

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет механіко-технологічний**

**ПОГОДЖЕНО**

Декан  
механіко-технологічного  
факультету, д.т.н, проф.

\_\_\_\_\_ В.В. Братішко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри  
сільськогосподарських машин та  
системотехніки ім. акад.  
П.М. Василенка, к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ Ю.О. Гуменюк  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему: **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ЖАТКИ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА З ПОДВІЙНИМ ЗРІЗОМ ЗЕРНОВИХ  
КУЛЬТУР»**

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Магістерська програма: «Оптимізація процесів, параметрів і режимів  
роботи техніки АПК»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

**Керівник магістерської роботи**

доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_  
Підпис

Гуменюк Ю.О.

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
Підпис

Синчук Д.С.

**Київ-2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри сільськогосподарських  
машин та системотехніки

ім. акад. П.М.Василенка, к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ **Ю.О. Гуменюк**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Синчуку Дмитрію Сергійовичу

Спеціальність: 208 Агроінженерія

Програма підготовки: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Обґрунтування параметрів і режимів роботи жатки зернозбирального комбайна з подвійним зрізом зернових культур»

затверджена наказом ректора НУБіП України від “13” листопада 2025 р. №2038 “С”

Термін подання завершеного проекту на кафедру: 2025.11.28

Вихідні дані до магістерської роботи

базова машина – зернозбиральний комбайн з пропускнуою здатністю МСП – 12 кг/с, річний наробіток – 300 га, робоча швидкість – до 10 км/год, ширина захвату жатки – 7,7 м, врожайність – 4,2 т/га.

Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз конструкцій зернозбиральних комбайнів 2. Обґрунтування конструктивної схеми жатки з подвійним зрізом зернових культур 3. Обґрунтування параметрів удосконаленої жатки 4. Визначення показників економічної ефективності

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_

Гуменюк Ю.О.

Завдання прийняв для виконання \_\_\_\_\_

Синчук Д.С.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
<b>1.ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ</b>	
<b>ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....</b>	<b>8</b>
1.1 Зернові культури та їх властивості в період збирання .....	8
1.2 Способи, технології та система машин для збирання зернових культур ...	11
<b>2.АНАЛІЗ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ...</b>	
2.1. Аналіз конструкцій сучасних зернозбиральних комбайнів .....	13
2.2. Агротехнічні вимоги до механічного збирання зернових культур .....	31
2.3. Аналіз жаток для збирання зернових культур .....	32
2.4. Особливості різних типів різальних апаратів .....	36
2.5. Аналіз обчисувальних жаток для збирання зернових культур .....	43
<b>3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ, ПАРАМЕТРІВ</b>	
<b>І РЕЖИМІВ РОБОТИ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ЖАТКИ .....</b>	
3.1. Обґрунтування вдосконаленої схеми жатки .....	51
3.2. Експериментальні дослідження по визначенню характеристик стеблостою щодо їх зрізання .....	52
3.3. Обґрунтування параметрів і режимів роботи жатки .....	53
<b>4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ .....</b>	
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	
	<b>68</b>

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: „Обґрунтування параметрів і режимів роботи жатки зернозбирального комбайна з подвійним зрізом зернових культур”

Магістерська робота виконана на 88 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А4, що містить 25 формул, 2 таблиці, 25 рисунків.

Магістерська робота присвячена питанню збирання зернових культур із модернізацією конструктивної схеми жатки зернозбирального комбайна шляхом застосування подвійного зрізу та обґрунтування основних параметрів і режимів роботи жатки.

В першому розділі пояснювальної записки визначено актуальність роботи і розглянуто систему машин для збирання зернових культур.

В другому розділі проаналізовано конструкції сучасних жаток.

В третьому розділі обґрунтовано конструктивну схему жатки зернозбирального комбайна з подвійним зрізом зернових культур та приведені результати теоретичного обґрунтування основних її параметрів і режимів роботи.

В четвертому розділі проаналізовано результати розрахунку показників економічної ефективності застосування жатки з подвійним зрізом.

Ключові слова: зернові культури, збирання, зернозбиральний комбайн, жатка, параметри і режими роботи.

## ВСТУП

При вирощуванні зернових культур на операції збирання припадають близько 30...40% всіх затрат енергії. Майже 80% енергії двигуна зернозбирального комбайна, яка використовується в молотарці комбайна для деформації зминання та подрібнення стебел зернових культур, а це можна вважати не корисною роботою.

Одним із можливих шляхів зниження енергозатрат, а також підвищення продуктивності комбайнів є зменшення вмісту соломи у воросі шляхом застосування обчісування зерна на корені або зрізування лише верхньої зерномісткої частини стебостою. Це дозволить зменшити на 50...70% надходження хлібної маси в молотарку комбайна, а також збільшити можливу швидкість руху комбайна із зменшенням питомих витрат палива.

Якщо розглядати в цілому, то застосування обчісувальних жаток для збирання зернових колосових культур має цілий цілий ряд технологічних особливостей, які до цих пір не повністю досліджені. Як зазначалося, альтернатива може полягати у високому зрізі, ефективність якого доведена цілим рядом досліджень. Можливим варіантом може бути також жатка з подвійним зрізом.

Магістерська робота присвячена питанню обґрунтування конструктивної схеми і параметрів вдосконаленої жатки зернозбирального комбайна з метою підвищення ефективності збирання зернових культур.

**Мета магістерської роботи** є підвищення ефективності роботи зернозбирального комбайна шляхом застосування в їх конструктивних схемах жатки з подвійним зрізом стеблостою та обґрунтування її основних параметрів і режимів роботи.

**Об'єктом дослідження** є механізований процес збирання зернових культур, зернозбиральні комбайни, жатки комбайнів.

**Предметом дослідження** є взаємозв'язок властивостей зернових культур в період збирання і показників якості роботи зернозбирального комбайна.

**Завдання досліджень:**

- на основі аналізу процесу збирання зернових культур і зернозбиральних комбайнів обґрунтувати доцільність застосування подвійного зрізу стеблостою зернових культур, а також конструктивну схему жатки для цього;

- теоретично обґрунтувати раціональні параметри і режими роботи жатки з подвійним зрізом зернових культур;

- визначити показники економічної ефективності застосування розробки.

**Методика досліджень.** Теоретичні дослідження виконані на основі положень теоретичної механіки, землеробської механіки та основ теорії і розрахунку сільськогосподарських машин.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

#### 1.1. Зернові культури і їх властивості в період збирання

Україна має досить сприятливі умови для вирощування зернових культур. До цього типу сільськогосподарських культур належать пшениця, жито, ячмінь, овес, просо, рис, кукурудза, сорго, гречка, горох, квасоля, соя, сочевиця, нут та інші.

Зернові та зернобобові культури поділяються на злакові (пшениця, жито, ячмінь, овес, тритікале), круп'яні (кукурудза, просо, сорго, рис та гречка), а також зернобобові (горох, квасоля, соя, кормові боби, сочевиця, люпин, нут та ін.), які як відомо багаті на білок.

Технологічні особливості збирання зернових культур визначаються насамперед характеристиками культур в залежності від сорту, фази розвитку, погодно-кліматичних умов, агротехніки вирощування тощо.

До основних характеристик сільськогосподарських культур, які визначають якість процесу збирання, відносяться [3,10,13,20,25,32,33]:

- для зернових колосових культур: густина стеблостою, врожайність, середньої співвідношення вмісту зерна до незернової частини за масою, довжина і міцність стебел, час та рівномірність дозрівання зерна, полеглість стебел, забур'яненість ділянки, вологість;

- для кукурудзи на зерно: діаметр, довжина і міцність стебел, кількість врож качанів і розміщення їх на стеблі, геометричні параметри качанів, врожайність, вологість.

Згідно ДСТУ основними технологічними властивостями хлібостою слід вважати врожайність зерна, солонистість (масові співвідношення зерна і соломи),

густота стеблостою, довжина рослин, засміченість, вологість хлібної маси (зерна та соломи) і бур'янів та інші.

Врожайність зернових культур виділяють: високоврожайні (понад 4 т/га), середньоврожайні (в межах 2...4 т/га), маловрожайні (в діапазоні 1...2 т/га) та низьковрожайні (до 1 т/га).

На величину врожайності зернових культур впливає цілий ряд факторів: сортові особливості, умови росту і розвитку і т.д., для яких характерними є коливання їх величини в широкому діапазоні.

Величина врожайності є динамічною і нестійкою випадковою величиною, а для відносно точного визначення її величини можливо використовуються дослідні шляхи.

Стеблостій в залежності від довжини стебел поділяється на довгорослий (понад 120 см), високорослий (90...120 см), середньорослий (60...90 см) та низькорослий (до 60 см).

Від довжини стебел рослини залежить солемистість культур. Доцільно більш широко вирощувати сорти зернові культури зі стеблом не значної довжини, що зменшуватиме подачу незернової частини врожаю в МСП комбайна.

В залежності від кількості стебел на одиниці площі, тобто густоти, стеблостій поділяють на дуже густий (більше 500 шт./м<sup>2</sup>), густий (400...500 шт./м<sup>2</sup>), нормальної густоти (300...400 шт./м<sup>2</sup>), середньої густоти (200...300 шт./м<sup>2</sup>) та зріджений (менше 200 шт./м<sup>2</sup>).

Як зазначалося раніше важливим показником характеристики слід вважати солемистість хлібної маси, тобто масове співвідношення зерна і соломи та визначає частку зерна і незернової частини врожаю в молотильному апараті.

В залежності від значення солемистості хлібна маса буває високосоломистою (від 1:2 до 1:3,5), середньосоломистою (від 1:1 до 1:2) і малосоломистою (від 1:0,3 до 1:1).

В залежності від вмісту в хлібній масі домішків - засміченістю, хлібна маса буває сильно (більше 20%), середньо (від 10 до 20%) і слабо (менше 10%) засміченою.

В залежності від вологості хлібна маса (%) буває сирію (вологість зерна більше 25% і соломи більше 35%), дуже вологою (вологість зерна 20...25% і соломи 20...35%), вологою (вологість зерна 15...20% і соломи 10...20%), сухий (вологість зерна 7...15% і соломи 5...10%) і пересохлою (вологість зерна менше 7% і соломи менше 5%).

Вологість зерна коливається протягом дня та по довжині стебла, що може визначати ефективність роботи збиральних машин в цілому.

Вирішення проблеми коливань властивостей хлібостою можна вирішити на основі агротехнічних прийомів і постійного моніторингу стану угідь з прийняттям відповідних рішень.

При зменшенні соломистості хлібної маси істотно зростає пропускна здатність молотарки і продуктивність зернозбирального комбайна по площі. Зменшення соломистості хлібної маси можна досягнути збільшенням висоти зрізу рослин жатками зернозбиральних комбайнів або зрізуванням лише колоскової частини рослин. Крім того, можливим є застосування обчісування при збиранні зернових культур.

Істотний вплив на якість роботи зернозбирального комбайна має величина полеглості хлібостою, тобто співвідношення висоти стебла в природньому стані до висоти стебла у випрямленому стані. При збільшенні полеглості стебел збільшуватиметься величина втрат, а при несприятливих погодних умовах ще й відбудуватиметься гниття стеблової частини.

На якість протікання процесу збирання зернових культур істотний вплив мають фізико-механічні властивості стеблової частини рослин.

Статична міцність стебел пшениці становить 11,2...40,7 МПа, жита — 26,4...37,5 МПа. Зусилля на злам стебла пшениці - 2,5...7,0 Н. Тоді, для зрізування стебла пшениці при вологості 11% зусилля становить від 0,14 Н, що відповідає швидкості ножа 1,4 м/с до 1,4 Н при швидкості ножа 0,7 м/с. Статичне значення зусилля на розрив одного стебла становить: для пшениці - 98 Н, жита - 133 Н, ячменю - 35 Н. Статичне напруження - 238, 315 та 83МПа, а роботи на руйнування стебла - 0,168, 0,181 та 0,078 Дж.

Коефіцієнт тертя ковзання стебла пшениці по листовій сталі коливається в межах 0,29...0,32, а по шліфованій сталі - 0,36...0,83. Кут тертя стебла по поверхні насіченого ножа в 2,5...3,5 рази більша за кут тертя по гладенькій поверхні ножа.

## 1.2. Способи, технології та система машин для збирання зернових культур

Зернові культури збираються комбайновим або некомбайновим способами [10,20,25,32].

Комбайновий спосіб буває однофазним або пряме комбайнування та двофазним або роздільне комбайнування, який передбачає подальшу обробку зерна на стаціонарних зерноочисних та сушильних комплексах і збиранням незернової частини врожаю.

При прямому комбайнуванні відбувається зрізування стебел, обмолот хлібної маси, відділення зерна від соломи, очищення зерна від домішок і збирання зерна, полови і соломи.

Після очищення зерно подається у бункер комбайна з подальшим його перевантажуванням у транспортні засоби, а незернова частина врожаю - солома і половина укладається у копиці (такий підхід на індустріальному рівні майже не використовується), валки на полі або подрібнюється і розкидається по поверхні поля.

Для виконання всіх операцій за один прохід збиральної машини застосовують комбайн.

Збирання прямим комбайнуванням доцільне для зернових, низькорослих, перезрілих, зрідених ділянок, за умови їх рівномірного досягання.

Для скошування зернових культур і укладання їх у валки використовують навісні, причіпні та самохідні валкові жатки. Валки підбираються підбирачами барабанно-грабельного та платформами-типу, полотенно-конвеєрними підбирачами на зернозбиральні комбайни.

Для збирання зернових культур одно- або двофазним способом використовують зернозбиральні комбайни різних фірм виробників.

Незернова частину врожаю може збиратися за технологіями: копицева (використання зернозбирального комбайна із копнувачем), потокова (обладнання комбайнів подрібнювачами), валкова (використання комбайна з валкоутворювачем).

Для збирання валків використовують прес-підбирачі, підбирачів-стогуотворювачів тощо. Спеціальні засоби підбирають паки чи рулони або стоги і транспортують їх до місця складування.

Основною машиною для збирання зернових культур є зернозбиральний комбайн.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

#### 2.1. Аналіз конструкцій сучасних зернозбиральних комбайнів

На практиці встановлено, що збирання врожаю зернових культур є динамічним, складним процесом з високими показниками затрат праці і енергії. В більшості випадків, у світі врожай зернових культур (у тому ж числі, хлібні злаки, зернобобові, олійні та круп'яні) збирають комбайновим способом і в подальшому доробляють основну частину врожаю на стаціонарних пунктах і комплексах, а незернова частина врожаю, тобто солону і полову, укладають у валок або подрібнюють і рівномірно розподіляють по поверхні поля. Досить низький відсоток припадає на застосування в конструкції комбайнів копнувачів та завантаження соломи у причіпи (така практика зберігається при застосуванні застарілих моделей зернозбиральних комбайнів).

Рекомендується починати збирання зернових культур при повній стиглості 95% зерна і вологості не більше 18%.

Висоту зрізу стебел зернових культур визначають в залежності від густоти стеблостою, довжини і полеглості стебел (5...10 см при коротких стеблах та на полеглих ділянках; 18...20 см - при нормальній густоті стеблостою і довжині стебел 60...150 см). Агротехнічними вимогами на процес збирання допускається нерівномірність висоти зрізу до 20%.

