

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ:**  
Завідувач кафедри  
сільськогосподарських  
машин та системотехніки імені  
академіка П.М. Василенка  
\_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О.  
(підпис)  
«15» травня 2025 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**  
на тему: «МЕХАНІЗАЦІЯ ЗБИРАННЯ НАСІННИКІВ ТРАВ З  
УДОСКОНАЛЕННЯМ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА»  
*01.01.-ДП.2098«С».26.11.24.082.ПЗ*

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Сівак І.М.  
(підпис)

**Керівник дипломного проєкту:**

канд. іст. наук, доцент

\_\_\_\_\_ Деркач О.П.  
(підпис)

**Виконав:**

\_\_\_\_\_ Балябін А.В.  
(підпис)

**Київ 2025**



3. Техніко-економічне обґрунтування використання удосконаленого  
молотильного апарата.

Перелік графічних матеріалів:

Лист 1. Типи зернозбиральних комбайнів.

Лист 2. Типи молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів.

Лист 3. Комбайн зернозбиральний самохідний КЗС-9-2 «Скіф-250».

Складальне креслення.

Лист 4. Комбайн зернозбиральний самохідний КЗС-9-2 «Скіф-250».

Схема кінематична.

Лист 5. Барабан молотильний. Складальне креслення.

Лист 6. Складальні одиниці та деталі.

**Дата видачі завдання:** 14.09.2024 р.

**Керівник дипломного проєкту бакалавра:**

**канд. іст. наук, доцент**

\_\_\_\_\_ **Деркач О.П.**  
(підпис)

**Завдання прийняв до виконання:**

\_\_\_\_\_ **Балябін А.Б.**  
(підпис)

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b> .....	5
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННИКІВ ТРАВ</b> .....	7
1.1. Технологічні властивості люпину білого і його місце в сівозміні.....	7
1.2. Способи і технічні засоби для збирання люпину білого.....	16
1.3. Аналіз досліджень процесу збирання насінників трав.....	18
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА</b> .....	33
2.1. Аналіз показників роботи молотильного апарата залежно від технологічних параметрів.....	33
2.2. Оцінка сепарації люпину білого молотильним апаратом зернозбирального комбайна.....	35
2.3. Удосконалення конструкції молотильного апарата більшого типу для збирання люпину білого.....	48
2.4. Визначення коефіцієнта сепарації.....	56
2.5. Процес сепарації люпину білого в удосконаленому молотильному апараті.....	60
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА</b> .....	64
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	74
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	75
<b>ДОДАТКИ</b> .....	77

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра складається із пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка дипломного проекту містить 81 сторінок, 6 таблиць, 20 малюнків.

Пояснювальна записка включає такі розділи: аналіз способів та технічних засобів для збирання насінників трав; теоретичне обґрунтування технологічних і конструктивних параметрів молотильного апарата комбайна; техніко-економічне обґрунтування використання удосконаленого молотильного апарата.

У дипломному проєкті запропоновано удосконалення молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайну для збирання люпину білого.

У розрахунково-пояснювальній записці дипломного проекту бакалавра удосконалено процес обмолоту і сепарації білого люпину в молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайну. Обґрунтовано конструктивні параметри і режими роботи молотильного барабану. Розроблена конструкція підбарабання, що дозволяє інтенсифікувати процес обмолоту і сепарації зерна білого люпину.

Ключові слова: насінники трав, зернозбиральний комбайн, молотильний апарат, підбарабання.

## ВСТУП

Розвиток агропромислового комплексу України неможливий без удосконалення технологічних процесів вирощування та збирання сільськогосподарських культур, зокрема насінників багаторічних трав. Насінництво відіграє важливу роль у забезпеченні кормової бази тваринництва, збереженні ґрунтів та підвищенні врожайності культур. Одним із головних чинників ефективного ведення насінництва є механізація збирання, яка забезпечує своєчасність, якість і зменшення втрат продукції.

Особливості збирання насінників трав — це висока крихкість насіння, нерівномірне дозрівання та підвищені вимоги до делікатного обмолоту. Стандартні молотильні апарати комбайнів, що розраховані переважно на зернові культури, не завжди забезпечують достатню якість збирання трав'яних насінників без втрат. Тому актуальною є проблема удосконалення конструкцій молотильних систем комбайнів, з урахуванням біологічних особливостей насінників трав та вимог до їхнього збирання.

Метою даної дипломної роботи є обґрунтування та розробка конструктивних змін до молотильного апарата зернозбирального комбайна для ефективнішого збирання насінників трав.

Об'єктом дослідження є процес збирання насінників трав, а предметом — конструктивні особливості та параметри молотильного апарата, що впливають на якість обмолоту і збереження насіння.

Для досягнення поставленої мети були використані методи теоретичного аналізу, моделювання, лабораторних та польових експериментів. Практичне значення роботи полягає в можливості впровадження удосконаленого молотильного апарата у серійні моделі вітчизняних комбайнів для підвищення продуктивності й зниження втрат насіння при збиранні багаторічних трав.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННИКІВ ТРАВ

### 1.1. Технологічні властивості люпину білого і його місце в сівозміні

Люпин білий латиною називається *Lupinus albus*. Це трав'яниста рослина із сімейства Бобові, з роду Люпин. Батьківщина його - Середземномор'я. Це однорічник, що виростає до 1 м.

