

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” 2024 р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)

магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Обґрунтування параметрів багато барабанного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Гутевич А.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	8
1.1 Особливості технологічного процесу обмолоту та агротехнічні вимоги до процесу	8
1.2. Аналіз конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів	11
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1. Модель технологічного процесу обмолоту і сепарації маси МСП	20
2.2. Вплив параметрів та факторів на процес обмолоту і сепарації	22
2.3 Моделювання процесу обмолоту і сепарації зерна в молотильному зазорі МСП	26
2.4 Методика експериментальних досліджень	30
2.4.1 Методика експериментальних досліджень	30
2.4.2. Методика проведення експериментальних досліджень	32
2.5. Вплив конструкційно - технологічних параметрів роботи МСП на показники якості обмолоту та сепарації зернової маси пшениці	34
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
3.1. Охорони праці щодо дотримання вимог безпеки при проведенні зернозбиральних робіт	37
3.2 Вимоги щодо безпеки під час збирання зернових	38
Висновок по 3 розділу	39
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
4.1. Вихідні дані для розрахунку	40
4.2 Економічна ефективність застосування модернізованого багатобарабанного МСП	42
Висновки за 4 розділом	44
Загальні висновки	46
Список використаних джерел	48

РЕФЕРАТ

Гутевич А.С. Обґрунтування параметрів багато барабанного молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна (Дипломний проект, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 50 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 21 рисунки, 2 таблиць, 32 джерела літератури).

Дипломний проект присвячений питанню підвищення ефективності процесу обмолоту та сепарації хлібної маси молотильно-сепарувального пристрою. Досліджено процес дії бичів молотильних барабанів на хлібну масу, вплив параметрів та режимів роботи барабанів на процес обмолоту та сепарації зерна в МСП.

Мета досліджень –підвищення ефективності робочих процесів обмолоту та сепарації зернової маси зернозбиральними комбайнами шляхом удосконалення та використання багатобарабанної конструкції МСП з раціональними конструкційно-технологічними параметрами роботи.

Об'єкт досліджень - технологічний процес обмолоту та сепарації зерна багатобарабанним МСП, його параметри та режими роботи.

Предмет досліджень – закономірності впливу конструкційно – технологічних параметрів МСП на ефективність обмолоту і сепарації зерна.

Ключові слова: ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, БАРАБАНИ, АНАЛІЗ, МОДЕЛІ, ПАРАМЕТРИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, РЕЖИМИ.

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво зерна було і залишається одним з головних завдань сільського господарства. Збирання зернових культур є найбільш відповідальним і напруженим періодом за термінами та обсягом робіт, на неї припадає значна частина всіх трудовитрат. Збирання врожаю - завершальна операція технологічного процесу вирощування зернових.

У зв'язку з цим розвиток вітчизняного комбайнобудування є стратегічним напрямком технічної політики в забезпеченні виробництва зерна.

Молотильно-сепаруючі пристрої (МСП) є одними з головних елементів, що визначають продуктивність зернозбиральних комбайнів та обумовлюють якісні показники роботи комбайна в цілому. Одним із шляхів зменшення затрат на збиранні зернових є диференціація процесів обмолоту зернової маси зернозбиральними комбайнами, що зумовлює покращення технологічних (пропускна здатність) та якісних (втрати) показників їх роботи. Це вимагає удосконалення конструкцій МСП зернозбиральних комбайнів.

Створення нових МСП йде переважно по шляху вдосконалення традиційних принципів і ускладнення базових конструкцій з одночасним збільшенням габаритних розмірів. Все це повною мірою відноситься і до МСП, від поліпшення роботи яких залежить ефективність виконання технологічних функції сепаруючих систем та якістю роботи всього зернозбирального комбайна в цілому. Однак за більш ніж вікову історію розвитку та безперервних експериментально - теоретичних досліджень молотильний апарат не зазнав істотних конструкційних змін і кінематичних параметрів. Більш ефективне використання цих результатів неможливе, тому що вони отримані за різних агрофонах, тому багато в чому неповні, часто суперечливі і з труднощами піддаються теоретичним узагальненням.

Подібна ситуація пояснюється широким діапазоном зміни фізико -

механічних властивостей маси, що обмолочується, різноманітням і складністю фізичних явищ і процесів, що відбуваються в молотильній системі, мають статистичну природу і нелінійний характер залежностей, що протікають у МСП, і супроводжуються ударними впливами при наявності сил тертя та інших видів силового навантаження, а також різного виду коливанням.

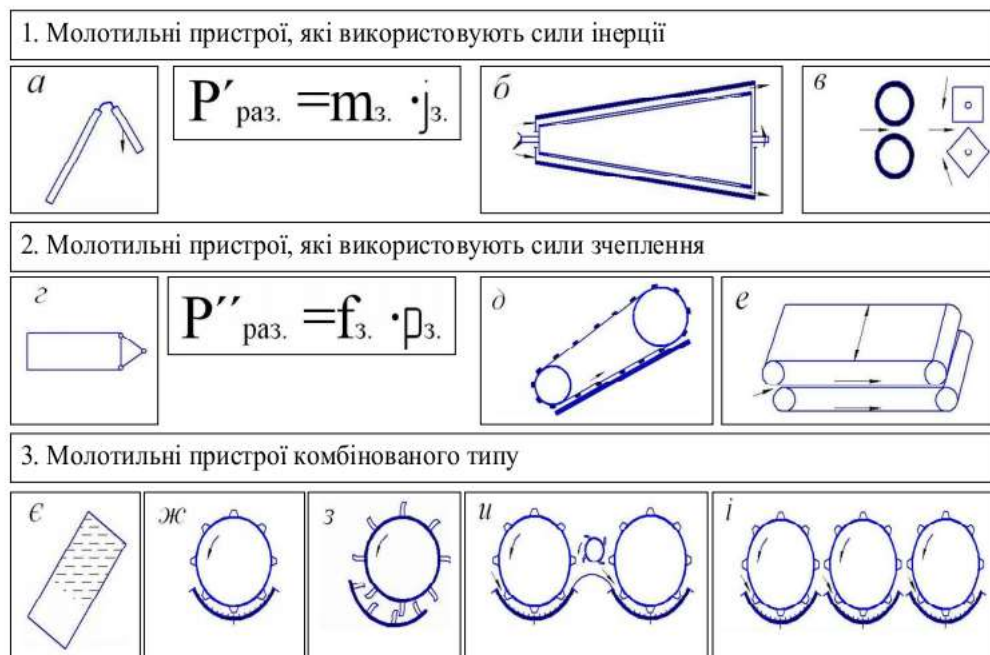
РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Особливості технологічного процесу обмолоту та агротехнічні вимоги до процесу

При створенні і розробці МСП використані різні способи дії робочих органів на матеріал для виділення зерна із колоса. За ознакою дії робочих органів МСП на хлібну масу вони діляться на наступні групи: (рис 1.1):

- з використанням сили інерції для порушення зв'язку зерна з колосом, волоттю, качаном, кошиком у залежності від виду сільськогосподарської культури, яку обмолочують [25];
- з використанням сили зчеплення робочих органів з хлібною масою [85];
- з використанням комбінованої дії робочих органів на матеріал, сили інерції і сили зчіплення - комбіновані сили [25].
- Аналіз конструкцій МСП та їх наявність на виробництві показує, що найбільш поширеними є системи обмолоту з комбінованою дією робочих органів на матеріал. До цих систем обмолоту відноситься МСП барабанного типу.
- За рахунок різниці сил зчеплення стебел з робочими органами барабана і дека та сили зчеплення стебел між собою. На процес обмолоту в значній мірі впливає міцність зв'язку зерна з колосом, качаном, бобом. Зв'язок зерна з колосом, качаном, бобом залежить від виду культури, стадії стиглості, вологості, сорту, розмірів, маси та інших факторів. Крім того, на процес обмолоту значний вплив має міцність зерна, яка залежить від будови зернівки, стиглості, вологості та інших фізико - механічних властивостей культури. Тому в процесі обмолоту і механічної дії на хлібну масу необхідно враховувати міцність зерна і стебла рослини, міцність зв'язку зерна з колосом.
-



а – цеп; б– молотильна центрифуга; в– вібраційно – ударний молотильний пристрій; г– молотильні сани; д– молотарка Британського національного інституту; е– молотильний пристрій для вібраційного обмолоту; є – єгипетська гребінка; ж– бильний барабан; з– штифтовий барабан; и – двохбарабанна молотарка; і – трибарабанна молотарка

Рисунок 1.1 – Класифікація молотильних пристроїв за принципом дії на матеріал

Показники обмолоту і сепарації залежать від орієнтації рослин при подачі їх у робочий зазор між барабаном і декою. Якщо вони подаються колосом вперед «по ходу руху маси», то недомолот зменшується, подрібнення зерна збільшується, а коефіцієнт сепарації зменшується. Коефіцієнт засміченості зерна, яке подається на очистку після МСП, залежить від кутової швидкості барабанів, робочих зазорів між барабаном і декою, вологості рослинної маси.

На процес обмолоту в значній мірі впливає швидкість обертання барабана і сила ударів бича по хлібній масі: чим більша швидкість обертання барабана і менший зазор між бичами і планками дека, тим менший недомолот і тим більше може бути подрібнення зерна і соломи. Надмірна сила удару по колосу приводить до травмування зерна. Так, за результатами досліджень

[103], сухе зерно легко руйнується при кутовій швидкості барабана 68 рад/с. Для обмолоту вологого зерна необхідно збільшити кутову швидкість барабана до 85 рад/с. [13]

На вимолот зерна в значній мірі впливає співвідношення маси зерна до соломистої частини рослини.

Співвідношення зерна до соломистої частини рослини визначають за коефіцієнтом соломистості із виразу:

$$\beta = \frac{m_c}{m_z + m_c},$$

де β – коефіцієнт соломистості %;

m_c – маса соломистих частин рослин, кг;

m_z – маса зерна, кг.

Значний вплив на процес обмолоту мають фізико-механічні властивості зерна і соломистих частин рослин, їх уміст в загальній масі продуктів обмолоту (полова, зерно, солома, листя і т.д.) [19, 23].

Згідно вимог до процесу обмолоту [1 - 2, 17, 32] висуваються наступні агротехнічні вимоги.

Рівномірне зрізання на висоті 5 - 20 см. Втрати при збиранні пшениці за жнивваркою при вологості зерна 13 - 18 % і соломи 10 - 20 %, співвідношенні зерна до соломи 1:1, допустимі значення коефіцієнтів: недомолоту зерна складають - 0,5 %, подрібнення для насінневого зерна - 1 % і 2 % - для фуражного зерна. Чистота зерна в бункерах повинна бути не нижче 97 %. При укладанні соломи у валок ширина валка - не більше 150 см.

Якість роботи молотильних пристроїв оцінюється коефіцієнтами: недомолоту, сепарації, подрібнення й засміченості зерна, яке поступає на очистку.

1.2 Аналіз конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів

Аналіз конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв показує, що для обмолоту сільськогосподарських культур розроблено ряд пристроїв, у яких в якості основного обмолочуючого органа використані вальці, бітери, молотки, шнеки, лопаті, прутки, диски, барабани [10, 15, 26, 30].

Але із всіх відомих конструкцій широке використання отримали лише МСП, яких основним робочим елементом є барабан (ротор) [24, 28].

Розглядаючи всю гамму варіантів конструкцій барабанних (роторних) МСП за механіко - технологічними принципами обмолоту і сепарації хлібної маси, можна розділити на наступні групи (рис. 1.2) за конструкцією робочого молотильного елемента - штифтові, бильні; за кількістю молотильних барабанів - однобарабанні, двобарабанні і багатобарабанні; за способом переміщення маси в МСП - тангенціальні, аксіальні, поперечно зміщені. Із відомих конструкційно - технологічних схем обмолоту та сепарації зерна, конструкції МСП сучасних комбайнів можна розділити на три основних типи: класичну, роторну і комбіновану [22 - 26].

Конструкція МСП з класичною схемою обмолоту складається з обертового барабана і нерухомої деки. За конструкцією барабани бувають штифтові і бильні (рис. 1.3). У штифтових МСП на барабанах закріплені штифти - зуби, а в бильних - рифлені біла - бичі. У штифтових МСП деко має зуби, які подібні зубам, що розміщені на барабані. Конструкція дека може бути секційною: крайні секції дека - зубові, середня - решітна. Деко бильного МСП, як правило, прутково - планчате.

