

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломного проекту  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ  
ГОРОХУ І КОНСТРУКЦІЇ ЗБИРАЛЬНОГО  
КОМБАЙНА**

**Виконав:** студент \_\_\_\_\_ Листопад Руслан Вікторович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Кобець Анатолій Степанович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин (ТСГМ)

Освітній ступінь - "Бакалавр"

Напрямок підготовки: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

канд. техн. наук, доцент

(вчене звання)

Г.В. Теслюк

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема проєкту \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
керівник проєкту \_\_\_\_\_

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

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

---



---



---



---



---



---

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## А Н О Т А Ц І Я

Листопад Р. В. Удосконалення механізації вирощування гороху і конструкції збирального комбайна/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. – 82 с.

В роботі приведено аналіз біологічних особливостей гороху, які впливають на процес його збирання. А також агротехнічних вимог до збиральних машин для забезпечення необхідної якості збиральних робіт. Проведено аналіз сучасних зернозбиральних комбайнів, які використовуються в Україні, та технологій збирання бобових культур.

Запропоновано схему і розроблена конструкція удосконаленого молотильного апарату. Проведено розрахунок параметрів молотарки і режим роботи. Розроблено креслення вузлів і деталей удосконаленого молотильного апарату.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні гороху і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 1226560 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: горох, бобові культури, технологія, зернозбиральний комбайн, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГОРОХУ. ....	9
2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗБИРАННЯ ГОРОХУ. ....	13
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ. ....	15
4 АНАЛІЗ МОЛОТАРОК ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ. ....	30
5 УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБАЙНА І ЙОГО РОЗРАХУНКИ. ....	38
5.1 Обґрунтування конструкції молотильно-сепаруючого пристрою. ....	38
5.2 Розрахунок параметрів робочих органів. ....	41
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	55
6.1 Охорона праці при збиранні зернових. ....	55
6.2 Основні правила пожежної безпеки. ....	57
7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. ....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	68
Д О Д А Т К И. ....	71

## ВСТУП

Останнім часом світовий попит на горох, як альтернативне джерело протеїну, значно підвищується. Збільшується кількість споживачів, що досліджують рослинний білок як корисну для здоров'я заміну м'ясних продуктів.

Горох забезпечує найвищу врожайність серед зернових бобових культур - 30-50 ц/га [1, 2]. Зерно гороху містить 20-35% білка, крохмаль, цукри, жир, вітаміни, каротин, мінеральні речовини (солі калію, кальцію, марганцю, заліза, фосфору) - у цьому цінність його не тільки як харчового (високі смакові якості), а й дієтичного, лікувального продукту. Він сприяє виведенню солей з організму, корисний хворим на серце. У 100 г його зерна міститься 491 ккал (в 100 г пшениці 457 ккал). Білка приблизно стільки ж, як і в сирому м'ясі. В 1 кг зерна гороху міститься 1,17 к.о.; 180-240 г перетравного протеїну; 15,2 г лізину; 3,2 г метіоніну; 2,3 г цистину і 1,6 г триптофану та ін.

Гороховий протеїн має функціональні можливості для приготування таких продуктів як снеки, дієтичні батончики, супи, соуси, макарони, печиво та інші. Він також є цінним інгредієнтом з відмінною засвоюваністю для безглютенових дієт, вегетаріанської та веганської їжі.

Горохове борошно використовують при виробництві концентрованих кормів. Тваринам згодують також зелену масу, сіно, солону, кормова поживність яких завдяки високому вмісту білка значно вища, ніж злакових культур.

Зерно зернобобових культур містить 200-300 г перетравного протеїну з розрахунку на одну кормову одиницю, а зелена маса - 150-200 г. За рахунок зернобобових потреби тваринництва в протеїні задовольняються на 70-75%.

За енергетичною цінністю наближаються до ячменю, трохи поступаючись зерну кукурудзи.

Крім багатого на білок зерна, ці культури дають високоякісне сіно, сінаж, зелену масу, полову і солону.

Горох є цінним компонентом для однорічних трав. Його зелена маса добре підходить для використання на сидерати.

Агротехнічне значення гороху полягає в тому, що він збагачує ґрунт цінною органічною масою і азотом, поповнює орний шар фосфором, калієм, кальцієм, є добрим фітосанітаром, покращує структуру ґрунту і підвищує його родючість. Залежно від рівня врожайності залишає з соломною і рослинними рештками орієнтовно 60-90 кг/га азоту, 15-25 кг/га фосфору, 20-30 кг/га калію. Коренева система гороху характеризується високою засвоювальною здатністю, використовує елементи живлення з важкорозчинних сполук. Горох підвищує рухомість фосфору в ґрунті, а це поліпшує фосфорне живлення наступних культур. Він є одним з кращих попередників для більшості культур сівозміни і цінним сидеральним добривом.

Горох можна вирощувати без застосування азотних добрив, на долю яких припадає до 30% енергозатрат в інтенсивних технологіях. Необхідно враховувати, що коефіцієнт використання азоту з мінеральних добрив становить лише 50-80%, тобто значна частина їх забруднює нітратами ґрунтові води, а біологічний азот повністю утилізується живими організмами. З урожаєм зерна гороху 30 ц/га, виноситься з ґрунту 150 кг азоту. Оскільки азотних добрив не вносимо, то таким чином економиться понад 4 ц аміачної селітри.

Через повномасштабну війну Україна втратила значні площі посіву гороху, що призвело до чималих втрат урожаю цієї агрокультури. Йдеться про регіони, які були лідерами-виробниками гороху: Миколаївщину, Херсонщину, Запоріжжя, Донецьк, Харківщину. Останній врожай цієї культури в Україні був вдвічі меншим за довоєнний 2021-ий рік і становив лише 270 тис. тонн. Загалом це найнижчий показник за останні 10 років. У 2017-му, наприклад,

виробництво гороху в Україні становило 1 млн тонн, це був один із найвроджайніших років [3].

Враховуючи складнощі, які склалися з вивозом зерна з України останнім часом, аграрії почали шукати заміну традиційним культурам (пшениця, кукурудза, соняшник і ін) на ті культури, які користуються попитом на внутрішньому ринку. І вирощування гороху може бути хорошою альтернативою для отримання прибутку в даних умовах. Використання сучасних технологій і засобів механізації при вирощуванні гороху, удосконалення машин дозволить отримати високі врожаї і підняти рентабельність цієї цінної культури.

Метою роботи є удосконалення конструкції зернозбирального комбайна для ефективного використання його на збиранні гороху.



## 1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГОРОХУ

Горох відноситься до родини бобових. Районовані сорти зернового напряму використання належать до виду горох посівний [6].

Корінь стрижневий з великою кількістю бічних корінців, що проникає в ґрунт на глибину до 1,5 м і більше. Стебло гороху нечітко виявленої чотиригранної форми, всередині порожнисте, легко вилягає. Залежно від сорту і умов вирощування висота стебла варіює від 25 до 200 і більше см. Розрізняють стебло просте і фасційоване, якщо суцвіття зібрані у верхній частині у вигляді щитка через зближення вузлів з багатьма квітконосами.

Частка стебла між двома вузлами зветься міжвузлям, а їхня довжина визначає висоту рослин. Короткі міжвузля (значно менші від довжини прилистка) зумовлюють розвиток карликових рослин (<30 см). Скорочені міжвузля (близькі за довжиною до прилистка) характерні напівкарликам (31-60 см). Якщо міжвузля рослин трохи довші прилистка, сорт – середньорослий (61-100 см). Довгі міжвузля (1,5 раза і більше довжини прилистка) зумовлюють розвиток високорослих (101-160 см) і дуже високорослих сортів (>161 см).

Кількість непродуктивних вузлів до першого продуктивного – відносно стійка сортова ознака, яка вказує на групу стиглості сорту. У скоростиглих сортів їх кількість 8-11, середньостиглих – 12-15 і пізньостиглих – понад 15 вузлів. Кількість продуктивних вузлів може значно варіювати в залежності від умов вирощування.

Листки перисті, з 1-3 парами листочків з великими прилисками, закінчуються розгалуженими вусиками, якими горох чіпляється за інші рослини або якісь опори. Останнім часом створені високоврожайні безлисточкові сорти гороху з вусатим типом листа. Ця мутація зумовлена геном, який у рецесивному стані змінює листочки на вусики. Рослини, зчіплюючись між собою, значно довше утримуються у

вертикальному стані. Вусаті сорти більш технологічні, тому що з'являється можливість для прямого комбайнування посівів.

Квітка складається з п'яти пелюсток – прапорця, двох бокових (весел) і двох нижніх (так званий човник), звичайно, по одній – дві, іноді три на квітконосі. У фасційованих форм на квітконосі до чотирьох квіток, а у так званих люпиноїдів – до одинадцяти. Забарвлення квітки біле (зернові сорти) або різних відтінків – від ясно-рожевого і червоного до фіолетового (пелюшка). Форма суцвіть – звичайна пазушна китиця або скупчена – у фасційованих форм.

Боби лущильних сортів гороху мають пергаментний шар, як правило, прямої або слабозігнутої форми з тупою верхівкою, середньої величини (довжина – 4,5-6,0 см, ширина – 1,2-1,4 см), 3-7 - насінні.

Насіння гороху округле, з гладенькою або трохи хвилястою поверхнею; округло-вугласте, з великими заглибинками; зморшкувате (мозкове), переважно з дрібними заглибинками; з майже безбарвною, напівпрозорою шкіркою (зернові сорти) або забарвленою у сірий, бурий, червоно-коричневий чи фіалковий колір, нерідко з мармуровим, крапчастим або мармурово-крапчастим малюнком (пелюшка).

За величиною насіння розрізняють крупнонасінні сорти (маса 1000 шт. – понад 250 г), середньонасінні – 200-250 г, дрібнонасінні – менше 200 г. Розмір насінин варіює від 3,5 до 9 мм. Сім'ядолі забарвлені у жовтий, жовто-рожевий, оранжевий, зелений або темно-зелений кольори.

Забарвлення насіннєвого рубчика більшості зернових сортів – світле, окремих сортів – чорне (Таловець 60, Модус, Ефектний). Рубчик не визначається на насінні необсипальних сортів, у яких добре розвинута сім'яніжка зростається з рубчиком і може відокремлюватись лише зі шматочком насіннєвої шкірки. При обмолоті сім'яніжка залишається на насінні у вигляді пуповини.

Необхідність створення стійких до висипання насіння сортів при дозріванні зумовлена значними втратами на збиранні врожаю, особливо за

роздільного комбайнування на великих площах посіву. Ця ознака важлива навіть для стійких до вилягання сортів за умов неможливості вчасного збирання врожаю. Перестій на пні призводить до розтріскування стулок бобів та висипання насіння. В даний час значна частина сортів, що занесені до Реєстру рослин України, з ознакою стійкості до обсипання.

Горох посівний відноситься до однолітніх ярих культур. Вегетаційний період його 60-120 і більше днів, що залежить як від сорту, так і умов вирощування. Більшість зернових сортів середньостиглі й дозрівають протягом 75-100 днів.

Переважає більшість сортотипів гороху відноситься до рослин довгого дня і на короткому дні збільшують вегетаційний період і зменшують продуктивність. При цьому скоростиглі сорти на скорочення тривалості дня реагують дещо слабкіше.

Стосовно тепла, то горох – культура помірного клімату. У вологому ґрунті насіння його може проростати за  $t 0 +1-20^{\circ}\text{C}$ . Мінімальна температура для нормального розвитку сходів та формування вегетативних органів  $+4-50$ , тому горох слід висівати навесні якомога раніше. Сходи більшості сортів можуть витримувати короткотривале зниження температур до  $-5...-70$ .

Оптимальна середньодобова температура повітря в період вегетативного росту 12-160, формування генеративних органів 16-200, в період росту бобів і наливу насіння 18-220. Але і за нижчих температур він може рости й давати високі урожаї за більш подовжений період вегетації. Температура вища за 260, особливо за посушливих умов, негативно впливає на рівень і якість врожаю. Загальна потреба гороху в теплі для більшості зернових сортів за вегетацію складає суму середньодобових температур 1350-1480 С.

Горох дуже вимогливий до вологи, особливо в перший період розвитку. Для проростання насіння необхідно 110-120% води від маси насіння (для цукрових сортів – 150-155%). Критичним, щодо вологи, є період від початку

закладання генеративних органів до повного цвітіння. Оптимальна вологість ґрунту для формування високих врожаїв насіння складає 70-80% ППВ.

Недостача вологи у посушливі роки, особливо на тлі підвищених температур, пригнічує ріст і розвиток рослин, значно скорочує час цвітіння, що призводить до зниження врожайності. За посушливих умов горох добре відгукується на зрошення на початку цвітіння і в період наливу – по 450-500 м<sup>3</sup>/га. Підвищена кількість вологи, навпаки, викликає стовбуріння рослин, що також негативно позначається на врожайності.

Горох – самоzapильна культура, тому не потребує для насінництва просторової ізоляції. Однак для зменшення ушкоджень зерноїдом, посіви слід розташовувати не ближче, як за 1 км від минулорічних гороховищ та посівів багаторічних бобових трав.

## 2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗБИРАННЯ ГОРОХУ

Оптимальний вибір способу збирання забезпечить мінімальні втрати зерна, витрати технічних і людських ресурсів та одержання найвищої якості продукції. Найбільш простою оцінкою вибраної технології є експлуатаційні витрати. Для забезпечення високої якості зерна при збиранні зернобобових культур необхідно провести відповідну технологічну підготовку комбайнових агрегатів і організувати ефективну їх роботу у господарствах.

Суттєвим фактором збільшення ресурсів зерна є зниження втрат, забезпечення збереження високих продовольчих, кормових та посівних якостей при збиранні, транспортуванні, післязбиральній доробці та зберіганні.

Основним способом збирання урожаю зернобобових культур є пряме комбайнування або однофазне збирання.

Критерії вибору однофазного способу збирання:

- рівномірне досягання продуктивного стеблистою та зниження вологості зерна до 14-16%;
- низька забур'яненість посівів;
- незначне вилягання стеблостою;
- наявність достатньої кількості збиральної техніки та транспорту.

Критерії вибору двофазного способу збирання:

- нерівномірне досягання зерна, наявність підгону;
- висока забур'яненість посівів;
- нестача збиральної техніки та навантаження на комбайн понад 200 га на сезон.

Двофазна (валкова) технологія передбачає такі фази:

1. Зрізання стебел і укладання їх у валок;
2. Підбирання валків, обмолот і розділення продуктів обмолоту на зернову і не зернову частини врожаю.