У багатьох країнах світу, зокрема і в Україні, дуже гостро стоїть проблема виробництва рослинного білка, яку можна розв'язати за рахунок вирощування і розширення виробництва білого люпину. Вміст рослинного білка менше 105...115 г в 1 корм. од. призводить до того, що корм виходить не збалансованим за протеїном амінокислотами. У результаті знижується продуктивність тварин, відзначається перевитрата кормів, зростає їхня собівартість. Загальна потреба в кормових одиницях і сирому протеїні 2015 року сягнула 18,7 млн т к. од. і 2,9 млн т білка, а до 2020-го - 25,0 і 3,9 млн т відповідно. При цьому на тваринницьку продукцію ВРХ (молоко, м'ясо) буде витрачено понад 81% усіх кормових одиниць і білка.

Рослинний білок використовується і в харчовій промисловості. Потреба людини в білку становить 100-120 г/добу, причому бажано, щоб тваринний білок становив 60% від цієї кількості. А для того, щоб отримати 1 од. тваринного білка, потрібно затратити 3-7 од. рослинного. За даними вчених, дефіцит білка в кормах становить 20-25%. Цей дефіцит або призводить до зазначених наслідків, або заповнюється за рахунок імпорту, насамперед сої. Така залежність від імпорту підриває стійкість вітчизняного сільського господарства, призводить до зниження рівня конкурентоспроможності виробників сільськогосподарських товарів, створює загрозу продовольчій безпеці нашої країни.

Найбільшого пошкодження зерна люпину зазнають під час збирання зернозбиральним комбайном у молотильно-сепарувальному пристрої. Щоб зменшити пошкодження зерен цей пристрій налаштовують на так званий так званий "м'який" режим роботи.

Білий люпин має найбільший продукційний потенціал серед вирощуваних кормових видів люпину - 4-5 т/га. У насінні міститься 35-40% білка і 10-12% жиру. Собівартість вирощування люпину становить 8-10 тис. грн/т за ціни сої, свого найближчого конкурента, на вітчизняному та світовому ринках 15-18 тис. грн/т (таблиця 1.1).

*Таблиця 1.1*

Порівняльна таблиця культур сої, люпину білого та гороху

Культура	Собівартість, грн/кг	Ринкова ціна, грн/кг	Урожайність, ц/га
Білий люпин	6,50 – 8,40	17 – 19	16 – 25
Соя	7,50 – 9,50	17 – 19	20-30
Горох	6,80 – 8,00	12 – 14	20-30

Крім високих переваг зерна люпину, його зелена маса за концентрацією протеїну близька порівняно з люцерною, а загалом за біологічною цінністю зелена маса люпину вища, ніж у люцерни.

Жодна відома нам культура не багата такою кількістю білка, як кормовий люпин. В 1 ц сухого зерна його міститься 30,5 кг перетравлюваного протеїну, що в чотири-п'ять разів більше, ніж у ячмені, житі та пшениці.

У насінні білого люпину накопичується до 48-60% білка, а в зеленій масі - до 25%.

За вмістом перетравного протеїну на одну кормову одиницю в зерні зернобобових культур білий люпин посідає чільне місце: люпин - 341 г, горох - 195 г, соя - 290 г, боби - 287 г, вика - 227 г. (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

Поживність та енергетична цінність кормів із білого люпину порівняно із соєвими кормами.

Показники	Білий люпин			Соя		
	Зерно незбиране	Зерно обрушене (ядро)	Оболонка	Соя тестована	Соєвий шрот	Соєва оболонка
Суша речовина, %	87,92	89,43	89,34	86,00	91,00	87,00
<b>Обмінна енергія:</b>						
ккал/100 г	268	298	132	330	245	131
МДж/кг	11,21	12,47	5,53	13,82	10,26	5,44
Сирий протеїн, %	35,19	42,06	4,31	34,00	42,00	10,00
Сирий жир, %	9,64	11,03	1,28	18,50	1,20	2,20
Сира клітковина, %	9,40	1,74	37,90	7,00	7,70	40,00
Сира зола, %	3,32	3,62	2,09	4,20	6,80	4,10
Безазотисті екстрактивні речовини, %	30,36	31,28	31,50	22,30	33,30	30,70
<b>Мінеральні речовини, вітамін Е та каротиноїди</b>						
Кальцій, %	0,30	0,14	0,72	0,22	0,38	0,50

## Продовження таблиці 1.2

Поживність та енергетична цінність кормів із білого люпину порівняно із соєвими кормами.

Фосфор, %	0.40	0,49	0,03	0,65	0,65	0,15
Вітамін Е, мкг/г	23,11	28,87	57,74	-	-	-
Каротиноїди, мкг/г	25,54	31,90	1.65	-	-	-

Дані, наведені в таблиці, показують конкурентоспроможність білого люпину порівняно із соєю, вигравучи майже за всіма якісними показниками.