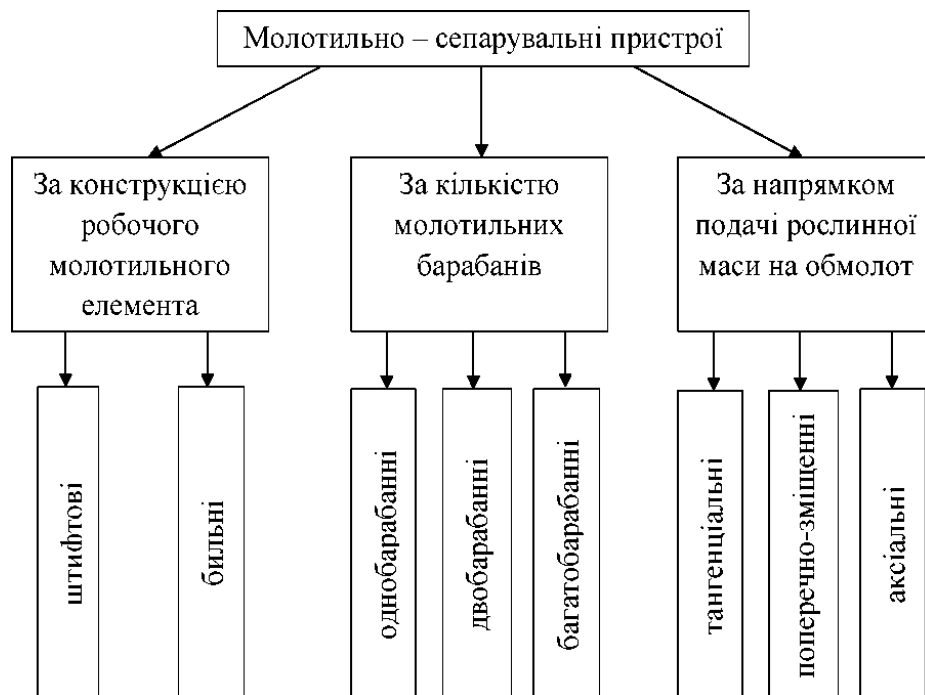


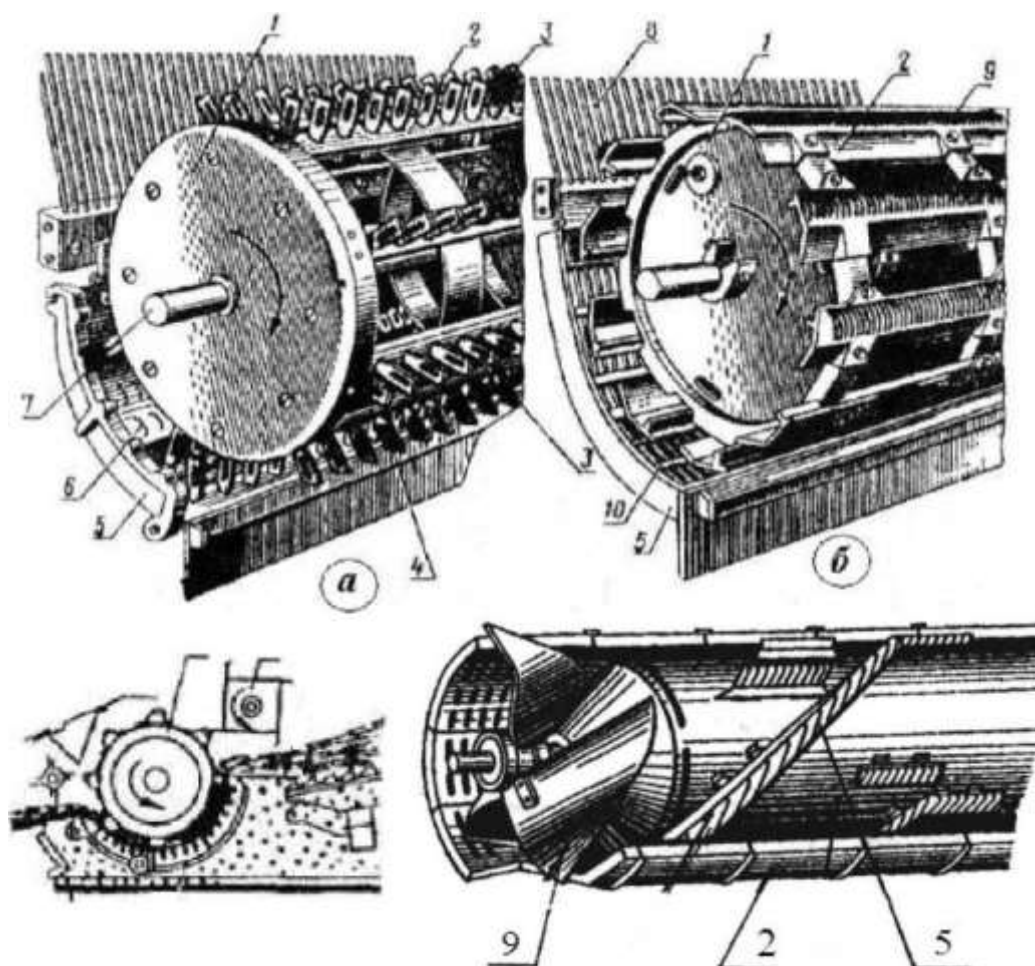
Рисунок 1.2 - Класифікація молотильних пристроїв

Штифтові МСП інтенсивніше ніж бильні вимолочують зерно, особливо при підвищеній вологості рослинної маси. Однак вони менш універсальні, більше перебивають соломку, через що збільшується навантаження очистки подрібненими домішками соломи.

МСП з тангенціальною подачею хлібної маси в робочий зазор між барабаном і деком (або, як прийнято вважати, з “класичною схемою обмолоту”) забезпечують практично повний обмолот зерна з мінімальним його травмуванням. Висока швидкість прискорення хлібної маси і гранично мала довжина її шляху (експозиція руху) в молотильному зазорі не дає можливості забезпечити повну сепарацію зерна. За даними багатьох джерел [11, 15, 26, 29], сепарація зерна крізь підбарабання складає 75 - 90 %.

Особливістю аксіально-роторних МСП є те, що в них бильний молотильний апарат і клавішний соломотряс замінені одним робочим органом - ротором. Вимолот зерна здійснюється переважно за рахунок протягування хлібної маси бичами в робочому зазорі між ротором і підбарабанням [10, 18]. Час перебування хлібної маси в молотильному зазорі і кількість впливів на хлібну масу в роторних пристроях у 4 - 10 разів більше, ніж у МСП з класичною схемою обмолоту, що дає змогу забезпечити більш

сприятливі умови для обмолоту і сепарації зерна в одному пристрої. За способом подачі хлібної маси в ротор їх можна розділити на кілька типів.



а дек;
4 - штифт барабана; 5 - вичи; 6 - поперечна планка; 7 - приймальні отвори;
8 - відбійний бітер; 9 - крильчатка.

Рисунок 1.3 - Схеми обнобарабанних - декових молотильних пристроїв

Хлібна маса в комбайнах з аксіальним МСП може подаватись, як в аксіальному (наприклад, як у комбайнах Case IH, John Deere, New Holland, Полесьє, КРТ - 10 "Дон Ротор"), так і в тангенціальному напрямках (наприклад, як у комбайнах Claas, John Deere, New Holland) [12 - 18]. Поздовжньо розміщені ротори з аксіальною подачею хлібної маси (рис. 1.4, тип А) мають складні конструкції для прийому і зміни напрямку руху хлібної маси, яка подається на обмолот. В комбайнах фірми "Інтернейшел

Харвестер” цю задачу виконує крильчатка (рис. 1.4, тип А - 1), яка складається із трьох встановлених під крутим кутом лопатей; в комбайнах “New Holland” - багатозахідні шнеки (рис. 1.4, тип А 1 - 1). Крім того, такі аксіальні МСП повинні мати потужний механізм привода ротора з кутовою передачею потужності від двигуна до ротора.

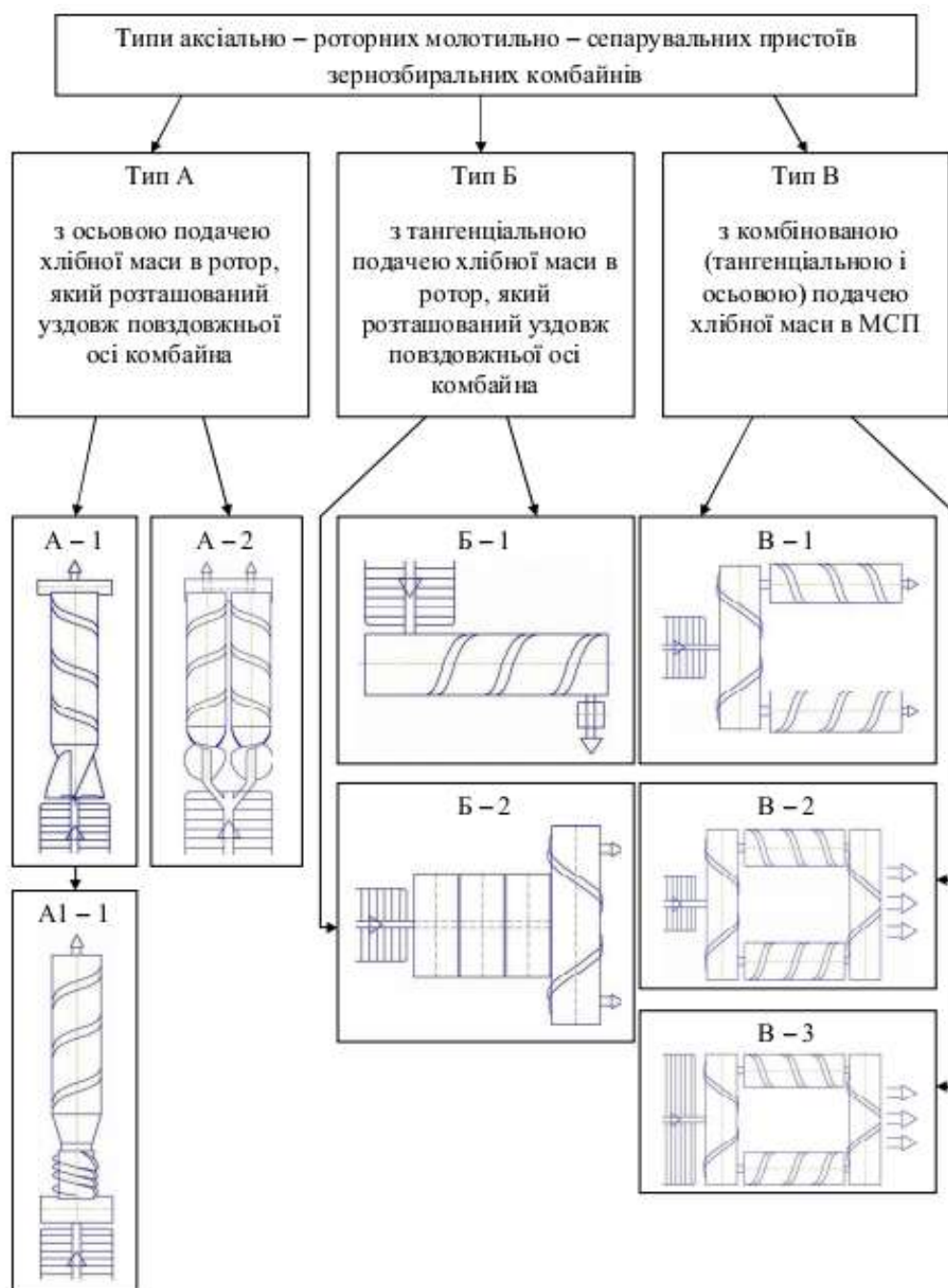
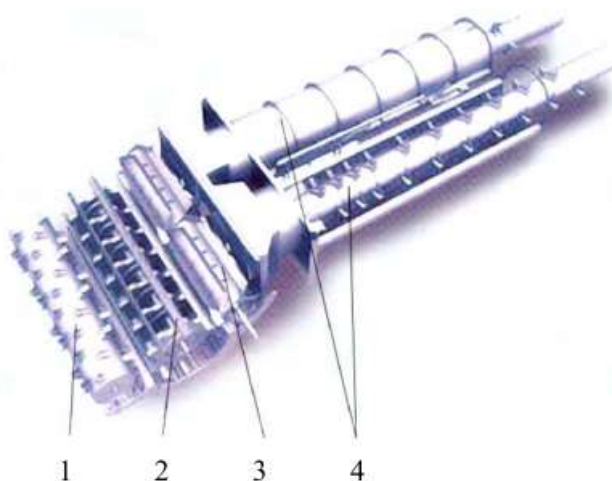


Рисунок 1.4 - Класифікація аксіально-роторних МСП

Механізм привода ротора з тангенціальною подачею хлібної маси(рис.

