);

Після підстановки отримаємо:

$$V_c = \eta \frac{g}{\omega} \cos \alpha = 0,8 \cdot \frac{9,81}{14} \cdot \cos 10^\circ = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,98 = 0,54 \text{ м/с}$$

Приймаємо $V_c = 0,5 \text{ м/с}$

Маючи значення частоти обертання і кутової швидкості валів привода соломотряса, середньої швидкості переміщення грубого вороху по поверхні роторного соломотряса розраховуємо оптимальні довжину соломотряса:

$$L_{oc} = \frac{60 \cdot 20}{133,75} \cdot 0,5 = 4,485 \text{ м}$$

Довжина соломотряса, м:

$$L_c \geq L_{oc} \sqrt{\frac{h}{h_0}} = 4,485 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{0,15}} = 3,548 \text{ м}$$

Приймаємо довжину ротаційного соломотряса $L_c = 3,550 \text{ м}$

Визначимо кількість роторів z , з яких складатиметься соломотряс. Для цього визначимо відстань між осями роторів. Допустимо, що кут обхвату робочої зони ротора складає $\phi_{рот} = 140^\circ$. Враховуючи загальну довжину соломотряса -

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

3,550 м і те, що в крайніх положеннях крайні точки еліптичних пластин сусідніх роторів повинні перекривати одна одну, отримуємо $z = 15$.

Подача грубого вороха на соломотряс визначається за формулою:

$$q_c = \frac{q}{1 + \beta} \quad (1.36)$$

При співвідношенні маси соломи до маси зернової частини 1:1,5 значенні коефіцієнта солемистості маси $\beta = 0,7$, кг/с і пропускній здатності зернозбирального комбайна $q = 9$ кг/с:

$$q_c = \frac{9}{1 + 0,7} = 5,29 \text{ кг/с}$$

Загальна площа соломотряса рівна:

$$F = B_c L_c = 1,420 \cdot 3,550 = 5,04 \text{ м}^2$$

Тоді питоме навантаження на ротаційний соломотряс буде:

$$q_{oc} = \frac{q_c}{F} = \frac{5,29}{5,04} = 1,05 \text{ кг/м}^2\text{с}$$

Для прикладу $q_{oc} = 0,48 \dots 0,6$ для зернозбиральних комбайнів з пропускною здатністю 5 кг/с), тобто отримані нами дані абсолютно адекватні.

Продуктивність ротаційного соломотряса визначаємо за формулою:

$$Q = B_c \cdot H_c \cdot V_c \cdot \rho \quad (1.37)$$

де B_c – робоча ширина ротаційного соломотряса, м;

V_c - середня швидкість переміщення грубого вороху по поверхні ротаційного соломотряса, м/с;

H_c - висоту прошарку соломи, яка знаходиться на поверхні соломотряса, м;

ρ - об'ємна маса вороху ($\rho = 15$ кг/м³).

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І на останок необхідно визначити потужність, яка витрачається на виконання ротаційним соломотрясом робочого процесу:

$$N_{роб} = N_{xx} + N_{mp} \quad (1.38)$$

де N_{xx} – потужність, необхідна для приведення роторів у роботу (холостий хід);
 N_{mp} – потужність, необхідна для транспортування соломистої маси.

Залежність для визначення потужності, яка необхідна для приведення одного ротора у роботу (холостий хід) має вигляд:

$$N_{xx} = M_{кр} \cdot \omega = \omega \cdot G \cdot \frac{D}{2} \cdot f \quad (1.39)$$

де ω - кутова швидкість валів привода, рад/с;

G - вага ротора, кг;

D - діаметр ротора, м;

f - коефіцієнт тертя вала в підшипниках кочення;

Підставляючи значення, отримаємо:

$$N_{xx} = 14 \cdot 30 \cdot \frac{0,4}{2} \cdot 0,5 = 42 \text{ Вт}$$

На привод 15 роторів витрачається 630 Вт

Потужність, яка потрібна для транспортування соломистої маси визначимо за формулою:

$$N_{mp} = g \cdot Q \cdot S \quad (1.40)$$

де g -прискорення вільного падіння, м/с²;

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Q - подача, яка відповідає пропускній здатності молотарки комбайна, кг/с;

S - відстань на яку транспортується ворох (довжина соломотряса), м.