Істотно на втрати зерна впливають режими роботи мотовила жатки. Відомо, що рекомендоване співвідношення між коловою швидкістю мотовила і швидкістю руху комбайна становить 1,2...1,8. У випадку більшого співвідношення, мотовило вибиватиме зерно із колоса на корені, а при менших - не вся маса захоплюватиметься і подаватиметься до різального апарату. Також рекомендується при збиранні

перезрілих ділянок мінімізувати частоту обертання мотовила, а при збиранні низькорослих ділянок, навпаки, збільшити.

Згідно агротехнічних вимог, втрати зерна допускаються: за жаткою - до 1% на прямостоячих і 1,5% на полеглих ділянках, за молотильним апаратом - 1,5%

при збиранні колосових і до 2% рису, внаслідок недомолоту - 1,5%, по причині нещільності конструкції збиральних машин — до 0,05%. Допустиме значення пошкодження зерна: для насіннєвого матеріалу - 1%, для зерна продовольчого спрямування - 2%, для зернобобових і круп'яних культур - 3%, при збиранні рису - 5%. Вміст домішок у основному врожаю має не перевищувати 5%.

Сучасний рівень механізації збирання зернових культур визначає, що основними напрямками розвитку зернозбиральних комбайнів є підвищення їх пропускної здатності (а, отже, і збільшення продуктивності виконання процесу) можливість збирання різних (тобто, і надійності, універсальність сільськогосподарських культур) і адаптація до різних умов виконання процесу, Крім того, можна також назвати забезпечення комфортних умов роботи операторів при високому рівню автоматизації техніки із застосуванням високотехнологічних електронних і сенсорних систем. Новітні технічні рішення і технології дозволяють більш ефективно використовувати час, зменшити витрати ПММ та отримати якісний врожай, що відповідає сучасним вимогам. Але одночасно з цим, спостерігається зростання ціни на збиральну техніку і вартості сервісних робіт. При цьому, оператор крім управління машиною починає використовувати власний інтелект для більш ефективного збирання врожаю.

Збирання зернових культур в основних природно-кліматичних зонах здійснюється із застосуванням самохідних зернозбиральних комбайнів різних фірм-виробників, які відрізняються конструкцією молотарки, величиною потужності та продуктивності, комплектацією жатки і адаптерів для збирання різних культур тощо.

При виборі типу зернозбирального комбайна важливо враховувати особливості конструкції та виконання технологічного процесу.

Як відомо, в залежності від типу молотарки, якою обладнано збиральну машину, зернозбиральні комбайни можуть мати класичну (обмолот на бильних або штифтових молотильних апаратах з подальшим очищенням грубого вороху на клавішних соломотрясах) і роторну схему молотарки (обмолот і очищення здійснюється ротором при осьовій подачі хлібної маси). У роторних комбайнах обмолот і сепарація вороху здійснюється одним і тим же робочим елементом, який забезпечує відокремлення з маси майже всього зерна. Однією із суттєвих відмінностей роторних комбайнів у порівнянні з комбайнами із класичною схемою обмолоту є більш висока продуктивність і пропускна здатність при незначних габаритах. Мінімізація втрат зерна при високій продуктивності машини досягається інтенсифікацією процесу обмолоту і очищення зерна. Існує також комбінована (гібридна) схема молотарки з барабанно-дековим молотильним апаратом і подальшою сепарацією грубого вороху на роторних соломосепараторах.

Аналіз сучасного світового ринку сільськогосподарської техніки показує, що більшість зернозбиральних комбайнів, що випускаються у світі, мають молотарку з класичною схемою обмолоту і сепарації. Зернозбиральні комбайни з класичною схемою молотарки представлені на ринку сільськогосподарської техніки серією LEXION 670/650, AVERO 240/160, DOMINATOR 130 компанії CLAAS, JOHN DEERE серії W і T, MASSEY FERGUSON серій ACTIVA, BETA і CENTORA, FENDT P, C, L, E - серій, NEW HOLLAND CX і TC, SAMPO 3000 і COMIA, РОСТСЕЛЬМАШ марками ACROS і VECTOR тощо. Внаслідок універсальності, надійності, простоти конструкції і обслуговування значного поширення набули зернозбиральні комбайни класичної схеми молотарки з однобарабанним молотильним апаратом і клавішним соломотрясом. Але при роботі за несприятливих умов і збиранні складно обмолочуваних культур при підвищеній вологості найбільш

доцільно застосовувати двобарабанний молотильний апарат, який характеризується збільшенням продуктивності та зменшенням втрат і пошкодження зерна у порівнянні з однобарабанною схемою обмолоту. Тому закордонні фірми-виробники зернозбиральних комбайнів обладнують молотарку декількома барабанами, хоча це і ускладнює конструкцію машин [3,20,21,25,29,32].

Для класичної схеми молотарки характерними є обмолочування зернових колосових культур внаслідок удару бил по колоску та витирання зерна між барабаном та підбарабанням. Конструктивними та кінематичними параметрами забезпечується пропускна здатність комбайнів з таким типом молотарки близько 7...9 кг/с, оскільки при такій подачі клавішний соломотряс якісно виконуватиме сепарацію грубого вороху.

Одним із шляхів підвищення пропускної здатності комбайнів з класичною схемою молотарки при забезпеченні необхідних якісних показників є застосування, як було зазначено вище, багатобарабанної системи обмолоту і сепарації зернового вороху, що забезпечує істотне зниження вмісту зерна в грубом воросі, який поступає на соломотряс, а це дозволяє збільшити пропускну здатність молотарки в 1,5...2,0 рази. При цьому застосовуються додаткові барабани: сепарувальний (розміщується над соломотрясом з метою більш якісного виділення зерна із грубого вороху на соломотрясі), прискорювач (дозволяє забезпечити прискорення і рівномірну подачу маси до молотильного барабана, збільшуючи при цьому ступінь сепарації зерна і зменшення втрат зерна) і ротаційний (встановлюють за відбійним бітером для розпушування грубого вороху після обмолоту і більш рівномірного розподілу маси по ширині, що призводить до зменшення втрат зерна за соломотрясом і підвищення продуктивності комбайна в цілому) із додатковими деками для збільшення площі сепарації зерна. Інтенсифікація відділення зерна з грубого вороху на соломотрясі досягається шляхом збільшення кількості клавіш та площі сепарації, а також встановлення в кінці соломотряса додаткового барабана,

що забезпечуватиме більш якісну роботу по очищенню хлібної маси високої солоmistості і при значному вмісті бур'янів. Шляхами підвищення якості обмолоту хлібної маси комбайнами з класичною схемою молотарки може бути вдосконалена конструкція підбарабання, соломотряса і схеми управління роботою збиральної машини тощо.

Відмічено, що при роботі на схилах зернозбирального комбайна із класичною схемою молотарки, спостерігається збільшення втрат зерна і зниження якості роботи комбайна в цілому внаслідок менш ефективного використання площі сепарації решіт. Для вирішення цієї проблеми застосовують вирівнювання комбайна в цілому або лише молотарки, а також систем динамічного вирівнювання вороху на решетах (3-D очистка тощо). При роботі на схилах роторного комбайна ця проблема майже відсутня і на якість роботи комбайна величина схилу істотно не впливає.

При створенні роторної системи обмолоту вирішувалася задача збирання кукурудзи на зерно з якісним відокремленням зерна від стрижня і незначним пошкодженням зерна. При цьому в конструкції молотильно-сепарувального пристрою використовується один або два ротори, які розміщуються вздовж (аксіальні) або впоперек (тангенціальні) напрямку руху технологічного матеріалу. Найбільшого поширення серед аграріїв набули комбайни з аксіально- роторною схемою молотарки, а їх застосування поширилося також і на зернові колосові культури. На відміну від збиральних машин з класичною молотаркою у комбайнів з аксіально-роторною схемою процес обмолоту і сепарації грубого вороху відбувається ротором, що обертається в циліндричній деці. Передня частина ротора виконує обмолот хлібної маси, а задня сепарації зерна, яка здійснює ефективне виділення зерна із подрібненого грубого вороху. Для переміщення маси вздовж осі на роторі встановлюють планки чи лопаті, а на деці - гвинтові напрямні. Зерно із колосків виділяється в такому типі молотарки не шляхом удару і витирання як у класичній схемі, а лише шляхом витирання. При цьому знижується рівень

пошкодження зерна із збільшенням енергоємності процесу, а це в свою чергу призводить до збільшення витрати палива. Крім того, при роботі з вологою масою і з високою забур'яненістю хлібостою продуктивність зменшується, а втрати інколи навіть перевищують допустимий рівень. У випадку збирання довгостеблових зернових культур спостерігається утворення джгутів і накручування їх на роторі, а солома піддається більш інтенсивному перетиранню. Роторні комбайни можуть ефективно працювати при збиранні різних зернових культур (навіть із складним суцвіттям як у вівса) при прямому комбайнуванні, а також із застосуванням способу обчісування зерна на корені. Завдяки універсальності (а отже, збільшенню річного навантаження), надійності та продуктивності роторні комбайни є більш економічними в порівнянні зі збиральними машинами з класичною схемою молотарки, що впливає на приведені експлуатаційні витрати та собівартість отриманої продукції.

Серед основних переваг роторної системи обмолоту можна виділити простота конструкції, універсальність, збільшення пропускної здатності МСП (до 20 кг/с), інтенсифікація обмолоту та сепарації вороху внаслідок особливості виконання процесу і динаміки руху маси, щадний обмолот зерна з меншою величиною лінійної швидкості бил (що призводить до мінімізації пошкоджень і мікропошкоджень зерна із збереженням посівних властивостей), висока ступінь відокремлення зерна при незначній величині втрат тощо.

Однією із основних проблем при експлуатації комбайнів з роторною молотаркою все ж таки є збільшення енергозатрат на виконання робочого процесу у порівнянні з класичною схемою. Але за рахунок збільшення продуктивності машини, що є характерним для роторних комбайнів, приведені енергозатрати, а також приведена витрата пального, не відрізняються від комбайнів з класичною молотаркою. Серед проблем аксіально-роторних молотарок можна також назвати порційну подачу ротором маси в зону обмолоту і нерівномірність розподілу вороху

по площі, що знижує ефективність роботи машини в цілому. При роботі пристрою не допускається попадання сторонніх предметів та деформація ротора, а у випадку ремонту — після його виконання необхідне динамічне балансування ротора. Серед аграріїв широкого використання набули роторні зернозбиральні комбайни серії § компанії JOHN DEERE, AXIAL-FLOW фірми CASE IH та інші.

Особливістю комбінованої (гібридної) схеми молотарки є поєднання класичної схеми обмолоту і сепарації грубого вороху роторних комбайнів, що дозволяє підвищити ефективність роботи комбайна із уникненням недоліків класичного соломотряса. При цьому лише близько 10% зерна надходить до соломосепаратора. Комбінованою системою молотарки обладнано комбайни LEXION 770/750 і TUCANO компанії CLAAS, JOHN DEERE серій CTS та C, DELTA MASSEY FERGUSON, NEW HOLLAND серії CR, серії X фірми FENDT та інші. Зернозбиральні комбайни з комбінованою схемою молотарки більш ефективно працюють на соломистих зернових культурах у порівнянні з класичною системою обмолоту, але для них характерними є також як і у роторних комбайнів збільшення енергоємності процесу, а отже, і витрати пального, матеріаломісткості і ускладнення системи привода, хоча і робота їх більш ефективна особливо на вологій масі (наприклад, після дощу та при випаданні роси).

При виборі типу комбайна слід звернути особливу увагу на особливості умов його подальшої експлуатації. У випадку його застосування при збиранні високоврожайних, короткостебельних та незасмічених зернових культур і кукурудзи на зерно, а також при роботі на схилах доцільно застосовувати зернозбиральні комбайни з аксіально-роторною молотаркою, за інших умов — з класичною схемою обмолоту і сепарації. Внаслідок інерції ротора більш доцільно аксіально-роторну схему використовувати при великій довжині гону за умови обладнання комбайнів широкозахватними жатками та приставками для збирання кукурудзи і інших культур.

Зернозбиральні комбайни, які виробляються більшістю іноземних фірм-виробників, є універсальними, тобто вони придатні для збирання врожаю майже всіх зернових і олійних культур, насіння трав і дрібнонасіневих культур (таких як ріпак, просо та інших).

Для забезпечення виконання процесу зернозбиральні комбайни обладнуються двигунами потужністю 150...600 к.с., хоча як показує існуючий досвід лише 45...63% потужності витрачається на виконання процесу. Одночасно з цим, із зростанням потужності двигуна зростатиме і маса комбайна, а також і місткість його бункера, ширина захвату жатки, і продуктивність комбайна в цілому. Характерними особливостями сучасних комбайнів є постійне вдосконалення конструкції молотарки, застосування електронних систем контролю і адаптації режимів роботи комбайна до умов виконання процесу, систем паралельного водіння, моніторингу врожайності, управління виконання процесу тощо. Проаналізуємо особливості конструкції і характеристики сучасних самохідних зернозбиральних комбайнів, що найбільш поширені в Україні.

Компанія New Holland виготовляє широку лінійку зернозбиральних комбайнів декількох серій. Так зернозбиральні комбайни серії CR (рис. 2.1) доцільно застосовувати на великих площах. В схемі комбайна застосовується Двохроторна система обмолоту та сепарації вороху Twin Rotor, що дозволяє підвищити на 15% продуктивність процесу. Комбайн обладнано економним і екологічним дизельним двигуном з потужністю 652 к.с. Підвищення ефективності роботи комбайна досягається також застосуванням механічної системи Dynamic Feed Roll подачі зрізаної маси та захист від попадання каміння. Підвищується продуктивність комбайна і якість роботи в умовах підвищеної вологості шляхом застосування роторів Twin-Pitch зі збільшеною кількістю Молотильно-сепарувальних елементів. Крім того, це дозволяє при збільшенні врожайності споживати менше потужності. На деяких моделях в якості опції застосовується ходова частина у вигляді гумових

гусениць. Швидкість руху комбайна регулюється автоматично в залежності від завантаження молотарки хлібною масою за допомогою системи Intelli Cruise.



Рис. 2.1. Зернозбиральни комбайн серії CR

Зернозбиральні комбайни середнього класу серії CX (у тому ж числі, Laterale - для роботи на крутих схилах з нахилом до 18%, Hillside - для роботи на горбистій місцевості) агрегатуються з високопродуктивними зерновими жатками High-Capacity та Varifeed з регульованим положенням різального апарату та робочою шириною захвату до 9 м, що є доцільним при високих значеннях пропускної здатності комбайнів. Завдяки підтриманню постійного значення тиску на ґрунт здійснюється якісне копіювання поверхні поля, а застосування автоматичного регулювання частоти обертання вентилятора системою OptiFan забезпечується висока якість очищення зерна при різних умовах збирання - при русі вгору, вниз тощо.