1.4, тип Б) простіший за конструкцією, але при поперечному розміщенні ротора його довжина обмежена шириною комбайна. Здвоєні ротори (рис. 1.4, тип А - 2) через розділення хлібної маси на два потоки ускладнюють конструкцію і технологічний процес роботи МСП.

У комбайнах з класичною схемою обмолоту для повного відділення зерна від соломи раніше використовувався, в основному, клавійний соломотряс, але з часом появились комбіновані системи обмолоту і сепарації зерна. Слід відмітити систему сепарації грубого вороху ROTO PLUS комбайнів CLAAS, яка поєднує систему обмолоту та сепарації APS і двох аксіально-роторних соломо - сепараторів (рис. 1.5) [8, 13].



*1 - барабан-прискорювач; 2 - молотильний барабан; 3 - відбійний бітер;
4 - аксіально-роторні соломо сепаратори*

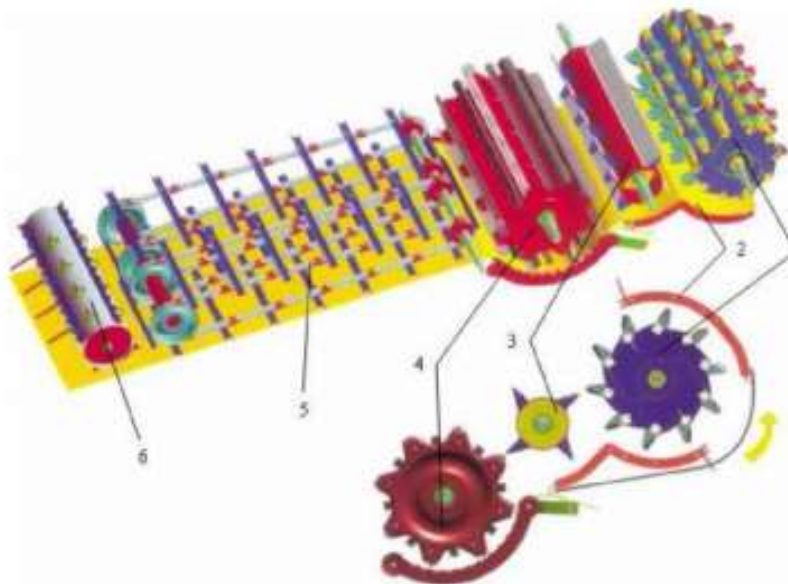
Рисунок 1.5 - Система сепарації грубого вороху ROTO PLUS комбайнів CLAAS серії LEXION 600, 580, 570, 570 С.

У високопродуктивних моделях комбайнів серії LEXION фірми CLAAS і серії CTS фірми JOHN DEERE застосовуються комбіновані МСП, в яких функцію соломотряса виконують роторні соломо - сепаратори з тангенціальною подачею [8, 12]. Комбайни серії LEXION фірми CLAAS і серії CTS фірми JOHN DEERE легко адаптуються для обмолоту всіх видів

культур. Обмолочений матеріал з молотильного барабана надходить до роторів за допомогою бітера, який не відбирає матеріал, а перекидає його через себе. Таке спрямування матеріалу дало змогу покращити якість зерна та соломи за рахунок меншого травмування.

У конструкції МСП комбайнів MASSEY FERGUSON серії BETA (рис. 1.6) для збільшення пропускної здатності МСП введено додатковий пальцевий бітер перед транспортером похилої камери, що забезпечує рівномірний розподіл потоку маси по ширині похилої камери, рівномірну її подачу в молотильний барабан, ефективний обмолот і сепарацію насіння.

Великий молотильний барабан діаметром 600 мм менше пошкоджує соломі. На відміну від інших комбайнів із ротаційним соломо - сепаратором у конструкціях МСП комбайнів серії BETA підбарабання ротаційного сепаратора має два положення - активне і пасивне. У разі, коли немає необхідності для диференціації обмолоту, підбарабання повертається і розташовується над сепаратором.



1 - сепаратор; 2 - підбарабання; 3 - відбійний бітер; 4 - молотильний барабан; 5 - транспортер похилої камери; 6 - пальцевий бітер.

Рисунок 1.6 - Схема молотильно - сепарувального пристрою комбайнів MASSEY FERGUSON серії BETA.

На відміну від інших комбайнів з ротаційним соломо - сепаратором в конструкції МСП комбайнів ВЕТА підбарабання ротаційного сепаратора має два положення активне і пасивне. У випадку, коли немає необхідності диференціювати обмолот, підбарабання повертається і розташовується над сепаратором [3, 10].

Відомі конструкції роторних сепараторів, у яких для виділення зерна із соломи використовують обертальні ротори, під якими розміщені решітчасті деки (рис 1.7). В сепараторах кількість роторів може бути різною: від двох - трьох до восьми і більше. У комбайнах “Командор 228” фірми “Клаас” у молотарці з класичною схемою обмолоту використано сепаратор соломи, який має вісім роторів із ступінчатим приводом, які очісують солому. Частота обертання роторів складає 810, 650, 540 і 430 хв⁻¹. Ротори для витрушування зерна соломи добре очісують і перевершують солому, але сильно перебивають її, тим самим ускладнюють роботу вітро - решітної очистки [15 - 17].

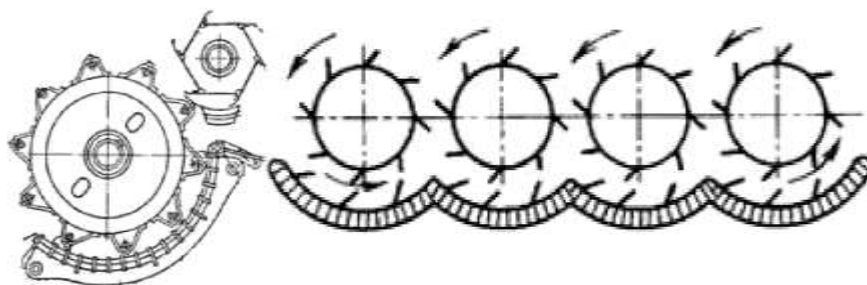
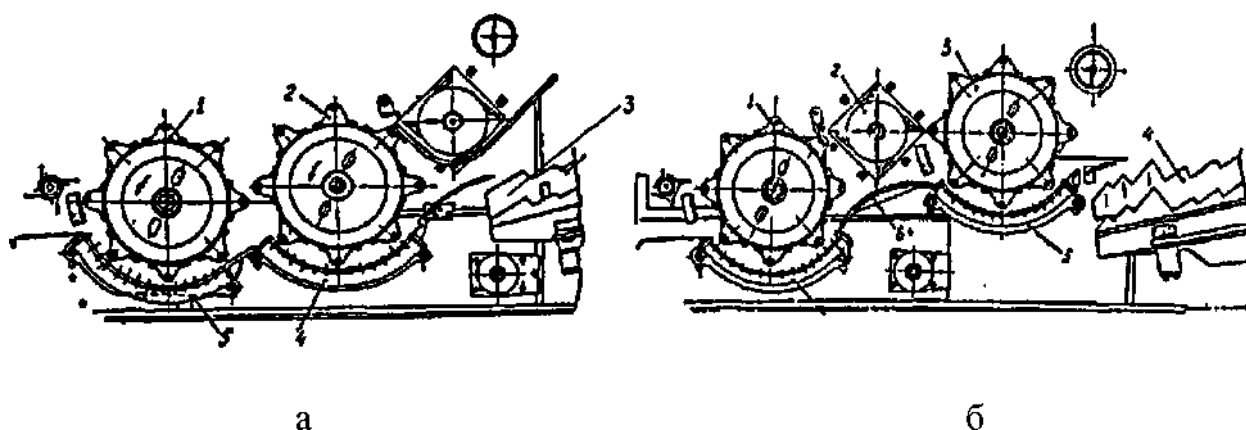


Рисунок 1.7 – Схема МСП комбайна “Командор 228” фірми “Клаас”

Особливість диференційного способу обмолоту хлібної маси (двофазного обмолоту) [6, 7] полягає в тому, що для обмолоту та сепарації зерна вибираються більш ощадні режими роботи молотильних барабанів - більш “м’який” режим роботи першого барабана і більш жорсткі режими роботи наступних барабанів (роторів), тим самим досягається зниження кількості травмованого зерна, покращується умови сепарації зерна.

Двохбарабанний молотильний апарат був встановлений в комбайні СКД, конструкцією МСП передбачено роздільний збір зерна [3, 25].

Існує дуже багато пропозицій щодо розміщення декількох барабанів за кордоном. Цими конструкціями передбачається підвищення продуктивності молотильних пристроїв, що складаються з комбінацій барабан-дека при обмолоті і, перш за все, при сепарації, щоб досягти практично повного відділення зерна від соломи без застосування інших органів. [3, 6, 12 - 15].



а - комбайна СКД, 1 - перший барабана; 2 - другий барабан; 3 - клавішний соломотряс; 4, 5 - деки зерна першої і другої фракції; б - комбайна СКД - 5, 1 - перший барабана; 2 - проміжний бітер; 3 - другий барабан; 4 - клавішний соломотряс; 5, 7 - деки; 6 - решітка.

Рисунок 1.8 - Схеми МСП комбайна СКД

Аналіз відомих конструкцій МСП зернозбиральних комбайнів, результатів проведених раніше досліджень процесу обмолоту і сепарації зерна та виробничого досвіду дозволяють зробити наступні висновки:

На даному етапі розвитку комбайнобудування найбільше розповсюдження в світі отримали МСП барабанного типу, такі пристрої прості та компактні за конструкцією, універсальні, надійні в роботі, вони добре вписуються в технологічну схему сучасних зернозбиральних комбайнів, однак мають ряд недоліків: висока швидкість прискорення хлібної маси в МСП і гранично мала довжина її шляху (експозиція руху) в

молотильному зазорі не дають можливості забезпечити повну сепарацію зерна. За даними багатьох джерел [4 - 5, 13, 29], сепарація зерна крізь підбарабання складає 75 - 90 %.

Використання МСП з аксіальним переміщенням хлібної маси в робочому зазорі між барабаном і деком дозволяє збільшити експозицію обробітку хлібної маси і, тим самим, диференціювати процес обмолоту та сепарації зерна. Але комбайни з поздовжньо розміщеними роторами мають складні конструкції для прийому і зміни напрямку руху хлібної маси, яка подається на обмолот. Крім того, такі конструкції МСП повинні мати потужний механізм привода ротора з кутовою передачею потужності від двигуна до ротора.

МСП, які мають здвоєні ротори, із-за розділення хлібної маси на два потоки ускладнюють конструкцію і технологічний процес роботи МСП.

Використання МСП в яких використано диференційний спосіб обмолоту та сепарації зерна, дає змогу вибору більш ощадних режимів роботи молотильних барабанів - більш "м'яких" режимів роботи першого барабана і більш жорстких режимів роботи наступних барабанів (роторів), що заслуговує на увагу і спонукає до необхідності проведення досліджень в напрямку модернізації та обґрунтування режимів роботи молотильних барабанів, які б дали змогу диференціювати процес обмолоту і сепарації зерна та зменшити його травмування.