Для запобігання ураження хворобами люпину необхідно дотримуватися певного його чергування в сівозміні. Багаторічні дослідження вчених показують те, що білий люпин може займати не більше 20 % у сівозміні (раз на 5 років на одному полі). Люпин є найкращим попередником для зернових культур, це пов'язано з тим, що після його збирання в ґрунті залишається близько 150 кг азоту на гектар. Крім цього після люпину для зернових культур покращується повітряний і водний режим ґрунту. За системи нульового обробітку ґрунту (No-Till) після люпину при висіві озимої пшениці можна не проводити оранку поля.

При вирощуванні білого люпину не потрібно великих витрат на мінеральні добрива, оскільки не потрібно вносити:

1. Азотні добрива. Причина цього полягає в тому, що 300 кг азоту з атмосфери на гектар посівів фіксують мікроорганізми, які живуть у симбіозі з білим люпином. З цієї кількості близько 200 кг іде на формування бобів у рослини.

2. Фосфорні добрива. Люпин здатний витягувати трьох заміщені фосфати з ґрунту і перетворювати їх на одно- і двозаміщені. Таким чином, він не тільки себе забезпечує фосфором протягом усього періоду вегетації, а й залишає фосфор у доступній формі для наступних культур.

3. Калійні добрива. Калію в ґрунтах центрального Чорнозем'я достатньо для формування врожаю люпину.

Своєю чергою люпин вимагає того, щоб бути забезпеченим усіма макро- і мікроелементами.

Їхнє використання доцільне в тому разі, коли їхній вміст у ґрунті нижчий за середній. У цьому разі, застосовувати мікроелементи потрібно під час обробки насіння в період його передпосівного обробітку. Для цього проводять інокуляцію насіння біопрепаратами, що містять штами мікроорганізмів, які фіксують азот, та мікроелементами з біологічно активними речовинами.

Науковці рекомендують внесення органічних добрив і трьох заміщених фосфатів (фосфоридне борошно та ін.) проводити під попередні культури білого люпину. Таким чином, підвищується використання добрив і ефективність обробітку цієї зернобобової рослини.

Білий люпин належить до тих культур, які дуже чутливі до застосування засобів захисту рослин і насамперед до гербіцидів. У зв'язку з цим перед вченими, які займаються захистом рослин, стоїть завдання знайти гербіциди, допустимі в посівах цієї культури. На сьогоднішній день, для того, щоб посіви люпину були вільні від бур'янів, необхідно проводити боротьбу з ними у попередників або проводити внесення ґрунтових гербіцидів.

Реалізація продукційного потенціалу можлива лише за наявності якісного насіннєвого матеріалу. Важливим моментом у технології виробництва насіння люпину білого є забезпечення його високих посівних якостей за рахунок зниження його пошкоджень у процесах збирання та подальших операцій з підготовки до сівби. Наявні в літературі дані про травмування люпину під час

збирання свідчать про те, що кількість травмованого насіння і характер травм (дроблення) сильно залежать від режиму обмолоту і від вологості прибраного насіння.

Наведені дані свідчать про високу ефективність виробництва білка кормового люпину, який здатний дати з гектара 270...360 кг перетравлюваного протеїну і 2700...3600 корм. од. за звичайної врожайності зеленої маси 300...400 ц/га.

Можливість використання люпину для виробництва високоцінного білкового корму за рахунок засвоєння за вегетаційний період 200...250 кг/га атмосферного азоту, задовольняючи свої потреби в цьому найважливішому елементі живлення на 70...80%, одночасно підвищуючи родючість підзолистих ґрунтів за умови заорювання кореневої системи та стрижневих решток, умісту більше 2% азоту та 6...11% сирого протеїну, збільшує господарську цінність цієї культури в практиці сільського господарства центральної частини України.

Дані науково-дослідних установ і досвід передових господарств України показують, що при суворому дотриманні технології вирощування люпину дає високі врожаї насіння (25...40 ц/га), що становить понад 10...13 ц білка з гектара.

Фізико-геометричні параметри зерна білого люпину сорту "Дега", що наведено в таблиці 1.3.

*Таблиця 1.3*

Фізико-геометричні параметри люпину сорту "Дега"

Показник	Розмірність	Середнє значення
Маса 1000 зерен	г	260-380
Ширина зерен	мм	9,4
Товщина зерен	мм	4,4
Частка оболонки (за масою)	%	14-19

## Фізико-геометричні параметри люпину сорту "Дега"

Товщина оболонки	мм	0,27
Вміст білка в зерні	%	35-40
Вміст білка в ядрі	%	42-50

Отже, в умовах північної частини України при застосуванні правильної агротехніки обробітку можна щорічно одержувати високі врожаї насіння і зеленої маси люпину, що матиме значний вплив на розв'язання кормової проблеми тваринництва.

Із зерна білого люпину сорту "Дега" виготовляють різні продукти переробки зерна, які представлено на рис.1.1.



Рис. 1.1 Продукти переробки зерна білого люпину сорту "Дега": верхній ряд (справа наліво): оболонки, незбиране зерно, крупка різних фракцій; нижній ряд - борошно з оболонок незбираного зерна, крупки.

У зв'язку з цим з кожним роком тенденція збільшення посівів білого люпину тільки збільшується. Урожайність насіння білого люпину певною мірою залежить від агрокліматичних умов у період вегетації та збирання комбайнами.