Підставляючи значення пропускної здатності Q та відстані транспортування отримаємо:

$$N_{тр} = 9,81 \cdot 9 \cdot 3,55 = 313,43 \text{ Вт}$$

Тоді, загальна потужність для виконання технологічного процесу ротаційним очисником складе $N_{роб} = 630 + 313,11 = 943,11 \text{ Вт}$.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальний стан охорони праці в господарстві

Під охороною праці розуміють систему соціально-економічних, організаційно-технічних, правових, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності працівники в процесі виконання ним певних технологічних операцій. Дія Закону України «Про охорону праці (редакція № 4170-ІХ від 19.12.2024) поширюється на усі підприємства, установи та організації незалежно від їх форми власності і видів діяльності, та на всіх громадян, котрі працюють або залучені до праці на підприємствах. [9]

В даному дипломному проєкті розглянуто стан охорони праці підприємства АТ «Миронівське», яке знаходиться у с. Польове Обухівського району Київської області. Доцільність та необхідність аналізу стану охорони праці на підприємстві спричинена тим, що підходи до проблематики охорони праці повинні мати комплексний характер, оскільки забезпечення безпечних умов праці на окремо взятому робочому місці або підрозділі не є підставою вважати, що в усіх структурних підрозділах господарства забезпечені травмобезпечні та здорові умови праці.

Аналізуючи стан організації охорони праці на підприємстві АТ «Миронівське», необхідно перш за все зазначити, що посадовою особою, яка відповідає за організацію та дотримання безпечних і здорових умов праці є директор. З метою організації на кожному робочому місці та у кожному структурному підрозділі підприємства відповідних до діючої нормативно-правової бази умов праці, а також контролю за дотриманням гарантованих законодавством про охорону праці прав робітників, директор підприємства забезпечує:

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 4	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Широков						68	87
Перевір.	Гуменюк							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.						АІ-2204 СТ		

- створення відповідних служб та призначення посадових осіб, в обов'язки яких входить вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує документи про права, обов'язки і відповідальність вищезазначених посадових осіб;

- забезпечення усунення причин, що призвели або можуть призвести до виникнення нещасних випадків, професійних захворювань, а також забезпечення проведення профілактичних заходів, які визначені відповідними комісіями за підсумками розслідування таких причин;

- розроблення (відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативно-правових актів про охорону праці) та затвердження положень, інструкцій, інших нормативних документів з охорони праці на підприємстві, які встановлюють правила поведінки робітників на території підприємства в цілому і на робочих місцях зокрема;

- здійснення постійного контролю за дотриманням працівниками вимог щодо виконання технологічних процесів, правил поводження з технічними засобами, використання відповідних засобів захисту, виконання робіт згідно вимог охорони праці;

- інформування та пропагування серед працівників підприємства безпечних методів роботи та співробітництво зі спеціалістами галузі охорони праці;

На базі АТ «Миронівське» створена служба з охорони праці, яка прирівняна до основних виробничо-технічних служб і підпорядковується директорові підприємства.

Спеціалісти даної служби мають право:

- видавати керівникам усіх структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи, які стосуються усунення виявлених недоліків і невідповідностей;

- на першу вимогу отримувати від вищезазначених керівників необхідну інформацію щодо виконання вимог охорони праці;

- вимагати відсторонення від виконання робіт осіб, що не пройшли

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

медичний огляд, навчання і перевірку знань, інструктаж, не мають допуску до виконання відповідних робіт або ігнорують вимоги з охорони праці;

- втручатись та зупиняти роботу виробництва у разі виявлення порушень, які створюють загрозу життю і здоров'ю робітників;
- сповіщати (шляхом підготовки відповідного подання) керівництво підприємства про необхідність притягнення до відповідальності осіб, що порушують вимоги правил охорони праці.

Право скасування підпису спеціаліста з охорони праці має тільки керівник підприємства. На підприємстві АТ «Миронівське» відповідальною особою з питань охорони праці є головний інженер. На даному підприємстві також функціонує кабінет з охорони праці.

Кожен працівник при прийнятті на роботу і в процесі трудової діяльності проходить відповідний інструктаж або навчання згідно Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05), ключовими питаннями якого є: основні положення охорони праці, надання першої медичної допомоги, правила поведінки при виникненні аварійної ситуації, тощо [15]. Інструктаж/навчання проводяться у кабінеті охорони праці.