На сьогодні більше 90 % посівних площ гороху займають сучасні безлисточкові напівкарликові сорти, які стійкі до вилягання. Тому чисті від бур'янів посіви доцільно збирати прямим комбайнуванням за вологості зерна 16-17%. Для запобігання травмування насіння дуже важливо проводити збирання при мінімальних обертах барабану комбайна (не більше 300).

У разі нерівномірного дозрівання гороху доцільно проводити десикацію препаратами типу Реглон, гербіцидами групи гліфосату або навіть застосовувати роздільне збирання. При роздільному збиранні горох скошують у валки при пожовтінні 75% бобів, а потім обмолочують при вологості зерна 16-17%.

Одразу після обмолоту і очистки насіння перевіряють на наявність горохового зерноїду (брухусу). Якщо чисельність живих шкідників у насіннєвому матеріалі перевищує 10 екз./кг, він підлягає фумігації під герметичною плівкою препаратами фостек, джин або їх аналогами у рекомендованих дозах.

При роздільному збиранні втрати зерна за жаткою допускаються не більше 0,5% і 1,5% -для полеглих, втрати зерна при підборі валків не більше 1%, чистота зерна в бункері не менше 96 %.

При прямому комбайнуванні чистота зерна в бункері повинна бути не менше 95%. За жаткою комбайна допускається до 1% втрат для прямостоячих хлібів і 1,5% -для полеглих. Загальні втрати зерна через недомолоту і з соломою повинні бути не більше 1,5%. Дроблення не повинно перевищувати 1 % для насіннєвого зерна, 2% - продовольчого, 3% - для зернобобових і круп'яних.

### 3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

На початку 2000-х років в Україні велися роботи по створенню вітчизняних зернозбиральних комбайнів. Появилися перші зразки і налагоджувалося виробництво комбайнів КЗС-9 «Славутич», «Лан», «Фермер», «Скіф» і ін.

Рисунок 3.1 – Зернозбиральний комбайн КЗСР-9М «Славутич»

Рисунок 3.2 - Зернозбиральний міні-комбайн «Фермер К-01»

### Рисунок 3.3 – зернозбиральний комбайн «Лан»

Зернозбиральний комбайн «Лан» призначений для збирання зернових колосових культур прямим і роздільним комбайнуванням у всіх зерновисівних зонах України, а при обладнанні його спеціальним пристосуванням - для збирання зернобобових і круп'яних культур, кукурудзи на зерно, соняшника, сої, сорго, рапсу, люпину, насінників трав і лікарських рослин. Пристосування для збирання незернової частини урожаю: валкоутворювач, подрібнювач-розкидач соломи, копнувач, універсальний подрібнювач для збирання соломи по різних технологічних схемах, включаючи завантаження подрібненої соломи в агрегований з комбайном причеп.

Основним виробником вітчизняних зернозбиральних комбайнів є ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод». З 2012 року на заводський конвеєр поставлено сімейство самохідних зернозбиральних комбайнів СКИФ – модернізованої версії комбайнів «Славутич».

Останнім часом все більше на ринку України появляються сучасні закордонні зернозбиральні комбайни. Відома компанія Deutz Fahr пропонує на європейському та світовому ринках декілька серій сучасних



Таблиця 3.1- Характеристики комбайна «Лан»

Модель	Комбайн зернозбиральний «Лан»
Потужність двигуна, кВт	220
Пропускна здатність, кг/с	7-8
Продуктивність, т/год.	до 12-13 (зерна пшениці)
Об'єм бункера, м <sup>3</sup>	6,50
Ширина захвату жатки, м	6
Частота різання, ход./хв	1060
Ширина молотильного барабану, мм	1580
Діаметр молотильного барабану, мм	450
Кут обхвату барабана підбаранням, град.	117
Площа соломотрясу, м <sup>2</sup>	7
Загальна площа сепарації, м <sup>2</sup>	9.75
Площа решіт очистки, м <sup>2</sup>	5.10
Маса без жатки, кг	10500
Потужність двигуна, к.с.	300



Рисунок 3.4 - Зернозбиральний комбайн СКІФ-350

Таблиця 3.2 - Характеристики моделей комбайну «Скіф»

<b>Модель</b>	<b>СКИФ-350</b>	<b>СКИФ-230А</b>	<b>СКИФ-250</b>	<b>СКИФ-250Р</b>	<b>СКИФ-290</b>
Номинальна потужність, кВт	258	169	184	184	213
Ширина захвату жатки, м	7	6	7		
Діаметр молотильного барабану, мм	500	700	700	700	800
Ширина молотарки, мм	1800	1500	1500	1500	1500
Частота обертання барабана, хв	440				
Площа підбарабання, м кв.	1	1	1	1	2
Кількість клавiш соломотрясу, шт.	5				
Площа решет очистки, м кв.	4				
Місткість бункера для зерна, куб. м	10				
Пропускна здатність, кг/с	14				

зернозбиральних комбайнів. Зокрема, це комбайни 6-ї серії моделей 5660, 5665, 5690 та 5695, комбайни невеликих габаритів та потужності 54-ї серії моделей 5435, 5445, 5465 та 5485, а також комбайни Deutz Fahr 5660 HTS CLIMBER та Deutz Fahr BALANCE. Дві останні моделі добре себе зарекомендували як комбайни, здатні забезпечувати високу продуктивність та відмінну якість обмолочування при роботі на схилах.

Зернозбиральні комбайни середнього класу моделі Deutz Fahr 5690 HTS приваблюють своїм потужним та практичним обладнанням. Комбайни комплектуються 6-циліндровими двигунами Deutz BF 6M 1013 з робочим об'ємом 7,146 л, водяним охолодженням та системою електронного впорскування палива. Можливий вибір серед трьох двигунів потужністю 222, 250 та 310 к. с.

Нові високопродуктивні жатки з шириною захвату від 3,6 до 7,2 м дають змогу вибрати відповідне знаряддя для різноманітних умов роботи. Всі жатки

Рисунок 3.5 – Зернозбиральний комбайн TX65 plus фірми  
NEW HOLLAND

Рисунок 3.6 – Зернозбиральний комбайн 2188 фірми CASE

оснащені планетарним приводом з високою частотою різання (1220 зрізувань за хвилину), а також механізмом, що може виконувати спарене (тандемне) зрізування. На жатках передбачена система автоматичної адаптації частоти

обертів мотовила відносно швидкості руху комбайна. На комбайні встановлений молотильний барабан з 8-ма білами діаметром 600 мм і шириною 1520 мм. Підбарабання має площу 0,95 м<sup>2</sup>. Привід молотильного барабана розрахований на великі навантаження. Варіатор барабана з електричним регулюванням дає змогу за допомогою кнопки змінювати частоту його обертів у межах 420-1250 об./хв.

Ефективно працює система очищення та сепарації обмолоченої хлібної маси. Соломотряс комбайна складається з п'яти клавіш, кожна з яких має 4 або 5 каскадів. Загальна площа соломотрясу становить 5,60 м<sup>2</sup>. Решітний стан з грохотом мають площу сепарації 5,28 м<sup>2</sup>.

Комбайни Deutz Fahr 5690 HTS обладнані гідростатичною трансмісією з 4-швидкісною коробкою передач, яка забезпечує діапазон передач переднього ходу в інтервалі 0-30 км/год., а заднього ходу – в інтервалі 0-14 км/год. Кабіна комбайнів створює всі умови для зручної роботи оператора. Це система кондиціонування та підігріву повітря, тоновані стекла, панорамний огляд, аудіосистема, холодильна камера та додаткове сидіння для пасажера.

Комбайни DEUTZ-Fahr серії 54 - малогабаритні, надійні, потужні у своєму класі машини з високою продуктивністю. Це надійні моделі, які користуються попитом у власників невеликих та середніх за обсягом господарств, а також підприємств, що надають техніку в користування. Комбайни 54-ї серії, обладнані у базовій комплектації просторою, добре ізольованою кабіною з системою кондиціонування повітря, забезпечують високий рівень комфорту для оператора. Комбайни комплектуються жатками з шириною захвату від 3,10 до 4,80 метра. Універсальний ріжучий механізм жаток застосовують для збирання різноманітних культур (зернових, гороху, ріпаку, сої тощо). Він забезпечує високу якість зрізування в найважчих умовах.

Для зміни висоти зрізування передбачено електричний індикатор, за допомогою якого жатка піднімається або опускається на потрібну висоту. Для забезпечення оптимальної якості обмолочування для кожної з культур встановлюється необхідна швидкість обертів молотильного барабана. За

допомогою варіатора вона безступінчато змінюється в діапазоні 600-1300 об./хв. У базовій комплектації комбайнів передбачено електричний реверсивний пристрій соло-тильного барабана. П'ятиклавішні соломотряси з робочою площею сепарації до 4,22 м<sup>2</sup> створюють відмінну сепарацію зерна. В системі очищення передбачено колосковий шнек та домолочуючий пристрій. Місткість зернового бункера становить від 3300 до 5200 літрів.

Рисунок 3.7 – Зернозбиральний комбайн MF40 фірми  
MASSEY FERGUSON

Комбайн Deutz Fahr 5660 HTS CLIMBER має унікальну систему «вирівнювання», яка дає змогу працювати з максимальною ефективністю на різноманітних схилах. За допомогою цієї системи можна ефективно компенсувати бокові нахили до 40%, нахил підйому - до 30%, нахил спуску - до 10%. Оптимальна комбінація між вирівнюванням, повним приводом та електронікою, яка керує всіма функціями, дає змогу комбайну завжди досягати максимуму його можливостей у плані продуктивності та економічності експлуатації. Ширина захвату жатки комбайнів Deutz Fahr 5660 HTS CLIMBER становить 4,2-6,3 метри, молотильний барабан має діаметр 600 мм, а його ширина 1270 мм. Площа сепарації соломотряса дорівнює 7,36 м<sup>2</sup>, а робоча поверхня решіт становить 5,28 м<sup>2</sup>. Зерновий бункер має місткість 7500 літрів.

Технології, використані при проектуванні та виробництві зернозбиральних комбайнів BALANCE компанії Deutz Fahr, дають змогу підтримувати такі ж показники продуктивності і якості роботи молотильного апарату та системи сепарації на горбистій місцевості, як і при збиранні врожаю на рівних горизонтальних ділянках. Електронні датчики, що працюють за принципом спиртового рівня, визначають поточний кут нахилу комбайна та миттєво передають відповідні сигнали до гідравлічної системи. Завдяки передовій системі компенсації схилів зернозбиральні комбайни BALANCE зберігають свою повну продуктивність навіть на поперечних схилах до 20%, а також на підйомах та спусках до 6%. В залежності від моделі комбайна комплектуються жатки з шириною захвату від 4,2 до 7,2 метра. Жатки мають систему активного управління з функцією Auto Control, яка автоматично регулює кут нахилу ріжучого апарату для компенсації напрямку руху. Жатка максимально адаптується до рельєфу місцевості. Незалежно від рельєфу місцевості, молотильний апарат, система сепарації та очищення зерна працюють рівномірно по всій ширині обмолочування та площі очищення.

Рисунок 3.8 - Зернозбиральний комбайн 1174 SII фірми  
JOHN DEERE

Компанія New Holland є одним із лідируючих світових виробників зернозбиральних комбайнів. На світовому ринку зернозбиральні комбайни New Holland представлені чотирма серіями - TC, CS, CX та CR. Комбайни серій TC, CS, CX мають класичну барабанну схему обмолочування, а CR -

роторного типу

Рисунок 3.9 - Зернозбиральний комбайн DOMINATOR  
фірми CLAAS

Модельний ряд комбайнів серії TC є одним із найбільш вдалих. Багаторічний досвід експлуатації комбайнів цієї серії та впровадження в роботу нових технічних рішень характеризують ці комбайни як одні з найкращих у своєму класі. При невеликих розмірах та простій конструкції вони мають такі характеристики, як висока надійність, продуктивність та економічність.

Оригінальним рішенням комбайнів TC56 є система очищення, здатна самостійно вирівнюватися при роботі на схилах до 23°. За допомогою спеціальної автоматичної системи при роботі комбайнів на схилах відбувається переміщення роздільних пластин струсної дошки та вирівнювання секцій верхнього решета. Похила камера має плаваючий планчастий транспортер. Він змінює своє положення в залежності від обсягу хлібної маси. Конструкція транспортера забезпечує рівномірну подачу хлібної маси, запобігаючи забивання та вихід з ладу транспортера.

Зерновий бункер розміщений між кабіною та двигуном. Цим досягається ідеальний, незалежний від навантаження розподіл ваги. Місткість

бункера становить 5200 літрів, а швидкість вивантаження дорівнює 72 л/с.

Комбайни TC56 оснащені шестициліндровими дизельними двигунами NEF 6,8 Common Rail з турбонаддувом, які мають високий крутний момент. Потужність двигунів становить 240 к. с., що забезпечує надійну роботу в максимально суворих умовах. Комфортабельна кабіна обладнана рульовою колонкою з гідропідсилювачем, кондиціонером та підігрівом повітря. Склона верхня частина кабіни забезпечує оглядовість на 191°. Для кращого огляду жатки передня частина підлоги кабіни нахилена вперед. Комфортабельне сидіння Delux обладнане регульованою підвіскою, яка поглинає поштовхи, що можуть виникати під час руху польовими дорогами. Багатофункціональний важіль керування дає змогу контролювати швидкість руху комбайна та всі функції жатки: підйом та опускання, швидкість обертів і регулювання висоти мотовила, реверс і вмикання.

Серія комбайнів CS — одна із найбільш популярних у своєму класі. Вона представлена трьома моделями: CS6050, CS6080 та CS6090. Система обмолочування цих комбайнів дає змогу працювати у найрізноманітніших умовах, а завдяки універсальності вони можуть успішно працювати на збиранні різноманітних культур.

Комбайни New Holland серії CS оснащені дизельними двигунами IVECO CURSOR із системою проміжного охолодження повітря, яке подається в циліндри. Ці двигуни характеризуються високою паливною економічністю, великим (до 25%) запасом крутного моменту. Номінальна частота обертів колінчастого вала становить 2100 об./хв. Найбільша номінальна потужність двигуна комбайна моделі CS6090 - 405 к. с.

Зернозбиральні комбайни серії CX налічують 7 модифікацій - CX8030, CX8040, CX8050, CX8060, CX8070, CX8080 та CX8090. З метою подальшого вдосконалення процесу збирання зернових культур компанія New Holland розробила концепцію, яку вдалося втілити на декількох серіях комбайнів. Не стали винятком і зернозбиральні комбайни серії CX. Суть нової концепції полягає у спільній роботі молотильного барабана та роторного сепаратора, що



робить більш ефективним виділення зерна з колосків. Ця система є головним фактором підвищення загальної продуктивності комбайнів СХ більш як на 15% порівняно з іншими комбайнами такого ж класу. Положення молотильного барабана та роторного сепаратора також було змінено для узгодження траєкторії переміщення зерна, що підвищує пропускну здатність комбайна.