У білого люпину ареалом поширення є регіони Північної та Західної України та регіони, прилеглі до них.

Сорти сучасної селекції білого люпину мають терміни вегетації від сходів до збирання від 90 до 105 днів залежно від сорту. Таким чином, якщо посів проводити наприкінці квітня - напочатку травня, то збирання можна буде починати з середини серпня.

Забезпечити збирання насіння люпину при цьому можна шляхом насильницького переривання його росту за допомогою дефоліації або десикації посівів.

Як видно зі сказаного, збирання білого люпину проводиться за значно гірших агрокліматичних умов, ніж зернових культур, що ускладнює умови роботи комбайна.

Розмірні характеристики зерен за довжиною і шириною близькі. Довжина зерен перебуває в межах (8,1 ... 11 мм) (математичне очікування 9,58 мм), ширина (7,6 ... 10,7) мм (математичне очікування 9,12 мм). Товщина має менші розміри і перебуває в межах (3,5 ... 5,3) (математичне очікування 4,424 мм).

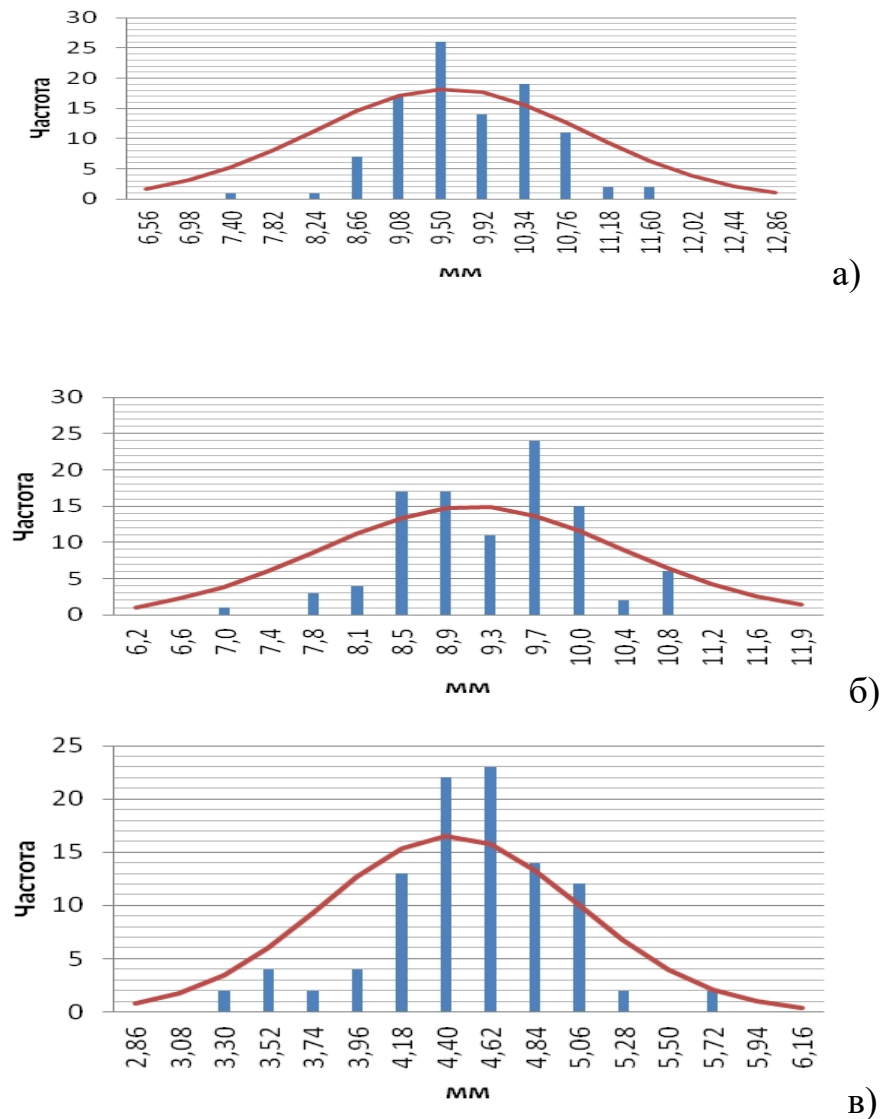


Рис. 1.2. Варіаційні криві розмірних характеристик насіння білого люпину сорту "Дега":

а) довжина; б) ширина; в) товщина.

На пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці основний вплив чинять окружна лінійна швидкість молотильного барабана і зазор між барабаном і підбарабанням (декою). Цей зазор є змінним і змінюється в бік зменшення від входу маси в молотильний пристрій до її виходу. Як узагальнювальний параметр, ми фіксували зазор на виході з молотарки. У зв'язку з цим проводити випробування почали за частоти обертання барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ .

Під час випробувань було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна має окружна лінійна швидкість бичів молотильного барабана. Так, при збільшенні частоти обертання барабана на 100 хв-1 з 450 до 550 хв-1, пошкодження збільшувалися з 1,5 % до 5,5%, тобто практично в 4 рази.

У зв'язку з цим вишукування ефективних конструкторських і технологічних параметрів, що усувають або зменшують вплив несприятливих погодних умов під час збирання білого люпину, є одним з актуальних завдань нашої роботи.