Посадові особи підприємства згідно затвердженого Державним комітетом України з нагляду за охороною праці переліку, перед початком виконання обов'язків та з періодичністю один раз на три роки проходять у встановленому порядку відповідні навчання з подальшою перевіркою знань з охорони праці. Навчання та тестування проводяться в органах галузевого або регіонального управління охороною праці за участі представників органів держнагляду і профспілок.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів №442 від 01.08.1992 року та останніх змін від 30.06.2023 № 660 (660-2023-п) [21], робочі місця усіх структурних підрозділів АТ «Миронівське» пройшли атестацію за умовами праці. На підприємстві також суворо дотримуються періодичності багатоступеневого адміністративно-громадського контролю з питань охорони праці.

						Арк.
					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

За минулі роки на підприємстві був зафіксований один травматичний випадок пов'язаний з переломом руки, після виникнення якого, відповідно положенню про Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві (НПАОП 0.00-6.02-04) службою охорони праці проводилося розслідування [16]. За підсумками даного розслідування було складено акт встановленої форми, один примірник якого, не пізніше 3 днів після закінчення розслідування, було відправлено потерпілому. Після реєстрації нещасного випадку було проведено позапланові інструктажі працівників, перевірку стану обладнання, яке стало причиною нещасного випадку.

Згідно норм законодавства, якщо нещасний випадок стався від дії людського фактору, то винуватець, в залежності від тяжкості випадку несе відповідальність у вигляді штрафу, винесення адміністративного покарання, а в особливо тяжких випадках - усунення від посади та кримінальну відповідальність.

Вимоги, які зазначені в укладеному колективному договорі забезпечують працівникам соціальні гарантії у галузі охорони праці на рівні передбаченому законодавством України. На підприємстві АТ «Миронівське» неухильно дотримуються вимог колективного договору, здійснюючи комплексні заходи у питаннях дотримання діючих нормативів безпеки та гігієни праці, підвищення рівня охорони праці, запобігання аварійних ситуацій, виробничого травматизму і професійним захворюванням. Кожне робоче місце підприємства забезпечене спецодягом, засобами індивідуального захисту, засобами пожежогасіння, інструкцією з охорони праці та пожежної безпеки, планами евакуації у випадку небезпечних ситуацій.

У відповідності зі статтею 19 Закону України «Про охорону праці», на підприємстві створено фонд охорони праці, з коштів якого фінансуються заходи спрямовані на підвищення загального рівня охорони праці [8]. Мінімальний розмір витрат на охорону праці становить 0,5% фонду оплати праці за попередній рік.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Аналіз стану охорони праці в АТ «Миронівське» дозволяє зробити висновок, що у підприємстві питанням охорони праці приділяється значна увага, а в цілому рівень охорони праці на підприємстві можна вважати добрим.

4.2 Аналіз виробничих небезпек та причин їх виникнення

Усі робочі місця, які задіяні у виробничі процеси АТ «Миронівське» забезпечуються максимально можливим рівнем механізації, електрифікації та автоматизації виробництва. Згідно чинного законодавства робоче місце працівника повинно відповідати таким базовим критеріям:

- обладнання, інструмент і приладдя повинні бути справним, використовуватися тільки за їх прямим призначенням, знаходитися у відповідних місцях та перебувати в стані постійної технічної готовності;
- робоче місце має бути зручним для проведення відповідних технологічних операцій.
- відходи виробництва, відпрацьовані матеріали та сміття повинні своєчасно видалятися з робочого місця у спеціальні контейнери, які знаходяться у відведеному місці;
- переміщення матеріалів, деталей та виробів, маса яких перевищує 20 кг повинне здійснюватися з використанням відповідних підйомно-транспортних машин та обладнання.