Аналіз результатів досліджень диференційного способу обмолоту і сепарації зерна показує, що для опису процесу обмолоту отримано ряд емпіричних рівнянь, апроксимованих різними залежностями, в яких використано в основному експериментально - теоретичні методології досліджень. Звідси значна кількість варіантів рішень, багато з яких можна використати лише у вузькому інтервалі варійованих факторів і для окремих елементів конструкцій МСП. Крім того, в цих роботах недостатньо уваги приділено дослідженню процесу обмолоту і сепарації зерна багатобарабанными МСП, які складаються із двох і більше барабанів.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

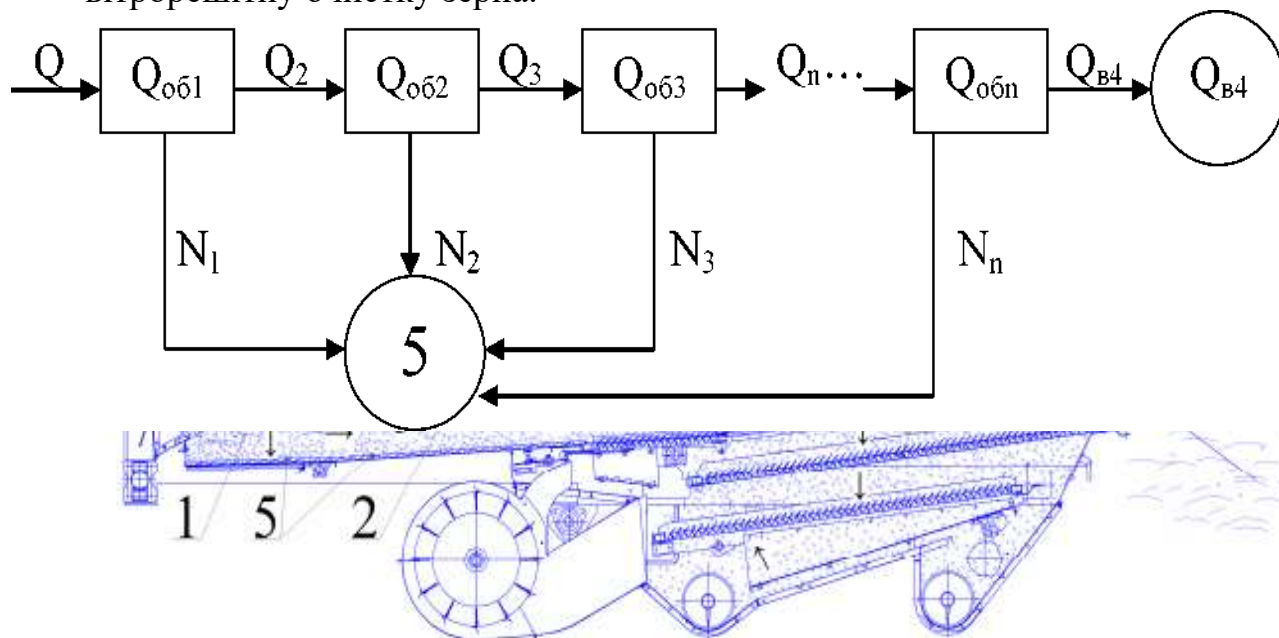
2.1 Модель технологічного процесу обмолоту і сепарації хлібної маси МСП

У даний час для диференціації процесу обмолоту і сепарації зерна, збільшення пропускної здатності і забезпечення високої якості роботи комбайнів спостерігається тенденція їх розвитку з використанням роторних багатобарабанных конструкційно-технологічних схем молотильно-сепарувальних пристроїв.

Це завдання може бути вирішене, так як такі молотильні пристрої при відповідному режимі мають підвищену сепарувальну здатність і розвантажують один з найбільш чутливих до перевантаження органів комбайна - соломотряс [17].

Для отримання моделі процесу обмолоту і сепарації хлібної маси МСП розглянемо процес його роботи (рис 2.1). У процесі роботи комбайна у кожен секунду часу зрізані стебла хлібної маси подаються жаткою в похилий транспортер і далі - в робочий зазор першого молотильного барабана МСП. Символом Q позначимо частку зерна в хлібній масі, що подається на обмолот і сепарацію в МСП. При сталому режимі роботи комбайна за умови відсутності пристроїв попереднього обмолочування $Q = 1$. При обмолочуванні значна частина продуктів обмолоту N_1 просівається через підбарабання 1 (рис 2.1) і потрапляє на стрясну дошку 5 та направляється на вітрорешітну очистку зерна. Частка зерна Q_2 , яка не вимолотилась на першому барабані, подається на другий барабан, де відбувається його обмолочування та сепарація. Частина продуктів обмолоту N_2 просівається через підбарабання 2 і потрапляє на стрясну дошку 5. Частка зерна Q_3 , яка не вимолотилась на першому і другому барабані подається на третій барабан. Тут відбувається дообмолочування залишку невимолоченого зерна, при цьому частина продуктів обмолоту N просівається через підбарабання 3 і потрапляє на стрясну дошку 5. Після молотильних барабанів солом'яна частина хлібної маси з незначною часткою

зерна $Q_{в4}$ подається в подрібнювач 4 і розкидається по полю. Потoki зернового вороху N_1 , N_2 та N_3 , які містять частки вільного зерна, зерна в колосках (недомолоту), полови, об'єднуються на стрясній дошці 5 і транспортуються на вітрорешітну очистку зерна.



1, 2, 3 - молотильні барабани і деки (підбарабання); 4 - подрібнювач;
5 - стрясна дошка; 6 - повітрянорешітна очистка

Рисунок 2.1 - Схема роботи молотарки комбайна КЗС “Славутич” з багатобарабанним МСП

На рис. 2.2 приведена структурна схема молотарки комбайна КЗС “Славутич”.

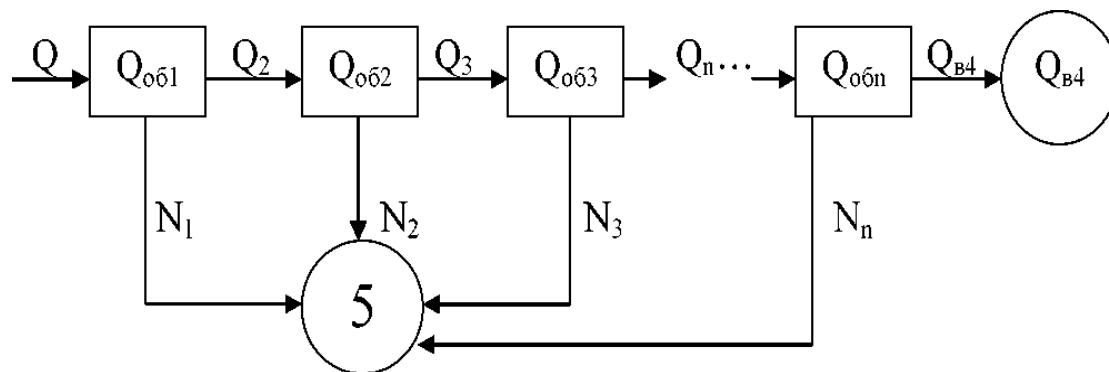


Рисунок 2.2 - Структурна схема молотарки комбайна КЗС “Славутич” з багатобарабанним МСП

Процес роботи молотарки умовно можна виразити в наступному вигляді:

$$Q = Q_{об1} + N_1 - Q_{об2} + N_2 - Q_{об3} + N_3 - \dots - Q_{обn} + N_n,$$

де $Q_{об1}$, $Q_{об2}$, $Q_{об3}$, - частки зерна обмолоченого першим, другим та третім барабанами, відповідно, кг;

N_1 , N_2 , N_3 - частки зерна від сепаровані крізь кожного із трьох барабанів,

Вимолот колосків залежить від кутової швидкості барабана, сили удару, кількості ударів, діаметра барабана і підпорядковується нормальному закону розподілу [20]. Тоді кількість обмолочених зерен $Q_{об1}$ знайдемо за формулою:

$$Q_{об1} = Q e^{-k(V_{\max} - V_{б1})^2}$$

де Q – загальна кількість маси, що поступила на обмолот, кг/с;

$V_{\max}$ – колова швидкість, при якій все зерно вимолочується ударом, м/с;

$V_{б1}$ – колова швидкість першого барабана, м/с;

k – коефіцієнт, який враховує фізико-механічними властивостями культури, $\text{с}^2/\text{м}^2$.

2.2 Вплив параметрів та факторів на процес обмолоту і сепарації

Кількість зернової маси, яка обмолочується і сепарується МСП, залежить від цілого ряду факторів.

Фактори, які мають найбільший вплив на процес обмолоту і сепарації: швидкість (інтенсивність) ударів, час знаходження (експозиція), кількість ударів, що зазнає хлібна маса в робочому зазорі між барабаном та декою.

Встановлена залежність, що D , кількість бичів, z кутова швидкість барабана, має значний вплив на процес обмолоту та сепарації МСП.

Розглянемо дію молотильного барабана діаметром D із z бичами на хлібну масу (рис. 2.3).

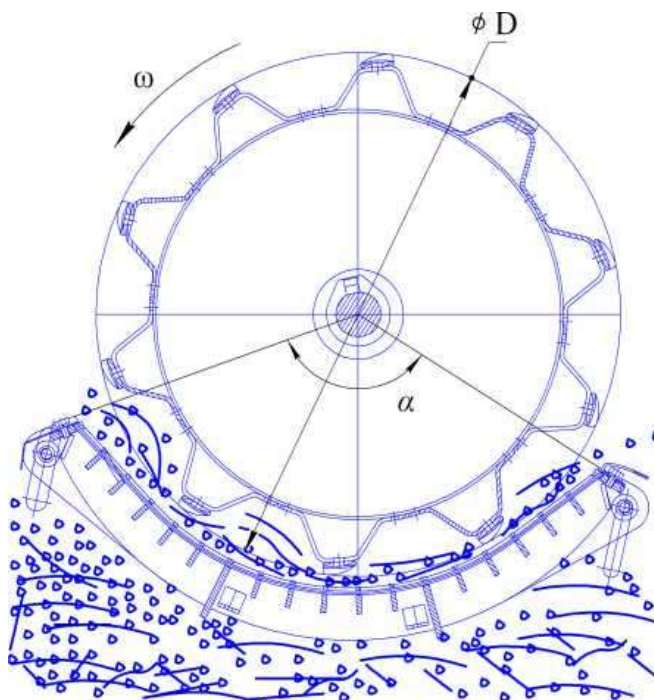


Рисунок 2.3 - Схема обмолоту і сепарації зерна в молотильному зазорі

При обертанні з кутовою швидкістю ω бичі барабана завдають ударів по хлібній масі, яка знаходиться в зазорі між барабаном та підбарабанням з кутом охоплення α , що стає причиною обмолоту і сепарації зерна в МСП.

Процес обмолоту та сепарації зерна в МСП залежить у першу чергу від кількості ударів, що зазнає зерновий матеріал під час обмолоту в молотильному зазорі і є функцією часу та залежить від положення порції на поверхні підбарабання (довжини підбарабання), швидкості руху маси в молотильному зазорі, кутової швидкості обертання, радіуса барабана та кількості бичів.

$$\frac{dn_{уд}}{dt} = f(l, V_M, D, z). \quad (2.1)$$

Для визначення кількості ударів, яка зазнає зерновий матеріал за час руху на ділянці підбарабання в молотильному зазорі, розглянемо порцію хлібної маси, що знаходиться на відстані від початку підбарабання та рухається зі швидкістю (рис. 2.4).

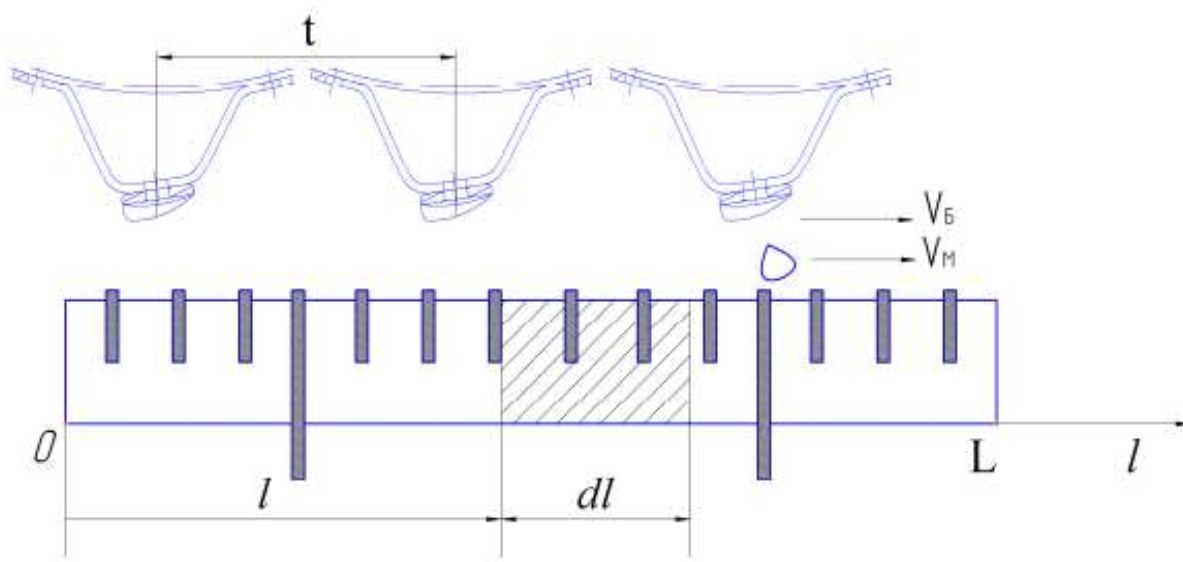


Рисунок 2.4 - Схема до визначення кількості ударів бичів барабана по порції хлібної маси

За час dt маса пройде відстань dl :

$$dl = V_M(t) \cdot dt. \quad (2.2)$$

Відстань L , яку проходить маса в молотильному зазорі, можна визначити із залежності:

$$L = f(t) = \int_0^{t_1} V_M(t) \cdot dt. \quad (2.3)$$

У той же час маса зазнає дії (ударів) бичів молотильного барабана.

$$\frac{dn_{yD}}{dt} = \frac{\left(\omega \cdot \frac{D}{2} V_M\right) \cdot z}{\pi \cdot D}, \quad (2.4)$$

де ω – кутова швидкість обертання барабана, рад/с;

z – кількість бичів;

D – діаметр барабана, м.