Для збільшення пропускної здатності 6-клавійної моделі СХ використовуються поперечні шнеки з подвійною навивкою. Для полегшення роботи оператора бортовий комп'ютер пропонує оптимальні параметри комбайна, при яких забезпечуватиметься найвища ефективність виконання процесу.

Комбайни серії СХ 7000 і 8000 обладнані більш потужними двигунами, а також застосовуються більш місткі бункери з більш ШВИДКИМИ вивантажувальними транспортерами. Крім того, в моделях СХ 7090 і 8090 використовується гусеничний хід. Молотарка комбайна складається із барабану діаметром 750 мм із кутом обхвату 111 град, бітерів і ротаційного сепаратора, що забезпечує більш повний обмолот при м'яких режимах з мінімізацією пошкодження зерна, а ротаційний сепаратор дообмолочує масу і виділяє зерно із вороху. Система Multi Thresh забезпечує встановлення необхідної величини просвіту між підбарабанням і бітером в залежності від умов виконання процесу (зменшується зазор при вологих умовах роботи і збільшується при нормальних умовах), а грубий ворох подається на соломотряс із бітера внаслідок активної його дії на масу. Для роботи на підйомах або спусках застосовується система оптимізації соломотряса, яка полягає у забезпеченні оптимальної товщини маси на соломотрясі і швидкості її переміщення внаслідок збільшення при русі на спуск або зменшення при русі на підйом частоти обертання вала соломотряса.

Важливою опцією при роботі на схилах є забезпечення горизонтального положення решіт, стрясної дошки та вентилятора за допомогою електропривода. Система дозволяє також вибирати необхідні режими роботи у відповідності до культури, що збирається.

Комбайни серії ТС доцільно застосовувати на невеликих площах. Вони обладнані 5- або 4-клавійним соломотрясом та молотильним барабаном діаметра 607 мм і довжиною 1300 мм та кутом обхвату підбарабання - 110 град. На комбайні застосовується система SmartSieve для рівномірного розподілу маси по поверхні решіт при роботі на схилах. На комбайнах встановлюється також опційно системи визначення вологості, автоматичного водіння тощо, що досить актуально в умовах технологій інформаційного землеробства.

Компанією John Deere виготовляються зернозбиральні комбайни: роторні - серії S, двобарабанні - серії W, з класичною схемою молотарки - клавійні - серії T.

У конструкції комбайнів серії S (рис. 2.2) для обмолоту і сепарації використовується ротор кулеподібної форми із збільшеною конусною частиною діаметром 762 мм і довжиною 3124 мм та якісним захватом хлібної маси, а рівномірна її подача забезпечується бітером-прискорювачем. Комбайни обладнуються двигунами потужності 320...543 к.с., бункером місткістю 10600...14100 л. Конструкція ротора забезпечує ефективний обмолот і сепарацію зерна з мінімізацією подрібнення соломи. Для кращого протягування і обмолоту вологої маси елементи молотильного апарату мають еліптичну поверхню, а вихід маси із зони сепарації - конічну форму.

Для збирання незернової частини врожаю - соломи, на комбайні використовуються такі схеми: подрібнення з розкиданням по полю; укладання у валки; розкидання по полю із можливістю компенсації швидкісного вітрового потоку. Більш якісне очищення зерна досягається збільшенням розмірів решіт. Нові моделі цієї серії мають в конструкції домолочувальний пристрій, що особливо важливо для більш повного обмолоту зерна навіть на забур'яненних ділянках. Висока продуктивність і якість зерна та соломи за будь-яких умов забезпечується застосуванням інтелектуальної системи. Крім того, досить важливим фактором забезпечення ефективної роботи комбайна з встановлення необхідних обертів двигуна в залежності від навантаження. Це реалізується електронною системою трансмісії Pro Drive.



Рис. 2.2. Комбайн серії S

Комбайни серії W з двигунами потужністю 290...350 к.с. обладнані класичною системою обмолоту, тобто молотильний барабан діаметром 660 мм і рій Ас шириною 1670 мм та 10 билами + клавішний соломотряс з додатковим омбайнами пальцевим сепаратором. Висока продуктивність та ефективність обмолоту забезпечується великим кутом обхвату підбарабання при оптимальній частоті обертів барабана.

Застосування пальцевого сепаратора сприяє більш повній сепарації, навіть при високій вологості зернових культур, внаслідок ворущіння пальцями маси, а сам соломотряс має 11 ступінчасту конструкцію для більш повного виділення зерна. Якісна робота навіть на схилах решітної очистки та загальне підвищення продуктивності на комбайнах цієї серії досягається застосуванням шнека для рівномірного розподілу зернового матеріалу по поверхні решіт. Підвищення загальної ефективності комбайна стала можливою також внаслідок модернізації пристроїв для обробітку незернової частини врожаю, збільшення місткості зернового бункера та більш продуктивним вивантажувальним транспортерам.

Для більш якісного і енергоощадного збирання зернових культур застосовуються зернозбиральні комбайни серії T з багатобарабанною системою обмолоту, що особливо важливо за умов високої вологості та забур'яненості додатковим поперечним роторним сепаратором для кращого культур, і очищення зерна. Інтенсифікація обмолоту і більш якісне очщення зерна стають можливими також внаслідок використання остевідокремлювального бруса. Робота комбайна забезпечується встановленими двигунами потужності 305...431 к.с. та бункера місткістю 11 куб. м. Крім того, підвищення продуктивності комбайна можна досягнути застосуванням інтелектуальних Систем автоматичного управління та регулювання швидкості руху в залежності від врожайності, а системи автоматизованої документації забезпечують збір і архівацію інформації про поля для подальшого застосування, у тому ж числі, і в технологіях точного землеробства.

Компанія MASSEY FERGUSON виготовляє зернозбиральні комбайни з потужністю двигуна 175...460 к.с. для роботи на різних по величині площ полях і при збиранні кукурудзи на зерно, бобових та дрібнонасінневих культур. Найбільш поширеними на полях України є комбайни серій Activa, Beta і T7.

Клавішними зернозбиральними комбайнами MF Activa (рис. 2.3) збирають різні культур - злакові, кукурудзу на зерно, соняшник, насінники трав тощо. Комбайни обладнуються двигунами потужністю 276 к.с. для досягнення максимальної продуктивності збирання. З комбайнами агрегуються жатки суцільного зрізування із шириною захвату 5,4...7,6 м, які обладнані високошвидкісними ріжучими апаратами з приводом типу Schumacher, а також підбирачі валків, шести- і восьмирядними приставками для збирання кукурудзи. В молотильному апараті використовується барабан діаметром 600 мм і довжиною 1,6 м, а підбарабання має нерівномірний переріз, що забезпечує якісний обмолот різних культур. Соломотряс - шестиклавішний, а стрясна дошка має перегородки для запобігання поперечного зміщення вороху при роботі на схилах.



Рис. 2.3. Клавішний зернозбиральний комбайн MF Activa

Зернозбиральні комбайни серії Beta обладнані двигунами максимальної потужності 360 к.с. та бункерами місткістю 9000 л, а висока ефективність збирання досягається вирівнюванням комбайна на схилах за допомогою системи ParaLevel, копіювання поверхні поля системою AutoLevel та автоматичним регулюванням висоти зрізу. Комбайни обладнуються високопродуктивними жатками PowerFlow з робочою шириною захвату 5,5...6,8 м та FreeFlow з шириною захвату 5,4...7,6 м.

В молотарці з високоінерційним барабаном діаметром 600 мм і шириною 1600 мм з кутом обхвату підбарабання 120 град існує можливість незалежного регулювання положення передньої і задньої частини підбарабання. Попередня сепарація зерна відбувається на відцентровому сепараторі Multicrop Separator, який може бути автоматично відключеним при переміщенні підбарабання у крайнє верхнє положення. Комбайн також обладнаний модернізованими решетами, клавішим

соломотрясом, подрібнювачем соломи та іншими вдосконаленими технічними рішеннями. Комбайн також може працювати із системою автоматичного водіння AutoGuide, що забезпечує точність водіння до 5 CM.

Одна із нових розробок фірми MASSEY FERGUSON є тангенціально- роторний зернозбиральний комбайн T7 з високоефективною системою подачі та обмолоту Natural Flow та зерновим бункером більшої місткості (13743 л). Комбайн забезпечує якісне збирання різних культур, у тому ж числі кукурудзи та сої, і обладнано двигуном з максимальною потужністю 450 к.с. Поперечний ротор має діаметр 762 мм, довжину - 2235 мм та шість рядів бил висотою 18 мм. В цілому, молотарка комбайна забезпечує більш повний обмолот при зменшенні енергозатрат.

Вальці-прискорювачі системи очистки прискорюють у декілька разів швидкість вороху і внаслідок дії повітряного потоку відділяється значна частка домішок перед подачею їх на решета. Для комбайна серії T7 також характерними є висока стійкість, що досягається центральним розміщенням ротора. Більш швидке перевантаження зерна із бункера досягається новітнім шнеком DirectFlow, швидкість транспортування якого становить 141 л/с.

Найбільш поширеними зернозбиральними комбайнами іноземного виробництва, які працюють в Україні, є збиральні машини компанії CLAAS, насамперед серії LEXION та TUCANO.

Сучасні комбайни LEXION із гібридною молотаркою APS HYBRID SYSTEM оснащуються двигунами з потужністю 419...524 к.с. Існує також можливість переднього гусеничного ходу TERRA TRAC для зменшення ущільнюючої дії на ґрунт і регулювання дорожнього просвіту в залежності від умов роботи, а також застосування системи автоматичного зниження тиску у шинах заднього мосту залежно від тиску в передніх рушіях.

Гібридна схема молотарки - це проміжна між клавішною і роторною схемами машин. Для підвищення продуктивності комбайна під час руху на схилах

рекомендується застосовувати 4D-систему, яка керує роботою заслінок ротора і режимами роботи вентилятора, а також завантаженням очистки в залежності від поперечного та поздовжнього нахилу машини.

Нові серії комбайнів LEXION (рис. 2.4) переважно обладнуються двигунами з потужністю 405...626 к.с., молотильним апаратом APS з прискоренням потоку хлібної маси бітером-прискорювачем та роторним сепаратором ROTO PLUS з двома паралельними роторами вздовж молотарки. Для більш ефективного використання комбайна місткість бункера становить 13500 л, а швидкість перевантаження зерна із бункера - 130 л/с.



Рис. 2.4. Комбайн LEXION

Для більш ефективного використання комбайнів LEXION внаслідок збільшення продуктивності та зменшення величини втрат застосовується система SEMOS для роботи машини в цілому і окремих його агрегатів на Оптимальних режимах. Якість зерна стало простіше контролювати внаслідок застосування кольорової фотокамери

з високою роздільною здатністю в зоні зернового завантажувального транспортера для аналізу зернового матеріалу та візуального контролю вмісту домішок в зерні. Для автоматичного регулювання і підтримування необхідної швидкості руху комбайна використовується система CRUISE PILOT, а всю інформацію про роботу комбайна надає система CEBIS.

Для рівномірного розподілу по поверхні поля незернової частини врожаю (тобто, подрібненої соломи і полови) застосовується спеціальний розкидний пристрій, який працює на основі даних датчиків про швидкість бічного вітру і нахилу поверхні поля. Автоматична система враховує дані і направляє подрібнену масу з компенсацією сили вітру та нахилу схилу для рівномірного її розкидання по всій ширині проходу комбайна. Для роботи комбайнів з максимальною ефективністю також застосовується система синхронізації систем контролю і автоматичного управління EASY, що свідчить про рівень інтелектуалізації процесу збирання врожаю.

Зернозбиральні комбайни компанії CLAAS серії TUCANO обладнуються ефективними двигунами з потужністю 204...378 к.с., високопродуктивними жатками VARIO з шириною захвату 4,95...9,22 м, молотильною системою APS HYBRID SYSTEM із системою адаптації частоти обертання молотильного барабана діаметром 450 мм незалежно від частоти обертання сепаруючого ротора діаметром 570 мм. На комбайнах встановлені бункери місткістю 6500...9000 лі швидкісна система вивантаження зерна, а для ефективної роботи на схилах використовується 3D-система очищення.

Компанія CASE IH є одним із провідних виробників зернозбиральних комбайнів з аксіально-роторною молотаркою, яка одночасно якісно і м'яко обмолочує зернові культури та відокремлює зерно від соломи навіть за умов високої врожайності, забур'яненості та підвищеної вологості хлібної маси. Це в свою чергу, визначає мінімізацію втрат і пошкодження зерна. Основною маркою комбайнів цієї

фірми є Axial-Flow, що постійно вдосконалюється та збільшується потужність його двигуна (потужність двигуна сучасних серій комбайнів становить 449 к.с.), яка, а це не маловажно, узгоджується з пропускною здатністю молотарки.

Для забезпечення високої продуктивності процесу зернозбиральні комбайни обладнуються зерновими жатками із шириною захвату до 13 м, кукурудзяними приставками та платформами-підбирачами. Крім того, висока продуктивність забезпечується встановленням більш місткого бункера (10570 л) і більш швидкими режимами вивантаження зерна із бункера. У протиположному широкому застосуванню в зернозбиральних комбайнах гідропривода, на цих комбайнах більшість робочих органів приводиться в рух від клинопасової передачі. Для окремих випадків в конструкції комбайна може бути використано гусеничну ходову.

Для роботи на великих площах та при високій врожайності зернових культур доцільно застосовувати більш продуктивні комбайни із більшою потужністю двигуна (634 к.с.). Такі комбайни комплектуються жатками із шириною захвату до 12,2 м для максимального використання потужності двигуна і пропускної здатності молотарки. В конструкції жаток використовується різальний апарат для роботи при збиранні різних культур за будь-яких умов. Це, наприклад, зернові колосові, бобові та інші. При цьому точне встановлення висоти зрізування досягається за допомогою електронних пристроїв. Крім того, можуть застосовуватися жатки Terra-flex із гнучкими ножами.

Більш продуктивний і з меншим рівнем втрат врожаю обмолот та сепарація (навіть при високій вологості) здійснюються у комбайні за допомогою ротора діаметром 762 мм і довжиною 2623 мм, який обертається з частотою 220...1180 об/хв. При більш складних умовах роботи доцільно збільшити частоту його обертання. Біла розміщені по гвинтовій лінії у три ряди. Крім того, ефективне очищення зерна досягається конструкцією вентилятора, який забезпечує рівномірний розподіл повітряного потоку нижнім решетом і регулюється в залежності від культур та умов

роботи. При переході від збирання однієї культури до іншої використовується функція швидкого звільнення комбайна від залишків зібраного врожаю. З точки зору екологічної ефективності конструкції комбайнів закладено застосування системи очищення відпрацьованих газів, а також зменшення дії на ґрунт ходових частин застосуванням шин низького тиску або гумових гусениць із точним копіюванням поверхні поля.

Для збирання зернових культур, а також для роботи на селекційних та дослідних ділянках застосовуються самохідні зернозбиральні комбайни фінської компанії SAMPO. На селекційних комбайнах застосовується система самоочищення для виключення змішування різних культур. Більшість спеціалістів рекомендують застосування зернозбиральних комбайнів цієї компанії при незначних обсягах, хоча їм є притаманними висока надійність виконання процесу.