Велика площа поверхні підбарабання (0,98-1,18 м<sup>2</sup>) комбайнів серії СХ забезпечує основну частину процесу сепарації. Роторний сепаратор цих комбайнів визнаний одним із найкращих механізмів для професійного збирання зернових. При цьому обмежуються навантаження на решета і підвищується продуктивність очищення. На молотильному барабані, діаметр якого становить 750 мм, а ширина - від 1300 до 1560 мм, встановлено 10 бил. Для досягнення оптимальних для кожної культури режимів обмолочування частота обертів барабана може змінюватися в інтервалі 305-905 об./хв. Перевагою молотильного барабана комбайнів серії СХ є велика сила інерції, яка дає змогу отримати високоякісне зерно без додаткового луцення.

Комбайни обладнані 5- та 6-клавішними соломотрясами, які мають площу сепарації відповідно 4,94 м<sup>2</sup> та 5,93 м<sup>2</sup>. Частота обертів вала соломотряса становить 220 об./хв.

Верхнє та нижнє решета системи сепарації рухаються в протилежних напрямках і мають різну довжину ходу. Це підвищує продуктивність очищення та запобігає забиванню. Самовирівнююча система підтримує високу якість системи очищення зерна на схилах до 17%.

Під час вивантаження зерна автоматично включається турбонагнітач, що дає змогу збільшити потужність двигуна на 27 к. с. Завдяки цьому можна швидко провести вивантаження бункера «на ходу» без зниження швидкості збирання. В результаті бункер місткістю 10500 л вивантажується менше ніж за 2 хв.

На комбайнах серії СХ встановлено дизельні двигуни IVECO CURSOR з проміжним охолодженням повітря. Номінальна потужність двигунів при

частоті обертів колінчастого вала 2000 об./хв. перебуває в межах від 241 до 405 к. с. в залежності від моделі. Простора кабіна дає змогу оператору добре бачити поле, жатку, вивантажувальний шнек. На задній стінці кабіни розташоване вікно, через яке можна бачити зерновий бункер. При роботі в темну пору доби необхідну видимість забезпечують 14 фар. Крім цього, на вивантажувальному шнеку, в зерновому бункері та на решетах розміщено додаткове освітлення.

Комбайни New Holland серії CR є одними з найкращих серед машин роторного типу. Висока продуктивність, відмінна якість обмолочування та очищення зерна - ось ті показники, які повною мірою характеризують ці комбайни.

Роторні комбайни серії CR представлені двома моделями - CR9060 та CR9080. Вони оснащені двома потужними поздовжніми роторами для обмолочування та просіювання зерна. На моделі CR9060 передбачено ротор діаметром 430 мм, а на CR9080 - діаметром 560 мм. Довжина роторів на обох моделях становить 2638 мм.

Комбайни серії CR оснащені дизельними двигунами IVECO CURSOR. Номінальна потужність двигунів становить 394 к. с. (CR9060) та 455 к. с. (CR9080). Сучасний дизайн комбайнів серії CR, комфорт робочого місця оператора та зручність проведення технічного обслуговування і регулювання повністю відповідають їх функціональному змісту.

Виробництво зернозбиральних комбайнів Sampo було розпочато ще в 1959 році. За понад 50-річний період з конвеєрів заводу зійшло понад 42 000 комбайнів, які працюють на полях більш ніж 40 країн світу. З моменту реорганізації заводу, яка відбулася у 1991 році, комбайни отримали нову назву - Sampo Rosenlew.

На сьогодні компанія виготовляє зернозбиральні комбайни двох серій - SR2000 та SR3000. Для комбайнів Sampo не характерна надвисока продуктивність чи пропускна здатність. Вони розраховані на експлуатацію у невеликих та середніх за розміром селянських чи фермерських господарствах

та дослідних ділянках. Та за показниками надійності, якості збирання, мінімуму втрат та пошкодження зерна ці комбайни відповідають найкращим світовим зразкам.

Комбайни SR2000 відомі завдяки своїй оригінальній жатці. Оскільки на комбайнах встановлено мотовило великого діаметру, відстань між косою та шнеком жатки достатньо велика, що необхідно для роботи з довгостебловими культурами. Широким діапазоном регулювань жатки оператор керує з кабіни. Для швидкого навішування жатки не потрібно ніяких спеціальних пристроїв. Жатки мають ширину захвату від 3,1 до 5,1 метра. Привід коси приводиться в дію за допомогою механізму хитаючої шайби або кривошипно-шатунного механізму.

Швидке та ретельне обмолочування забезпечує молотильний барабан підвищеної міцності діаметром 500 мм з 8-ма білами. Передбачено використання двох типів підбарабання - зернового та універсального.

Сепарація обмолоченої зерно-соломистої маси відбувається на чотирьох-каскадному клавішному соломотрясі. Ступені соломотряса мають крутий нахил, а бокові панелі виражено зазубрені, що підвищує якість сепарації. На моделях SR2035 та SR2045 передбачено чотири клавіші соломотряса, а на комбайнах SR20065 та SR2085 TS - п'ять. Модель SR2035 має клавіші з фіксованим дном.

Комбайни Sampo серії SR2000 обладнані надійними економічними дизельними двигунами SisuDiesel різних потужностей, адаптованими до палива неєвропейської якості. Систему охолодження комбайнів посилено за допомогою додаткових вентиляторів. Система повернення повітря забезпечує постійний приплив чистого повітря, а розміщений поза радіатором вентилятор з пасовим приводом - його ефективне охолодження. Ці комбайни легкі та зручні в експлуатації. На всіх моделях серії SR2000 передбачена можливість встановлення гідростатичної трансмісії, що значно полегшує керування комбайном. Гідростатичний привід забезпечує робочу швидкість до 7,5 км/год., а транспортну - до 20 км/год. Для роботи в перезволоженій місцевості

передбачено також можливість встановлення повного приводу на всі колеса.

Комбайни Sampo серії SR2000 обладнані простою та надійною гідравлічною системою. Розподільний клапан гідравліки забезпечує одночасне використання різноманітних функцій комбайна.

Зернозбиральні комбайни Sampo Rosenlew серії 3000 відповідають найбільш суворим вимогам до зернозбиральних машин. Для отримання високих результатів з точки зору продуктивності та якості дуже важливі функції мотовила та жатки. Швидкість зрізу і відсутність втрат досягаються завдяки правильному вибору ширини жатки, а також оптимальним регулюванням, які залежать від умов збирання. Налаштування пальців мотовила у жаток комбайнів серії SR3000 відбувається механічним способом. Інші функції мотовила, такі як швидкість обертів, висота і ступінь винесення встановлюються оператором, не виходячи з кабіни, за допомогою кнопок багатофункціонального важеля. Ширина захвату жаток комбайнів серії 3000 становить від 4,5 до 6,3 метра.

Багатофункціональним важелем з кабіни оператора можна керувати жаткою та вивантажувальним шнеком, а також всіма іншими функціями, зокрема напрямком руху та швидкістю комбайна; підніманням та опусканням жатки; боковим нахилом жатки; підніманням та опусканням мотовила; рухом мотовила «вперед-назад»; частотою обертів мотовила; поворотом вивантажувального шнека.

Комбайни Sampo Rosenlew серії 3000 мають шістьчотирикаскадних клавіш соломотряса. Клавіші утворюють три робочі пари. За рахунок цього сепарація цього комбайну на 25% краща порівняно з іншими машинами такого ж класу, але з п'ятьма клавішами. Верхнє та нижнє решето складаються із двох частин, при цьому кожна частина має своє регулювання. Решета і лотки клавіш соломотряса легко знімаються для очищення.

На комбайнах серії 300 встановлюються зернові бункери місткістю від 5200 до 8100 літрів. На w-подібному днищі бункера розміщено два шнеки, які не мають бокових з'єднань і легко виймаються за необхідності очищення

днища бункера. Великий діаметр вивантажувального шнека та оптимальні його оберти забезпечують швидке опорожнення бункера.

Енергетичним джерелом комбайнів Sampo Rosenlew серії 3000 є надійний та економічний дизельний двигун Sisu Diesel. В залежності від комплектації комбайнів потужність може становити 175, 200, 220 та 260 к. с. Двигун встановлено на спеціальному просторому майданчику, де легко, зручно та безпечно можна проводити його обслуговування.

Кабіна комбайнів 3000-ї серії простора, ергономічна, з відмінною шумоізоляцією та оглядовістю, відповідає всім сучасним вимогам. Великий вибір налаштувань багатофункціонального важеля керма та сидіння дає змогу налаштувати робоче місце відповідно до індивідуальних вимог оператора.

#### 4 АНАЛІЗ МОЛОТАРОК ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Залежно від напрямку потоку хлібної маси у молотильний простір, який утворено між барабаном і декою, молотильні апарати бувають поперечно- і повздовжньо-потоківі. У поперечно-потоківому (рис. 4.1, а, б) напрямок потоку хлібної маси перпендикулярний осі барабана, а у повздовжньо-потоківому (рис. 4.1, в) збігається з віссю. У першому випадку хлібна маса, яка подається до барабана, захоплюється його штифтами або бичами, а у другому - початкова частина барабана має гвинтові лопаті 7, які приймають хлібну масу від транспортуючих пристроїв і передають її до молотильної частини.

Конструкцію штифтового молотильного апарата наведено на рис. 4.2. Барабан кріпиться на валу 1 за допомогою клинових шпонок, які фіксують два його крайніх диски 2. Третій (середній диск) барабана не має опори на валу. У квадратні отвори сталевих планок 3 вставлені зуби (штифти) 4. Хвостовики зубів мають квадратні підголовки і закріплюються в планках гайками з пружинними шайбами. Для надійнішого закріплення планок на диски напресовані сталеві кільця 5.

Дека 6 штифтового молотильного апарата також має зуби такі ж, як і зуби барабана. Здебільшого деку виготовляють секційною: крайні секції - глухі зубові, середня - глуха без зубів або решітчаста, через отвори якої висипається частина зерна, яке відокремилося при обмолоті. Дека з'єднана з пристроєм для регулювання зазору між барабаном та декою.

Зуби (штифти) на барабані розміщують по гвинтовій лінії. Розрізняють дво-, три-, чотири-, п'яти-, шестиходові барабани. Кількість планок і кількість ходів обов'язково роблять кратною.

Робоча частина зуба підлягає загартуванню. Зуби на деці розміщують так, щоб зазор між зубами барабана і деки був більшим за ширину зерна культури, яку обмолочують.

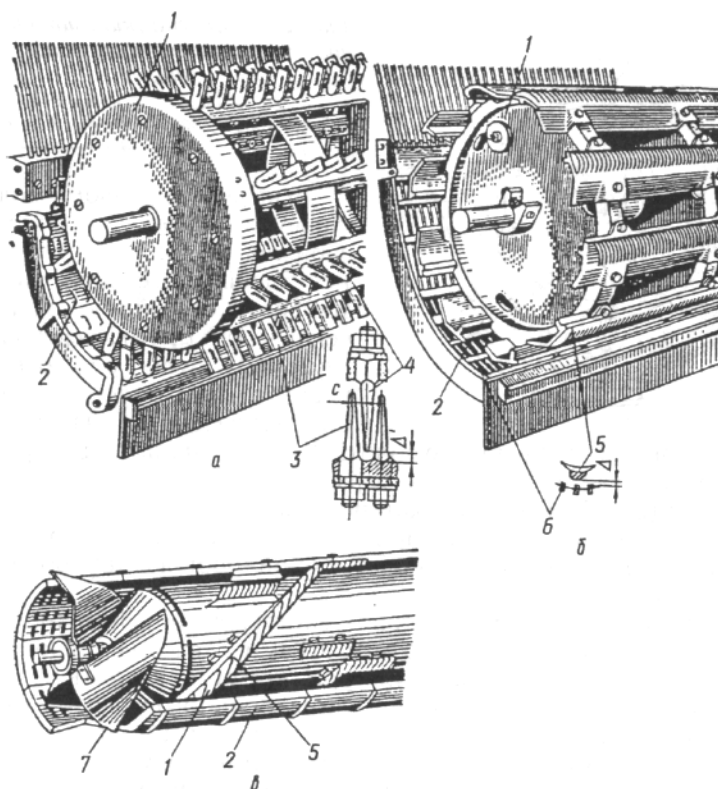


Рисунок 4.1- Молотильні апарати:

*a* - штифтовий; *б* - бильний поперечно-потоковий; *в* - бильний повздовжньо-потоковий, 1 - барабани; 2 - дека; 3 - штифти деки; 4 - штифти барабана; 5 - бичі; 6 - поперечні планки; 7 - лопаті

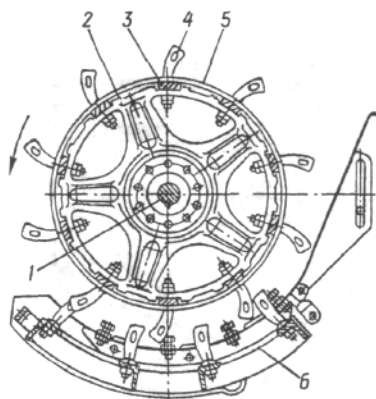


Рисунок 4.2 - Конструкція штифтового молотильного апарата (вид збоку):

1 - вал; 2 - диск; 3 - планка; 4 - зуб (штифт) барабана; 5 - кільце; 6 - дека

На рис. 3.3 показано конструкцію бильного молотильного апарата. Молотильний барабан 16 має вал 15, штамповані диски 14 з листової сталі, які закріплені на валу, штамповані підбичники 13, що укріплені до кожного диска

чотирма заклепками, та бичі 12, виготовлені із сталі спеціального профілю з ребристою робочою поверхнею.

На барабані встановлюють парну кількість бил (бичів) з перемінним напрямком ребер уліво, а потім управо і т.д. Таке розміщення покращує дію бил на хлібну масу, запобігаючи збиванню її в один бік, зменшує осьовий тиск на підшипник вала барабана.

Підбарабання (дека) 2 (рис. 4. 3) являє собою решітку (рис. 4.4), що охоплює знизу по дузі кола барабана на відповідний кут. Решітку виготовляють зварною, до бокових обойм якої приварюють поперечні планки, через які вставлені у повздовжньому напрямку прутки діаметром 5 мм і кроком 14 мм.