## **1.2. Способи і технічні засоби для збирання люпину білого**

Наприкінці ХІХ і на початку ХХ століття люпин на насіння прибирали вручну, зв'язували в снопи з подальшим зберіганням у скиртах і обмолотом навесні перед посівом на токах. Під час скиртування між рядами снопів укладали шар сухої соломи або гілок, що поліпшувало повітрообмін, зелені боби підсихали й дозрівали в скирті. У такий спосіб збереження і якість насіння не погіршувалися.

На початку ХХ століття на збиранні люпину почали застосовувати жатки-самоскиди, жатки-лобогрейки. Однак через великі втрати їх застосування було обмежене. Жниваркиснопов'язалки, незважаючи на їхню більшу досконалість, на збиранні люпину майже не застосовували, бо висока вологість стебел під час скошування (65...82%) призводила до псування снопів. Дозрілі боби обламувалися під час механічного впливу в'язального апарату.

Впровадження в сільськогосподарське виробництво зернозбиральних комбайнів докорінно змінило технологію збирання люпину.

У 1963-1970 рр. УНДІМЕСГ і Західної МІС з метою вибору технологічних схем, машин і пристосувань до зернозбиральних комбайнів та

рекомендацій їхньому виробництву були проведені дослідження низки технологічних схем збирання люпину на зерно:

- пряме комбайнування недефольованого люпину комбайнами з пристосуванням ПЛК і М.М.Беспалова (з відділенням зрілих бобів від недозрілих);
- роздільне збирання зі скошуванням люпину у валки та прокоси;
- пряме комбайнування із застосуванням дефоліації посівів;
- пряме комбайнування із застосуванням дефоліації посівів комбайнами, обладнаними пристосуваннями ПЛЗ-4 і ПЛЗ-5.

Проведеними дослідженнями встановлено, що пряме збирання комбайном СК-4А, обладнаним пристосуванням ПЛК, скорочує втрати, як порівняти з непереобладнаним, у 1,5-2,0 раза. Проте залишаються високими і перевищують допустимі агротехнічними вимогами (5%) у два-три рази.

Втрати врожаю під час роздільного збирання люпину зі скошуванням у валки та прокоси з подальшим їх добором комбайном КЗС-9-2 «Скіф-250» з підбирачем перевищують допустимі агро вимогами в шість-десять разів. Основна частина втрат припадає на підбирання валків і прокосів унаслідок їхнього лежання, а також пров'ялювання рослин через стерню.

Дефоліація насінневих посівів - ефективний технологічний прийом, який прискорює дозрівання бобів на п'ять-десять днів і полегшує умови роботи молотарки комбайна.

З 1970 р. в Україні широко застосовують технологію збирання люпину на зерно, що складається з двох операцій: передзбиральної дефоліації та подальшого прямого комбайнування зерновими комбайнами, обладнаними пристосуваннями для зниження втрат зерна.

### 1.3 Аналіз досліджень процесу збирання насінників трав

У процесі розвитку та вдосконалення збиральної техніки особливо багато досліджень було спрямовано на вдосконалення молотильних пристроїв.

Молотильні пристрої зернозбиральних комбайнів за конструкцією молотильного барабана ділять на два типи: бильні та штифтові (зубові).

Технологічні переваги бильного молотильного пристрою перед штифтовим (менше механічне ушкодження зерна і перебивання соломи під час обмолоту, простота й універсальність конструкції, краща пристосованість до обмолоту сухих культур тощо) спричинили його широке поширення в усьому світі. Комбайни майже всіх марок з однобарабанным молотильним пристроєм випускаються в даний час з бильними барабанами. Тільки у двобарабанных молотильних пристроях для обмолоту рису перший барабан встановлюють штифтовий (зубовий).

Академік Вейс Ю.А і доктор сільськогосподарських наук Колганов. К.Г., досліджуючи процес обмолоту, виявили велику кількість пошкодженого зерна внаслідок жорсткої роботи барабана. На підставі своїх досліджень вони запропонували нові молотильні схеми, що складаються з двох барабанів. Перевагою таких схем є те, що вони знижують дроблення та травмування зерна.

Ідея двофазного (диференційованого) обмолоту висловлена була ще академіком Горячкіним В.П. у 1935 р. Вона полягала в тому, що зерно більш велике менш міцно пов'язане з колосом. Воно так само менш міцне по відношенню до ударних впливів, ніж дрібне зерно.

Перший комбайн, заснований на двофазному способі обмолоту, розробили і випробували ВІМОМ спільно з ЧІМЕСГОМ. Результати випробування цього комбайна підтвердили перевагу двофазного способу обмолоту. На підставі робіт ВІМу, ЧІМЕСГА, ВІСГОМу, а згодом КБ

Красноярського комбайнового заводу 1965 р. було створено конструкцію 2-х барабанного комбайна - СКД-5 "Сибіряк", прийнятого до виробництва з 1969 р. Подальшого розвитку та обґрунтування двофазний спосіб обмолоту набув у працях інших дослідників. Слід зазначити, що переважна більшість досліджень 2-х фазного обмолоту проводилися на зернових колосових культурах.