В процесі виконання різних технологічних операцій, ремонту машин і обладнання, їх випробувань, працівник може стикатися зі значною кількістю небезпечних і шкідливих виробничих факторів, до яких слід віднести:

- піднімання на висоту машин або їх складових частин під час ремонту або технічного обслуговування;
- відкривання/зняття кожухів та захисного обладнання з обертових і рухомих частин машин та обладнання;
- відсутність або поломка освітлювальних та контрольно-вимірювальних пристроїв;
- підтікання палива, оливи, мастильних матеріалів, охолоджувальної та

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

інших технічних рідин;

- пошкодження ізоляції електрообладнання та проводки;
- поломка або пошкодження інструменту, приладів та обладнання, тари;
- розташування машин з порушенням інтервалу та дистанції;
- присутність на робочому місці сторонніх предметів.
- значна запиленість і загазованість повітря в робочій зоні;
- підвищена шумність робочого місця;
- високий рівень вібрації обладнання та інструментів;
- відсутність або брак природного освітлення;
- недостатність або брак освітлення у робочій зоні;
- підвищена яскравість світла;

Найбільш розповсюдженими небезпечними діями працівників, що призводять до травмування при виконанні ремонту, технічного обслуговування, випробування та роботі з технікою є:

- використання машин, обладнання, інструментів у несправному стані або не за призначенням;
- ігнорування вимог інструкції з охорони праці, інструкцій з експлуатації машин та обладнання;
- робота без засобів індивідуального захисту або спецодягу;
- виконання робіт в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння;
- здійснення розгерметизації гідросистем підйомно-транспортних машин і механізмів без встановлення під ними міцних, страхувальних опорних конструкцій;
- усунення технічних несправностей на працюючому двигуні;
- використання випадкових підручних предметів в якості опори або підставки під час ремонту, випробування техніки та обладнання.

При здійсненні виробничої діяльності на будь-якому підприємстві повинні забезпечуватись такі вимоги:

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- використання в технологічному процесі або у технологіях ремонту шкідливих виробничих факторів, рівень яких або не перевищує допустимих значень або такі фактори взагалі відсутні;
- використання машин, інструментів, обладнання, робочі органи яких у випадку технологічної або технічної відмови не стануть джерелом травмування;
- використання технологічного засобів і машин, обладнаних захисними пристроями, які нівелюють або знижують наслідки небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- використання виробничих приміщень та площ, які повністю відповідають вимогам нормативно-правових актів у сфері охорони праці;
- використання матеріалів, заготовок, сировини, які не чинять шкідливий і небезпечний вплив на працівників;
- використання у робочому процесі пристроїв протиаварійного захисту, а також контрольно-вимірювальних приладів, які знаходяться у зоні видимості оператора та інформація з яких легко зчитується.
- раціональне компонування машин та обладнання на території підприємства.
- забезпечення комфортного виконання робіт, яке виключає фізичне або психічні перенавантаження працівників, особливо в процесі контролю за протіканням технологічного процесу;
- організація професійного відбору, навчання робітників, перевірки їх знань та навиків щодо безпечного виконання технологічних процесів.
- розроблення та інтегрування у навчальний процес підготовки працівників спеціального програмного забезпечення, яке сприяє відпрацюванню вмінь та навиків запобігання типовим травмонебезпечним/аварійним ситуаціям;
- розроблення та використання соціально-економічних важелів стимулювання безаварійної роботи.

4.3. Вимоги до збирання зернових, зернобобових та круп'яних культур

Згідно Інструкції з охорони праці при збиранні комбайнами зернових,

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

насінників трав та інших культур [10] до роботи на зернозбиральних комбайнах можуть допускатись особи, які досягли 18-ти річного віку, закінчили спеціальні навчальні курси, отримали посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, за рішенням медичної комісії не мають медичних протипоказань для виконання даної роботи, пройшли курс навчання і перевірку знань з питань охорони праці, пройшли вступний та первинний інструктажі, пройшли стажування протягом від двох до п'ятнадцяти змін від наглядом досвідченого комбайнера, на достатньому рівні володіють знаннями з будови машини та Правил дорожнього руху.

Тракторист-машиніст повинен виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена відповідним керівником, не допускати на своє робоче місце сторонніх осіб та не передоручати виконання дорученої роботи іншим особам. Відпочинок та паління дозволяється тільки в спеціально відведених і обладнаних для цього місцях. Робота машин для збирання зернових культур має відповідати вимогам Збирання зернових та зернобобових культур. Вимоги безпеки (ДНАОП 2.1.10-2.08-81) [6].

Перед початком виконання збиральних робіт власниками або керівниками підприємств повинні бути здійснені такі організаційні заходи:

- завершена підготовка і формування збирально-транспортних агрегатів;
- закріплена техніка за відповідними працівниками;
- організовані ланки технічного обслуговування та ремонту машин;
- на відведених ділянках поля обладнані стани і місця для відпочинку робітників, майданчики для зберігання машин і пально-мастильних матеріалів;
- проведена підготовка полів та здійснено перевірку провисання дротів ліній електропередач;
- проведено інструктажі з питань охорони праці та пожежної безпеки серед залучених працівників.