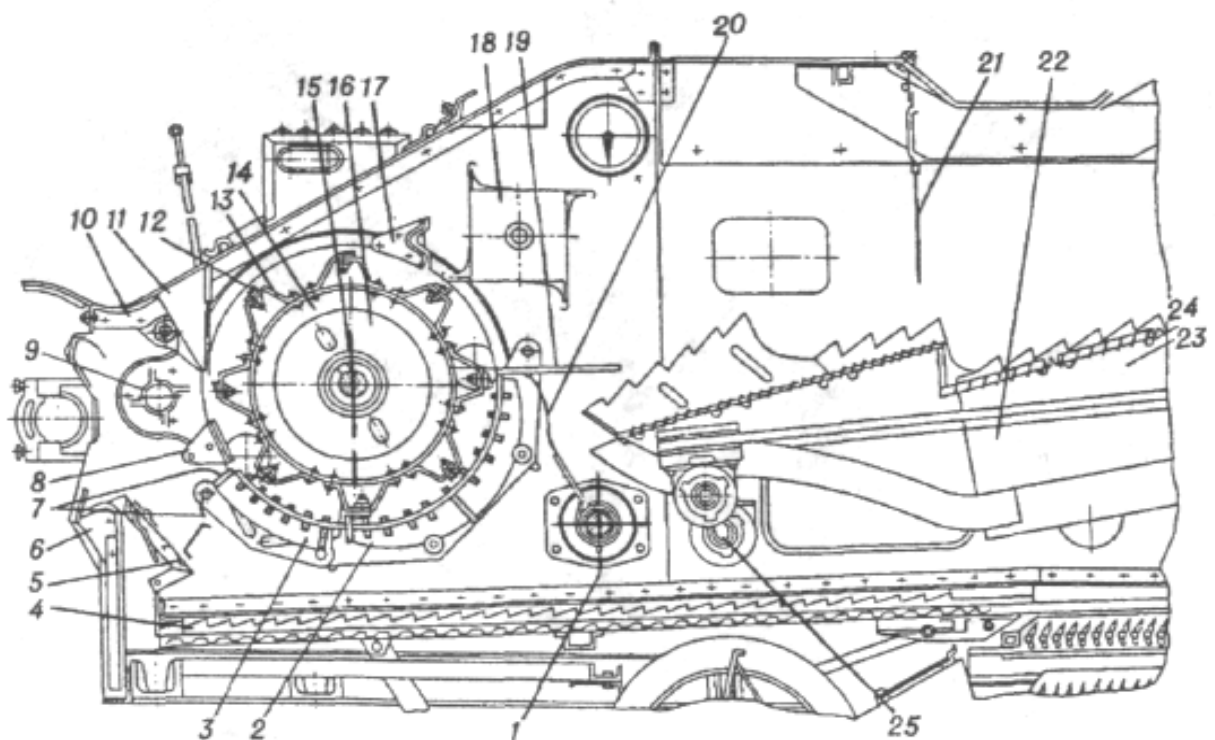


Рисунок 4.3 - Конструкція бильного молотильного апарата:

1 - фартух грохота; 2 - підбарабання (дека); 3 - надставка; 4 - грохот; 5 - передній фартух; 6 - передня балка корпусу молотарки; 7 - щитки надставки деки; 8 - щиток; 9 - приймальний бітер; 10 - передня балка; 11 - кришка капота барабана; 12 - било (бич); 13 - підбильник; 14 - диск; 15 - вал барабана; 16 - барабан; 17 - відсікач; 18 - відбійний бітер; 19 - пальцева решітка; 20 та 21 - фартухи деки та соломотряса; 22 - соломотряс; 23 і 24 - корпус та жалюзі-клавіші; 25 - ведений колінчастий вал



Дуже важливим технологічним параметром молотильного апарата є величина зазора між бичами барабана та решіткою деки. Більш того вона має клиноподібну форму. Тому для зміни величини зазора із збереженням його клиноподібної форми застосовують спеціальну важільну конструкцію для зміни та фіксування підбарабання.

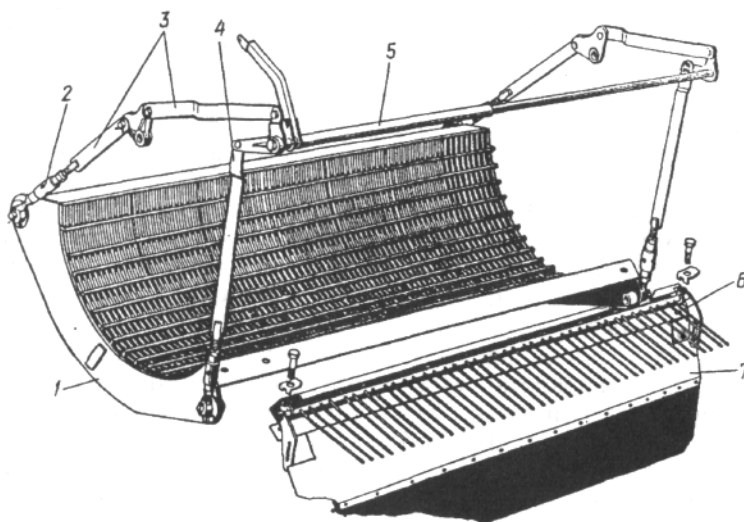


Рисунок 4.4 - Підбарабання (дека):

1 - каркас; 2 - гайка стяжна; 3,4 - тяги; 5 - вал торсіона; 6 - пальцева  
решітка; 7 - фартухи

Рисунок 4.5 – Схема молотильного апарату комбайна LEXION  
фірми CLAAS

Рисунок 4.6 – Молотильний апарат комбайна MEGA (а) і види підбарабання (б) фірми CLAAS

Рисунок 4.7 – Молотильний апарат комбайна 9600 фірми JOHN DEERE

Поряд з удосконаленням комбайнів з класичною схемою молотарки створюють і удосконалюють комбайни з аксіально-роторним молотильно-сепаруючим апаратом, у якого процеси обмолоту та сепарації об'єднані. Роторний комбайн, наприклад СК-10, має один повздовжній ротор, обхоплений нерухомим кожухом.

Ротор (рис. 3.7) являє собою порожній циліндр 4, в задній частині якого на променях хрестовини та кронштейнах закріплені лопаті 1 крильчатки, рифлені ділянки яких активно захоплюють хлібну масу.

У передній частині циліндра (в зоні обмолоту) встановлені рифлені

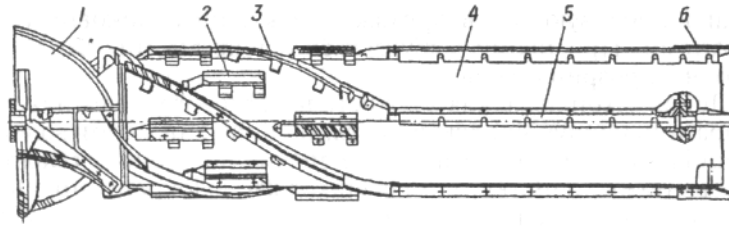


Рисунок 4.8 - Схема ротора комбайна СК-10 "Ротор":

1 - лопать; 2 - прямолінійний бич; 3 - криволінійний рифлений бич;  
4 - циліндр; 5 - прямолінійний гладкий бич; 6 - гладка планка

гвинтові 3 та прямолінійні 2 бичі, а в зоні сепарації -гладкі планки. У переході від зони обмолоту до сепарації розміщений шнек, витки якого забезпечують розтягування та швидке переміщення хлібної маси, що зменшує втрати зерна в соломі.

При взаємодії з декою (підбарабання), сепаруючою решіткою та спрямовуючими ребрами на внутрішній поверхні нерухомого обхоплюючого кожуха ротор обмолочує, сепарує та переміщує хлібну масу в осьовому напрямку.

Рисунок 4.9 – Ротор зернозбирального комбайна моделі  
STS фірми JOHN DEERE

Дека (підбарабання) має рухомі й нерухомі ділянки, які розміщені з обох боків ротора. Площа живого перетину кожної ділянки (для зручності складання ділянки виконані з трьох секцій) різноманітна. Секції нерухомої ділянки можуть займати два положення: при одному з них молотильний зазор відносно ротора буде 16 мм, а при іншому - 26 мм. Під час збирання пшениці,

жита чи ячменю зазор між ротором і останньою планкою секції повинен бути 16 мм, а при збиранні кукурудзи, соняшнику та бобових - 26 мм. На вході в зону обмолоту зазор завжди має бути 40 мм. Секції рухомої ділянки деки встановлені на силовому брусі шарнірно й утворюють зазор, що регулюється в межах 26 мм між ротором і планкою першої секції. На виході з молотильного апарата секції з'єднані планкою, яка має шарнірний зв'язок із механізмом регулювання.

Молотильні апарати сучасних зернозбиральних комбайнів відомих закордонних фірм досить досконалі для обмолоту основних зернових культур.

Конструкція молотильного апарату комбайнів New Holland передбачає високі динамічні навантаження, а його складові забезпечують відмінне обмолочування та сепарацію зернового вороху. В конструкції молотильного апарату вбудовано додатковий роторний сепаратор. Хлібна маса, обмолочена молотильним барабаном, який відділяє 90-92% зерна з соломи, бітером подається на роторний сепаратор, який ще додатково відділяє 3-4 % зерна. Таким чином, на соломотряс потрапляє менш як 5% зерна в соломі й досягаються мінімальні втрати зерна.

Молотильний барабан комбайнів TC56 має діаметр 606 мм, ширину 1300 мм і оснащений 8-ма білами. Завдяки міцній конструкції він має високу інерційну масу, яка дає змогу нівелювати пікові навантаження. Для зручності роботи комбайнера при виборі оптимальних режимів обмолоту регулювання частоти обертів молотильного барабана та зазору між ним і підбарабанням відбувається дистанційно з кабіни комбайна. Передбачено зменшений швидкісний режим для обмолочування культур, зерно яких легко травмується.

Основою комбайнів серії CS є високоефективна система обмолочування. Головна її складова - високоінерційний барабан діаметром 607 мм з 8-ма білами та підбарабання з кутом обхвату 121°. Великий діаметр барабана та подовжене підбарабання виконують якісний обмолот та сепарацію зернового вороху. Роторний сепаратор з підбарабанням збільшує зону примусового обмолочування та забезпечує додатковий розподільний ефект, який зумовлює

підвищення якості роботи на 20%. Система Multi-Thresh дає змогу змінювати відстань між роторним сепаратором і його підбарабанням, забезпечуючи тим самим адаптацію машини до збирання різноманітних видів культур.

Молотильний барабан комбайнів Sampo Rosenlew 3000-ї серії має 8 бил. Його особливість полягає в тому, що основна маса барабана сконцентрована на зовнішньому колі, тобто в зоні розміщення бил. Завдяки цьому барабан має велику силу інерції, що дає йому змогу успішно працювати в умовах перевантажень, які виникають при підвищеній вологості хлібної маси.

Проведений аналіз конструкції сучасних зернозбиральних комбайнів і їх молотильних апаратів дає можливість вибрати оптимальний напрямок удосконалення молотарки зернозбирального комбайна.

## 5 УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБАЙНА І ЙОГО РОЗРАХУНКИ

### 5.1 Обґрунтування конструкції молотильно-сепаруючого пристрою

Зернозбиральний комбайн є основною збиральною машиною, від роботи якого в найбільшій мірі залежить якість і-кількість зібраної продукції.

Аналіз роботи молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів, виконаних по класичній схемі (бильний барабан – клавішний соломотряс) свідчить, що через жорсткі умови роботи вузла "барабан - підбарабання", пошкоджується і подрібнюється значна частина зерна. Застосування двохбарабанних молотильних пристроїв знижує жорсткість роботи вузла "барабан - підбарабання", проте також призводить до пошкодження зерна, величина яких при збиранні озимої пшениці і жита сягає 5%, а при збиранні ярої пшениці, гороху - 4,2% всього зібраного врожаю [13]. Зерно з мікропошкодженнями має знижені товарні і посівні властивості, сівба таким зерном значно знижує врожайність.

В серійних комбайнах для сепарації грубого вороху застосовують клавішні соломотряси які мають великі габаритні розміри, транспортують оброблюваний матеріал товстим шаром, що спричиняє погану сепарацію зерна, особливо при підвищеній вологості соломи, і зниження пропускнуої здатності молотильного апарату в межах 35-50% [13]. Якісна робота клавішних соломотрясів, крім того, значно залежить від коливань частоти обертання колінчастого валу соломотряса.

При зниженні частоти обертання барабана, збільшується товщина вороху на соломотрясі, знижується інтенсивність сепарування і втрати за соломотрясом зростають в кілька разів і сягають 3% та більше. Для стабільності частоти обертання колінчастого валу соломотряса на комбайнах встановлюють двигун, потужність якого перевищує необхідну на 15-20%.

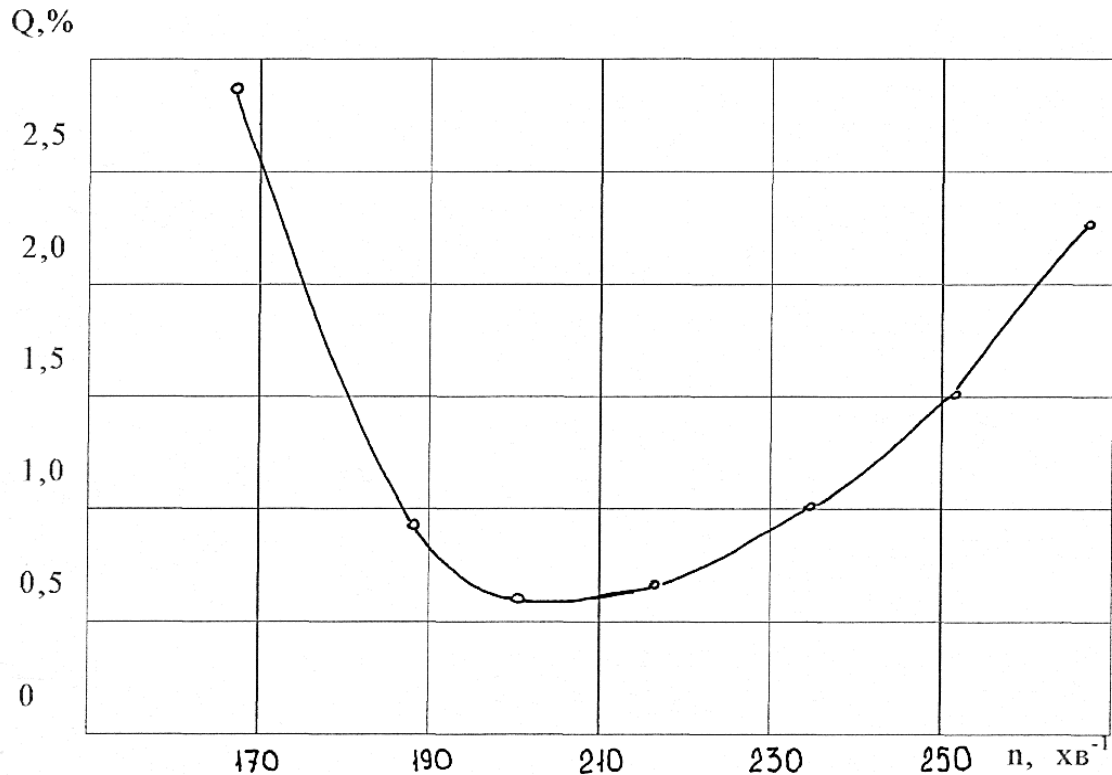


Рисунок 5.1 - Залежність втрат зерна (Q) від зміни частоти обертання колінчастого вала соломотряса (n).