У жатках зернозбиральних комбайнів серії 3000 із шириною захвату 4,5...6,3 м встановлено мотовило великого діаметра, а відстань між різальним апаратом і шнеком досить значна, чим досягаються оптимальні умови для збирання різних культур, у тому ж числі і високостебельних. Молотарка обладнана молотильним барабаном із 8 білами діаметром 500 мм і довжиною 1330 мм та кутом обхвату барабану підбарабанням 105 град, а частота його обертання в залежності від умов роботи змінюється за допомогою електричного привода. Внаслідок особливості конструкції молотильний барабан має досить істотний момент інерції, що забезпечуватиме його ефективну роботу за різних умов, навіть при значному завантаженні хлібною масою. Шестиклавішний чортирикаскадний соломотряс має покращену сепарацію грубого вороху.

Подібними до серії 3000 є зернозбиральні комбайни цієї ж фірми серії 2000, але вони менш продуктивні, агрегатуються з жатками із шириною захвату 3,1...5,1 м, обладнані двигунами потужністю 100...185 к.с. і бункерами з місткістю 3300...5200л.

Компанія SAMPO також виробляє новітні комбайни серії Comia (моделі С4, С6, С8, С10, С12) (рис. 2.5) з більш високою продуктивністю і новими технічними рішеннями. Комбайни обладнані двигунами потужністю 300 к.с., агрегуються із жатками з шириною захвату 6,3...6,9 м і застосовуються бункери місткістю 8100 л.

Основними технічними рішеннями цієї серії комбайнів можна назвати: пальці на планках мотівилі виготовлені з пластика-нейлону (досягається мінімальне пошкодження зерна і ефективно захоплюються стебла різних культур); сегменти різального апарату закріплені різьбовим з'єднанням, а привод здійснюється механізмом коливної шайби; для збільшення продуктивності комбана в цілому застосовується система попереднього обмолочування, тобто молотильний апарат складається із двох барабанів: барабана попереднього обмолочування діаметром 400 мм і частотою обертання 400...1150 об/хв та барабана основного обмолоту діаметром 500 мм і частотою обертання 600...1350 об/хв (ширина молотарки - 1330 мм); у верхньому решеті системи очищення через одну пелюстки загрузі для уникнення попадання соломи, а решета мають регулювання за допомогою електропривода; над клавішним соломотрясом встановлені циліндри-активатори для збільшення його продуктивності.



Рис. 2.5. Комбайн SAMPO серії Comia

Зернозбиральні комбайни FENDT IDEAL виробляються з потужністю двигуна 451, 538 к.с. та 647 к.с. високої паливної економічності і оснащені системою обмолоту та сепарації Helix (застосовується в одній моделі – молотарка з одним ротором, а у двох інших - з двома). Ротор має довжину 4,85 м та діаметр 600 мм, а бітери і пальці встановлені по спіралі навколо ротора, що забезпечує більш повний і щадний обмолот. Додатково застосовується спеціальна схема встановлення двох скатних дошок і як результат - загальне зростання продуктивності сепарації. Для постійного контролю за якістю і продуктивністю, а також рівномірності розподілу хлібної маси комбайни обладнуються системами контролю нового покоління, які дозволяють також працювати з різними пристроями і контролювати до 52 параметрів. Комбайни обладнуються найбільшими бункерами місткістю 12500...17100 л, що дозволяє підвищити в цілому продуктивність збирання.

Комбайни FENDT серії С обладнуються двигунами потужністю 335...360 к.с. і агрегуються із високопродуктивними жатками PowerFlow з шириною захвату 5,5...7,7 м та FreeFlow з шириною захвату 4,8...7,6 м, які забезпечують в процесі збирання чисте зрізування хлібостою і зниження енергозатрат на виконання процесу. Застосування системи копіювання поверхні поля AutoLevel стабілізує постійну висоту зрізу. Місткість бункера становить 9000 л, розвантаження якого забезпечується продуктивними транспортерами.

Якісний обмолот різних культур забезпечується внаслідок застосування модернізованої молотарки. Молотильний барабан має діаметр 600 мм та ширину 1600 мм при куті обхвату підбарабання 106 град. Конструкція барабана дозволяє збільшити його момент інерції для повного обмолоту зерна. Для зменшення втрат зерна в конструкції молотарки застосовується відцентровий сепаратор MCS plus, який виділяє частину зерна, що не пройшла через підбарабання протягом руху хлібної маси у молотильному зазорі. Крім того, сприятливу дію на якість роботи і продуктивність створюють оновлені соломотряс, решета та подрібнювач незернової

частини врожаю. Втрати зерна контролюються за допомогою дисплея, інформація на який надсилається від датчиків втрат, що встановлюються за решетами і шестиклавішним чотирикаскадним соломотрясом. Зростання продуктивності забезпечуються спеціальною поверхнею решіт.

Компанія DEUTZ-FAHR виготовляє нові зернозбиральні комбайни серії C9000 з підвищеною продуктивністю та ефективністю роботи при незначних обсягах роботи. Дві моделі комбайна обладнані шестиклавішним соломотрясом, а інші - п'ятиклавішним. Робота комбайна забезпечується двигунами потужності 395 к.с. Техніка ефективно працює із жатками з шириною захвату 4,8...9,0 м з високими навивками і пальцями шнека та різальною системою Schumacher Easy Cut II з планетарним приводом різальних елементів і електронним регулюванням, що забезпечує зрізування при зниженні забезпечує беззаперечне зрізування при енергозатрат та оптимальну подачу у молотарку. Для збирання кукурудзи на зерно та соняшнику проводиться переобладнання жатки за допомогою спеціальних комплектів.

Для виключення забивання молотильного апарату хлібною масою подача здійснюється за допомогою спеціального столу, що дозволяє досягнути рівномірність подачі по ширині. Молотильний барабан має діаметр 600 мм і довжину 1520 мм, а кут обхвату підбарабанням - 121 град. Величина молотильних зазорів змінюється електроприводом. Грубий ворох рівномірно подається із молотильного апарату на соломотряс за допомогою спеціальної решітки. Для більш якісної сепарації грубого вороху над поверхнею соломотряса встановлюються спеціальні гребінки. Очищене зерно завантажується в бункер місткістю 9500 л. Підвищення стійкості комбайна навіть на похилій місцевості досягається застосуванням систем автоматичної компенсації нахилу опорної поверхні.

2.2. Агротехнічні вимоги до механізованого збирання зернових культур [10,20,25,32]

При прямому комбайнуванні втрати зерна за жаткою комбайна допускається до 1% при прямостоячому стеблостої і 1,5% - на полеглому.

Величина ж втрат зерна за МСП мають бути не більше 1,5% для зернових колосових і 2% - на рисі.

Пошкодження зерна внаслідок його подрібнення має не перевищувати 1% для насінневої фракції, 2% - для продовольчої. Ця величина для зернобобових і круп'яних культур становить 3%, а для рису 5%.

Допустимий вміст домішок зерна в бункері має бути не вище ніж 5%.

При роздільному комбайнуванні підбирання валків комбайнами, які обладнані підбирачами, виконується через 3-5 днів після їх скошування жатками.

Доцільно роздільне комбайнування використовувати на культурах, що нерівномірно досягають, при значній забур'яненості ділянок, а також на низьких та зріджених ділянках.

При збиранні більшості зернових колосових культур доцільно використовувати висоту зрізу близько 12...25 см, хоча для жита 25-30 см. При значній полеглості стеблостою зрізування здійснюється на мінімальній висоті.

При роздільному комбайнуванні допустима величина втрат зерна за валковою жаткою на прямостоячих ділянках - не більше 0,5%, на полеглих - до 1,5%. Втрати зерна за молотаркою становлять не більше 1%, а вміст домішок - не більше 4%.

2.3. Аналіз жаток для збирання зернових культур

При збиранні зернових, зернобобових, ріпаку і інших культур сучасні самохідні зернозбиральні комбайни обладнуються жатками [20,21,25,29,32,33].

Жатки поділяються на спеціальні (для збирання окремих культур) та універсальні (для збирання різних культур із можливістю зміни відстані між різальним апаратом та шнеком).

Для збирання зернових культур переважно використовуються жатки суцільного зрізу та обчісувальні.

В конструкції жатки суцільного зрізу зернозбирального комбайна складається із таких основних робочих органів:

- подільники, мотовило та стеблелідіймачі для подачі стеблостою до різального апарата;
- різальний апарат для якісного зрізування хлібостою;
- мотовило додатково також створює підпір хлібостою при зрізуванні;
- шнеки, транспортери для транспортування зрізаної хлібної маси в молотарку.

За удосконаленою класифікацією жатки суцільного зрізу бувають:

- за способом агрегування: тракторні (начіпні, напівначіпні і причіпні), самохідні, комбайнові (начіпні);
- за способом формування зрізаної маси: валкові, з подачею маси у молотарку, комбіновані з одночасним обмолотом і скиданням соломи на поверхню поля;
- за величиною ширини захвату: вузько-, середньо- і широкозахватні;
- за типом різального апарату: із жорстким різальним апаратом, із гнучким різальним апаратом;
- за типом транспортувального пристрою — зі шнековим, стрічковим транспортером і комбіновані;
- за можливістю копіювання жаткою рельєфу поля: без копіювання, з механічним копіюванням за допомогою башмаків, з автоматичним копіюванням. Зернова жатка за допомогою сенсорних систем;

- за типом привода робочих органів: з механічним приводом, з гідравлічним приводом, з електричним приводом, з комбінованим приводом;
- за рівнем застосування автоматизованих систем управління: без застосування систем, із застосуванням автоматизованих систем управління траєкторією руху, із застосуванням автоматизованих систем управління положенням жатки і робочих органів, із застосуванням автоматизованих систем управління параметрами жатки і робочих органів.

Зернозбиральні комбайни LEXION, TUCANO та AVERO компанії CLAAS обладнуються різними моделями жаток серій VARIO і CERIO з можливістю копіювання поверхні поля і високою швидкістю різання. Жатки VARIO (рис. 2.6) мають ширину захвату до 12,27 м і можливість безступінчастого регулювання видовження столу до 700 мм, тобто від -10 см до +60 см. Для копіювання поверхні поля жатки обох серій можуть обладнуватися системами поздовжнього зернозбира копіювання CONTOUR та поздовжнього і поперечного копіювання AUTO CONTOUR. Жатки можуть мати чотири варіанти приводу: S - прямий, L-варіаторний, XL - двоступеневий і XXL - варіаторний.

Компанією JOHN DEERE виготовляються зернозбиральні комбайни: роторні - серії S, двобарабанні - серії W та з класичною схемою молотарки клавішні - серії T, які комплектуються універсальними і спеціальними жатками з шириною захвату від 4,30 до 12,20 м.



Рис. 2.6. Зернова жатка CLAAS VARIO



Рис. 2.7. Конструкція жатка серії X

Компанія NEW HOLLAND виробляє зернозбиральні комбайни для різних умов роботи, які агрегатуються із зерновими жатками High-Capacity, Extra-Capacity та Varifeed з шириною захвату 5,18, 6,1, 7,3 та 9,1 м. (рис. 2.8)

Компанія CASE IH поставляє на сучасний світовий ринок сільськогосподарської техніки зернозбиральні комбайни з аксіально-роторною молотаркою, які обладнуються зерновими жатками із шириною захвату до 13,72

м. Найбільшого поширення набули жатки VariCut із шириною захвату 4,9...12,5 м, жатки Terra-flex, жатки із гнучким різальним апаратом і шириною захвату 6,1...10,68 м та стрічкові жатки із шириною захвату 7,63...13,72 м.



Рис. 2.8. Жатки серії Superflex

Комбайни компанії FENDT серії С обладнуються високопродуктивними жатками PowerFlow з шириною захвату 5,5...10,7 м та FreeFlow з шириною захвату 4,8...7,6 м.

Компанія MASSEY FERGUSON є виробником зернозбиральних комбайнів серії Beta обладнуються високопродуктивними жатками FreeFlow з шириною захвату 5,4...7,6 м і PowerFlow з робочою шириною захвату 5,5...6,8 м.

На зернозбиральних комбайнах фірми LAVERDA встановлюються жатки FREE FLOW і POWERFLOW.

Фінська компанія SAMPO виробляє самохідні зернозбиральні комбайни для збирання зернових культур, а також для роботи на селекційних та дослідних ділянках. Серед них, особливої популярності набули зернозбиральні комбайни серії 3000, які обладнуються жатками із шириною захвату 4,5...6,3 м.

Менш продуктивними є зернозбиральні комбайни серії 2000, які обладнані жатками із шириною захвату 3,1...5,1 м,

Новітні і високопродуктивні комбайни Comia обладнані жатками з шириною захвату 6,3...6,9 м (попередні моделі цієї серії мали ширину захвату 3,1...5,1 м). Комбайн SR 3065 Tornado комплектують жатками з шириною захвату від 4,7 м до 6,9 м, а SR 3085 Superior - від 4,7 м до 7,5 м. Ці жатки можуть бути обладнаними системою автоматичного копіювання рельєфу поверхні поля АНС і контролю висоти зрізу ДНС.

Компанією DEUTZ-FAHR на світовий ринок сільськогосподарської техніки поставляються високопродуктивні зернозбиральні комбайни серії C9000, які обладнуються жатками з шириною захвату 4,8...9,0 м.

#### 2.4. Особливості різних типів різальних апаратів

В аграрному виробництві різання є однією із найбільш поширених операцій в сучасних технологіях аграрного виробництва. Так при збиранні врожаю різних сільськогосподарських культур скошуються стебла на корм тваринам, видаляється гичка при збиранні цукрових буряків, подрібнюються рослинні рештки і зрізуються стебла при збиранні кукурудзи на зерно і силос та соняшника тощо із застосування сучасної високоефективної техніки відомих виробників для заготівлі кормів - CLAAS, KRONE, KUHN, POETTINGER (всі зазначені фірми виготовляють майже весь перелік техніки для скошування), KVERNELAND, JOHN DEERE, UNIA, SIP, а також кукурудзяних і соняшникових приставок GERINGHOFF, CLAAS, OLIMAC, DOMINONI, FANTINI, CAPELLO, OROS, BICCHI, ZAFFRANI та інші.

Ефективне зрізування стеблової маси досягається якісною роботою різальних апаратів збиральних машин, які при взаємодії з стеблом під дією сили, що діє на ніж, призводить до його перерізування. Сучасний стан аграрного виробництва і застосування подібних машин та попиту на неї і вимог у аграріїв визначають серед основних тенденцій розвитку різальних апаратів: підвищення їх продуктивності шляхом збільшення ширини захвату і робочих швидкостей поступального руху збиральних машин, зниження забруднення зрізаної маси ґрунтом, а також підвищення точності копіювання поверхні поля при різному мікрорельєфі.

Серед основних складових будови стебел сільськогосподарських культур є судинно-волокнисті тканини, які є досить міцними і грають роль своєманітної арматури стебла. Тому при різанні досить важливим є руйнування судинно-волокнисті тканини. Оскільки різні культури відрізняються за характеристиками і будовою тканини, то відрізнятимуться і умови ефективного різання, а також і характер його протікання.