Під час проведення збирання зернових, зернобобових та круп'яних культур необхідно неухильно дотримуватися правил пожежної безпеки, які викладені в розділі 7.9.1 ДНАОП 0.01-1.01-95. 4.3.3 [5].

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		75

При організації проведення інструктажів з охорони праці на робочому місці потрібно враховувати: погодні умови, стан культури, що збирається, стан збиральної техніки і супроводжувальних транспортних засобів, кількість і рівень кваліфікації

працівників, а також інформацію про можливі виробничі небезпеки та випадки травмування, які можуть виникнути в процесі збирання урожаю.

У випадку здійснення технічного обслуговування комбайнів і транспортних засобів у темну пору доби потрібно забезпечити наявність штучного освітлення майданчиків з рівнем освітленості поверхні в будь-якому місці робочої зони обслуговування не менше 50 люкс.

При виборі способів та технологій збирання зернових культур перевагу слід надавати технологіям, які забезпечують вищу надійність і безпеку виконання технологічного процесу.

Під час роботи в полі, руху польовими дорогами та дорогами загального призначення не дозволяється знаходження у кабіні комбайна сторонніх осіб. Заборонено перебування людей у кузові автомобіля або тракторного причепа при заповненні їх збіжжям, а також при транспортуванні збіжжя до місця складування.

Для зниження негативної дії низькочастотних коливань комбайна на організм оператора напрям косоци повинен співпадати з напрямом ґрунтообробки і бути впоперек або під невеликим кутом до напрямку посіву.

З метою проштовхування злежаного зерна з бункера до вивантажувального шнека, комбайн слід укомплектувати дерев'яною лопатою. Додатково збиральні машини мають бути обладнані міцними підкладками для встановлення домкрата. Перед підніманням комбайн необхідно загальмувати, а під його колеса встановити захисні противідкатні башмаки. Домкрат необхідно установлювати тільки у місцях зі спеціальними позначками.

Під час здійснення переїздів вивантажувальні шнеки та інші робочі органи збиральної машини мають бути переведені у транспортне положення. У разі користування дорогами загального призначення з метою забезпечення

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

комфортного руху інших учасників дорожнього руху, дистанція між комбайнами має бути не менше 50 м.

При експлуатації комбайна із запропонованим нами ротаційним соломотрясом потрібно дотримуватися вимог техніки безпеки. У випадку забивання робочих органів зернозбирального комбайна або його ремонті виникає потреба контакту людини із робочими органами. У цьому випадку небезпеку можуть спричинити потрапляння частин тіла до різальних елементів, мотовила, шнека жатки, а також до соломотряса. Як уже зазначалось раніше, для того щоб уникнути можливого травмування у процесі роботи або обслуговування комбайна необхідно виконувати усі роботи з непрацюючим двигуном.

Небезпечні ситуації при збиранні зернових культур комбайном КЗС -9-1 «Славутич» можуть виникнути при заправленні його паливом. Небезпечною умовою при цьому може бути відсутність обладнаного для заправлення місця.

На рисунку 4.1 наведено логічну таблицю потенційних небезпек, які можуть виникнути при заправленні комбайна.

Вид робіт, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича небезпека			можливі наслідки	заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
Збирання зернових культур комбайном КЗС Славутич	Необладнано і непозначено місце для заправки комбайнів(А)	Заправка комбайнів у загоні для хлібної маси(В)	Загорання розлитого палива(С) Загорання копиць солом(Д) Загорання поля (Е)	Пожежа	організувати постійний пожежний контроль за роботою комбайнів і дотримання суворого працюючими правил пожежної безпеки(Т)

Логічна модель процесу

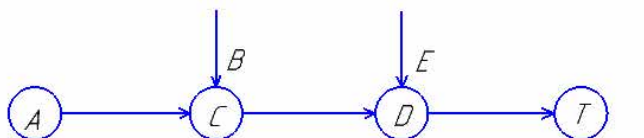


Рис. 4.1 Логічна таблиця потенційних небезпек при заправленні зернозбирального комбайна

Небезпечною також може бути заправлення комбайнів у загінці у безпосередній близькості до хлібної маси, що може спричинити виникнення загорання розлитого палива, займання соломи та займання хлібів. В екстрених випадках для гасіння пожежі кожний комбайн обладнується двома вогнегасниками і спеціальним брезентом.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИКА ГРУБОГО ВОРОХУ

Розрахунок економічних показників, які описують ефективність використання удосконаленої конструкції комбайна будемо визначати за існуючою методикою згідно ДСТУ-4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування».