Іншим, важливим недоліком сучасного зернозбирального комбайна є велика його металоємність. Недосконалість конструкцій комбайнів, високий рівень затрат на його виробництво та експлуатацію є основою для удосконалення комбайна. Аналіз розвитку вітчизняних і закордонних комбайнів свідчить про невпинне зростання їх пропускної здатності. Проте збільшення пропускної здатності досягається в основному за рахунок збільшення габаритних розмірів. Можливість інтенсифікації існуючих молотильно-сепарувальних пристроїв вичерпані. При підвищенні подачі хлібної маси, сепарація зерна через деку молотильного барабана різко зменшується, зростає величина недомолоту і пошкодження зерна. Соломотряс не справляється з роботою і загальні втрати за комбайном зростають (вільне зерно залишається в соломі, підвищується кількість недомолоту в колосках, бобах, волоті).

Перспективними є молотильно-сепаруючі пристрої, які враховують

біологічні особливості культури, більш пристосовані для застосування засобів автоматизації.

Одним з шляхів усунення вказаних недоліків зернозбирального комбайна є застосування роторного молотильно-сепаруючого пристрою (рис. 5.2).

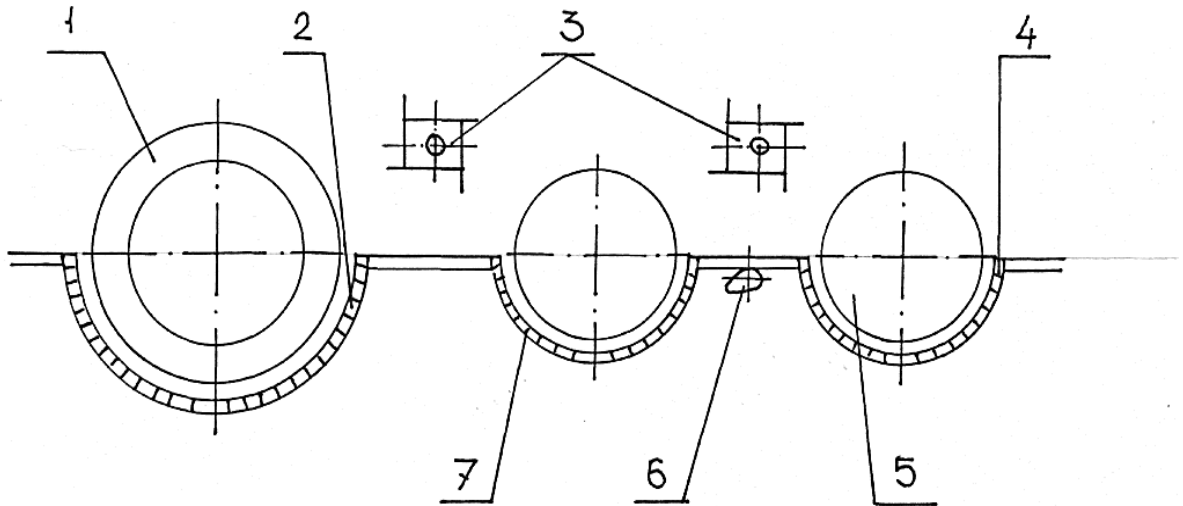


Рисунок 5.2 - Схема молотильно-сепаруючого пристрою роторного типу:

- 1 - молотильний барабан; 2 - підбарабання; 3 - відбійний бітер;  
4 - решітка; 5 - ротор; 6 - кулачковий вал; 7 - решітка

Пропонований пристрій складається з рухомої решітки 4, двох роторів 5 з бітерами 3 і решіток 7, встановлених під роторами. Ці робочі органи утворюють єдиний блок, який можна встановити на комбайні, попередньо демонтувавши соломотряс. Ротор складається з вала, який обертається на двох підшипниках, встановлених в боковинах блоку. На валу встановлені три диски приварені до маточин. До ободів дисків болтами прикріплені лопаті з відсікачами. Деталі роторів мають однакову будову і розміри. Замість пасивної решітки комбайна пропонується активна решітка, передня частина якої з'єднана з підбарабанням, а задня спирається на ексцентрик приводного вала. Пружина притискає решітку до поверхні кулачків. Перший по ходу комбайна



бітер аналогічний існуючому, а на вал другого - радіально приварені лопаті відігнуті в напрямку обертання. Вал і підшипники другого бітера уніфіковані з серійними виробами.

Технологічний процес обмолоту в пропонованому молотильно-сепаруючому пристрої полягає в наступному: зерно - стеблова маса обмолочується в молотильному пристрої бильного типу. Зерно і дрібний ворох провалюються під деку барабана, а грубий ворох з вільним зерном і недомолоченими колосками відбійним бітером подається на ротори сепаратора, які домолочують масу і сепарують вільне зерно.

Процес сепарації протікає наступним чином: ротори захвачують лопастями грубий ворох і проносять його над декою. При цьому великі частинки вороху послідовно захвачуються відсікачами роторів, а зерно і дрібний ворох проходять через решітку і виводяться із зони сепарації в зону очистки, а солома скидається в копнувач.

## 5.2 Розрахунок параметрів робочих органів

### *Обґрунтування довжини, частоти обертання і діаметра роторів.*

Довжину роторів приймаємо рівну ширині молотильної камери, тобто  $L_p = 1200$  мм. Діаметр ротора суттєво впливає на інтенсивність процесу сепарування. Так, при діаметрі ротора  $D \geq 350$  мм, сепарація проходить інтенсивно, проте при цьому значна кількість зерна травмується. При діаметрі ротора  $D > 600$  мм процес сепарації відбувається менш інтенсивно, але при цьому не травмується зерно. Виходячи з вище викладеного приймаємо діаметр ротора  $D = 500$  мм.

Аналіз існуючих роторних сепараторів, робочий процес яких полягає в застосуванні відцентрових сил свідчить, що при відцентровому прискоренні ротора 7 - 17g, виділення зерна з соломи неефективне. Це пояснюється тим, що кінетична енергія зерна недостатня для того, щоб подолати опір соломистого вороху і виділитися з нього. Мале відцентрове прискорення не викликає необхідного переміщення стебел соломи одне відносно іншого, що

також погіршує сепарацію. При відцентрових прискореннях до 35g, соломистий ворох під дією зовнішніх сил ущільнюється, що також погіршує виділення з нього зерна.

Найбільш оптимальна кутова швидкість роторів, без встановлення відсікачів, знаходиться в межах  $11,4 < \omega < 51,9$  рад/с. Проте такі режими, як показує аналіз, застосовувалися при невеликих подачах стебло-зернової маси. Щоб забезпечити ефективність сепарації при подачі 10 кг/с, необхідно збільшити частоту обертання ротора. Для забезпечення переміщення маси і запобігання ущільнення, на лопатях роторів встановлені по гвинтовій лінії відсікачі.

Для виключення подрібнення зерна, швидкість його удару об поверхню робочих органів не повинна перевищувати 37,5 м/с.

Швидкість лопаті при ударі визначимо по формулі:

$$V_L = \frac{\varepsilon V_1 + V_2}{1 + \varepsilon}, \quad (5.1)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт відновлення при ударі,  $\varepsilon=0,6$  [13];

$V_1, V_2$  - відповідно, швидкість зерна до та після удару, м/с.

Підставивши значення, отримаємо

$$V_L = \frac{31,84}{1,06} = 19,6 \text{ м/с.}$$

Визначимо кутову швидкість ротора:

$$\omega = \frac{V_L}{r} \quad (5.2)$$

де  $r$  - радіус ротора,  $r = 0,25$  м.

$$\omega = \frac{19,6}{0,25} = 79,6 \text{ рад/с.}$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{\omega}{2\pi}, \quad (4.3)$$

$$n = \frac{79,6}{2 \times 3,14} = 12,7 \text{ c}^{-1}.$$

Розрахунок кута встановлення лопастей і відсікачів. Для того щоб ворох рухався по лопаті необхідно, щоб сума проекції нормальних реакції і сили інерції була більшою сили тертя рис. 5.3.

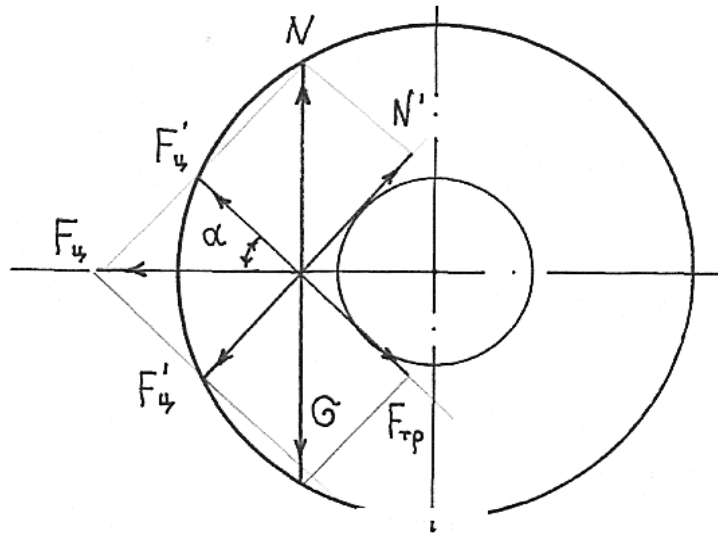


Рисунок 5.3 - Схема сил, діючих на зерно

З цієї умови визначаємо кут встановлення лопаті за формулою:

$$\alpha \geq \arctg \frac{-\omega^2 \times r - g \times \varphi}{-g - \varphi \times \omega^2 \times r} \quad (5.4)$$

де  $r$  - відстань від центра ротора до зернини, м;  $r = 0,13$  м;

$\varphi$  - коефіцієнт тертя зерна по сталі, при вологості зерна 40%,  $\varphi = 0,839$ .

Підставивши значення, отримаємо

$$\alpha = \arctg \frac{-79,6^2 \times 0,13 - 9,81 \times 0,839}{-9,81 - 79,6^2 \times 0,13 \times 0,839} = 50^\circ.$$

Критерієм для розрахунку кількості лопастей на роторі є пропускна здатність молотильного апарату комбайна. З врахуванням конструктивних змін молотильно-сепаруючого пристрою, максимальне значення цієї величини

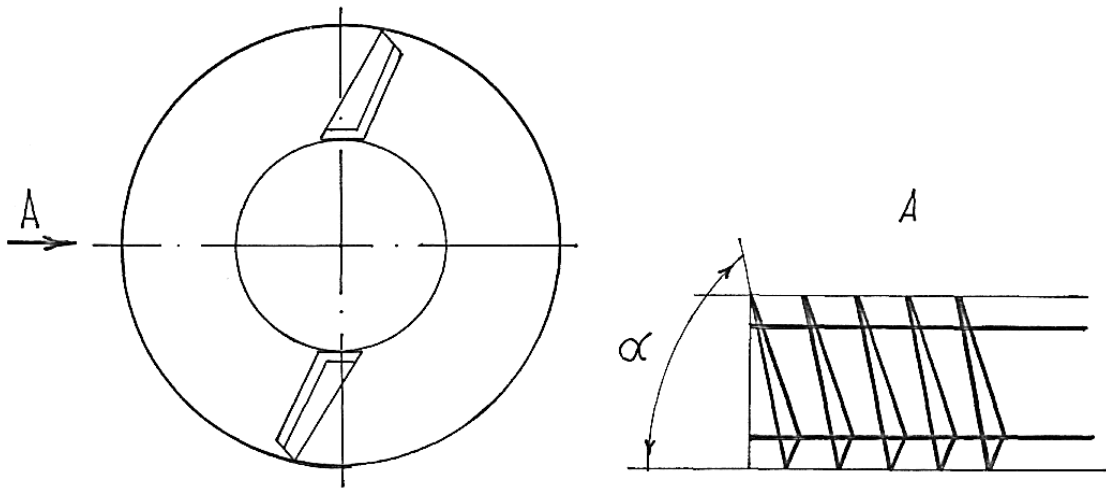


Рисунок 5.4 - Схема встановлення лопатей ротора

приймаємо 6,5 кг/с, а коефіцієнт соломистості, з врахуванням розрахунків виконаних раніше, становить 1,5.

Масу зерна, що надходить до ротора за одну секунду визначимо по формулі:

$$m_3 = \frac{1}{5} \frac{q \times q_3}{q_3 + q_c} \quad (5.5)$$

де  $q$  - пропускна здатність молотильного апарату,  $q = 6,5$  кг/с;

$q_3$  і  $q_c$  - відповідно, маса зерна і соломи, що міститься в зерностебловій масі, кг.

$$q_3 = 1 \text{ кг}, q_c = 1,5 \text{ кг.}$$

$$m_3 = \frac{1}{5} \frac{6,5 \times 1}{1 + 1,5} = 0,51 \text{ кг/с}$$

Масу зерна, що надходить до ротора за одну секунду визначимо аналогічно

$$m_c = \frac{q q_c}{q_3 + q_c} \quad (5.6)$$

$$m_c = \frac{6,5 \times 1,5}{1 + 1,5} = 3,9 \text{ кг/с.}$$

Кількість грубого вороху, який поступає на ротор за один оберт, визначаємо по формулі:

$$m_{\epsilon} = \frac{m_3 + m_c}{n_p}, \quad (5.7)$$

де  $n_p$  - частота обертання ротора,  $c^{-1}$ ,  $n_p = 12,7 c^{-1}$ .

$$m_{\epsilon} = \frac{0,51 + 0,39}{12,7} = 0,3 \text{ кг/с.}$$

Встановлено [13], що товщина шару зерна на одній лопаті не повинна перевищувати 5 мм. Визначимо допустимий об'єм зерна з дрібним ворохом на одній лопаті:

$$V = L \times h \times \delta_{\epsilon} \quad (5.8)$$

де  $L$  - довжина лопаті ротора,  $L = 1,2$  м;

$h$  - ширина лопаті,  $h = 0,12$  м;

$\delta_{\epsilon}$  - допустима товщина шару вороху на лопаті,  $\delta_{\epsilon} = 0,005$  м.

$$V = 1,20 \times 0,12 \times 0,005 = 0,00072 \text{ м}^3.$$

Необхідну кількість лопастей визначимо по формулі:

$$Z = \frac{m_d}{P \times V} \quad (5.9)$$

де  $P$  - щільність шару зерна з дрібним ворохом,  $P = 50$  кг/м<sup>3</sup>.

$$Z = \frac{0,28}{50 \times 0,00072} = 7,8.$$

Приймаємо 8 лопастей.