Оскільки процес різання є досить відповідальним при збиранні сільськогосподарських культур, то до його виконання, а отже, і до роботи різальних апаратів, виставляються певні вимоги щодо висоти скошування, прямолінійності, рівномірності і товщини валків та покосів, забрудненню маси ґрунтом, мінімізації втрат врожаю тощо.

Скошують трави переважно в ранній фазі розвитку, а багаторічні трави на а період бутонізації, але не пізніше початку цвітіння. Як правило скошування першого разу здійснювати з метою заготівлі сінажу, а інші — на сіно. Доцільно скошування проводити вранці або вночі в період максимального вмісту в стеблах протеїну та можливості більш тривалого прив'ялення маси. Різальні апарати при збиранні природних трав мають зрізувати стеблову масу на висоті 5,07,0 см (4,0...4,5 см в степовій зоні та 5,0... 6,0 см в зоні Полісся та Лісостепу) з допустимим відхиленням

від встановленої висоти не більше 0,5 см. При цьому зрізана маса не повинна перетиратися, оббиватися та бути забрудненою ґрунтом.

При збиранні зернових культур висоту зрізування встановлюють залежності від ряду факторів, але найчастіше вона складає 12...25 см (для жита можливою є висота 25...30 см). При збиранні полеглих хлібів доцільно їх зрізувати на мінімальній висоті. Але все ж основною вимогою при цьому є мінімальні втрати врожаю внаслідок неповного зрізування хлібостою. А при збиранні кукурудзи на зерно необхідно забезпечити якісне зрізування стебел висотою до 4 м при висоті зрізу 10...15 см.

Видалення гички з поверхні коренеплодів цукрового буряку забезпечується шляхом їх зрізування не нижче рівня зелених листків і не більше 2 см від вершини головки коренеплоду. Агротехнічними вимогами допускається кількість коренеплодів із необрізаною гичкою не більше 8%, з косим зрізом гички не більше 10% та забрудненням гички ґрунтом до 0,5%. При збиранні картоплі як правило бадилля зрізується на висоті не більше 20 см над поверхнею ґрунту або вершиною гребеня для забезпечення необхідної повноти зрізування не менше 80%.

Тому, в залежності від характеристик культури, що зрізується, визначаються тип різального апарату, який найбільш ефективно працюватиме за відповідних умов, та геометрію ножа для якісного різання стеблового матеріалу.

Різальні апарати в цілому можуть працювати за двома основними принципами - підпірного та безпідпірного зрізування [2,20,25,28,29,32].

Підпірне зрізування полягає в наявності в різальному апараті різального і протирізального елементів. При попаданні стеблової маси між різальними і протирізальними елементами відбувається їх затискання та при зворотньо-поступальному руху ножа зі швидкістю 2,5...2,8 м/с перерізування. Робота різального апарату підпірного зрізування відбувається при достатній жорсткості стебла, яке забезпечується наявністю протирізального елемента. Іншими словами,

підпірне зрізування - це процес роботи ножиць. Цей тип різальних апаратів часто називають сегментним, за назвою основного різального елемента - сегмента.

Безпідпірне зрізування на відміну від підпірного відрізняється відсутністю протирізального елемента, а жорсткість матеріалу досягається властивістю самого стебла та підпором сусідніх стебел. Головною умовою ефективної роботи різального апарату при безпідпірному зрізуванні є велика швидкість обертання різального елемента (до 60 м/с). Такий тип різальних апаратів отримав також назву ротаційного.

До різальних апаратів підпірного зрізування (рис. 2.9) належать сегментно-пальцеві та безпальцеві (з двома різальними елементами) апарати. Можна також зазначити, що сегментно-пальцеві і безпальцеві різальні апарати є універсальними, оскільки можуть ефективно працювати як при зрізуванні трав, так і зернових та інших культур. Застосування безпальцевого різального апарату, хоч він є досить складний конструктивно і при обслуговуванні, забезпечує надійну роботу при збиранні полеглою, густого, вологого та заплутаного стеблостою при високій ймовірності забивання різального апарату, а також при збиранні бобових та рису. Наявність при зрізуванні в такому типі різального апарату двох точок опори стебла знижує відгин стебла при зрізуванні і підвищує якість виконання процесу зрізування тонкостебельних культур з жорсткістю стебла. Але при збиранні товстостебельних культур це призводить до погіршення якості зрізування. Найбільшого поширення такий тип різальних апаратів набув в конструкціях зернових жаток зернозбиральних комбайнів і косарок для скошування природних і сіяних трав. Серед істотних переваг такого типу різальних апаратів можна назвати точне і рівне без сколювання зрізування стеблової маси при незначному її забрудненні ґрунтом.

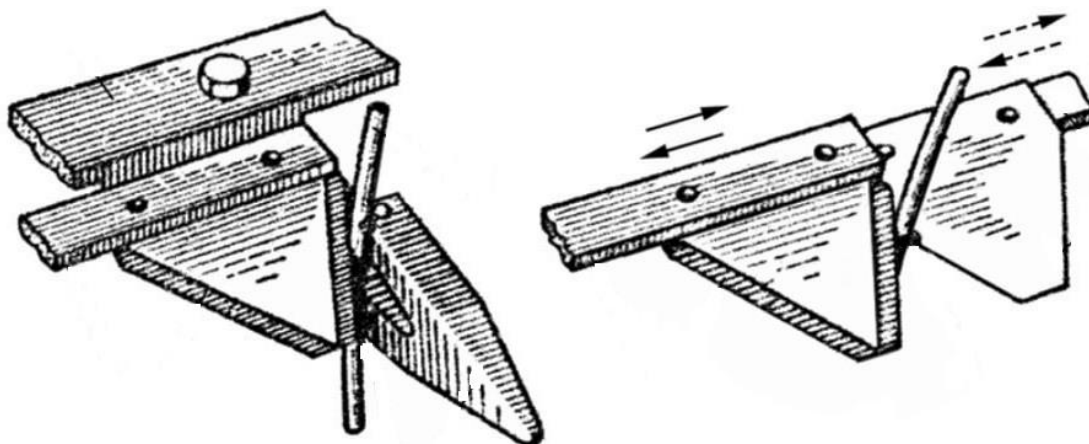


Рис. 2.9. Різальні апарати, що працюють за принципом підпірного різання

Серед основних недоліків таких типів різальних апаратів можна назвати також незначну швидкість виконання процесу, значні затрати енергії та обмеження ширини захвату і незначна продуктивність (у випадку застосування сегментної косарки при швидкості роботи до 3 м/с потреби в потужності складають близько 2,5 кВт на 1 м ширини захвату різального апарату при питомій витраті палива - 2,5...4,0 кг/га, а продуктивність роботи при цьому становитиме близько 0,45 га/год) при значних інерційних силах і зворотньо- поступальному русі ріжучих елементів. Такі різальні апарати в конструкціях косарок ефективно працюють при робочих швидкостях виконання процесу 4,0...6,0 (навіть до 10,0) км/год. Крім того, виникає потреба в досить частому заточуванні і заміні ножів.

Сегментно-пальцеві різальні апарати найбільш доцільно застосовувати при скошуванні природних і сіяних злакових та інших прямостоячих трав при урожайності до 150...200 ц/га із укладанням зрізаної маси у покоси без подрібнення зрізаної маси. При заготівлі полеглих і високоврожайних трав'яних культур, а також

на нерівних ділянках та при наявності кротовиння і кущів, цей тип різального апарату використовувати не доцільно внаслідок можливого забивання.

Залежно від розміщення основних елементів сегментно-пальцевого різального апарату такі пристрої бувають нормального різання з одинарним (застосовується при скошуванні природніх і сіяних трав, зернових культур, а також товстостебельних культур), подвійним або некратним ходом ножа (при збирання зернових культур), низького і середнього зрізування.

В конструкціях косарок і жаток до зернозбиральних комбайнів по якості зрізування, затратам потужності та іншим показникам роботи найбільш доцільно застосовувати різальні апарати нормального різання з одинарним пробігом ножа. Для збільшення подачі стеблостою використовуються різальні апарати з подвійним пробігом, хоча при цьому не повністю використовується максимальна швидкість ножа, збільшуються коливання різального бруса і рами, прискорюються пошкодження сегментів та виникають значні навантаження в небезпечних перерізах конструкції.

Привод зазначених типів різальних апаратів може здійснюватися за допомогою механізму коливної шайби або механізму привода планетарного типу (система «Шумахер»), який набув поширення внаслідок високої надійності і довговічності при відсутності вібрацій і відмов, підвищеній швидкості і якості різання різних типів стеблових культур, а відповідно, і підвищення продуктивності збиральної машини тощо.

Досить ефективно здійснюється процес зрізування хлібостою зернових культур різальними апаратами на гнучкому брусі, якими обладнуються сучасні жатки зернозбиральних комбайнів з великою шириною захвату, оскільки при цьому якісно копіюється поверхня поля і більш повно зрізується хлібостій.

При збиранні гнучких культур жатки зернозбиральних комбайнів можуть бути обладнаними сегментно-пальцевими різальними апаратами з пером на пальці, що поліпшує протікання процесу зрізування стебел.

Одним із перспективних напрямків застосування різальних апаратів підпірного зрізування можна назвати комплектацію збиральних машин різальними апаратами з поступальним рухом ножів, які встановлені на безкінечних гнучких тягових елементах (пасах або ланцюгах), і нерухомими пилкоподібними ножами. Такий тип різального апарату на даний момент часу застосовується в конструкціях колекторних жаток фірми KRONE.

До різальних апаратів безпірпінного зрізування, які найбільш доцільно застосовувати при скошуванні трав, грубостебельних культур і рослин з великим діаметром стебла, належать апарати ротаційного типу різного виконання: дискові із шириною захвату до 3,6...4,0 м, барабанні з шириною захвату до 2,1 м (при чотирибарабанній схемі до 3,6 м) і комбіновані, з вертикальною і горизонтальною віссю обертання ротора, з нижнім, верхнім і комбінованим приводом (з точки зору надійності протікання процесу все ж найбільш доцільно застосовувати різальні апарати з нижнім приводом), з жорстко і шарнірно закріпленими різальними елементами, з різальними елементами у вигляді дроту, плоского, Г-подібного і іншого типів ножів тощо.

Ширина захвату машин, які обладнані роторними різальними апаратами, становить до 5,8 м (навіть до 10,0 м). Такі збиральні машини можуть ефективно працювати при робочих швидкостях до 15 км/год при швидкості обертання ротора (у вигляді диска або барабана) 50...90 м/с. При цьому співвідношення швидкостей обертання роторів і поступального руху збиральної машини становитиме 15...20, а ротаційні різальні апарати крім різання здійснюють ще й ефективне перекидання зрізаної маси через брус без забивання. Затрати потужності для таких машин (більш точніше - потужність агрегатованого енергетичного засобу) становить 16,3...17,7 кВт

на 1 м робочої ширини захвату (для приводу барабанних різальних апаратів необхідні більші значення потужності, ніж для ротаційно-дискових, внаслідок більшої площі контакту різальних елементів з масою при зрізуванні). Але зріз стебла має рваний і нерівний характер, оскільки процес відбувається не внаслідок зрізування, а в результаті розриву стебла. Значення швидкості поступального руху збиральних машин при зрізуванні маси такими типами різальних апаратів обмежуватиметься діапазоном робочих швидкостей енергетичного засобу (тобто, трактора), а також умовами якісного копіювання поверхні поля внаслідок збільшення амплітуди і частоти коливань різального бруса.

Серед основних причин значного попиту у аграріїв на збиральну техніку з різальними апаратами безпідпільного зрізування є простота конструкції і надійність в роботі, хоча в процесі роботи відбувається істотне подрібнювання маси, що не завжди є бажаним за відповідних виробничих умов.

Різальними апаратами безпідпільного зрізування на даний момент часу обладнуються також більшість косарок для скошування трави на стадіонах, полях для гри в гольф, газонах, а також для обкошування каналів і міжрядь садів.

Ротаційно-дискові різальні апарати, якими обладнано косарки фірм KUNN, CLAAS, KRONE та інші із шириною захвату від 1,3 до 14 м, можуть мати два основних виконання: з одним диском - однодискові (з можливістю додаткового встановлення протирізальної пластини) та з двома дисками, що обертаються в зустрічних напрямках. При застосуванні роторів, що обертаються в зустрічних напрямках, відбувається формування валків, у тому ж числі і при додатковому встановленні спеціальних валкоутворювачів.

Перевагами ротаційно-дискових різальних апаратів є досить висока продуктивність, якісна робота на високоврожайних і полеглих ділянках. Хоча одночасно з цим для них властивими є висока метало- і енергомісткість (в 5 разів більша за сегментно-пальцеві апарати) та істотні втрати при повторному зрізуванні

з виникненням рваного зрізу і пошкодження стерні. Істотною їх перевагою можна також назвати відсутність забивання, що досить важливим для стійкого виконання процесу.

На ефективність роботи істотний вплив мають параметри різальних апаратів. Так чим менший діаметр ротора, тим менші потрібні затрати потужності для роботи і зменшуватимуться при цьому втрати врожаю. У випадку збільшення кількості роторів покращуватиметься якість зрізування стеблостою, але при цьому ускладнюватиметься система приводу. Крім того відмічено, що більш якісно зрізуватимуть стебла не радіально розміщені ножі, а з деяким нахилом в напрямку обертання ротора. Важливо також звернути увагу на загостреність різальної кромки. Її затуплення може призвести до значної перевитрати енергії на виконання процесу і до незадовільної якості зрізування. При потребі необхідно своєчасно замінювати різальні елементи.

На думку виробників ротаційних косарок доцільно в конструкціях машин Використовувати плоскі і конічні диски діаметром від 450 до 1000 мм (є зразки техніки навіть з діаметром 1,5 м) спеціальної форми (тобто, некруглої), що дозволить оптимізувати потік маси, збільшуватиме площу зрізування внаслідок перекриття проходів і повноти скошування. Найбільш для цього адаптованим є еліпсоїдні диски. Сам різальний брус може бути виготовлений як плоскої, так і хвилеподібної форми. Це впливатиме на рух маси після зрізування і дизайн машини в цілому. Ножі на суміжних дисках можуть бути зміщені по висоті.

Якщо диски ротаційно-дискового різального апарату обертатимуться за ходом руху збирального агрегату, то при мінімальній відстані між дисками досягатиметься перекриття зони зрізування стебел. Якщо ж диски обертатимуться проти напрямку руху збирального агрегату, то відстань між дисками збільшують для підвищення їх пропускної здатності.