Базовою моделлю комбайна було обрано самохідний зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич», а в якості удосконаленої машини - цей самий комбайн, на якому замість штатного клавішного соломотряса встановлений ротаційний. Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників (ТЕП) ефективності удосконаленої машини наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані для розрахунку ТЕП ефективності удосконаленого зернозбирального комбайна

Показник	Базова машина	Удосконалена машина
Марка машини	КЗС-9-1 «Славутич»	КЗС-9-1 «Славутич» з роторним соломотрясом
Урожайність, т/га	3,5	3,5
Ширина захвату жатки, м	6	6
Робоча швидкість, км/год	5,0	6,0
Обслуговуючий персонал, чол.	2	2
Маса комбайна, кг	14000	14455

Загальний економічний ефект від використання удосконаленої машини визначається як різниця прямих експлуатаційних витрат базової і удосконаленої машини:

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Широков				РОЗДІЛ 5	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк						79	87
Реценз.						AI-2204 СТ		
Н. Контр.								
Затверд.								

$$E_{заг} = П_б - П_м, \frac{грн}{га} \quad (5.1)$$

де $П_б$ і $П_м$ – приведені експлуатаційні витрати по базовій і удосконаленій машини, грн/га

Приведені експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$П = eK + C, \frac{грн}{га} \quad (5.2)$$

де e – нормативний коефіцієнт ефективності використання капіталовкладень ($e = 0,15$);

K – розмір капіталовкладень, грн/га.

Розмір капіталовкладень визначається як співвідношення балансової вартості машини до добутку змінною продуктивності на коефіцієнт використання часу зміни:

$$K = \frac{B_m}{\tau_m W_3}, \frac{грн}{га} \quad (5.3)$$

де B_m – балансова вартість машини, грн.

W_3 – продуктивність, за зміну, га/год;

τ_m – коефіцієнт ефективності використання часу зміни ($\tau_m = 0,8$).

Значення продуктивності за зміну визначаємо з виразу:

$$W_3 = W_0 \tau_m = 0.1BV\tau_m \quad (5.4)$$

де B – ширина захвату жатки зернозбирального комбайна, м;

V – робоча швидкість комбайна, км/год.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Приведені експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (5.5)$$

В даній формулі прямі експлуатаційні витрати C визначаються як сума витрат на оплату праці C_1 , витрат паливно-мастильних матеріалів C_2 , витрат на реновацію збиральної машини C_3 , а також витрат на технічне обслуговування і ремонт C_4 .

Витрати на оплату праці визначаються:

$$C_1 = \frac{L_i CT_i}{W_3}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (5.6)$$

де L_i – кількість працівників відповідної кваліфікації, які зайняті на збиральній операції, $L_i = 2$;

CT_i – тарифна ставка працівника відповідної кваліфікації, грн/год (для комбайнера тарифна ставка складає 104 грн/год).

Витрати паливно-мастильних матеріалів (ПММ) визначаються з виразу:

$$C_2 = \frac{Nqn\Pi_{II}}{W_3\tau}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (5.7)$$

де n – коефіцієнт використання потужності двигуна ($n = 0,61$);

Π_{II} – комплексна ціна дизельного палива, грн/кг (54,39 грн/кг);

N – потужність дизельного двигуна $N = 191$ кВт,

q – питома витрата палива $q = 0,18$ кг/кВт.

$$C_3 = \frac{B_M a_M}{\tau W_3}, \frac{\text{грн}}{\text{га}} \quad (5.8)$$

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

де a_m - норма відрахувань на проведення реновації комбайна ($a_m = 0,16$)

B_m - балансова вартість комбайна (для базової машини – 974000 грн, для модернізованої – 1070075 грн).

Витрати на технічне обслуговування та ремонт машини визначаються із залежності:

$$C_4 = \frac{B_m b_m}{\tau_m W_3}, \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

де b_m – норма відрахувань на проведення ремонту і технічного обслуговування комбайна ($b_m = 0,065$).