*Визначення необхідної кількості роторів.* Необхідну кількість роторів визначаємо з умови повної сепарації зерна роторами з бобів і грубого вороху. Приймаємо, що кожний ротор забезпечує сепарацію 96% зерна, яке поступає на нього. Тоді, маса зерна що сепарується на першому роторі

$$m_{31} = \frac{96 \times m_3}{100} \quad (5.10)$$

$$m_{31} = \frac{96 \times 0,51}{100} = 0,48 \text{ кг/с.}$$

На другий ротор поступить  $m_{32} = m_{31} - m_3 = 0,51 - 0,48 = 0,03$  кг/с. Маса зерна, що сепарується на другому роторі становить

$$m_{32}^{\bullet\bullet} = \frac{0,03 \times 96}{100} = 0,028 \text{ кг/с.}$$

Маса зерна, що залишилась у воросі

$$m_{33} = m_{32} - m_{32}^{\bullet\bullet} = 0,03 - 0,028 = 0,002 \text{ кг/с.}$$

Кількість невимолоченого і невиділеного зерна становить 0,03 %, що відповідає агротехнічним вимогам, отже приймаємо 2 ротори.

Для розрахунку відстані між роторами скористаємося схемою (рис. 5.5). Грубий ворох після виходу з молотильного апарату має незначну швидкість (10-12 м/с), тоді відбійний бітер встановлюємо так, щоб потік маси яка виходить з молотильного апарату рухався до бітера у вертикальному напрямку. Параметри і режими роботи бітера приймаємо такими ж як і в комбайна (кутова швидкість  $\omega_6 = 88,4$  рад/с, діаметр бітера  $D_6 = 390$  мм).

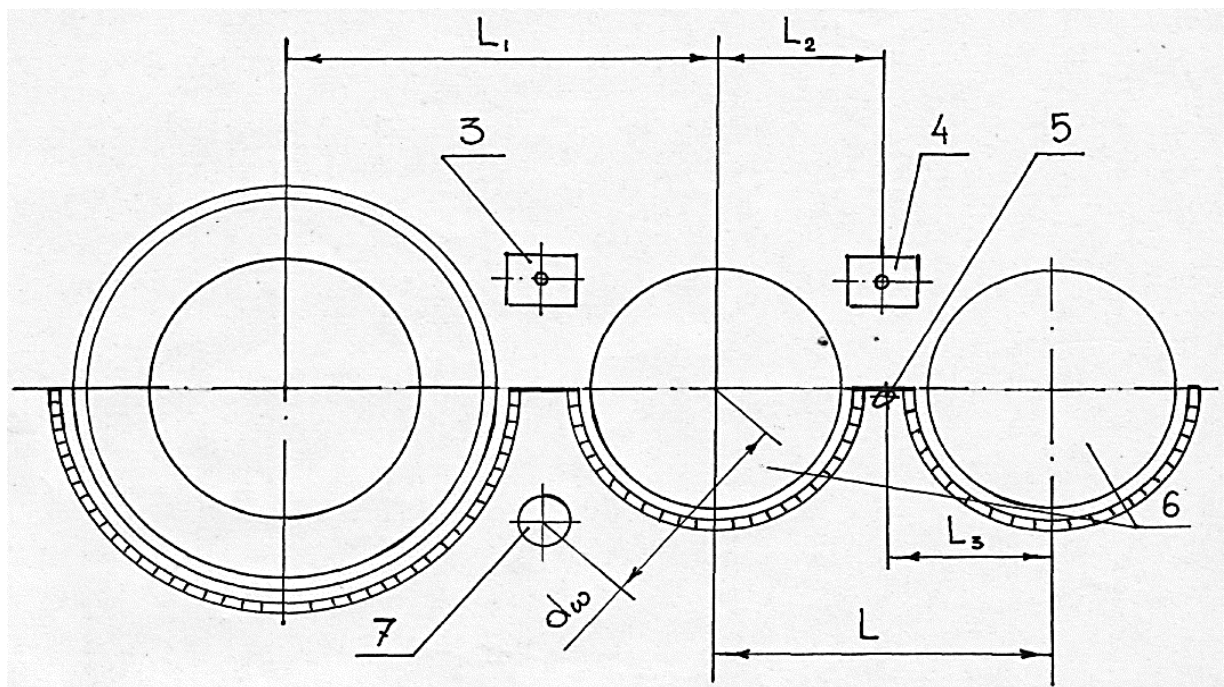


Рисунок 5.5 - Схема розстановки роторів і бітерів пристрою:

1-підбарабання; 2 - барабан; 3,4 - бітери; 5 - ексцентрик приводу решітки; 6 - ротор; 7- привідний вал

Перший ротор встановлюємо таким чином, щоб грубий ворох бітером спрямовувався на його лопаті, що забезпечується при відстані  $L_1 = 860$  мм між віссю молотильного барабана і віссю ротора. Відстань між осями роторів визначимо по формулі:

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + L_{\text{л}} \quad (5.11)$$

де  $D_1$  і  $D_2$  - відповідно, діаметри першого та другого роторів;

$L_{\text{л}}$  - відстань між крайніми лопастями на суміжних роторах,  $L_{\text{л}} = 400$  мм.

$$L = \frac{500 + 500}{2} + 400 = 900 \text{ мм.}$$

Амплітуду коливань решітки, з технологічних міркувань, приймаємо 50 мм.

*Енергетичний розрахунок.* Потужність, яка необхідна для приводу молотильного барабану і роторів можна визначити за формулою:

$$N_{\text{МП}} = N_{\text{б}} + N_{\text{р}} \quad (5.12)$$

де  $N_{\text{б}}$  - потужність на привід барабана, кВт;

$N_{\text{р}}$  — потужність на привід роторів, кВт.

Потужність на привід барабана витрачається на обмолочування зерно стеблової маси  $N_{\text{об}}$ , і на холостий хід  $N_{\text{хх}}$ , тобто

$$N_{\text{б}} = N_{\text{об}} + N_{\text{хх}}. \quad (5.13)$$

Потужність на холостий хід визначимо по формулі:

$$N_{\text{хх}} = K\omega + K_{\text{л}}\omega^3, \quad (5.14)$$

де  $K$  - коефіцієнт враховуючий опір в підшипниках, для бильного барабана

$$K = 0,4 \text{ Нм};$$

$K_{\text{л}}$  - коефіцієнт, враховуючий опір повітря,  $K_{\text{л}} = 0,9 \times 10^{-3}$  Нм.

$$N_{\text{хх}} = 0,4 \cdot 105 + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 105^3 = 1083,8 \text{ Вт або } 1,09 \text{ кВт.}$$

Потужність що витрачається на обмолот визначаємо по формулі Горячкіна:

$$N_{\text{об}} = \frac{q_c \times n_{\text{б}}}{1-f} \quad (5.15)$$

де  $n_6$  — колова швидкість молотильного барабана, м/с;

$f$  - коефіцієнт, враховуючий тип барабана,  $f = 0,7$  [13].

Колова швидкість обертання барабана:

$$n_6 = \omega \times r \quad (5.16)$$

де  $r$  - радіус молотильного барабана, м,  $r = 0,3$  м.

Тоді,

$$N_{об} = \frac{6,5 \times 105 \times 0,3}{1 - 0,7} = 22,7 \text{ кВт}.$$

Потужність на привід роторів дорівнює сумі потужностей на холостий хід роторів ( $N_{xp}$ ) та на сепарацію зерна ( $N_{cen}$ ), тобто

$$N_p = N_{cen} + N_{xx} \quad (5.17)$$

$$N_{xx} = 0,03[1 + 0,7(Z_p - 1)]n_p \quad (5.18)$$

де  $Z_p$  - число роторів,  $Z_p = 2$ ;

$n_p$  - колова швидкість ротора,  $n_p = 20$  м/с.

$$N_{xx} = 0,03[1 + 0,7(2 - 1)]20 = 0,74 \text{ кВт}.$$

Витрати потужності на сепарацію зерна підраховуємо по формулі[13]:

$$N_{cen} = \sum_{t=1}^{t=Z_p} \frac{10^{-4} m_t n_p^2}{(1 - f_t)} \quad (5.19)$$

де  $m_t$  - секундна маса вороху, яка переробляється ротором,

$m_1 = 4,01$  кг/с,  $m_2 = 3,92$  кг/с;  $f_1$  - опір решітки під ротором,  $f_1 = 0,5$ ,  $f_2 = 0,3$ .

$$N_{cen} = \frac{4,01 \times 20^2}{1 - 0,5} + \frac{3,92 \times 20^2}{1 - 0,3} = 5,9 \text{ кВт}.$$

$$N_p = 0,74 + 5,9 = 6,64 \text{ кВт}.$$

Загальна потужність двигуна комбайна необхідна для роботи молотильно-сепаруючого пристрою становить

$$N_{МП} = 22,7 + 1,09 + 6,64 + 0,5 = 30,94 \text{ кВт}.$$

Виконані розрахунки свідчать, що потужність, необхідна для роботи пропонованого молотильно-сепаруючого пристрою не перевищує потужності, що витрачається на обмолот і сепарацію зерна, серійного зернозбирального комбайна.



*Обґрунтування і розрахунок приводу роторів.* Клинопасова передача відрізняється безшумністю, плавністю роботи, може працювати як запобіжний елемент при перевантаженнях, дозволяє передавати великі потужності, проста у виготовленні та експлуатації. Виходячи з перерахованих переваг, приймаємо для приводу роторів клинопасову передачу. Вихідними даними для розрахунку параметрів передачі приймаємо: потужність, яка передається на перший ротор; потужність, яка передається на другий ротор; частота обертання головного приводного вала комбайна; частота обертання валів роторів.

Для передачі потужності на перший ротор приймаємо [12,13] пас перерізом В, а для передачі на другий ротор - перерізом Б. Швидкість паса визначаємо по формулі [14]:

$$n = \frac{\omega D}{2}, \quad (5.20)$$

де  $D$  - діаметр ведучого шківів валу ротора, м.

Для першого ротора приймаємо  $D_1 = 0,315$  м, а для другого –  $D_2 = 0,18$  м [13]. Тоді,

$$n_1 = \frac{79,6 \times 0,315}{2} = 12,5 \text{ м/с, а}$$

$$n_2 = \frac{79,6 \times 0,18}{2} = 7,8 \text{ м/с.}$$

Можливу, орієнтовну кількість пасів для приводу роторів визначаємо по формулі:

$$Z_p = \frac{10^4 \pi N K}{30 S D \omega_p}, \quad (5.21)$$

де  $N$  - потужність приводу вала ротора, кВт.

$S$  - площа поперечного перерізу паса,  $\text{см}^2$ .

$K$  - коефіцієнт, враховуючий напруження в пасах від попереднього їх натягу,  $K = 9$  [14].

Для першого ротора  $N_1 = 6,64$  кВт, для другого -  $N_2 = 3,05$  кВт. В паса типу В,  $S = 2,3 \text{ см}^2$ , а в паса типу Б -  $S = 1,4 \text{ см}^2$ .

$$Z_1 = \frac{10^4 \times 3,14 \times 6,64 \times 9}{30 \times 2,3 \times 0,315 \times 79,6} = 1,08.$$

$$Z_2 = \frac{10^4 \times 3,14 \times 3,05 \times 9}{30 \times 1,4 \times 0,18 \times 79,6} = 1,4.$$

Приймаємо,  $Z_1 = 2$  і  $Z_2 = 2$ . Діаметри ведених шківів приймаємо такими ж як і діаметри ведучих, тобто 0,315 і 0,18 м. В цьому випадку, передаточне відношення передачі буде дорівнювати 1. Діаметр натяжного шківа визначаємо по формулі [13]:

$$D_n = (0,75 \dots 1,0)D \quad (5.22)$$

$$D_{n1} = (0,75 \dots 1,0) \times 0,315 = 0,215 \dots 0,375 \text{ м.}$$

$$D_{n2} = (0,75 \dots 1,0) \times 0,18 = 0,115 \dots 0,180 \text{ м.}$$

Приймаємо  $D_{H1} = 200$  мм,  $D_{H2} = 100$  мм.

Міжосьова відстань для першої передачі  $a_{\omega1} = 0,60$  м, для другої передачі  $a_{\omega2} = 0,90$  м, а для третьої -  $a_{\omega3} = 0,45$  м. Розрахункову довжину паса визначимо по формулі:

$$L_{\Pi} = 2(a_{\omega} + 2h) + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2}, \quad (5.23)$$

де  $h$  - товщина паса, м.

$$L_{\Pi1} = 2(0,9 + 2 \times 0,01) + \frac{3,14(0,18 + 0,18)}{2} = 2,4 \text{ м.}$$

$$L_{\Pi2} = 2(0,6 + 2 \times 0,014) + \frac{3,14(0,315 + 0,315)}{2} = 2,24 \text{ м.}$$

Приймаємо  $L_{\Pi1} = 2,36$  м,  $L_{\Pi2} = 2,5$  м,  $L_{\Pi3} = 1,8$  м. Різницю в розрахунковій та дійсній довжині пасів можна ліквідувати з допомогою натяжних шківів.

Для визначення місця встановлення натяжних шківів підраховуємо величину міжосьових відстаней передач:

$$a_{oi} = (0,55 \dots 0,65)(D_i + D_{pi}) \quad (5.24)$$

де  $D_{p1}$  - діаметр натяжного шківа (ролика), м.

Для першої передачі  $D_{p1} = 0,2$  м, для другої -  $D_{p2} = 0,1$  м, тоді

$$a_{\omega3} = (0,55 \dots 0,65) \times (0,315 + 0,20) = 0,28 \dots 0,34 \text{ м.}$$

$$a_{\omega 4} = (0,55 \dots 0,65) \times (0,18 + 0,10) = 0,095 \dots 0,182 \text{ м.}$$

приймаємо  $a_{\omega 3} = 0,3 \text{ м}$ ,  $a_{\omega 4} = 0,18 \text{ м}$ .

*Розрахунок вала лопаті ротора.* Силу попереднього натягу паса визначимо по формулі:

$$F = \sigma_{Ht} S_t Z_t \quad (5.25)$$

де  $\sigma_{Ht}$  - напруження в пасі від попереднього натягу, МПа.