Розвиток конструкцій молотильних апаратів і дослідження в цій царині в даний час йдуть, в основному, в трьох напрямках:

- 1) Збільшення продуктивності молотильних апаратів;
- 2) Універсальність (здатність обмолочувати різні сільськогосподарські культури)
- 3) Повнота вимолоту продукту при мінімальних механічних пошкодженнях насіння.

Роздільний спосіб збирання пов'язаний із проведенням додаткових операцій і збільшенням витрат, а з іншого боку, є можливість на 5-10 днів прискорити дозрівання скошеного у валки люпину, ніж на корені. Роздільне збирання проводять у період побуріння 50-70% бобів, а за небезпеки заморозків - на початку побуріння бобів.

Скошена маса підсихає у валках поступово. Люпин, скошений у період блискучого пристигаючого бобу, підсихає залежно від погоди і товщини валка за 10-15 днів. Щоб не допустити пліснявіння маси і псування насіння у валках, необхідно забезпечувати якомога кращі умови їх провітрювання. Потужний травостій косять не на повне захоплення жатки, а на дві третини його або половину, щоб валок був не дуже щільним і добре утримувався на стерні. Для роздільного збирання придатні посіви, що мають не менш як 70-80 рослин на 1 м<sup>2</sup>. Скошують їх на висоті 18-20 см. Така висота стерні забезпечує гарне провітрювання валка і покращує роботу підбирача. Зріджені та низькорослі посіви для роздільного збирання непридатні; валок не тримається на стерні, і в дощову погоду рослини пліснявіють, насіння псується. Застосування цього

способу ефективно лише тоді, коли після скошування посівів 10-14 днів не буде дощу. Крім того, за роздільного збирання люпину, втрати зерна зростають до 30-40%. Так, за даними ЦНДІМЕСГ, втрати під час підбирання товстошарових валків становили 25,8% (зерном у бобах - 21,5), а під час підбирання тонкошарових широких валків - 48,3% (вільним зерном та у бобах - 27,3 та у непідібраних рослинах - 21%). Великі втрати виникають унаслідок оббивання бобів пальцями підбирача, провалювання грон у стерню та обпадання бобів за рахунок послаблення зв'язку їх зі стеблами і від пошкодження рослин пліснявими грибками. Порівняно великі втрати зерна бобових під час роздільного збирання спостерігаються і за кордоном. 203-477 кг/га в Польщі.

Наведені результати випробувань роздільного збирання показують, що застосування його в зоні зволоженого клімату є недоцільним, оскільки за несприятливих погодних умов створюється ризик втратити весь урожай люпину.

Для скорочення втрат і одержання біологічно цінного насіння нерівномірно дозрілі бобові культури доцільно прибирати дворазовим комбайнуванням. Сутність способу полягає в такому: за дозрівання приблизно 75% насіння, яке обмолочують зернозбиральним комбайном зі знятим днищем копача, у першу фазу збирання молотарку комбайна налаштовують на "м'який" режим обмолоту, частоту обертання молотильного барабана зменшують до 600 хв<sup>-1</sup>, а зазори між декою і білами барабана збільшують майже до межі. Завдяки великим зазорам, обмолочувана маса менше дробиться, очищення і соломотряс виявляються незавантаженими, і втрати насіння скорочуються. У другу фазу збирання, коли насіння, що залишилося на рослинах у валках, дозріває, комбайн із підбирачем обмолочує валки за звичайного, тобто "жорсткого" режиму роботи молотильного апарату.

За даними ВІМ, спосіб дворазового комбайнування дав позитивні результати на збиранні гороху в Північній Україні. Під час першого проходу

комбайна обмолочувалося до 80% найбільш якісного насіння гороху, вологість якого становила 14%. Решта зерна, зібраного під час домолоту маси з валків, була також повноцінною, а загальні втрати врожаю за такого способу збирання виявилися в 2 - 2,5 раза нижчими, ніж за роздільного збирання.

Однак дворазове комбайнування, будучи більш трудомістким способом порівняно з прямим комбайнуванням, за умов підвищеного зволоження не знаходить застосування здебільшого через великий ризик псування насіння, не обмолоченого під час першого проходу комбайна.

Для зменшення дроблення насіння люпину та підвищення його чистоти в процесі збирання відомий окремий варіант дворазового способу збирання, запропонований М.М. Беспаловим. Автор запропонував обмолочувати люпин однобарабанным комбайном за частоти обертання барабана від 600 до 800  $\text{хв}^{-1}$ , а ворох розділяти в очищенні комбайна за допомогою додаткового решета з круглими отворами діаметром 10 мм на фракції: "стигле насіння" (збирається в бункер), "зелене насіння", яке, відрізняючись за розмірами від стиглого, сходить разом із необмолоченими бобами з решета та потрапляє колосовим елеватором, оснащеним патрубком, на спеціальний майданчик, де збирається в мішки. Недозріла частина врожаю обробляється на току.

Випробування останньої технологічної схеми показали, що застосування цієї технології економічно неефективне, а комбайн, обладнаний пристосуванням за пропозицією М. Беспалова, не виконує технологічний процес, запропонований автором.