Річний економічний ефект від впровадження удосконаленої конструкції комбайна визначається:

$$E_p = E_{\text{заг}} \tau W_3, \text{ грн} \quad (5.10)$$

Результати розрахунку техніко-економічної ефективності удосконаленої машини наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 6.2.

Результати розрахунку показників економічної ефективності

Показник	Базовий комбайн	Удосконалений комбайн
1	2	3
Продуктивність основного часу, га/год	3	3,6
Прямі експлуатаційні витрати на оплату праці, грн/га	69,33	57,78
Прямі експлуатаційні витрати на ПММ, грн/га	623,31	519,42
Прямі експлуатаційні витрати на реновацію, грн/га	110,52	101,19
Прямі експлуатаційні затрати на ремонт і ТО, грн	44,90	41,11
Сумарні прямі експлуатаційні затрати, грн/га	848,07	719,50

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

продовження таблиці 6.2

1	2	3
Розмір капіталовкладень, грн/га	690,78	632,43
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	951,69	814,36
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	137,32	
Річний економічний ефект, грн	232347,13	

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що при використанні комбайна з удосконаленим очисником грубого вороху спостерігається зростання показників економічної ефективності роботи.

Термін окупності розробки розраховується як співвідношення вартості машини до чистого річного прибутку (прибуток мінус витрати). Розрахунки вказують на те, що термін окупності удосконаленої машини становитиме 4,6 роки.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

1. Значного підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів можна досягти шляхом використання робочих органів, які забезпечують ефективнішу сепарацію грубого вороху. Аналіз існуючих конструкцій робочих органів зернозбиральних комбайнів вказує на перспективність інтегрування в компоновальну схему зернозбирального комбайна соломоочисника ротаційно-пластинчастого типу.

2. В проєкті обґрунтовано доцільність використання вищезазначеного типу соломоочисника в схемі наявного в господарстві зернозбирального комбайна, що у перспективі дозволить суттєво зменшити рівень втрат вільного зерна у грубому воросі.

3. В результаті розрахунків конструктивних і кінематичних параметрів удосконаленого робочого органу нами рекомендуються роторний соломотряс довжиною 3550 мм і шириною – 1420 мм, який складається з 15 валів з розміщеними на них кулачками з розмірами півосей– 200 і 90 мм. Кутова швидкість кулачкового вала – становить 14 рад/с, пропускна здатність молотарки 9 кг/с.

4. Розглянуто можливі небезпечні умови і небезпечні ситуації, які можуть виникнути при роботі удосконаленої машини та намічено шляхи їх запобігання.

5. Річний економічний ефект від застосування зернозбирального комбайна удосконаленої конструкції становить 232347,13 грн. Термін окупності – 4,6 роки.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Широков						84	87
Перевір.	Гуменюк							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.						AI-2204 СТ		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агровигляд України 2024 - 2033 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/03/Agroviglyad-2024-2033.pdf>.
2. Войналович О.В. Працезохоронні засади у схемах, таблицях і графіках: навч. посібник. Видання 2-ге, доопрацьоване. – К.: Основа, 2020. – 144 с.
3. Гайденко Олег Правильна заготівля біомаси. /[Електронний ресурс]: стаття /Гайденко Олег //Режим доступу вільний: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1063-pravylna-zahotivlia-biomasy.html>.
4. Гайденко Олег, Темченко Анатолій Обґрунтування вибору зернозбирального комбайна /[Електронний ресурс]: стаття /Гайденко Олег, Темченко Анатолій //Режим доступу вільний: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1228-obhruntuvannia-vyboru-zernozbyralnoho-kombaina.html>.
5. ДНАОП 0.01-1.01-95. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено наказом Міністерства внутрішніх справ України від 22 червня 1995 р. № 400. Київ: МВС України, 1995. URL: <https://vspu.edu.ua/content/instruct/in2/w19.pdf>.
6. ДНАОП 2.1.10-2.08-81. ОСТ Збирання зернових. Вимоги безпеки. Київ: Держнаглядохоронпраці, 1981. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dnaop/6>.
7. ДСТУ 4397:2005. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2005. - 19 с. (URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/dstu-4397-2005-metody-ekonomichnoho-ocinjuvannja-tehniky-na-etapi-vuprovovuvannja.pdf>).
8. Закон України «Про охорону праці». Стаття 19. Фінансування охорони праці. Київ: Верховна Рада України, 1992. Остання редакція: 2025. URL: https://protocol.ua/ua/pro_ohoronu_pratsi_stattya_19/.
9. Закон України № 4170-IX. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо реформування медико-соціальної експертизи та впровадження оцінювання повсякденного функціонування особи: редакція від 19 грудня 2024

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ				85

року. Київ: Верховна Рада України, 2024. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/532021_779196.