$Z_t$  - кількість пасів, шт.

Для першої передачі  $\sigma_{H1} = 1,78 \text{ МПа}$ , для другої  $\sigma_{H2} = 2,6 \text{ МПа}$ .

$$F_1 = 1,78 \times 0,00023 \times 2 = 0,00082 \text{ МН / м} = 820 \text{ Н.}$$

$$F_2 = 2,0 \times 0,00014 \times 2 = 0,00056 \text{ МН / м} = 560 \text{ Н.}$$

Навантаження на вал визначимо з умови:

$$F_{\epsilon i} = 2F_{ni} \cos \frac{\gamma_i}{2}, \quad (5.26)$$

$$F_{\epsilon 1} = 2 \times 820 \times 1 = 1640 \text{ Н}$$

$$F_{\epsilon 2} = 2 \times 560 \times 1 = 1120 \text{ Н}$$

Навантаження на вал від маси оброблюваного продукту становить:

$$P = \frac{2N}{\omega D}, \quad (5.27)$$

$$P = \frac{2 \times 6,64}{79,6 \times 0,5} = 0,334 \text{ кН.}$$

Крутний момент на валу ротора визначимо по формулі

$$M_{kp} = \frac{N_p}{\omega} \quad (5.28)$$

$$M_{kp} = \frac{6,64}{79,6} = 0,083 \text{ кН.}$$

Діаметр вала визначимо для небезпечного перерізу по еквівалентному згинаючому моменту за формулою

$$M_{екв} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}, \quad (5.29)$$

$$M_{екв} = \sqrt{182,5^2 + 83^2} = 20,5 \text{ Н.}$$

Підраховуємо діаметр вала

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{M_{ек6}}{0,1[\sigma]_{зг}}}, \quad (5.30)$$

де  $[\sigma]_{зг}$  - допустиме напруження при згинанні,  $[\sigma]_{зг} = 28 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$ .

Тоді,

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{200,5}{0,1 \times 28 \times 10^3}} = 0,06 \text{ м.}$$

Приймаємо  $d_B = 60 \text{ мм}$ .

Визначаємо силу діючу на ротор зі сторони оброблюваного матеріалу

$$F_L = \frac{N_p}{\omega_L} \quad (5.31)$$

де  $N_p$  - потужність, необхідна для подолання опору оброблюваного матеріалу, кВт,  $N_p = 6,64 \text{ кВт}$ ;

$\omega_L$  - лінійна швидкість лопаті,  $\text{с}^{-1}$ ,  $\omega_L = 19,9 \text{ с}^{-1}$ .

$$F_L = \frac{6,64}{19,9} = 0,33 \text{ кН.}$$

Складаємо розрахункову схему (рис. 4.6), з діючими на лопать силами. Будуємо епюри дотичної сили і крутного моменту.

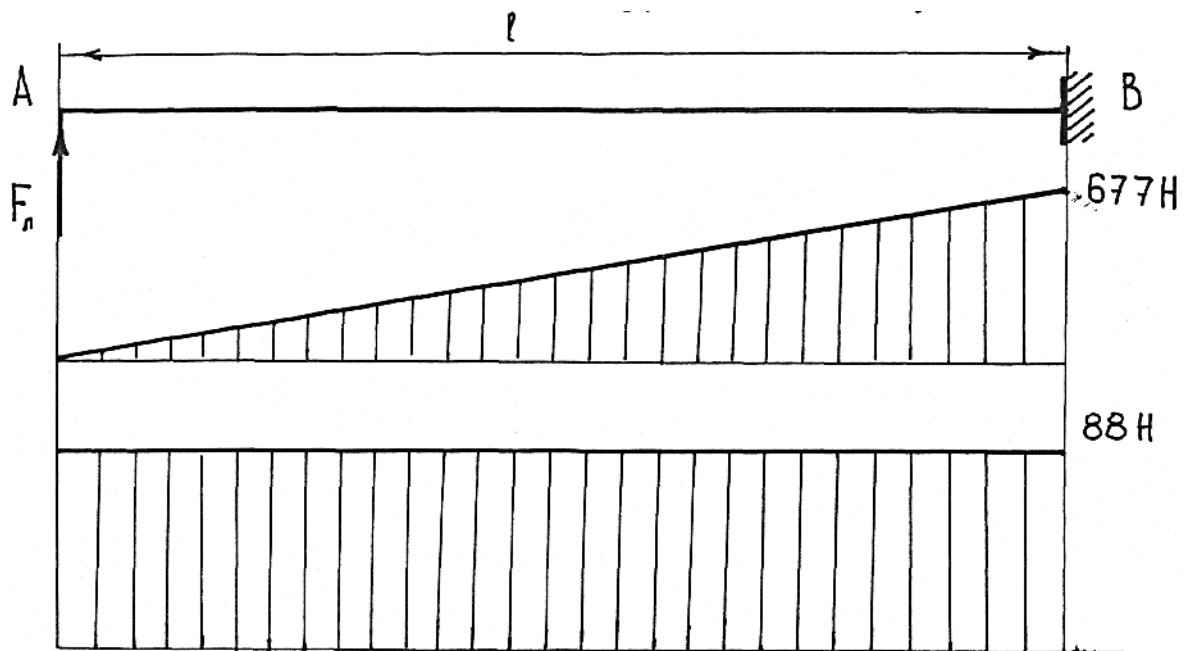


Рисунок 4.6 - Розрахункова схема лопаті вала

Силу  $F_{зр}$  визначаємо по формулі:

$$F_{zp} = \frac{M_{z2}}{r} \quad (5.32)$$

де  $r$  - радіус диска ротора, м.  $r = 0,13$  м.

$$F_{zp} = \frac{88}{0,13} = 677 \text{ Н}.$$

Силу  $F_p$  визначаємо з виразу

$$F_p = \frac{F \times I_1}{I_2} \quad (5.33)$$

$$F_p = \frac{330 \times 0,12}{0,01} = 3960 \text{ Н}.$$

Визначаємо величину діючої на ротор відцентрової сили:

$$F_{відц} = m \times \omega^2 \times r, \quad (5.34)$$

де  $m$  - маса лопаті,  $m = 26,2$  кг.

$$F_{відц} = 26,2 \times 79,6^2 \times 0,13 = 2158 \text{ Н}.$$

Силу затяжки болта визначаємо по формулі:

$$F_{зат} = \frac{K \times F_{zp}}{r \times z_b} \quad (5.35)$$

де  $K$  - коефіцієнт, враховуючий запас надійності болтового з'єднання,

$$K = 1,5;$$

$$z_b - \text{кількість болтів у з'єднанні, } z_b = 3.$$

Тоді,

$$F_{зат} = \frac{677 \times 1,5}{0,13 \times 3} = 2600,4 \text{ Н}.$$

Сила діюча на болтове з'єднання дорівнює

$$F = 3960 + 21581 + 2600,4 = 28141,4 \text{ Н}.$$

Діаметр болта визначимо по формулі:

$$d_b = \sqrt{\frac{1,3 \times 4 \times F_{bz}}{\pi [\sigma]_p}} \quad (5.36)$$

де  $[\sigma]_p$  - допустиме напруження на розтяг,  $[\sigma]_p = 230 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$ .

$$d_b = \sqrt{\frac{1,3 \times 4 \times 28141,4}{3,14 \times 230 \times 10^6}} = 0,0159 \text{ м}.$$

Приймаємо  $d_6=16$  мм.

З врахуванням проведених розрахунків і отриманих результатів розробляємо конструкцію окремих вузлів і деталей удосконаленого молотильного апарату.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При складанні рекомендацій в організації охорони праці на виробництві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [23].

Розроблені заходи по охороні праці направлені на попередження нещасних випадків обслуговуючого персоналу і запобігання пожежі при збиранні гороху і інших зернових культур удосконаленим зернозбиральним комбайном.

### 6.1 Охорона праці при збиранні зернових

Основні положення техніки безпеки заключаються в наступному:

6.1. Не допускаються до роботи особи без посвідчення на управління комбайном і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки.

6.2. При роботі необхідно використовувати тільки справний інструмент і пристосування.

6.3. Необхідно працювати у зручній одежі, яка виключає можливість її попадання в рухому ланцюгові і пасові передачі і інші рухомі механізми.

6.4. Необхідно подавати звуковий сигнал перед пуском двигуна, включенням робочих органів і початком руху і впевнитися, що виконання указаних дій не несе небезпеку навколишнім працівникам.

6.5. Систематично необхідно перевіряти надійність роботи гальма і рульового управління.

6.6. Необхідно бути уважним поблизу негороджених шківів, які обертаються, рухомих ланцюгів, пасів. Заборонено знімати огороджувальні щитки під час роботи механізмів. Необхідно бути особливо обережним при переміщенні по перехідних площадках і даху молотарки. Заборонено

працювати без встановлених перил. При обслуговуванні двигуна необхідно триматись за поручень, розташований на капоті.

6.7. При виконанні крутих поворотів швидкість руху комбайна повинна бути не більше 2 - 3 км/год.

6.8. При переїздах через мости і греблі необхідно впевнитися в можливості переїзду і тільки потім продовжувати рух на першій передачі.

6.9. Допустимий схил під час роботи і транспортуванні зернозбирального комбайна – не більше  $10^0$ , при цьому швидкість руху не повинна перевищувати 3 - 4 км/год. Під час спуску або підйому забороняється виключати двигун і муфту зчеплення. Під час зупинок на схилах необхідно включити одну з передач і загальмувати комбайн за допомогою стояночного гальма.

6.10. Крім цього, необхідно дотримуватися наступних правил:

- не запускайте двигун при відкритому копнувачі, якщо поблизу знаходяться люди;
- не буксируйте комбайн з включеною передачею;
- не буксируйте комбайн за міст керованих коліс;
- не запускайте двигун способом буксирування;
- не переключайте передачі під час руху комбайна;
- не працюйте в нічний час без освітлення;
- не рухайтесь по вулицях і дорогах з включеними задніми фарами;
- не переганяйте в денний час транспорт, швидкість якого дорівнює або перевищує максимальну швидкість зернозбирального комбайна;
- не переганяйте в нічний час транспорт, який рухається;
- не дозволяється перевозити вантажі в камері копнувача або площадках комбайна;
- не проводьте будь-які роботи під комбайном або жаткою, якщо вони підняті і не прийняті попереджувальні заходи. Крім передбачуваних домкратів повинні бути встановлені стійкі підставки (наприклад козли, дерев'яні колодки), під колеса підставлені упори. Жатка, крім регулюємої



гвинтової опори, також встановлюється на підставки, а запобіжний упор на правому гідроциліндрі підймання жатки повинен бути опущений. При слабкому ґрунті під домкрати ставляться міцні дошки.

6.11. Під час роботи механізмів комбайна:

- не відкручуйте гайки, штуцери і інші деталі гідросистеми;
- не проводьте змащення механізмів;
- не замінюйте паси і ланцюги;
- не проводьте ремонт і регулювання механізмів (крім дозволених випадків регулювання);
- не вивантажуйте зерно з бункера, проштовхуючи його руками, ногами, лопатою і іншими предметами.

6.12. Забороняється стороннім особам знаходитися на комбайні при роботі на полі і при транспортуваннях.

6.13. Постійно необхідно поповнювати комплект медикаментів в аптечці, яка знаходиться на комбайні.

## 6.2 Основні правила пожежної безпеки

1. Необхідно постійно слідкувати за наявністю справних протипожежних засобів: вогнегасника, двох лопат, і двох швабр, які встановлені на комбайні в окремих місцях (вогнегасник закріплено на бункері, лопати – на внутрішній стороні драбини, а швабри – на жатці).

2. Своєчасно очищайте від намотаної соломи вали, шків, зірочки, клавіші соломотрясу і інші частини комбайна, які рухаються.

3. Необхідно не допускати протікання з системи живлення і змащення, з гідравлічних систем. Своєчасно усувати підтікання мастил і палива, що виникають.

4. Своєчасно необхідно змащувати підшипники і інші частини комбайна, що обертаються, не допускати надмірного їх нагрівання.

5. Систематично перевіряйте справність електрообладнання і проводки, очищуйте їх від пилу, бруду і рослинної маси. При кожній зупинці двигуна від'єднуйте акумуляторну батарею від електромережі комбайна за допомогою вимикача „маси”.

6. Очищення паливо проводів і трубок гідросистеми, що забилися, необхідно проводити при виключеному двигуні і після того, як двигун і інші частини комбайна охолонуть.

7. При буксуванні запобіжних муфт необхідно терміново зупинити комбайн, виключити двигун і усунути причину, яка викликала буксування.

8. При необхідності тривалого ремонту комбайн треба вивести з хлібного масиву на відстань не менше 30 м і зорати навколо комбайна смугу шириною не менше 4 м.

9. Щоб зняти електростатичні заряди необхідно закріпити на лівому кронштейні кожуха вентилятора молотарки у трафарету „заземлити” на спеціально встановлену скобу відрізок роликового ланцюга довжиною 550 - 600 мм з числа тих ланцюгів, які є в господарстві і відпрацювали свій строк.

10. Заправку паливного бака треба проводити за допомогою заправочних агрегатів при непрацюючому двигуні на дорозі або на зораному полі.

11. Запас паливо-мастильних матеріалів допускається зберігати на полі в закритих ємкостях на відстані не менше 100 м від хлібних масивів, скирт, тюків. Місце зберігання повинно бути оборане смугою не менше 4 м.

12. В випадку загорання бензину або дизельного пального вогонь необхідно засипати піском або землею, накрити мокрим рядном або брезентом. Заливати вогонь водою категорично забороняється.

13. Під час роботи комбайна в полі необхідно слідкувати за станом хлібних масивів з метою своєчасного виявлення пожежі.

14. При сильному вітрові, коли створюються небезпечні умови швидкого розповсюдження пожежі, робота комбайнів тимчасово повинна бути зупинена.

15. Всі механізатори повинні бути навчені на випадок виникнення пожежі і знати, як викликати пожежні служби.

16. Необхідно строго дотримуватись наступних правил:

- не паліть, не проводьте зварювальні роботи, не застосовуйте всі види відкритого полум'я на комбайні, хлібних масивах і в зоні на відстані менше 30 метрів від них;

- не залишайте заповнений соломною копнувач на час тривалих зупинок;

- не спалюйте пожнивні залишки ближче 200 метрів від хлібних масивів;

- не застосовуйте відра і інші відкриті ємності для заправки паливних баків;

- не починайте збирання хлібного поля великої площі, не розбивши його на ділянки денної виробки (розділіть поле поздовжніми і поперечними прокосами шириною не менше 8 метрів, які необхідно проорати смугою шириною не менше 4 метрів);

- не починайте збиральних робіт, якщо відсутній трактор з плугом для швидкого оборювання непередбаченого вогнища пожежі;

- не працюйте на комбайні з не відрегульованими системами живлення і запуску двигуна, а також при відсутності на двигуні капота і протипожежних екранів;

- не працюйте з невідрегульованими привідними пасами, які допускають пробуксовку;

- не вивантажуйте зерно з комбайна в автомашини, вихлопні труби яких не обладнані іскрогасниками.