Зазвичай параметром, що визначає інтенсивність обмолоту хлібної маси,

приймають кутову швидкість молотильного барабана, що визначається:

$$V_B = \omega_B \cdot \frac{D}{2}. \quad (2.5)$$

Провівши аналіз конструкцій МСП різних зернових комбайнів, нами було встановлено, що між значеннями (кількості бичів молотильного барабана і радіусом барабана) існує певна кореляція

Тобто, співвідношення D барабанна до кількості бичів z , K_B , що буде характеризувати конструкційні особливості барабана:

$$K_B = \frac{D}{z} \quad (2.6)$$

Зробивши припущення, що швидкість руху маси в молотильному зазорі збільшується пропорційно довжині підбарабання [81, 106], можна записати:

$$V_M = V_0 + \frac{V_{ВИХ} - V_0}{L} \quad (2.7)$$

де V_0 - швидкість маси на вході в зазор молотильного барабана, м/с;

L - довжина решітки підбарабання, м;

$V_{ВИХ}$ - швидкість маси на виході з молотильного барабана, м/с.

Із врахуванням коефіцієнтів співвідношення D , барабана K_B до кількості бичів кількість ударів, що зазнає хлібна маса на ділянці підбарабання:

Процес сепарації розглянемо в залежності від довжини підбарабання, визначаючи частку зерна, що залишається в хлібній масі за довжиною підбарабання, який можна описати експоненційними залежностями.

На коефіцієнт сепарації, що входить у дану залежність, впливають багато факторів: вид культури, конструкційно-технологічні параметри та

режимів роботи МСП тощо. Зазвичай його визначають експериментальним шляхом. Для зручності розрахунків розглянемо проекцію розгорнутої решітки підбарабання на вісь l (рис. 2.5).

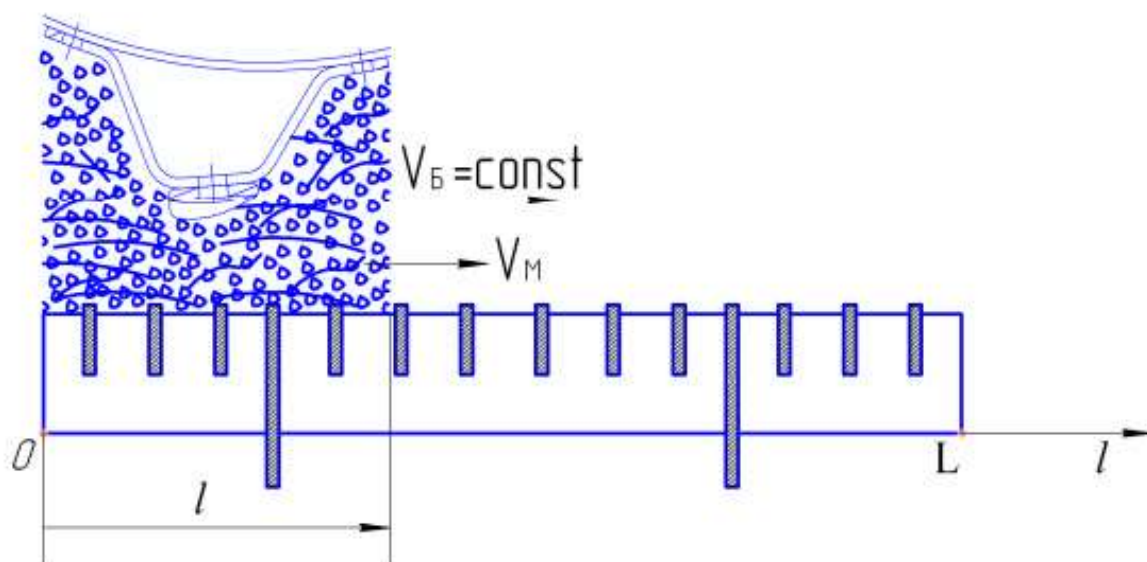
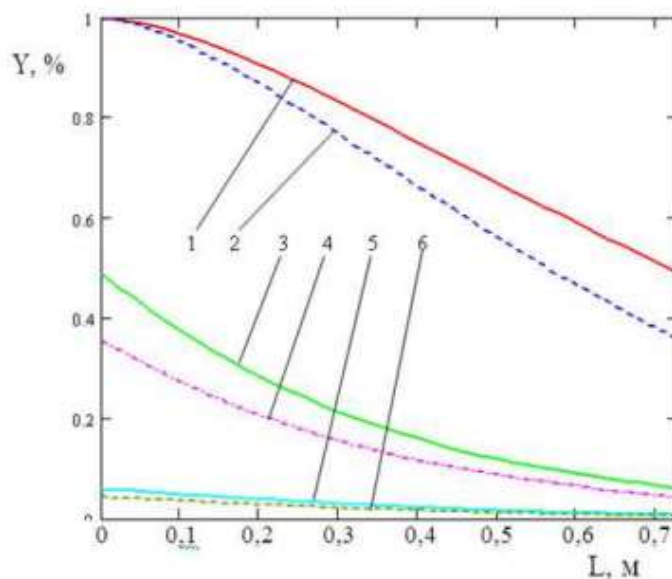


Рисунок 2.5 - Розгорнута проекція решітки підбарабання МСП

2.3 Моделювання процесу обмолоту і сепарації зерна в молотильному зазорі МСП

Моделювання процесу обмолоту і сепарації зерна в молотильному зазорі МСП було виконано в програмному середовищі Mathcad Professional 2000.

Аналіз залежностей математичної моделі обмолоту і сепарації зерна дозволяє зробити припущення, що загальний рівень травмування зерна МСП можна зменшити за рахунок зменшення кутової швидкості першого барабана на 20 - 25 %. При цьому очікується зменшення сепаруючої спроможності першого барабана МСП на 18 - 22 % та відповідне зростання сепаруючої спроможності другого та третього барабана МСП (рис. 2.6).

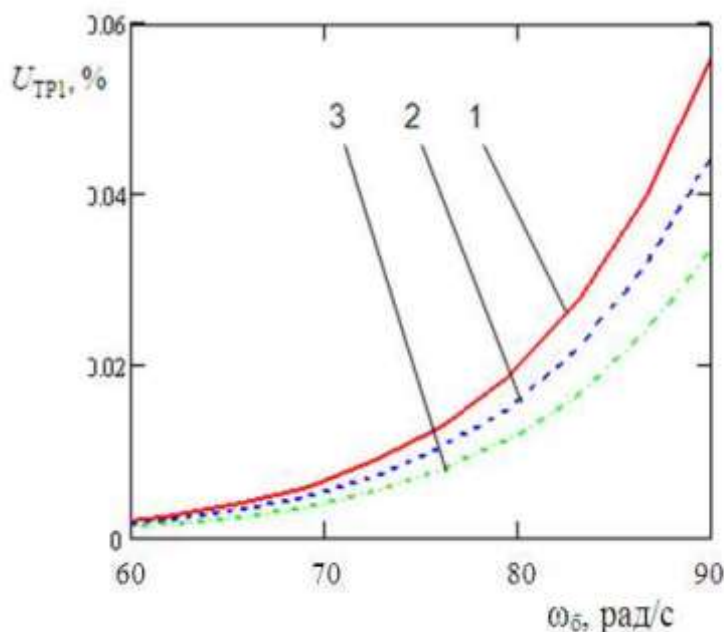


перший (1, 2) другий (3, 4) та третій (5, 6) молотильні барабани; (1, 3, 5) - 70 рад/с, (2, 4, 6) - 90 рад/с.

Рисунок 2.6 - Залежність кількості зерна, що залишається в хлібній масі від довжини підбарання першого (1, 2) другого (3, 4) та третього (5, 6) молотильних барабанів при значенні кутової швидкості 70 рад/с (1, 3, 5) та 90 рад/с (2, 4, 6)

Як видно і рис. 2.6 кутова швидкість молотильних барабанів має значний вплив на сепаруючу здатність та, як наслідок, на значення втрат зерна за МСП комбайна, при швидкостях молотильних барабанів (70 рад/с) та 90 рад/с коефіцієнт обмолоту та сепарації становить перший молотильний барабан 58 % та 47 %, другого 91 % та 93 %, третього 98 % та 99 %.

Проведені розрахунки чисельними методами отриманої моделі дозволили встановити залежності впливу швидкості обертання та параметру барабанів на травмування та втрат зерна (рис. 2.6 - 2.8).

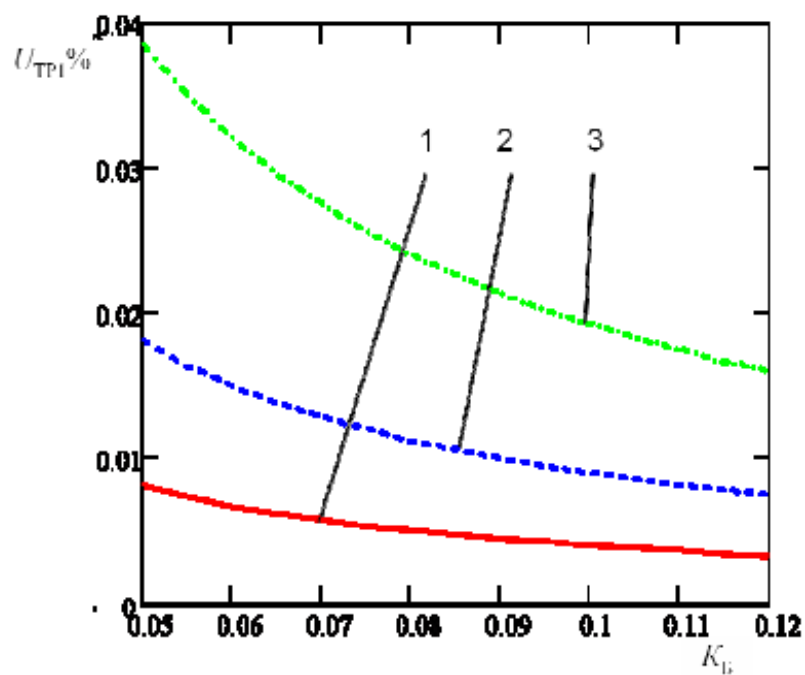


1 - 3 - співвідношення діаметра барабана до кількості бичів 0,07; 0,0875; 0,116.

Рисунок 2.7 - Вплив кутової швидкості барабана на рівень травмування зерна.