Так на малих і середніх обертах (600-700  $\text{хв}^{-1}$ ) молотильного барабана та зазорах між барабаном і декою на вході 22 і виході 10 мм відбувалося лише обривання зрілих і зелених бобів люпину без їхнього обмолоту. У разі зменшення зазорів відбувався частковий обмолот, але за сильного пошкодження недостиглих зерен. Крім цього, витрати праці на гектар прибраної площі комбайном із пристосуванням М. Беспалова (для

обслуговування його потрібно троє додаткових робітників) становили 3,25 чол. - год, що в 4 рази перевищує витрати праці при збиранні люпину не переобладнаними комбайнами.

Пряме комбайнування з передзбиральною хімічною десикацією. У зонах підвищеного зволоження основним способом збирання як зернових, так і зернобобових є пряме комбайнування, хоча цей спосіб має низку недоліків. Зерновий ворох, отриманий від комбайнів, має високу вологість і засміченість і потребує додаткової обробки на сушильноочисних агрегатах.

Комбайнові способи в більшості випадків (окрім збирання з пристосуваннями ПУН5) не забезпечують збирання всього біологічного врожаю, тобто втрачається майже вся половина та значна (20-30%) соломи.

Через несприятливі погодні умови несвоєчасне очищення полів від незернової частини врожаю призводить до порушення строків луцення або оранки стерні.

Крім того, серійний зернозбиральний комбайн без спеціального переобладнання не здатний прибирати зернобобові з агротехнічно припустимими кількісними та якісними втратами зерна. Проведені випробування

Західною державною машиновипробувальною станцією порівняльні випробування різних технологій збирання люпину на насіння показали, що за прямого комбайнування втрати зерна становлять 20% і більше (це в рази менше, ніж за роздільного збирання). За кордоном, у Західній Австралії втрати насіння люпину за прямого комбайнування становлять 15-30% урожаю.

Десикація насінників люпину (швидке засушування зелених частин рослин) замінює роздільний спосіб збирання і особливо ефективна за нестійкої погоди, що забезпечує дружне дозрівання оброблюваних культур і висушування бур'янів. Цей агрозахід підвищує збір зерна на 250-300 кг/га (8-

10%) за рахунок підганання рослин, що відстають у розвитку, та зниження втрат, прискорює досягання на 5-15 днів, зменшує вилягання стеблостою, ураженість насіння хворобами та забур'яненість полів (як гербіцид), зменшує збиральну вологість насіння люпину й тим самим витрати на його сушку або повністю усуває потребу в такій.

У разі використання наземних (тракторних або автомобільних) обприскувачів норму десиканта на 1 га розчиняють у 400-500 л води і в 150-200 л, якщо препарат вносять за допомогою авіації. Кількість десиканта для обприскування одного га насінників люпину залежить від його облиственності, врожайності, кількості бур'янів і від погодних умов.

Найсприятливіший термін застосування десиканта - початок побуріння бобів. Проте в роки, коли дозрівання люпину запізнюється, розпочинати десикацію можна раніше - у фазі пристигаючих бобів (боб добре виповнений, має звичайні розміри, але ще зелений).

Багаторічними дослідженнями НДІ встановлено, що після застосування десиканта енергія проростання і схожість насіння люпину дослідних варіантів не поступалися контрольним або перевершували їх на 2-4%.

Дія десиканта на рослини більш повно проявляється в тому разі, коли протягом 8-12 годин після наземного обприскування і 12-18 годин після авіаобробки стоїть суха погода. У цьому разі посіви люпину на 6-10-ий день після десикації стають придатними для комбайнового збирання. За несприятливої погоди цей термін збільшується до 15-20 днів.

Десикація в районах нестійкого дозрівання люпину є обов'язковим агроприйомом перед збиранням прямим комбайнуванням.

В Україні розроблено спосіб збирання люпину методом вичісування бобів на корені. Розроблено пристосування для вичісування зернобобових культур на базі жатки ЖСК-4А. Його можна навішувати на косаркюплющилку Е 301 (302)

і зернозбиральний комбайн СК-5 "Нива" замість серійної жатки. Пристосування складається з обчисувального барабана, підбирача та збірної транспортера. Ворох збірним транспортером подають у транспортний засіб, що рухається поруч зі збиральною машиною. Випробування пристосування показали, що за вологості стебел 35-40% втрати насіння становлять 5-8%. Така технологія дає змогу знизити транспортні витрати, а також витрати енергії та палива на сушіння та переробку вороху лише порівняно зі збиранням усього врожаю і є більш трудомісткою порівняно з прямим комбайнуванням.

Інші способи збирання. До цих способів слід віднести: трифазний спосіб, спосіб "невейка", спосіб КазНДІМЕСГ і спосіб ЦелінНДІМЕСГ.

Трифазний спосіб збирання розроблено ВІМ – ГСКБ - ВНДПТІМЕСГ та низки інших НДІ. Даний спосіб збирання охоплює такі операції: скошування й укладання маси у валок, підбір валків з подрібненням, доставку маси на стаціонарні пункти, обмолот і сепарацію на стаціонарних молотарках-сепараторах, скиртування незернової частини врожаю та доведення зерна до товарної кондиції.