Барабанні різальні апарати являють собою вал з горизонтальною віссю обертання, до якого шарнірно або жорстко закріплені ножі (це і є в зібраному вигляді барабан). Внаслідок великої швидкості обертання барабана (40...60 м/с) ніж в результаті удару по стеблу зрізує його і пропускає крізь різальний зазор між барабаном і нерухомим ножем. Такий різальний апарат добре працює і на травах, і на товстостебельних культурах, а також при скошуванні стеблової маси з одночасним подрібнюванням в процесі заготівлі зеленої маси та силосу як на корені, так і при підбиранні із валка, а також при видаленні гички і бадилля коренебульбоплодів тощо. Барабанні різальні апарати мають досить високу надійність, хоча одночасно з цим спостерігається нерівномірне і крупніше різання стебел, збільшуються затрати енергії на виконання процесу, а при збиранні довгостебельних культур - збільшуються втрати зібраної маси. Крім того, при роботі на ділянках з негустим стеблостоем і при сухому ґрунті подрібнена маса може істотно забруднюватися ґрунтом, що є не бажаним особливо при подальшому використанні зібраної маси для корму тваринам. Барабанні різальні апарати встановлені на збиральній техніці фірм CLAAS, SIP, UNIA та інші з шириною захвату 1,35...3,0 м.

Барабанні різальні апарати у порівнянні з ротаційно-дисковими мають більшу металомісткість і затрати на привод роторів. Але одночасно з цим, барабанні різальні апарати не так вимогливі до умов роботи як ротаційно- дискові, і можуть ефективно працювати при різних мікрорельєфах поля.

Механізоване видалення гички при збиранні цукрових буряків може бути реалізоване як з індивідуальним копіюванням головки кожного коренеплоду, так і суцільним зрізуванням без копіювання. В першому випадку використовуються ротаційні дискові різальні апарати, які виготовлені у вигляді плоского диску з вирізами і обертаються навколо похилої осі обертання. В сучасних бурякозбиральних комбайнах все ж найбільшого поширення набув двостадійний

Однофазний спосіб, при якому на першому етапі відбувається безкопирний зріз основної маси гички барабанными різальними апаратами з горизонтальною віссю обертання, а на другому етапі за допомогою плоских пасивних ножів здійснюється дообрізування головок коренеплодів.

## 2.5. Аналіз обчісувальних жаток для збирання зернових культур

Принцип дії обчісувальної жатки можна в цілому описати наступним чином. Під час руху комбайна, який обладнано обчісувальною жаткою, стебла відхиляються кожухом і відводяться ротором. Пальці гребінок обчісувального барабана пронизують стеблостій в межах розміщення коласків і обчісують зерно. Після обчісування обчісана маса подається на очищення. Куліси стебел, що залишилися після проходження жатки зрізуватимуться різальним апаратом, косарками, подрібнювачами рослинних решток або дисковими знаряддями.

При застосуванні обчісування можна досягнути зниження зерна, а також збільшити продуктивність комбайн в цілому. При застосуванні існуючих конструкцій виникають значні втрати зерна, особливо на нерівномірному і полелгому стеблостої.

Загальна класифікація обчісувальних пристроїв обчісувальних жаток наведено на рис. 2.10 [12,14,15,20,21,23,29,34,36,37,38].

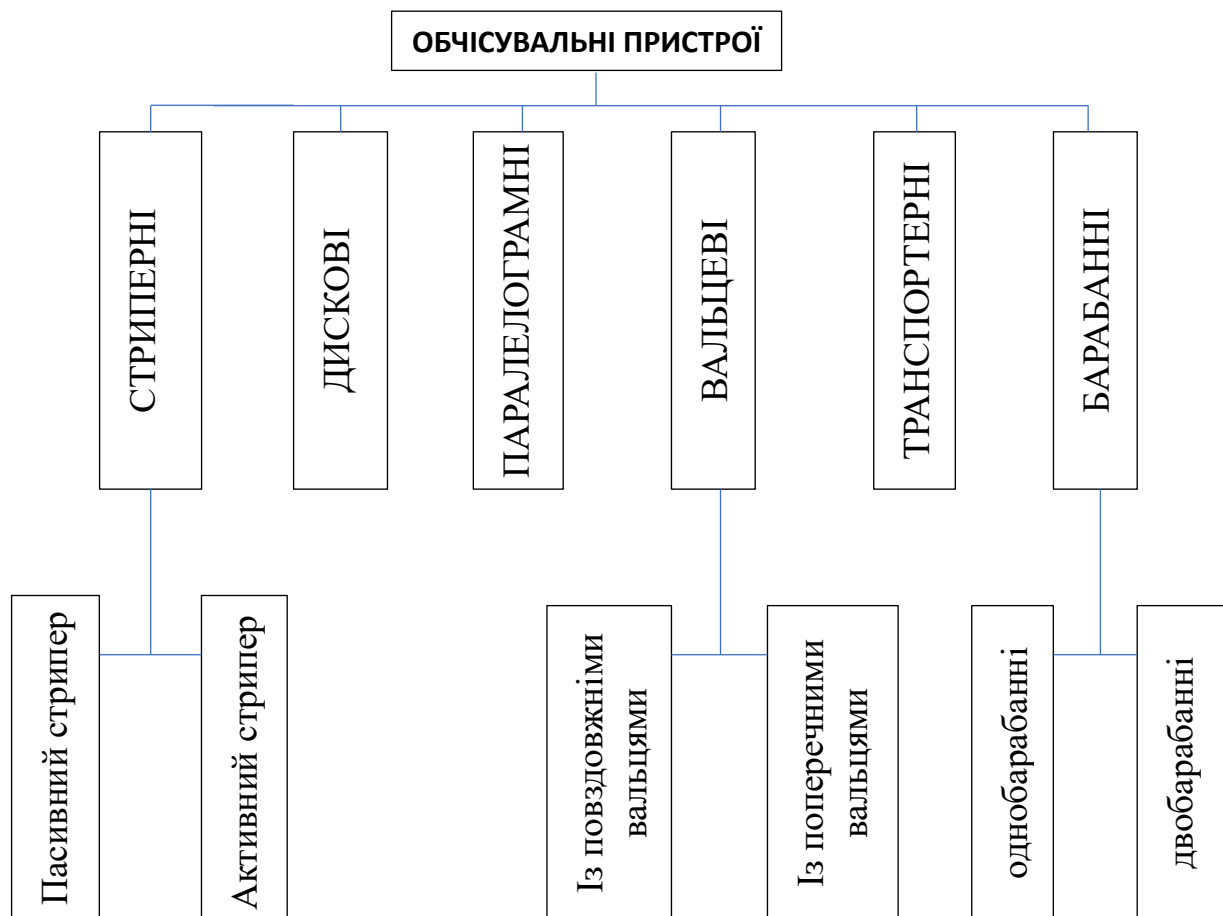


Рис. 2.10. Класифікація обчісувальних пристроїв для збирання зернових культур

Робочим органом стриперних обчісувальних пристроїв (рис. 2.11) є одна або декілька гребінок, які встановлених зі певним зміщенням. Гребінка може бути нерухомою або поперечно коливатися. Стебла потрапляють між зубами гребінками, а зерно з колоса обчісується при цьому. Хоча відмічається при цьому значне висмикування стебел із ґрунту.

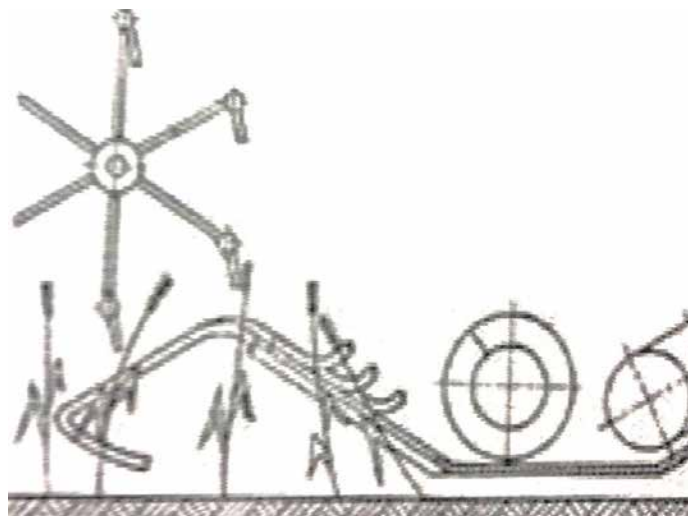


Рис. 2.11. Схема роботи обчісуючого стріпера, обладнаного мотовилом.

У обчісувальних пристроях дискового типу (рис. 2.12) відділення зерна кріпленн від колоска відбувається лопатками на дисках, які приводяться в обертальний рух ротором. У порівнянні із стріперним дискові пристрої більш якісно обчісують зерно, але зерно при цьому істотно травмується і втрачається.

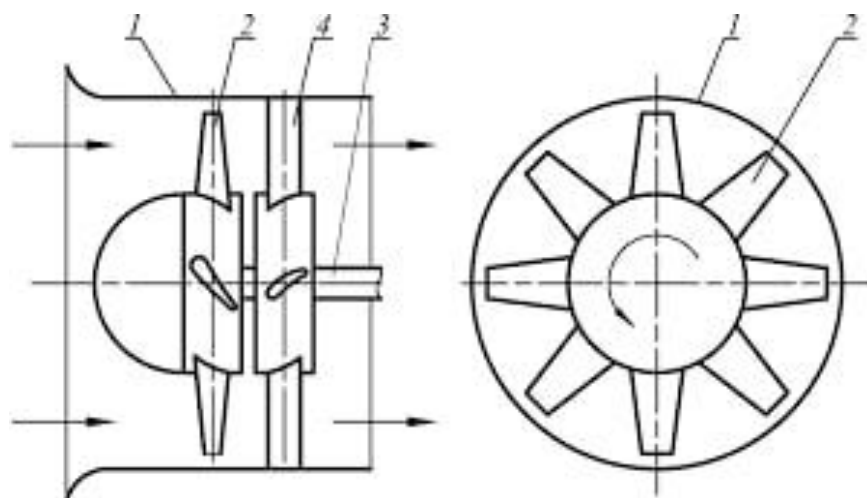


Рис. 2.12. Обчісувальний пристрій дискового типу

У вальцевих обчісувальних пристроях (рис. 2.13) вальці з гребінками з незначними втратами обчісують зерно, хоча і неякісно працюють на полеглому хлібостої. Для широкорядних посівів у вальцевих обчісувальних пристроях вальці встановлені поздовжньо.

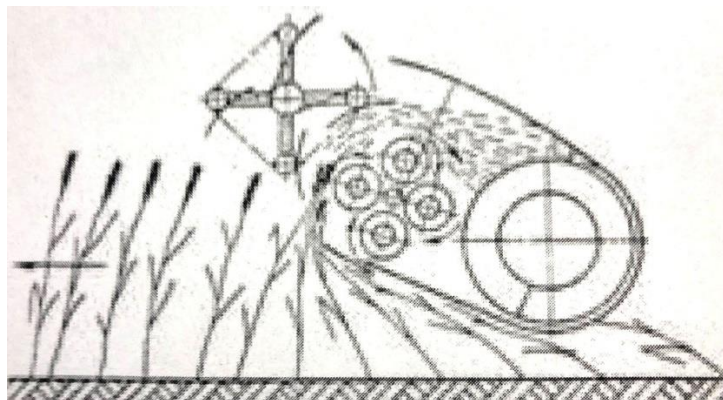


Рис. 2.13. Вальцевий обчісувачий пристрій

Плоскопаралельний рух здійснює обчісувальний ротор із шарнірно закріпленими гребінками в схемі паралелограмних обчісувальних пристроїв (рис. 2.14). Такі пристрої забезпечують незначний вміст незернової частини, але зерна травмуються.

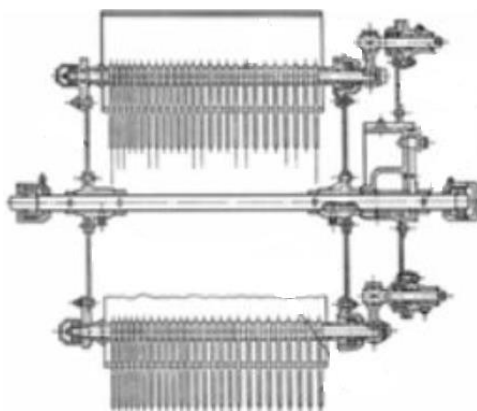


Рис. 2.14. Паралелограмний обчісувальний пристрій

Обчісувальні пристрої транспортерного типу (рис. 2.15) являють собою стрічкові або ланцюгові транспортери із закріпленими зубами. Такий тип обчісувального пристрою дозволяє ефективно обчісувати зерно навіть на полеглому стеблостій і при значному коливанні висоти стебел.

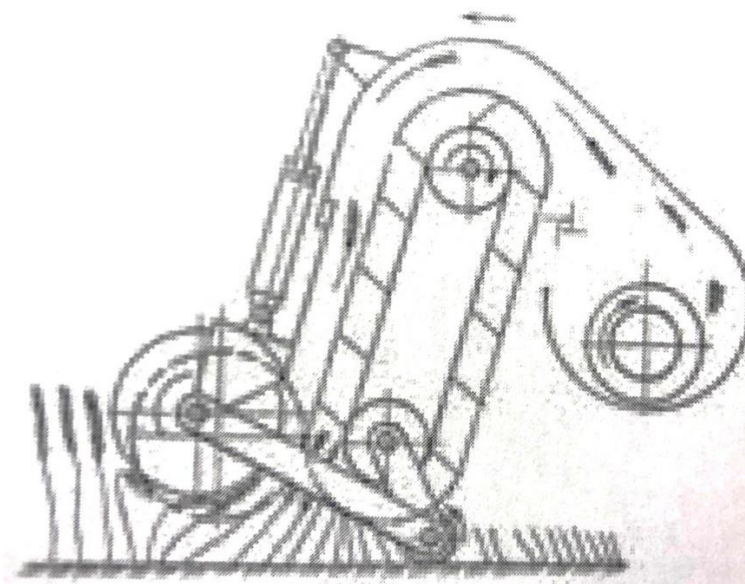


Рис. 2.15. Транспортерний обчісувальний пристрій

Внаслідок високого рівня технологічності широкого застосування набули обчісувальні пристрої барабанного типу (рис. 2.16), що являють собою барабан, до якого закріплені гребінки. Гребінки, що обертаються разом із барабаном, прочісують стеблостій, захоплюють зубами зерно і створюваним повітряним потоком транспортують його на наступні елементи. Серед основних переваг таких пристроїв можна назвати простоту конструкції, висока якість роботи і незначні втрати зерна.

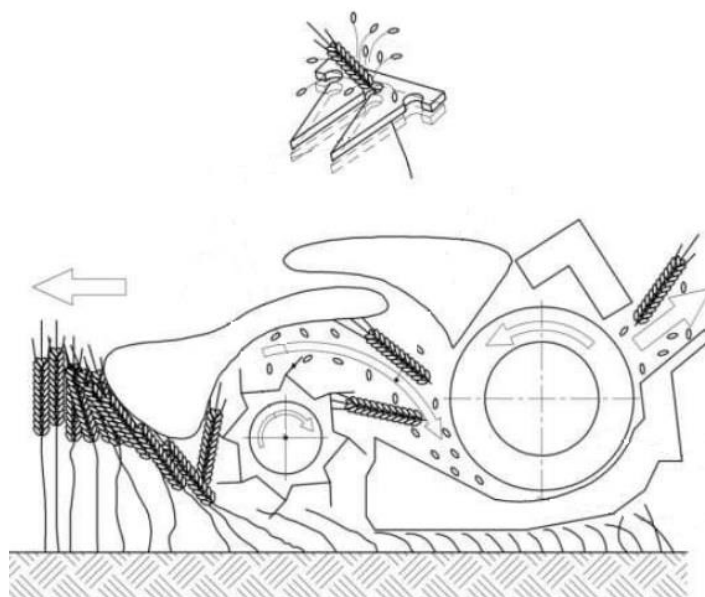


Рис. 2.16. Однobarабанний обчісувальний пристрій

Для більш інтенсивного обчісування зерна доцільно застосовувати двобарабанні обчісувальні системи (рис. 2.17). В таких пристроях встановлені послідовно два барабани, які внаслідок більшої кількості гребінок забезпечують більш інтенсивне виділення зерна.