10. Інструкція з охорони праці при збиранні комбайнами зернових, насінників трав та інших культур. Затверджено Державною службою України з питань праці. Дата прийняття: 01.09.2018. Київ: Держпраці України, 2018. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78248.

11. Колесніков К.Д., Балашов В.П. Ротаційний пластинчатий соломотряс //Ж. Механізація і електрифікація сільського господарства. - №8. – 1971. – С. 18-19.

12. Комбайни зернозбиральні: Навч. посібн. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти /Микола Макаренко, Ольга Мельник. — Київ: Грамота, 2023. — 256 с.

13. Макаренко М.Г. Яким комбайном збирати зерно? //Агробізнес сьогодні. /[Електронний ресурс]: стаття /Макаренко М.Г. //Режим доступу вільний: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1055-iaкym-kombainom-zbyr>.

14. Машина для збирання зернових культур. Методичні вказівки /Волянський М.С., Деркач О.П. та ін. – К.: Видавництво НАУ, 2003. – 35 с.

15. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Затверджено наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 р. № 15. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15 лютого 2005 р. за № 231/10511. Дата початку дії: 25.10.2024. Київ: Держнагляддохоронпраці, 2005. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24622.

16. НПАОП 0.00-6.02-04. Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 р. № 1112. Київ: Кабінет Міністрів України, 2004. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48643.

17. Основи охорони праці: /В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін.; за ред. проф. В.В. Березуцького. – Х.: Факт, 2020. – 480 с.

18. Погорілець О.М., Погорілець Ю.О. Основи теорії технологічного процесу зернозбирального комбайна. – К.: 2005. - 72 с.

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

19. Погорілець О.М., Живолуп Г.І. Зернозбиральні комбайни.- К.: Український центр духовної культури, 2003. - 203 с.
20. Погорілець О.М., Живолуп Г.І. Зернозбиральні комбайни. - К.: Урожай, 1994.- 232с.
21. Постанова № 442 від 01 серпня 1992 року «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці». Остання редакція від 30 червня 2023 року (№ 660-2023-п). Київ: Кабінет Міністрів України, 2023. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/151866___754883.
22. Проектування моделей вивчення технічних дисциплін у відкритих освітніх ресурсах: навчально-методичний посібник /О.М. Самойленко, В.І. Гавриш, І.В. Бацуровська, та ін. – Миколаїв: Гринь Д.С., 2016. – 275 с.
23. Свидинюк Іван Оптимальна щільність продуктивного стеблостою /[Електронний ресурс]: стаття /Свидинюк Іван //Режим доступу вільний: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/11706-optymalna-shchilnist-produktyvnoho-steblostoiu.html>.
24. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, М.С. Волянський, В.М. Мартишко, Ю.О. Гуменюк – К.: «Агроосвіта», 2017. – 180 с.
25. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.М. Барановський та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — 2-ге вид., перероб. та допов. - Київ: НУБіП України, 2018. - 508 с.
26. Сільськогосподарські машини: підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич [та ін.]; За ред. Д. Г. Войтюка. - К.: Агроосвіта, 2015. - 678 с.
27. Сучасні тенденції розвитку конструкції сільськогосподарської техніки / за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. — Київ: Аграрна наука, 2004. - 396 с.
28. <https://agriculture.newholland.com/eu/uk-ua>
29. <https://www.caseih.com/emea/ua-ua/home>
30. <https://www.claas.ua/>
31. <https://www.deere.ua/uk/>
32. <https://www.fendt.com/ua/index>

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

ДОДАТКИ

					01.01 – ДП. 2098 «С» 2024.11.26. 092 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Широков				ДОДАТКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Гуменюк						1	
Реценз.						AI-2204 СТ		
Н. Контр.								
Затверд.								