Виконання приведених вище правил техніки безпеки і протипожежної безпеки дозволить обслуговуючому персоналу експлуатувати зернозбиральний комбайн без травм і трагічних випадків, а також попередити виникнення пожеж на полі.

## 7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У степовій зоні України виробництво зернових культур завжди було і залишається головним джерелом грошових надходжень у господарства. Вирощування круп'яних культур, зокрема і гороху, в умовах війни дає можливість господарствам отримувати дохід і виживати в цих складних умовах.

На сьогодні в Україні багатьма фірмами пропонується високоякісна зернозбиральна техніка провідних закордонних фірм. Головним недоліком цього є висока ціна цих машин і більшість господарств не мають змоги купити нову техніку. Тому питання удосконалення існуючої є досить актуальним.

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий комбайн	Модернізований
Продуктивність, га/год.	1,9	2,2
Питомі витрати палива, кг/га	17,8	13,53
Вартість комбайна, грн.	1455000	1540000
Врожайність гороху, ц/га	32	32

Основними економічними показниками процесу збирання гороху базовим і вдосконаленим зернозбиральним комбайном є затрати праці, прямі експлуатаційні затрати, питомий і річний економічний ефект, строк окупності затрат на модернізацію.

Затрати праці на збиранні пшениці зернозбиральним комбайном визначаються за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W_{\Gamma}}, \quad (6.1)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_{\Gamma}$  – продуктивність зернозбирального комбайна за годину, га/год.

Затрати праці при збиранні гороху базовим комбайном будуть дорівнювати:

$$Z_{\text{п.б}} = \frac{1}{1,9} = 0,53 \text{ люд.год./га.}$$

Затрати праці при збиранні врожаю вдосконаленим комбайном будуть дорівнювати:

$$Z_{\text{п.м}} = \frac{1}{2,2} = 0,45 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при збиранні гороху модернізованим комбайном становить 0,08 люд.год./га.

Розрахунок прямих експлуатаційних затрат на збиранні проводиться за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (6.2)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$C_a$  – амортизаційні відрахування, грн./га;

$C_p$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$  – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору проводиться за виконану норму по 6-му розряду тарифної сітки. Враховуючи, що з 1 квітня 2024 р. мінімальна заробітна плата становить 8000 грн., оплата за норму виробітку становить 348 грн. [26]. За 1 га зібраного поля основна оплата праці становить:

$$C'_o = \frac{C^T}{W_{\text{зм}}} \quad (6.3)$$

де  $C^T$  - оплата праці за норму виробітку по тарифній сітці.

При роботі на базовому комбайні оплата праці механізатору за 1 га зібраної площі становить:

$$C'_{o.б} = \frac{348}{13,3} = 26,2 \text{ грн./га}$$

При цьому на основну оплату механізатору в господарствах проводять нарахування:

- за інтенсивність праці – до 12 %;
- за високу професійну майстерність – до 24 %;
- за виконання особливо важливих робіт – до 50 % окладу;
- за класність механізатору 1-го класу – до 20 % .

Для механізатора, який працює на базовій машині, ці доплати відповідно становлять: 3,1 грн./га; 6,3; 13,1 і 5,2 грн./га. Загальна зарплата з доплатами для механізатора на збиранні зернових базовим комбайном становить:

$$C''_{o.б} = 26,2 + 3,1 + 6,3 + 13,1 + 5,2 = 53,9 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування і інше, що становить 27,5 грн./га. Тоді загальна зарплата з нарахуваннями для механізатора, який працює на базовому зернозбиральному комбайні, становить:

$$C_{o.б} = 53,9 + 27,5 = 81,4 \text{ грн./га.}$$

При роботі на модернізованому зернозбиральному комбайні оплата праці механізатора за 1 га зібраної площі буде дорівнювати:

$$C'_{o.м} = \frac{348}{15,4} = 22,6 \text{ грн./га.}$$

Вказані вище доплати для цієї основної оплати праці будуть відповідно дорівнювати: 2,7 грн./га; 5,4; 11,3 і 4,5 грн./га. Основна оплата праці з доплатами буде дорівнювати:

$$C''_{o.м} = 22,6 + 2,7 + 5,4 + 11,3 + 4,5 = 46,5 \text{ грн./га.}$$

Нарахування на соціальне страхування і інше становить 23,7 грн./га. Загальна оплата праці з нарахуваннями для механізатора, який працює на модернізованому зернозбиральному комбайні, становить:

$$C_{o.м} = 46,5 + 23,7 = 70,2 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію зернозбирального комбайна визначаються

по формулі:

$$C_a = \frac{S_m \cdot j}{100 \cdot T_K \cdot W_G}, \quad (6.4)$$

де  $S_m$  – балансова вартість зернозбирального комбайна, грн.

$j$  – норма річних відрахувань на амортизацію комбайна, %;

$T_K$  – річне завантаження комбайна, год. (приймаємо за нормативами 160 год.).

За нормативами [26] річна норма відрахувань на амортизацію для зернозбиральних комбайнів складає 21,93%. Витрати на амортизацію для в випадку застосування базового зернозбирального комбайна будуть дорівнювати:

$$C_{a.б} = \frac{1455000 \cdot 21,93}{100 \cdot 160 \cdot 1,9} = 1019,5 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні витрати для модернізованого комбайна будуть становити:

$$C_{a.м} = \frac{1500000 \cdot 23,93}{100 \cdot 160 \cdot 2,2} = 1019,7 \text{ грн./га.}$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування зернозбирального комбайна визначаються аналогічно, тільки норма річних відрахувань становить 10 % від вартості комбайна. Для базової машини вони становлять:

$$C_{р.б} = \frac{1455000 \cdot 10}{100 \cdot 160 \cdot 1,9} = 478,6 \text{ грн./га.}$$

Для модернізованого комбайна витрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$C_{р.м} = \frac{1500000 \cdot 10}{100 \cdot 160 \cdot 2,2} = 426,1 \text{ грн./га.}$$

Питомі витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються рівнянням:

$$C_{пмм} = g_{га} \cdot Ц_T, \quad (6.5)$$

де  $g_{га}$  – витрати палива на збиранні 1 га зернових культур, кг/га;

$Ц_t$  – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і залежить від марки двигуна, машини і ціни на ринку (постачальника). Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для зернозбиральних комбайнів становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'єму закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 53,8 грн./кг. Питомі витрати палива на 1 га зібраної площі беремо з технічної характеристики комбайна. Тоді питомі затрати на паливо і мастильні матеріали для базового комбайна будуть дорівнювати:

$$C_{\text{ПММ.б}} = 17,8 \cdot 53,8 = 957,6 \text{ грн./га.}$$

Для модернізованого зернозбирального комбайна:

$$C_{\text{ПММ.м}} = 13,53 \cdot 53,8 = 727,9 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі затрати на збиранні зернових культур базовим зернозбиральним комбайном становлять:

$$C_б = 81,4 + 1019,5 + 478,6 + 957,6 = 2537,1 \text{ грн./га.}$$

Аналогічні затрати на збиранні модернізованим комбайном:

$$C_м = 70,2 + 1019,7 + 426,1 + 727,9 = 2243,9 \text{ грн./га.}$$

Економічний ефект при впровадженні розробок в виробництво в порівнянні з базовою машиною буде становити:

$$E = C_б - C_м = 2537,1 - 2243,9 = 293,2 \text{ грн./га.} \quad (8.6)$$

При впровадженні на площі 800 га річний економічний ефект становить:

$$E_{p.1} = 293,2 \cdot 800 = 234560 \text{ грн.}$$

Впровадження модернізованого зернозбирального комбайна дозволить також знизити втрати і пошкодження зерна на 5 – 10 % в порівнянні з базовою машиною. При врожайності гороху 32 ц/га 5 % втрат становить 1,6 ц/га. При



вартості гороху 7750 грн./т економічний ефект від запобігання втрат становить 1240 грн./га, а річний економічний ефект при впровадженні на площі 800 га:

$$E_{p,2} = 1240 \cdot 800 = 992000 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 - Основні економічні показники проекту

Назва показників	Базовий комбайн	Модернізований
1. Продуктивність, га/год.	1,9	2,2
2. Затрати праці, люд.год./га	0,53	0,45
3. Економія затрат праці, люд.год./га	-	0,08
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн/га:	2537,1	2243,9
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	81,4	70,2
амортизаційні відрахування	1019,5	1019,7
витрати на ремонт і ТО	478,6	426,1
витрати на паливо і мастила	957,6	727,9
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	293,2
6. Економічний ефект від зменшення втрат зерна при збиранні, грн./га	-	1240
7. Річний економічний ефект, грн.	-	1226560
8. Затрати на модернізацію машини, грн.	-	45000
9. Строк окупності затрат, років	-	0,04

Загальний річний економічний ефект від впровадження в виробництво модернізованого комбайна становить:

$$E = 234560 + 992000 = 1226560 \text{ грн.}$$

Основні економічні показники проекту представлені в табл. 6.2.

Строк окупності затрат на модернізацію зернозбирального комбайна визначається за формулою:

$$O_3 = \frac{C_m}{E} \quad (6.7)$$

$$O_3 = \frac{45000}{1226560} = 0,04 \text{ року}$$

### В И С Н О В О К

Проведені розрахунки показали, що вдосконалення молотильного апарату зернозбирального комбайна дає відчутний економічний ефект – 1226560 грн. в рік. Затрати на модернізацію машини окупаються на протязі першого року експлуатації комбайна.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Нами проведено аналіз основних характеристик гороху і агротехнічних вимог до збирання урожаю і визначено основні показники, які повинен забезпечити удосконалений зернозбиральний комбайн.

2. На підставі аналізу конструкцій сучасних зернозбиральних комбайнів і молотильних апаратів ми визначили основний напрямок удосконалення конструкції молотарки для збирання гороху.

3. Розроблений модернізований вузол молотильного апарату дозволяє покращити якість обмолоту, знизити втрати зерна і його пошкодження. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні параметри і режим роботи молотильного апарата, які були взяті за основу при конструкторських розробках вузла.

4. Розроблені заходи з техніки безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажів з механізаторами на робочому місці перед початком збиральних робіт і покращать стан охорони праці в господарстві.

5. Економічний ефект від впровадження розробок становитиме 1226560 грн. за рік. Затрати на модернізацію зернозбирального комбайна окупаються на протязі першого року експлуатації машини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чому варто вирощувати горох в Україні// <https://agro-e.com.ua/chomu-varto-vyroshchuvaty-horokh-v-Ukrayini>.
2. Значення гороху// <https://agrosience.com.ua/plant/znachennya-gorokhu>.
3. Виробництво гороху в Україні значно скоротилось через війну// 8 травня, 2023. - <https://superagronom.com/news/17124-virobnitstvo-gorohu-v-ukrayini-znachno-skorotilos-cherez-viynu>.
4. Лиса А. Український горох: як змінилося виробництво за період повномасштабної війни// <https://landlord.ua/news/ukrainskyi-horokh-iak-zminylosia-vyrobnitstvo-za-period-povnomasshtabnoi-viiny/>.
5. Через війну Україна втратила значні посіви горох // <https://agropolit.com/news/25576-cherez-viynu-ukrayina-vtratila-znachni-posivi-gorohu>.
6. Ботанічна характеристика та біологічні особливості гороху// [https://ukrsoja.at.ua/index/botanichni\\_vlastivosti\\_gorokhu/0-72](https://ukrsoja.at.ua/index/botanichni_vlastivosti_gorokhu/0-72).
7. Тимчук В., Кириченко В., Петренкова В., Бондаренко Є., Цехмейструк М., Буряк Ю. Рекомендації до збирання ранніх зернових та зернобобових// <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/582-rekomendatsii-do-zbyrannia-rannikh-zernovykh-ta-zernobobovykh.html>.
8. Маслак О. Аналітика: Ринок зерна// Пропозиція. - № 10, 2016.–с. 15-19.
9. Мельник Л.Л. Проблемні питання щодо напрямів використання зерна в Україні/ Л.Л.Мельник, С.В.Васильєв, В.О.Олексюк// Агросвіт. - 2015. - №22. - С. 11-17.
10. Маслак О. Прогноз розвитку ринку зерна/ О.Маслак// Агробізнес сьогодні.- №21(292), листопад 2014. С.12-14.
11. Марченко В.В., Опалко В.Г. Пропозиції на ринку зернозбиральних комбайнів//Аграрна техніка та обладнання. - №2 (7), 06. 2009. - с. 26-31.
12. Войтюк Д., Надточій О., Войтюк В., Демко А., Демко О. Аналіз ринку

зернозбиральних комбайнів України// Пропозиція, 2008. №12. – с. 17-20.

13. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 2, кн. 1) Зернозбиральні машини. – Х.: Око, 2003. – 376 с.

14. Бондар О. Зернозбиральний голод//Пропозиція. -№ 4, 2006.–с.108 – 110.

15. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1 і 2): Зернозбиральні машини. – Харків.: Око, 2004.

16. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

17. Погорілий Л.В., Коваль С.М. Напрямки розвитку конструкцій і узагальнені технологічні показники зернозбиральних комбайнів / Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип.. 9. – 1998. – с. 107 – 117.

18. Погорілий Л., Коваль С. Порівняльний аналіз конструкцій і експлуатаційних показників сучасних зернозбиральних комбайнів// Техніка в землеробстві. - №5, 2002. – с. 8 – 10.

19. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський держ. аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

20. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос, та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1995. – 384 с.

21. Демко А.А., Демко С.А. Дослідження фонду часу зміни при роботі зернозбиральних комбайнів через показники технічної і технологічної надійності// Науковий вісник НАУ. – Вип. 9, 1997. – с. 245 – 255.

22. Демко С.А. Реалізація продуктивності зернозбиральних комбайнів за допустимий агротехнологічний строк жнив/Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том VI. “Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин”.- Київ: НАУ, 1999. – с. 234-239.

23. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

24. Целинський В.П. Охорона праці в рослинництві. – К.: Урожай, 1991. – 80 с.

25. Комбайн сьогодні, гроші – завтра!// Пропозиція. -№ 4, 2003.– с. 92–93.

26. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.