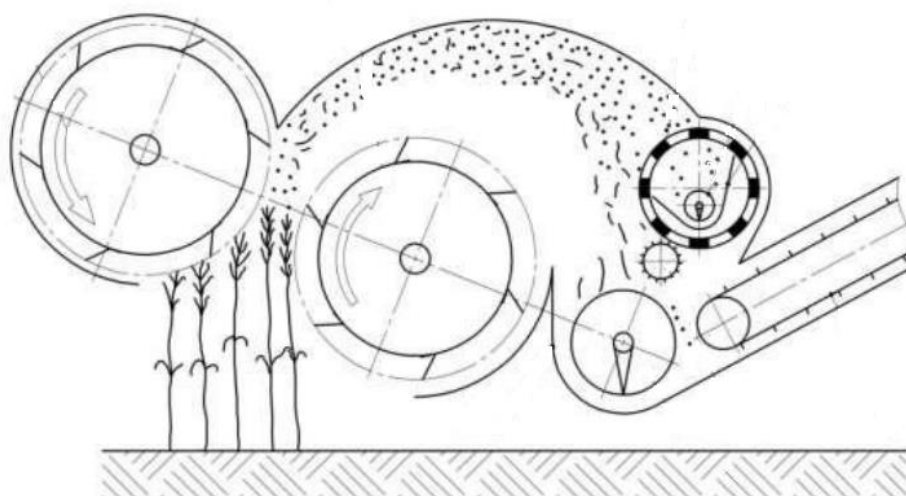


Рис. 2.17. Двобарабанний обчісувальний пристрій

Обчісувальні жатки поділяються (А.Ю.Фусточенко, 2015):

- за способом агрегування: тракторні (начіпні і причіпні), комбайнові;
- за способом подачі хлібної маси в зону обчісування: з активізатором і без активізатора подачі;
- за способом збирання продукту обчісування: безпосередньо робочим органом, повітряним потіком;
- за типом робочого органу: стріперні, дискові, вальцеві, транспортерні, паралелограмні, барабанні (поділяють на одно- і двобарабанні, з обертанням барабану за напрямком руху матеріалу і з протилежним напрямком обертання):
  - за типом обчісувального елемента: стрічкові, щіткові, лопатеві, шнекові, пластинчасті, штифтові, гребінчасті.

Найбільшого поширення на практиці набули комбайнові барабанні обчісувальні жатки з обчісуванням зерна за допомогою гребінки і транспортуванням продукту обмолоту безпосередньо робочими елементами обчісувального барабана.

Для збирання зернових культур можуть застосовуватися обчісувальні жатки.

При збиранні зернових культур і насінників трав використовується двобарабанна обчісувальна жатка УАС 7U «Слов'янка». Обчісувальний барабан жатки за допомогою дев'яти рядів гребінок зчісує зерно і направляє до шнека.



Рис. 2.18. Обчісувальна жатка CVS



Рис. 2.19. Обчісувальна жатка RSD

Обчісувальні жатки RSD та CVS (рис. 2.18, рис. 2.19) мають ширину захвату 7,2, 8,4 та 9,6 м і зміщенням вправо відносно осі комбайна. Підпружинені пальці обчісувального барабану забезпечують високоефективне відокремлення зерна від колосу із урахуванням умов роботи. При більш вологих умовах робота відбувається при більш високих частотах обертання обчісувального барабану, а при меншій вологості - на більш низьких.

### РОЗДІЛ 3

## ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ, ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ЖАТКИ

#### 3.1. Обґрунтування вдосконаленої схеми жатки

Отже, підвищення ефективності механізованого процесу збирання зернових культур самохідними зернозбиральними комбайнами можна досягнути шляхом застосування жаток подвійного зрізу [8,26,27,30,31,36].

Але оскільки при зрізуванні верхнього ярусу можливий відгин стебла і втрати зерна внаслідок самоосипання, пропонується над верхнім ярусом додатково встановити обчісувальний барабан із гребінками, а це дозволить з одного боку суттєво зменшити вміст соломи у хлібній масі, оскільки зрізатиметься стеблостій для подачі в молотарку лише верхня частина, в діапазоні розміщення колосків. Додатково, одночасно із зрізуванням верхнього ярусу відбуватиметься обчісування зерна гребінками обчісувального барабана.

Жатка (рис. 3.1) складається із обчісувального барабану 1, пневмотранспортної системи 2, різального апарату верхнього ярусу 3, різального апарату нижнього ярусу 4, шнека з бітером 5 та транспортера 6. Жатка навішується на комбайн і її робочі елементи можуть приводитися як через механічні передачі, так і від гідропривода. Додатково розглянута можливість привода жатки від електропривода, що дозволить більш ефективно адаптовувати її до умов виконання процесу. Крім того, пропонується для транспортування обчисаного зерна в зону очистки застосовувати пневмотранспортну систему засмоктувального типу. При цьому, повітряний потік, що створюється вентилятором, захоплює зерно із поверхні гребінка обчісувального барабану і подає на стрясну дошку молотарки, а легкі домішки відокремлюватимуться у циклоні.

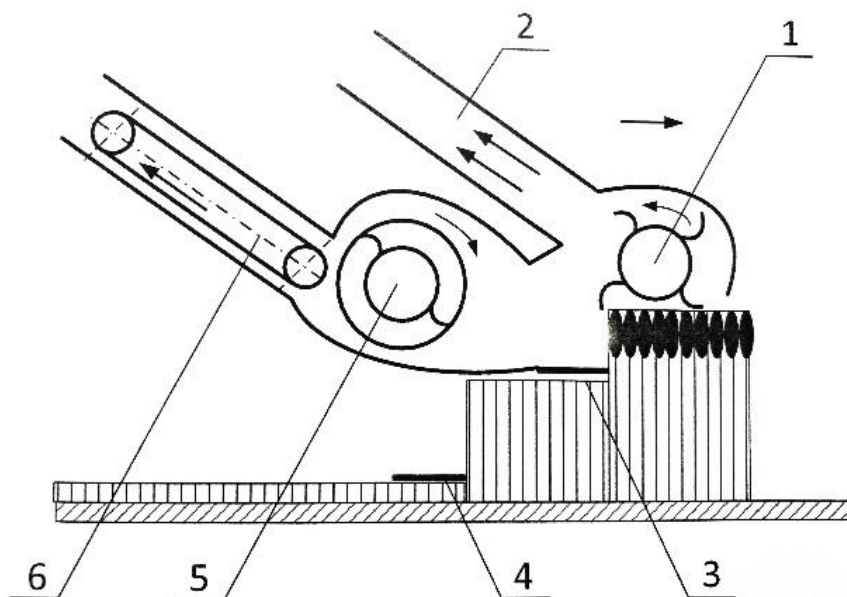


Рис. 3.1. Схема удосконаленої жатки подвійного зрізу:

1 - обчисувальний барабан; 2 — пневмотранспортна система; 3 — різальний апарат верхнього ярусу; 4 — різальний апарат нижнього ярусу; 5 — шнек з бітером; 6 - транспортер

3.2. Експериментальні дослідження по визначенню характеристик стеблостою щодо їх зрізування.

Чисельними дослідженнями встановлено, що майже всі характеристики стеблостою зернових культур на одному і тому ж полі варіюються в істотному діапазоні. Діапазон варіації показників також є однією із основних причин коливання якісних показників роботи збирального агрегату.

Розглянемо варіацію таких показників характеристики стеблостою як висота і полеглість стебел та врожайність культури. Вони були виділені із всього переліку характеристик на основі аналізу апріорної інформації та експертної оцінки.

Дослідження проводилися на посівах озимої пшениці в період збирання зернових культур в липні 2025 року (рис. 3.2)



Рис. 3.2. Дослідне поле в період проведення досліджень

При цьому в 9 точках поля рівномірно по площі вимірювали по 50 стебел.

Для визначення врожайності пшениці зрізали стебла з площі рамки 1х1м, виділяли зерно і зважували (рис. 3.4).



Рис. 3.3. Вимірювання рулеткою висоти і полеглисті стебла



Рис. 3.4. Визначення зернових культур

Для обробітку результатів дослідів використовували методи математичної статистики, визначаючи при цьому:

- середнє арифметичне вибірки:

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum \tilde{X}_j,$$

- середньоквадратичне відхилення вибірки від середнього арифметичного:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^k (\tilde{X}_j - X)^2}$$

- граничну похибку по дослідам

$$\Delta_{ГР} = \frac{3\sigma}{\sqrt{N}}$$

Враховуючи особливість і завдання досліджень найбільш доцільно результати дослідів подати у вигляді довірчого інтервалу.

Отже, характеристики хлібостою пшениці на дослідному полі склали:

- висота стеблостою:  $91,16 \pm 27,76$  см;
- полеглість стеблостою:  $13,24 \pm 10,42$  %;
- врожайність зерна:  $68,3 \pm 8,28$  ц/га.

На основі аналізу дослідних даних нескладно зробити висновок про досить істотну варіацію показників характеристик стеблостою, а це в свою чергу потребує

пошуку шляхів постійної адаптації параметрів і режимів роботи збиральної машини до умов збирання.

### 3.3. Обґрунтування параметрів і режимів роботи жатки

Обґрунтування параметрів і режимів роботи основних елементів жатки полягають у послідовних теоретичних розрахунках:

- обчісувального барабана;
- режимів роботи різального апарату верхнього ярусу;
- пневмотранспортної системи.

При обґрунтуванні основних конструктивних та кінематичних параметрів обчісувального барабану використаємо відомі залежності та вирази [1,4,5,7,10,13,16,18,19,22,23,24,29,34]:

- умову початку обчісування

$$a_H \geq 90^\circ - \varphi_c - \Psi_c, \quad (3.1)$$

де  $\varphi_c$  - кут тертя стебла зернової культури по матеріалу поверхні гребінки;  
 $\Psi_c$  - кут нахилу стебла (відхилення від вертикалі).

- радіус обчісувального барабана:

$$R_0 = \frac{H}{\cos a_H + \cos a_k}, \quad (3.2)$$

де  $H$  - діапазон висоти розміщення колосків.

- робоча довжина гребінки обчісування зерна за один повний оберт барабана:

$$l_p = l_1 + l_2 = \left( R_0 + \frac{V_M t - R_0 \sin a_H}{\sin(\omega t + a_H)} \right) \quad (3.3)$$

- кількість гребінок на барабані:

$$z = \frac{2\pi V_M n_0}{l_p w} \quad (3.4)$$

де  $n_0$  - необхідна кількість протягування колоскової частини стебла через гребінку для повного обчісування зерна з колоса.

- ширина гребінки

$$b = \frac{Qwz}{2\pi V_M P} - \Delta, \quad (3.5)$$

де  $Q$  - кількість стебел за один хід однієї гребінки;  $\Delta$  - зазор між пальцями гребінки;  $P$  — густина хлібостою.

- глибина дії гребінки на хлібостій при обчісуванні:

$$h_H = H + R(1 - \cos a_H). \quad (3.6)$$

- висота зрізу стебла

$$h_{cp} = (0,18 - 0,25)H_{cm} = 0,2H_{cm} \quad (3.7)$$

- висота положення осі барабана над ріжучою кромкою

$$L = 0,8H_{cm} - R\lambda. \quad (3.8)$$

- робоча швидкість руху жатки зернозбирального комбайна за умови обчислення

$$V_M \frac{2\pi}{\omega} \leq h(\sin y \operatorname{tg} \delta + \cos y) + H_0(\operatorname{tg} \varepsilon - \operatorname{tg} \delta). \quad (3.9)$$

тоді продуктивність обчисувальної жатки визначається

$$W_{o.y.} = 0.36B \cdot V \cdot k_T,$$

де  $B$  - ширина захвату обчисувального пристрою;  $V$  — швидкість руху комбайна;  $k_T$  - коефіцієнт використання часу  $k_T = 0,77 \dots 0,81$ .

- пропускна здатність обчисувального пристрою

$$q_b^{o.y.} = B \cdot V \cdot U_3 \cdot K_A \cdot k_T, \quad (3.10)$$

де  $U_3$  – врожайність зерна, кг/м<sup>2</sup>;  $K_A$  - коефіцієнт: для неполеглого стеблостою пшениці -  $K_A = 1,15 \dots 1,25$ ; для неполеглого стеблостою ячменю  $K_A = 1,22 \dots 1,34$ ; для полеглого стеблостою -  $K_A = 1,41 \dots 1,5$ .

- мінімальне значення кутової швидкості обчисувального барабана

$$\omega \geq \frac{2mx \pm \sqrt{4m^2x^2 + 4mps \sin \phi (mg \cos \beta - [Q])}}{2m \rho \sin \phi} \quad (3.11)$$

При обґрунтуванні режимів роботи удосконаленої жатки подвійного зрізу необхідно визначити умову якісного зрізу різальним апаратом верхнього ярусу.

Це пов'язано із тим, що при високому зрізуванні необхідно уникнути втрат врожаю внаслідок відгинання стебел.

Для цього проведемо теоретичні дослідження взаємодії різального бруса жатки із стеблом зернових культур, тобто, побудуємо розрахункову математичну модель з метою обґрунтування умови якісної роботи зернозбирального комбайна при збільшенні висоти зрізування хлібостою.

При взаємодії верхнього ярусу жатки із одиничним стеблом діятимуть сили (рис. 3.5):

$G_1 = m_1 g$  - сила тяжіння стебла;

$G_2 = m_2 g$  - сила тяжіння колоска;

$\bar{Q}$  - згинальна сила, що діє з боку жатки на стебло.