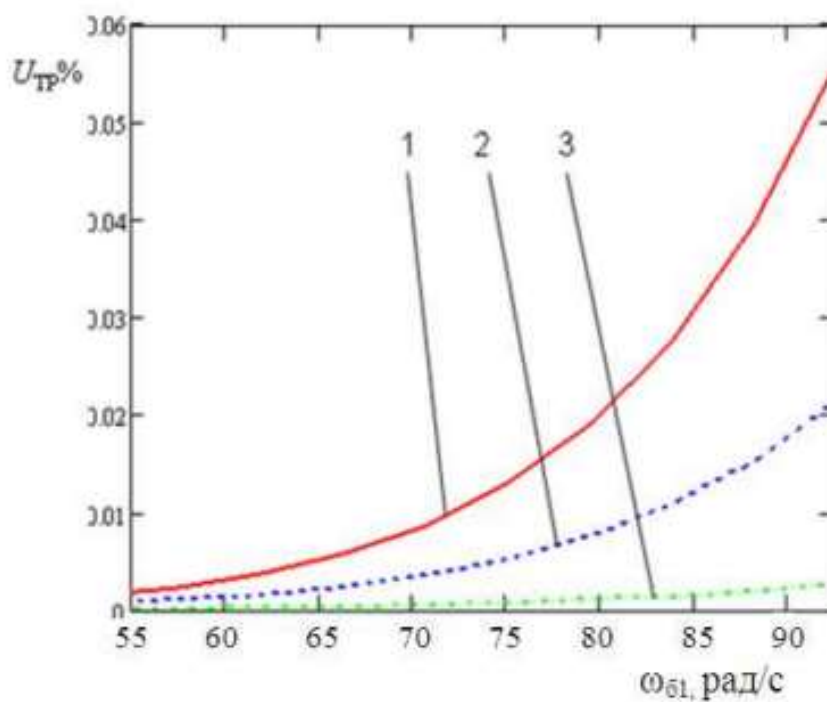
Як видно з рис. 2.7, інтенсивність травмування зерна зростає зі збільшенням кутової швидкості молотильного барабана. Так, зростання кутової швидкості барабана з 70 рад/с до 80 рад/с, супроводжується збільшенням рівня травмування зерна першим барабаном МСП в 3,1 - 3,3 рази. Збільшення кутової швидкості понад 80 рад/с призводить до значного зростання рівня травмування зерна.

Значним резервом зменшення рівня травмування зерна МСП може бути збільшення співвідношення барабана до кількості бичів особливо при збільшених швидкостях у молотильному зазорі. Так, збільшення співвідношення барабана до кількості бичів з 0,07 до 0,10 - 0,11 веде до зменшення рівня травмування зерна на 45 - 55 %.



1, 2, 3 - кутова швидкість бичів барабана 70,0 рад/с; 80,0 рад/с; 90,0 рад/с
відповідно

Рисунок 2.8 - Вплив параметра барабана на рівень травмування зерна при кутовій швидкості барабана



1, 2, 3 - перший, другий і третій барабани відповідно

Рисунок 2.9 - Вплив кутової швидкості барабана на травмування зерна

Проведені розрахунки показують, що основна частка загального рівня травмування зерна МСП (рис. 2.9) припадає на перший барабан та складає близько 65 - 70 %.

Слід відмітити, що при кутовій швидкості першого барабана $\omega_{\delta 1} = 90$ рад/с очікуваний сумарний рівень травмування зерна МСП на всьому діапазоні зміни швидкості другого та третього барабанів перевищує рівень, встановлений агровимогами до процесу обмолоту.

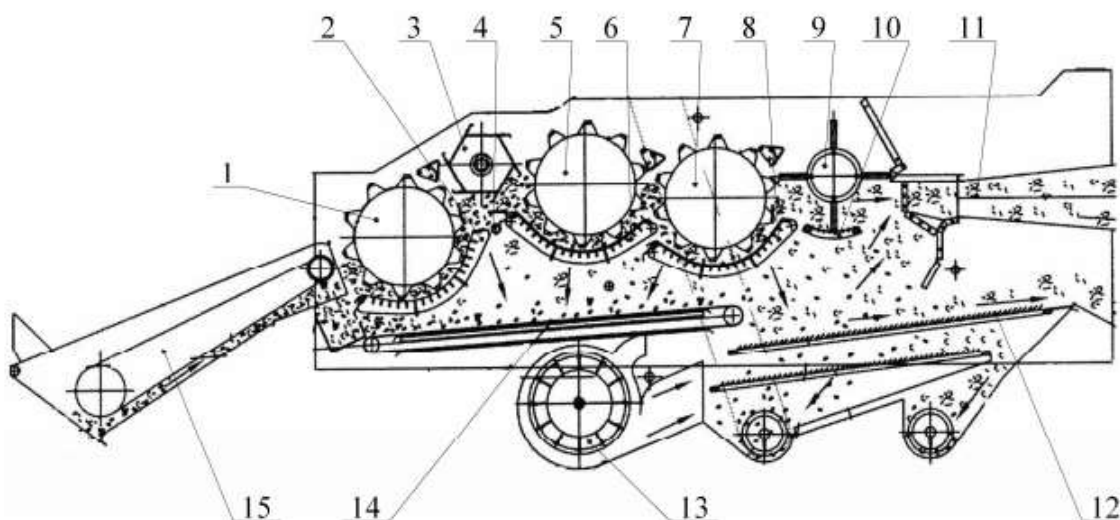
2.4 Методика експериментальних досліджень

2.4.1 Методика експериментальних досліджень

Дослідження впливу конструкційно-технологічних параметрів на показники якості роботи МСП проводили на лабораторно-польовій експериментальній установці (рис. 2.10). Для проведення дослідження експериментальний МСП вмонтований в конструкцію комбайна КЗС - 9М1 «Славутич».

Експериментальний МСП виконаний у вигляді трьох - молотильних барабанів з обхватом на 110° знизу деками (підбарабаннями). Конструкційне виконання всіх трьох молотильних барабанів однакові. Барабани виконані у вигляді закритих пустотілих циліндрів діаметром 700 мм. По периметру циліндра на підбичниках прикріплено 10 рифлених підбичників.

Підбарабання виконане у вигляді перфорованої решітки з кутом обхвату барабанів 110° . Для плавного вводу хлібної маси в робочий зазор між барабаном і декою передня частина підбарабання має незначний відгин.



1, 5, 7 - молотильні барабани; 2, 6, 8 - деки (підбарабання); 3 - проміжний бітер; 4, 10 - сепаруюча решітка; 9 - відбійний бітер; 11 - ексгаустер; 12 - верхнє решето очистки комбайна; 13 - вентилятор; 14 - стрічковий транспортер; 15 - завантажувальний транспортер.

Рисунок 2.10 - Схема багатобарабанної молотарки зернозбирального комбайна КЗС “Славутич”

Технологічний процес роботи МСП проходить наступним чином. Хлібна маса завантажувальним (живильним) транспортером 15 подається в робочий зазор між барабаном і підбарабанням (декою) першого барабана, де захвачується бичами барабана і протягується в робочому зазорі між барабаном 1 і підбарабанням 2, у процесі протягування хлібної маси відбувається обмолот і сепарація обмолоченого зерна, яке просівається крізь решітчасту поверхню деки (підбарабання) 2.

У процесі руху хлібної маси в робочому зазорі між барабаном 1 і декою 2 на деяких режимах роботи молотильного барабана 1 за рахунок імпульсивних дій робочих органів барабана 1 і протягування її по поверхні деки 2 відбувається обмолот зерна. Обмолочене зерно просіпається крізь решітчасту поверхню деки 2 на стрічковий транспортер 14 і подається на верхнє решето 12. Із першого барабана 1 хлібна маса поступає на проміжний бітер 3 із

сепаруючою решіткою 4 і подається бітером 3 у робочий зазор між другим барабаном 5 і декою 6. У робочому зазорі між барабаном 5 і декою 6 відбувається дообмолот необмолоченого зерна на більш “жорстких” режимах роботи другого молотильного барабана 5. Обмолочене зерно просипається крізь решітчасту поверхню деки 6 на стрічковий транспортер 14 подається на верхнє решето 12. Із другого молотильного барабана 5 соломиста маса 3 залишками невідсепарованого зерна подається в робочий зазор між барабаном 7 і декою 8. У робочому зазорі між барабаном 7 і декою 8 залишки необмолоченого зерна дообмолочується і просипаються крізь решітчасту поверхню деки 8 на стрічковий транспортер 14 і подається на верхнє решето 12. Соломиста маса, очищена від зерна, із третього барабана 7 подається на подрібнювач 9 і в подрібненому стані виводиться за межі МСП.

2.4.2 Методика проведення експериментальних досліджень

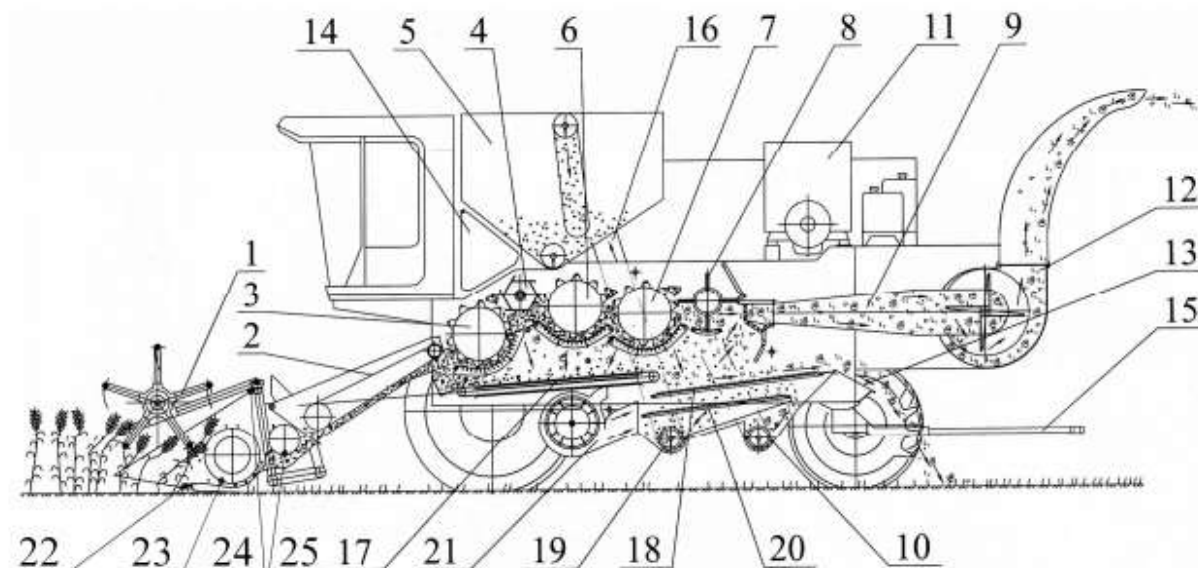
Для перевірки отриманих попередньо теоретичних і досліджень виконали експериментальні польові дослідження. Використовували методику викладену [31, 35], згідно з ГОСТ 28301 - 2015.

Експериментальні дослідження проводили в польових умовах на збиранні ранніх зернових, бобових та технічних культур. Об'єктом експериментального дослідження був МСП з багатобарабанною системою обмолоту, який встановлений на зернозбиральний комбайн КЗС - 9М1 «Славутич», конструкційно - технологічна схема якого приведена на рис. 2.11.

Під час проведення експериментальних досліджень відповідними налаштуваннями робочих органів МСП комбайна забезпечувались необхідні режими роботи експериментального МСП.

Подачу матеріалу в МСП змінювали швидкістю руху комбайна в межах 3 - 6 км/год. Подача матеріалу в МСП змінювалась в межах 3 - 9 кг/с. Робочі зазори між барабанами і деками МСП змінювали, на вході в межах 12 - 24 мм, на виході - в межах 2 - 8 мм. Встановленням відповідно ведених і ведучих

шківів привода МСП змінювали кутову швидкість обертання барабанів в межах 60 - 97 рад/с.



1 - мотовило; 2 - похилий транспортер; 3 - перший молотильний барабан; 4 - відбійний бітер; 5 - бункер; 6 - другий молотильний барабан; 7 - третій молотильний барабан; 8 - подрібнювач соломи; 9 - патрубок ексгаустера; 10 - колосовий шнек; 11 - двигун; 12 - вентилятор - ексгаустер; 13 - скатна дошка НЧУ; 14 - ємкість пального; 15 - пристрій для причепа; 16 - елеватор зерновий; 17 - живильник очистки стрічковий; 18 - верхній решітний стан; 19 - зерновий шнек; 20 - нижній решітний стан; 21 - вентилятор очистки зерна; 22 - ніж для зрізу маси; 23 - транспортувальний бітер; 24 - шарнірне з'єднання жниварки; 25 - бітер поставки

Рисунок 2.11 - Конструкційно - технологічна схема процесу роботи комбайна.

Експериментальні дослідження роботи МСП комбайна проводились в польових умовах під час збирання ячменю, пшениці багатобарабанным комбайном КЗС - 9М-1 «Славутич». Дослідження роботи зернозбиральних комбайнів були проведенні згідно з ГОСТ 28301 - 2015 в частині визначення якості роботи комбайна [31].

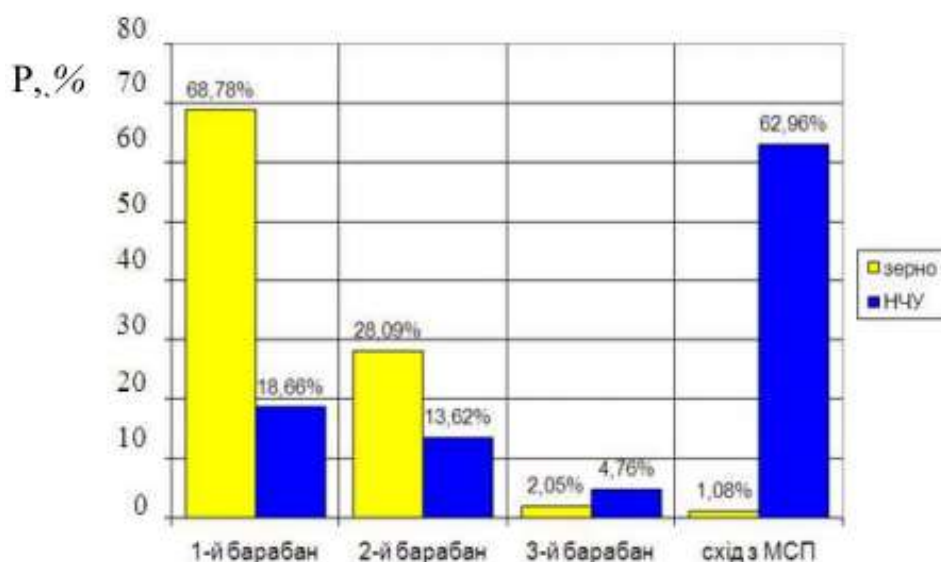
Перед початком робіт згідно з методикою ГОСТ 70.8.1 - 81 [32] визначали такі характеристики агрофону:

- стиглість культури, %;
- біологічну врожайність хлібостою на фактичній висоті зрізу, кг/м ;
- забур'яненість хлібостою на фактичній висоті зрізу, %;
- урожайність зерна, ц/га;
- масове співвідношення зерна і соломистої маси;
- вологість зерна та соломистої маси, %;
- висоту стеблостою, м.

Біологічну врожайність хлібостою визначали шляхом скошування ділянки площею 1 м² на фактичній висоті зрізу, в п'яти різних точках поля, з наступним зважуванням та визначенням середнього значення маси. Забур'яненість посіву визначали шляхом розбору рослинної маси на дві фракції - основна культура та рослини бур'янів. Масове співвідношення зерна до рослинної маси визначали після обмолоту матеріалу лабораторною молотаркою і визначення окремо маси зерна та рослинної маси.

2.5 Вплив конструкційно - технологічних параметрів роботи МСП на показники якості обмолоту та сепарації зернової маси пшениці

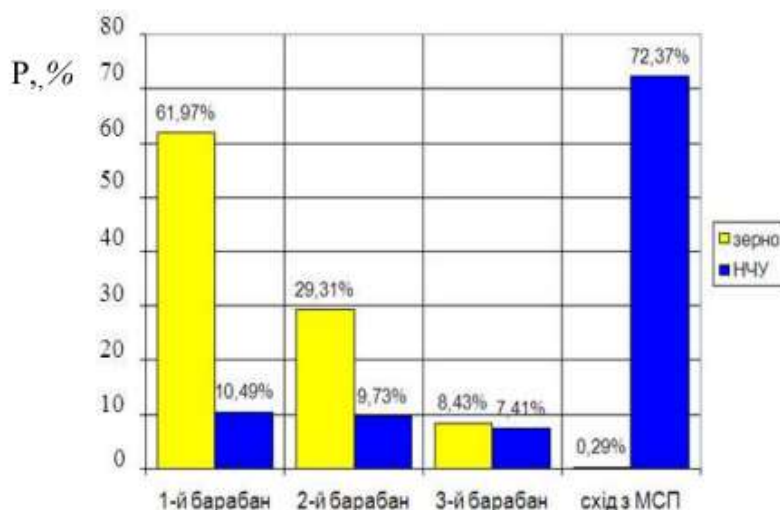
Результати досліджень наведено на рис. 2.12 - 2.13, де зображено діаграми кількісного складу маси, яка обмолотилась і відсепарувалась базовим та модернізованим МСП



1 - 3 - перше, друге і третє підбарабання відповідно

Рисунок 2.12 - Вплив подачі хлібної маси в базовий МСП на просівання зерна крізь підбарабання

Як видно із рис. 2.12, значна частина зерна вимолочується першим барабаном (68,78 %), також крім травмованого зерна більше 1 % - це схід з МСП, тобто прямі втрати за комбайном. Досить малий відсоток відсепарованого зерна показав третій барабан, що свідчить про недозавантаженість, барабана, при подачі 5 - 13 кг/с.



1 - 3 - перше, друге і третє підбарабання відповідно

Рисунок 2.13 - Вплив подачі хлібної маси в модернізований МСП на просівання зерна крізь підбарабання

Для покращення сепарації зерна, більш рівномірного розподілу маси потрібно змінити налаштування МСП для досягнення більш якіснішого вимолоту зерна.

Як видно із рис. 2.13, зерно та (не-зернової частини урожаю) НЧУ розподілилися між барабанами більш рівномірно (перший барабан - 61,97 %, і 10,49 %, другий 29,31 %, і 9,73 %, третій - 8,43 %, і 7,41 %), що, в свою чергу, призводить до більш рівномірного розподілу маси між барабанами, кращого вимолоту і сепарації зерна, зменшення травмованого зерна, а також зменшення втрат за очисткою, при подачі 5 - 13 кг/с.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

Одним з найбільш травмонебезпечних періодів у сільськогосподарському виробництві є збирання зернових культур. Порушення вимог правил і норм охорони праці, трудової і виробничої дисципліни на цьому етапі сільськогосподарського виробництва призводять до травмування працівника, а іноді й до його загибелі.

У зв'язку з цим, напередодні проведення зернозбиральних робіт, буде не зайвим нагадати про основні методи і прийоми безпечного виконання масових механізованих робіт.

До управління зернозбиральним комбайном допускаються особи не молодше 18 років, які мають посвідчення на право управління цією технікою, пройшли медичний огляд і навчання з охорони праці.

До роботи на зернозбиральному комбайні в якості помічника комбайнера можуть допускатися особи, що досягли 17-річного віку, пройшли медичний огляд, інструктаж на робочому місці з охорони праці та пожежної безпеки.

3.1 Охорони праці щодо дотримання вимог безпеки при проведенні зернозбиральних робіт

Трактори, зернозбиральні комбайни, інші самохідні машини, тракторні причепа повинні бути зареєстровані в державних органах нагляду, пройти періодичний технічний огляд.

Перед початком зернозбиральних робіт необхідно провести навчання і перевірку знань з питань охорони праці трактористів, водіїв, провести інструктування по видах робіт працівників, яких передбачається залучати до збиральних робіт. Працівники, які зайняті на механізованих роботах, повинні пройти періодичні медогляди у встановленому порядку.

Слід організувати проведення передрейсових медичних оглядів

операторів мобільних механізмів. Розробити маршрути безпечного руху техніки. Перевірити технічний стан споруд та устаткування зернотоків (наявність огорожень та захисних решіток на звальних ямах, закриття на замок люків бункерів та ємностей, перевірка опору заземлення електрообладнання та ізоляції електрокабелів).

Дотримуватись правил безпеки праці під час вантажно-розвантажувальних та інших видів робіт. Місця завантаження та розвантаження залізничних вагонів повинні бути оснащені гальмівними башмаками, засобами для запобігання падіння працівників (огороження, тросові підвіски, запобіжні пояси), вібраторами, спеціальними лопатами з довгими держаками. Засоби дистанційного контролю температури зерна в силосах та бункерах повинні бути справними.

Провести перевірку габаритів ліній електропередач на зернотоках і місцях проведення зернозбиральних робіт, довести цю інформацію до відома комбайнерів, водіїв, трактористів, інших працівників.

Організувати місця відпочинку та харчування працівників в польових умовах (пересувні вагончики, грозозахист, обладнати місця куріння). Провести протипожежні заходи (перезарядити старі або закупити нові вогнегасники, забезпечити виробничі ділянки первинними засобами пожежогасіння). Провести інструктаж щодо дотримання виробничої та трудової дисципліни, попередження випадків виконання робіт у нетверезому стані.

3.2 Вимоги щодо безпеки під час збирання зернових

Під час роботи в полі та переміщення по дорогах на зернозбиральному комбайні дозволено перебувати лише комбайнеру. Запасні ножі збиральних машин необхідно зберігати у дерев'яних чохлах на польовому стані.

Не дозволяється перебування працівників у кузові автомашини або тракторному причепі під час заповнення їх технологічним продуктом, а також під час транспортування продуктом до місця складування; комбайни повинні

бути забезпечені дерев'яними лопатами для проштовхування злежаного зерна у бункерах до вивантажувального шнека.

Збиральні машини повинні бути забезпечені міцними дерев'яними підкладками на випадок встановлення домкрата під час ремонту чи огляду; під час переміщення на інше поле вивантажувальні шнеки та інші робочі органи збиральних машин повинні бути переведені в транспортне положення.

Дистанція між збиральними машинами під час переміщення повинна бути не менше 50м. Забезпечити працівників спецодягом та засобами індивідуального захисту згідно встановлених вимог.

Висновок по 3 розділу

Всі ці вимоги нормативно-правових актів відомі, але невиконання їх може призвести до непоправного. Керівникам підприємств потрібно постійно слідкувати за усуненням виявлених порушень і з усією відповідальністю поставитися до безпеки працівників на жнивах.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вихідні дані для розрахунку

У результаті проведених виробничих випробувань комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП, встановлено, що на збиранні ранніх зернових культур (ячмінь, пшениця) втрати зерна за молотаркою комбайна знаходяться в межах 0,35 - 0,65 %, подрібнення зерна не перевищувало 1,5 %.

У процесі виробничої перевірки проводились порівняльні випробування комбайнів КЗС “Славутич” з базовим та модернізованим МСП.

Порівняльні виробничі випробування комбайнів проводили згідно з [31], у період повної стиглості зерна пшениці, на ділянці хлібостою з рівномірною стиглістю зерна, врожайністю, соломистостю, забур'яненістю, густотою стояння та вологістю культури, рівномірним рельєфом та врожайністю 57,95 ц/га, і такими показниками:

- полеглість хлібної маси 5 - 10 %;
- забур'яненість хлібостою на фактичній висоті зрізу - 1,5 - 2,0 %;
- урожайність зерна - 57,95 ц/га;
- масове співвідношення зерна і соломистої маси - 1:1,07;
- вологість зерна та соломистої маси - 15 - 16 %;

Відповідними налаштуваннями робочих органів комбайнів забезпечували однакові режими роботи з базовим і модернізованим МСП.

Подачу матеріалу в МСП змінювали швидкістю руху комбайна в межах 3 - 6 км/год, що забезпечувало зміну, подачі матеріалу в МСП в межах 3 - 10 кг/с. Робочі зазори між барабанами і деками МСП змінювали на вході 12 - 24 мм і на виході - в межах 2 - 8 мм. Встановленням відповідно веденого і ведучого шківів привода МСП змінювали кутову швидкість барабанів у межах 60 - 97 рад/с.

За результатами порівняльних випробувань комбайнів визначали ступінь макро- і мікропошкодження зерна, втрати зерна, чистоту бункерного

зерна. У результаті проведених випробувань встановлено, що комбайн КЗС “Славутич” з модернізованим МСП показав значно кращі результати в порівнянні з комбайном КЗС “Славутич”, обладнаним базовим МСП (табл.4.1).

Результати агротехнічної оцінки, проведеної при порівняльних випробувань комбайнів КЗС “Славутич” з базовим та модернізованим МСП, та виробничі випробування свідчать про переваги та доцільність використання на комбайні КЗС “Славутич” модернізованого МСП

Показники	Зернозбиральний комбайн КЗС “Славутич” у базовому виконанні	Зернозбиральний комбайн КЗС “Славутич”, обладнаний модернізованим МСП
Культура, що обмолочується	пшениця	
Подача матеріалу в МСП, кг/с	3 – 10	3 – 10
Втрати зерна, %	0,9 – 1,1	0,5 – 0,6
Подрібнення зерна, %	1,6 – 1,8	0,5 – 0,8
Мікропошкодження зерна, %	26,2 – 30,0	20,4 – 24,1
Чистота бункерного зерна, %	97,4 – 98,6	98,2 – 99,3

4.2 Економічна ефективність застосування модернізованого багатобарабанного МСП

В основу розрахунків економічних показників покладено: ДСТУ 4397 : 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань [9].