Її представимо у вигляді двох складових: нормальної реакції стебла  $\bar{N}$  і дотичної реакції, яка співпадає із силою тертя стебла по поверхні жатки  $\bar{F}_{TP}$

$$F_{TP} = \int \mu \cdot N .$$

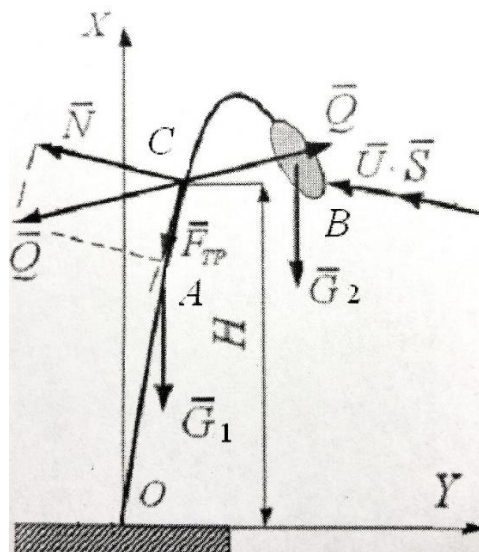


Рис. 3.5. Еквівалентна схема взаємодії елемента різального апарата верхнього ярусу жатки комбайна із одиничним стеблом

Тоді :

$$Q = \sqrt{N^2 + F_{TP}^2} = \sqrt{N^2 + (\int N)^2} = N \sqrt{1 + \int_2};$$

$\bar{U}$  - сила пружності верхньої частини стебла:  $U = c \cdot \delta$  ( $\tilde{n}$ - коефіцієнт пружності верхньої частини стебла,  $b$  - деформація верхньої частини стебла при взаємодії із сусідніми стеблами);

$\bar{S}$  - сила підпору, що створюватиметься обчисувальним барабаном.

Складемо рівняння рівноваги стебла на основі принцип можливих переміщень

$$G_1 \delta_A \cos(\bar{G}_1, \bar{\delta}_A) + G_2 \delta_B \cos(\bar{G}_2, \bar{\delta}_B) + (S + U) \delta_B \cos(\bar{S}, \bar{\delta}_B) + Q \delta_C \csc(\bar{Q}, \bar{\delta}_C) = 0, \quad (3.12)$$

де  $\cos(\bar{G}_1, \bar{\delta}_A)$ ,  $\cos(\bar{G}_2, \bar{\delta}_B)$ ,  $\cos(\bar{S}, \bar{\delta}_B)$ ,  $\cos(\bar{Q}, \bar{\delta}_C)$  - направляючі косинуси між напрямками векторів сил і можливих переміщень в точці їх дії.

Для визначення направляючих косинусів можна використати графіки ліній критичного згину стебла.

Тоді вираз для визначення згинальної сили матиме вигляд

$$Q = \frac{G_1 \delta_A \cos(\bar{G}_1, \bar{\delta}_A) + G_2 \delta_B \cos(\bar{G}_2, \bar{\delta}_B) + (S + U) \delta_B \cos(\bar{S}, \bar{\delta}_B)}{-\delta_C \cos(\bar{Q}, \bar{\delta}_C)}, \quad (5.13)$$

за умови  $\delta_C \cos(\bar{Q}, \bar{\delta}_C) \neq 0$ .

Для зрізування верхнього ярусу хлібостою зернових культур без відгинання стебел під діє різального апарата матиме вигляд

$$Q < Q_{KP}, \quad (3.14)$$

де  $Q_{KP}$  - критична величина згинаючої сили.

Для визначення критичної величини згинаючої сили  $Q_{KP}$  використаємо залежність

$$Q_{KP} = \frac{3 \int_{KP} EI}{H^3}. \quad (3.15)$$

де  $EI$  - жорсткістю стебла,  $\int_{KP}$  критичний прогин стебла,  $H$  - висота зрізування верхнім ярусом.

В результаті розрахунків за наведеними виразами обґрунтовано раціональні параметри жатки:

робоча швидкість - до 12 км/год;

діаметр обчісувального барабану – 600...720 мм;

кінематичний режим обчісувального барабану - 1,8...2,5;

горизонтальна відстань від осі обчісувального барабану до кромки верхнього ярусу - 400...420 мм;

горизонтальна відстань від кромки верхнього ярусу до кромки нижнього ярусу - 110...135 мм.

Як зазначалося для транспортування зерна пропонується використовувати пневмотранспортну систему. Відомі пневмотранспортери зерна, які використовуються, працюють ефективно при вологості зерна 8...25%, висоти піднімання вантажу до 3... 4 м), найбільш поширений діаметр пневмопровода - 10 ...18 см. При цьому, раціональне значення подачі зерна становить в межах 5...10 кг/с. Тому доцільно подібну систему використати в цьому випадку шляхом її монтажу на раму комбайна.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ

Економічні показники від застосування удосконаленої жатки в схемі зернозбирального комбайна, які характеризують економічну доцільність застосування розробки, визначимо згідно відомих і загальноприйнятих методик згідно вихідних умов (табл.4.1)

Таблиця 4.1

Вихідні умови для розрахунку економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Врожайність зенових культур, т/га	4,2	4,2
Робоча ширина захвату жатки, м	7,7	7,7
Робоча швидкість руху машин, км/год	6	10
Питома витрата палива, л/га	16	14
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

За базову модель приймемо зернозбиральний комбайн CLAAS TUCANO серії 450, який обладнано базовою жаткою із шириною захвату 7,7 м. За модернізовану машину приймемо цей же комбайн, на якому встановлено вдосконалену зернову жатку із такою шириною захвату.

Серед основних можливостей отримання збільшення робочої швидкості зернозбирального комбайна внаслідок

застосування більш продуктивної системи зрізування, отже і зростання продуктивності збирального агрегату в цілому, а також через зменшення втрат зерна (інноваційний ефект), який визначатиметься із застосуванням існуючих методик прогнозування.

В результаті проведених розрахунків отримано:

- продуктивність базового і модернізованого зернозбирального агрегату за формулою

$$W_3 = W_0 \tau = 0,1BV\tau, \text{ га/год}$$

де  $W_3$  - продуктивність змінного часу, га/год;

$W_0$  - продуктивність основного часу, га/год;

$\tau$  - коефіцієнт ефективного використання часу зміни ( $\tau=0,8$ );

$B$  - робоча ширина захвату жатки, м;

$V$  - робоча швидкість поступального руху зернозбирального комбайна, км/год.

Тоді

для базової машини

$$W_0 = 0,1 \cdot 7,7 \cdot 6 = 4,62 \text{ га/год},$$

$$W_3 = 4,62 \cdot 0,8 = 3,7 \text{ га/год};$$

для модернізованої машини

$$W_0 = 0,1 \cdot 7,7 \cdot 10 = 7,7 \text{ га/год},$$

$$W_3 = 7,7 \cdot 0,8 = 6,16 \text{ га/год}.$$

Для визначення приведених експлуатаційних затрат визначимо їх складові:

- затрат на оплату праці  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{\sum L_i CT_i}{W_3}, \text{ грн/га}$$

де  $L_i$ , - кількість робітників відповідного класу зайнятих на цій роботі, люд.;

$CT_i$ , - погодинна ставка робітника, грн/год люд (для оператора погодинна ставка при збиранні зернових культур приймемо 25 грн/ год люд).

Тоді після підстановки

для базової машини

$$C_1 = 25/3,7=6,75 \text{ грн./га;}$$

для модернізованої машини

$$C_1 = 25/6,16 =4,06 \text{ грн./га;}$$

- затрати на паливо-мастильні матеріали  $C_2$ :

$$C_2 = C_{\text{п}} \Phi, \text{ грн/га}$$

де  $C_{\text{п}}$  - комплексна вартість пального, грн/л (58 грн/л);

$\Phi$  - питома витрата пального, л/га. Для базового і модернізованого варіанта приймемо відповідно  $\Phi=16$  і  $14$  л/га.

Після підстановки отримаємо

для базової машини

$$C_2 = 16 * 55 = 880 \text{грн/га}$$

для модернізованої машини

$$C_2 = 14 * 55 = 770 \text{грн/га}$$

- затрати на реновацію комбайна С3:

$$C_3 = B_M a_M / Q_M, \text{ грн/га}$$

де  $a_M$  - норма відрахувань на реновацію комбайна ( $a_M=16,6\%$  або  $0,166$ );

$B_M$  - балансова вартість комбайна, грн (для базового варіанта - 6700000 грн., для модернізованого - 6800000 грн.);

$Q_M$  - сезонне навантаження комбайна, 300 га.

Тоді після підстановки отримаємо

для базової машини

$$C_3 = (6700000 * 0,166 / 300) = 3707,33 \text{ грн/га,}$$

для модернізованої машини

$$C_3 = (6800000 * 0,166 / 300) = 3762,67 \text{ грн/га,}$$

- затрати на ремонт і технічне обслуговування С4:

$$C_4 = B_M V_M / Q_M, \text{ грн/га}$$

де  $V_M$ - норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування трактора і машини (15% або 0,15).

Тоді після підстановки  
для базової машини

$$C_4 = (6700000 \cdot 0,15 / 300) = 3350 \text{ грн/га,}$$

для модернізованої машини

$$C_4 = (6800000 \cdot 0,15 / 300) = 3400 \text{ грн/га.}$$

Тоді сумарні економічні затрати визначатимуться

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4. \text{ грн/га}$$

Після підстановки складових у формулу отримаємо  
для базової машини

$$C = 6856,08 \text{ грн/га,}$$

для модернізованої машини

$$C = 6984,73 \text{ грн/га.}$$

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються

$$\Pi = e \cdot K + C, \text{ грн/га}$$

Де  $e$  - нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень  
( $e = 0,15$ );

$K$  - розмір капітальних вкладень, грн/га

$$K = B_M / Q_M, \text{ грн/га}$$

Тоді після підстановки

для базової машини

$$K = (6700000 / 300) = 22333,33 \text{ грн/га,}$$

для модернізованої машини

$$K = (6800000 / 300) = 22666,67 \text{ грн/га}$$

Звідси

$$\Pi = 10206,08 \text{ грн/га}$$

$$\Pi = 10384,73 \text{ грн/га}$$

Тоді зниження приведених експлуатаційних затрат складатиме

$$10206,08 - 10384,73 = -178,65 \text{ грн/га.}$$

Внаслідок застосування удосконаленої конструкції жатки втрати зерна за комбайном знижаться з 1,5% до 0,4%. Це дозволить отримати додатковий (інноваційний) ефект у розмірі:

$$4,2 \text{ т/га} * (0,015 - 0,004) * 6500 \text{ грн./т} = 300,30 \text{ грн./га.}$$

Тоді загальний економічний ефект складатиме

$$-178,65 \text{ грн/га} + 300,30 \text{ грн./га} = 121,65 \text{ грн./га}$$

Отже, в результаті розрахунків встановлено, що економічний ефект від використання зернозбирального комбайна, обладнаного удосконаленою жаткою, складає 121,65 грн./га із урахуванням інноваційного ефекту від зниження втрат зерна за жаткою.

Отримані результати розрахунків економічних підтверджують доцільність і рентабельність впровадження розробки.

Таблиця 4.2.

## Результати розрахунку показників економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізовані машини
Продуктивність основного часу, га/год	4,62	7,7
Продуктивність змінного часу, га/год	3,7	6,16
Прямі експлуатаційні затрати на оплату праці, грн/га	6,75	4,06
Прямі експлуатаційні затрати на ПММ, грн/га	336	294
Прямі експлуатаційні затрати на реновацію, грн/га	3707,33	3762,67
Прямі експлуатаційні затрати на ремонт і ТО, грн/га	3350	3400
Сумарні прямі експлуатаційні затрати, грн/га	7400,08	7460,73
Розмір капітальних вкладень, грн/га	22333,33	22666,67
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	10206,08	10384,73
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	-178,65	
Інноваційний ефект, грн/га	300,30	
Економічний ефект, грн/га	121,65	

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного аналізу існуючої техніки для збирання зернових культур встановлено, що підвищення ефективності механізованого процесу збирання зернових культур самохідними зернозбиральними комбайнами можна досягнути шляхом застосування жаток подвійного зрізу. Для зниження втрат зерна пропонується додатково над верхнім ярусом різального апарату встановити обчісувальний барабан із гребінками, що забезпечуватиме одночасно із зрізуванням верхнього ярусу обчісування зерна гребінками обчісувального барабана.

2. В результаті проведеного розрахунку і теоретичних досліджень обґрунтовано раціональні параметри удосконаленої жатки: робоча швидкість — до 12 км/год; діаметр обчісувального барабану - 600...720 мм; кінематичний режим обчісувального барабану - 1,8...2,5; горизонтальна відстань від осі обчісувального барабану до кромки верхнього ярусу 400...420 ММ; горизонтальна відстань від кромки верхнього ярусу до кромки нижнього ярусу – 110...135 ММ.

3. В результаті розрахунків встановлено, що економічний ефект від використання зернозбирального комбайна, обладнаного удосконаленою жаткою, складає 189,65 грн./га із урахуванням інноваційного ефекту від зниження втрат зерна за жаткою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д. Обґрунтування умови якісного збирання зернових культур при збільшенні висоти зрізування / Д. Войтюк, С. Смолінський // Вісник КНАЕУ. - 2014. - № 1 (39). - Т. 1.-С. 108-114.
2. Мороз, М.М. Обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючої жатки для збирання зернових колосових культур: Дисертація кандидата технічних наук: 05.05.11./ Кіровоградський державний технічний університет. - Кіровоград. - 2001 - 185 с.
3. Погорілець О.М. Зернозбиральні комбайни / О.М.Погорілець, Г.І.Живолуп К.:Український центр духовної культури, 2003.-203с.
4. Проспекти фірм-виробників зернозбиральних комбайнів
5. Сисолін, П. В. Машини для збирання зернових культур методом обчісування колосків/ П. В. Сисолін, С. М. Коваль, І. М. Іваненко Кіровоград: «КОД». – 2010.
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков; Ред. Д.Г. Войтюк. - К. : Вища освіта, 2005. - 464 с.
7. Сільськогосподарські машини [Текст] : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. - К.: Агроосвіта, 2015. – 679 с.
8. Смолінський С. Різальні апарати для зрізання стебел сільськогосподарських культур /С. Смолінський, С.Гриценко, В Марченко// Агроексперт, №7, 2018. –с. 84-88.
9. Смолінський С.В. Аналіз і синтез жаток зернозбиральних комбайнів /С.В. Смолінський. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2018. – 160 с. 30. Смолінський С.В. Обґрунтування процесу збирання зернових культур із подвійним зрізуванням стеблостою /С.В.Смолінський, С.М.Гриценко// Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології аграрного

- виробництва». - К.: 2017. - с.131-132.-90, 31. Смолінський С.В. Технологічні передумови збирання зернових культур високим зрізом /С.В.Смолінський// Тези доповідей 4 Міжнародної науково-практичної конференції Інноваційний розвиток аграрної сфери". - К., 2016. – С.43-44.
10. Aldoshin, N.V. New working element of stripper header "Ozon" / N.V.Aldoshin, I.N Kravchenko,. Y.A. Kuznetsov, L.V.Kalashnikova, V.M. Orneev // INMATEH-Agricultural Engineering Volume 55, Issue 2, 2018, Pages 71-74.
11. Chegini, G. Experimental comparison of combine performance with two harvesting methods: Stripper header and conventional header / G.Chegini, S.V.Mirnezami//(2016) Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 18 (1), pp. 192-200.  
<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/3206/2286>
12. Study of the process of grain prethreshing by working bodies of a combine harvester header /Sheychenko, V., Dudnikov, I., Kuzmych, A., Shevchuk, M., Shevchuk, V., Pushka, A., Hruban, V., Tolstushko, M., Tolstushko, N. Eastern European Journal of Enterprise Technologies Volume 6, Issue 1-90, 2017, Pages 19-27.