Розрахунок економічної ефективності використання комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП, на збиранні зернових культур був виконаний у порівнянні із комбайном КЗС “Славутич”, який обладнаний базовим багатобарабанним МСП.

Показники економічної ефективності використання комбайна КЗС

“Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП на збиранні зернових культур визначали за критерієм приведених витрат на виконаний об’єм роботи з урахуванням зміни кількості та якості продукції.

Вихідні дані для розрахунку приведених витрат наведенні в таблицях 4.1

Для вихідних даних використовували:

- ціни на зерно основних сільськогосподарських культур
- нормативно - довідниковий матеріал для економічної оцінки сільськогосподарської техніки [9];
- результати виробничих випробувань комбайна КЗС “Славутич” обладнаного багатобарабанним МСП;

Згідно методики [19] визначали наступні основні показники економічної оцінки використання комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП, на збиранні зернових культур.

Річний прибуток (O) від експлуатації нової машини становить:

$$O = (I_B - I_H) \cdot W_{3M} \cdot T_3 + E_{Я}; \text{ грн. },$$

де I_B I_H - прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машині, грн/т;

W_{3M} - продуктивність нової машини за годину змінного часу, т/год;

T_3 - зональне річне завантаження машини, год;

$E_{Я}$ - річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю продукції визначають:

$$I = A + P + З + Г + Ф + М; \text{ грн/т },$$

де I - прямі експлуатаційні витрати, грн/т;

A - затрати на амортизацію комбайна, грн/т ,

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{3M} \cdot T_3}$$

де B - балансова вартість комбайна, грн;

a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію комбайна;

P - затрати на виконання ТО та ремонту комбайна, грн/т.

$$P = \frac{B \cdot r_T}{W_{3M} \cdot T_3},$$

де r_T - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування комбайна;

$З$ - затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./т.

Протягом сезону зернозбиральний комбайн працює на збиранні багатьох сільськогосподарських культур, вартість виробництва та ціна реалізації зернових, зернобобових та деяких технічних культур згідно з статистичними даними варіюється в доволі значних межах [12].

Урахувавши співвідношення між обсягами збирання основних сільськогосподарських культур в Україні, було прийнято для розрахунків середню вартість 1 тонни зернових культур 6702,2 грн.

У результаті виконання, метою якої була модернізація, є покращення процесу обмолоту та сепарації зернових культур. Модернізація дозволила зменшити собівартість сільськогосподарської продукції за рахунок зменшення ступеня подрібнення зерна на 1 % від загального намолоту зменшити втрати зерна за рахунок зниження подрібнення зерна; зменшення мікропошкодження зерна з 26,2 - 30,0 % до 20,4 - 24,1 % від загального рівня травмування зерна; збільшити приріст зерна за рахунок зменшення подрібнення та пошкодження, втрати розпилом на кожні 869,25 т намолоченого додатково 8,7 т покращити якість зерна за рахунок зменшення мікропошкодження.

Результати розрахунків економічних показників застосування комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабаним МСП на

збиранні зернових культур наведені в табл. 4.2

Як видно з табл.4.2 застосування комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП на збиранні зернових культур, дозволив зменшити прямі експлуатаційні витрати, збільшити приріст додатково намолоченого зерна, та отримати річний економічний ефект.

Висновки за розділом 4

За результатами виробничої перевірки використання комбайна КЗС “Славутич”, обладнаного модернізованим багатобарабанним МСП, було встановлено, що використання модернізованого МСП забезпечує зменшення ступеня подрібнення зерна на 1 % від загального намолоту; зменшується мікропошкодження зерна з 26,2 - 30,0 % до 20,4 - 24,1 % від загального рівня травмування зерна; збільшується приріст зерна намолоченого додатково - 8,7 т, покращується якість зерна за рахунок зменшення мікропошкодження. Сумарний річний прибуток від експлуатації нової машини - 58309,1 тис. грн.

Таблиця 4.2 - Показники економічної ефективності результатів впровадження модернізованого МСП зернозбирального комбайна КЗС “Славутич”

№	Назва показника	Позначення	Значення показника	
			базова машина	нова машина
1	Балансова вартість комбайна, грн.	<i>B</i>	3839100	3839100
2	Продуктивність комбайна за годину змінного часу, т/год	<i>W_{зм}</i>	10	10
3	Зональне річне завантаження машини, год	<i>T_з</i>	200	200
4	Термін служби комбайна, років	<i>n</i>	7	7
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію комбайна	<i>a</i>	0,143	0,143
6	Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування комбайна	<i>r_т</i>	0,068	0,068
7	Питомі витрати пального, кг/т	<i>q</i>	3,5	3,5
8	Комплексна ціна пального, грн/кг	<i>Ц_п</i>	22	22
9	Кількість основного персоналу, зайнятого для виконання технологічного процесу, ТО та ремонту комбайна, люд.	<i>L₁</i>	2	2
10	Коефіцієнт зайнятості основного персоналу	<i>t₁</i>	1	1
11	Погодинна тарифна ставка оплати праці основного персоналу з доплатами та нарахуваннями, грн./люд, год	<i>r₁</i>	45	45
12	Прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машині, грн	<i>И</i>	896,8	893,1
13	Економія прямих експлуатаційних витрат, грн/т	<i>O₁</i>	-	3,76
14	Середня закупівельна ціна зібраних культур комбайном, грн/т	<i>Ц</i>	6702,2	6702,2
15	Річний обсяг додатково зібраної продукції зернозбиральним комбайном, т	<i>V</i>	-	8,7
16	Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	<i>O</i>	-	58309,1

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз відомих конструкцій МСП показав, що на даному етапі розвитку комбайнобудування найбільше розповсюдження в світі отримали МСП барабанного типу, мають ряд таких недоліків: висока швидкість хлібної маси в МСП і гранично мала довжина її шляху (експозиція руху) в молотильному зазорі не дають можливості забезпечити повну сепарацію зерна. За даними багатьох джерел, сепарація зерна крізь підбарабання складає 75 - 90 %. На основі проведених дослідних робіт сформульовані методи розв'язання даної задачі. Використання запропонованих параметрів та режимів роботи дає можливість поліпшити якість обмолоту та сепарації маси, зменшити втрати зерна, що забезпечує зменшення приведених витрат на збиранні.

Розроблена математична модель ймовірності покращення процесу обмолоту, сепарації маси та зменшення травмування зерна в молотильному зазорі МСП дозволила отримати залежності впливу конструкційних та технологічних параметрів на рівень обмолоту, сепарації, травмування та втрат зерна. Установлено, що значним резервом покращення процесу обмолоту, сепарації маси та зменшення рівня травмування зерна МСП може бути збільшення коефіцієнта співвідношення барабана до кількості його бичів, особливо при збільшених швидкостях у молотильному зазорі. Так, збільшення цього коефіцієнта з 0,07 до 0,10 - 0,11 веде до покращення сепарації маси та зменшення рівня травмування зерна на 45 - 55 %.

Розроблено експериментально-розрахунковий метод визначення частки обмолоченого та відсепарованого зерна в залежності від довжини підбарабання МСП, який базується на результатах моделювання комбінованого процесу транспортування, обмолоту та сепарування зерна, зумовлених взаємодією барабанів із зерно соломистою масою.

Аналіз математичної моделі ймовірності травмування зерна дозволив зробити припущення, що загальний рівень травмування зерна МСП можна зменшити за рахунок зменшення колової швидкості першого барабана на 20 -

25 %. При цьому зменшується сепарувальна спроможність першого барабана МСП на 18 - 22 %, та зростає сепаруюча спроможність другого та третього барабана МСП.

Результати експериментальних досліджень свідчать про високу якість виконання технологічного процесу обмолоту та сепарації запропонованого МСП, що вказує на доцільність його використання в зернозбиральних комбайнів різноманітних типів. Впровадження у промислове виробництво модернізованого МСП забезпечить загальний річний економічний ефект - 58309,1 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В., Грицишин М.І. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука. К. : Аграрна. наука, 2012. 416 с.
2. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.:Наука, 1976. 139 с.
3. Азовцев Н.Г. Исследование технологии двойного обмолота зерновых культур. *Механизация сельскохозяйственного производства* : сб. тр. Челябинского ин-та механизации и электрификации сельского хозяйства. Челябинск, 1968. Вып. 35.С. 24 - 28.
4. Алферов С.А., Брагинец В.С. Обмолот и сепарация зерна в молотильных устройствах как единый вероятностный процесс. *Тракторы и сельхозмашины*. 1972. №4. С. 56 - 68.
5. Антипин В.Г., Коробицын В.М. О перемещении обмолачиваемой культуры по подбарабанью. *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*. 1979. №8. С. 7 - 9.
6. Артеменко Н.А. Экономическая эффективность использования сельскохозяйственной техники. М. : Агропромиздат, 1985. 208 с.
7. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988. 639 с.
8. Арцыбашев Д.Д. Комбайны, их современные конструкции и значение. М.: Сельхозгиз, 1930. 188 с.
9. Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. Планирование эксперимента в технике. К., 1984. 200 с.
10. Богус Ш.Н. Анализ и синтез молотильно - сепарирующих устройств рисозерноуборочных комбайнов : дис. ... докт. техн. наук / Кубанский государ. аграрн. ун - т. Краснодар, 2005. 526 с.
11. Бурьянов А.И., Дмитренко А.И., Бурьянов М.А. Технологические и технические перспективы уборки зерновых культур. *Агроинженерная наука в*

сфере АПК: инновации, достижения : сб. науч.тр. 7-й Межд. науч. - практ. конф. (11 - 12 апреля 2012 г., г. Зерноград) / ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. Зерноград, 2012. С. 210 - 221.

12. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики. М. : Наука, 1979. Т. 1. 345 с.

13. Василенко И.Ф. Развитие теории и конструкции зерноуборочного комбайна : Механизация и электрификация сельского хозяйства : М., 1959. С. 23 - 44.

14. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. К., 1996. 193 с.

15. Ващенко Ю.Ф. Планетарный молотильный аппарат для обмолота: Научный отчет кафедры СХМ, КСХИ, за 1969 Краснодар, 1970. с. 24.

16. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973. 199 с.

17. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. М.: Колос, 1980. 168 с.

18. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

19. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных: М.: Колос, 1966. 255 с.

20. Вопросы механизации и электрификации сельскохозяйственного производства : ВНИИМЭСХ. Ростов, 1970. Вып. 13.84 с.

21. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1993. 447 с.

22. Гетьманов А.И. Влияние числа бичей и длины деки на качественные и энергетические показатели работы молотильного аппарата. *Сельскохозяйственные машины*. М., 1974. Т. 11. Вып. 1. С.145- 151.

24. Гетьманов А.И. Эффективность процесса обмолота в бильном молотильном устройстве : Технологические процессы механизированных работ в сельском хозяйстве : Москва, 1981. С. 22 - 29.

25. Гетьманов А.И. Обоснование и исследование бильного молотильного устройства с интенсификацией обмолота и сепарации зерна :автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1976. 23 с.

26. Голубев И.К., Гончаров В.И. Исследование двухбарабанного очесывающего устройства на уборке.Ростов-на-Дону, 1984.С.85 - 90.

27. Гольцяпин В.Я. Зарубежные сельскохозяйственные технологии и техника. *Трактора и сельскохозяйственные машины*. 1997. № 3. С. 35 - 40.

28. Гольцяпин В.Я. Современные зерноуборочные комбайны с роторной и комбинированной молотилками. *Техника и оборудование для села*. 2008. № 6 - С. 35 - 38.

29. Горячкин В.П. Земледельческая механика. М.: Сельхозгиз, 1937. Т. 1. 288 с.

30. Горячкин В.П. Собрание сочинений. М., 1965. Т.3. 377 с.

31. ГОСТ 12036 : 85, ГОСТ 12046 : 85, ГОСТ 12047 : 85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки, методы отбора проб, документы о качестве, правила арбитражного определения качества. М.: Госстандарт, 1985. 36 с.

32. ГОСТ 28301 : 2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М. : Госстандарт России, 2015. 30 с.