Застосування даної технології дає змогу перевести значну частину технологічних операцій на стаціонар. Спростивши мобільну машину. Впровадження даного способу стримується відсутністю в господарствах достатньої кількості транспорту, не вирішені питання з обмолотом і сепарацією подрібненої маси (велика кількість грубого вороху).

Даний спосіб для збирання насінників люпину не придатний, тому що втрати, безумовно, будуть перевищувати втрати роздільного збирання (понад 40%) через процес подрібнення насінників. Крім цього, така технологія не може бути застосована для обмолоту насінневого матеріалу. Тому трифазний спосіб збирання більш прийнятний для збирання зернових культур на фураж.

Спосіб "невейка", розроблений у ДСКБ спільно з ВІМ, передбачає збирання не всього біологічного врожаю, а лише дрібного оберемка (продуктів

сепарації молотильного пристрою і соломовіддільника) з доставкою його на стаціонар, де з оберемка виділяють зерно, а масу, що залишилася, - дрібні фракції незернової частини (полови та збоїна) - укладають на зберігання. Комлі залишають на полі або у вигляді валків, або у вигляді копен.

Дослідженнями, проведеними ВІМ, СибІМЕ, ВНДПТІМЕСГ, встановлено, що дана технологія є ефективнішою, ніж комбінована, під час збирання високоврожайних культур. Однак, економічно доцільними є схеми збирання з меншим вмістом незернової частини в "невейці" (густина не менше  $180 \text{ кг/м}^3$ , тому потрібен збагачувальний пристрій у мобільній молотарці), а також збирання "невейки" повинно проводитися у змінну ємність ( $35\text{-}50 \text{ м}^3$ ), причеплену до мобільної молотарки. Крім того, пропускна спроможність молотарки має становити щонайменше  $10 \text{ кг/с}$ , і її доцільно обладнати бункером-компенсатором ємністю  $2\text{-}3 \text{ м}^3$ .

Даних про використання "невейки" для збирання люпину в літературі не виявлено.

Однак комплекс машин за схемою "невейка" є доцільним. Використовувати на збиранні деяких насінників багаторічних трав (тонконіг лучний і болотний, лисохвіст лучний та ін.), бо втрати насіння цих культур з очищення комбайна становлять близько  $25\%$  урожаю. Тому господарства збирають полови, сушать її та переробляють разом із бункерним ворохом.

Спосіб КазНДІМЕСГ рекомендується для зон із низькою врожайністю, де немає можливості забезпечити оптимальне завантаження молотарки комбайна навіть на  $50\%$ . Спосіб передбачає збирання маси з валків або прямим комбайнуванням з одночасним навантаженням у тракторний візок, вивезення маси на край поля, укладання її в копиці з подальшим обмолотом переобладнаним комбайном або спеціальною молотаркою. Застосування цього способу дає змогу використовувати номінальну пропускну спроможність, а також знизити втрати зерна і незернової частини врожаю. У 1977 році подібний

спосіб досліджувався в Польщі на збиранні бобів. Досліди показали порівняно великі втрати (7,3-22,6%) зерна. Такий самий спосіб збирання зернових культур було випробувано 1982 року в господарствах Литви. Для збирання, подрібнення та навантаження застосовували кормозбиральні комбайни КСК-100, транспортування - тракторні причепа та автомобілі зі збільшеним об'ємом кузова, дозування - живильник ЗМ-1,5 (від агрегату вітамінних кормів) - обмолоту - два комбайни СК-5, які працюють послідовно.

Досліди показали низьку продуктивність такого комплексу машин (4-8 га за робочий день), порівняно великі втрати зерна 6-8%. Також не вирішено проблему зберігання та переробки вологої соломи. Крім того, подрібнювач Е 281 сильно дробить (7,2%) зерно.

Технологія, запропонована ЦелінНДІМЕСГ, передбачає відокремлення колосової частини стебел у процесі скошування врожаю жнивркою та розкидання окоренкової частини соломи по полю. При цьому колосова частина доставляється на стаціонарний пункт для обмолоту, очищення та приготування корму з незернової частини. Остання технологія збирання зернобобових, зокрема люпину, не є придатна через біологічні особливості зібраної культури (слабке кріплення бобів до стебел, що сприяє збільшенням втрат).

Аналіз даних багаторічних досліджень показує, що застосування технологій з обробітком урожаю на стаціонарі виправдане лише для збирання зернових і деяких багаторічних трав у певному поєднанні з комбайновою технологією і головним чином там, де комбайни працюють незадовільно. Насамперед слід її впровадити на збиранні зернофуражних культур, низьковрожайних (до 15 ц/га) і високоврожайних (понад 50 ц/га) хлібів. Тому основною технологією збирання люпину є пряме комбайнування з передзбиральною десикацією посівів.

Машини для збирання бобових культур. Прогнозами розвитку зернозбиральної техніки як у нас у країні, так і за кордоном визначено, що до 2020 року основною зернозбиральною машиною, як для зернових, так і для бобових культур, залишається комбайн. Для обмолоту зерна бобових культур за його біологічної стиглості промисловість спеціальних машин не виготовляє. Для цієї мети використовують комбайни та молотарки загального призначення. Спеціальні комбайни та молотарки для обмолоту застосовують тільки під час вимолоту недозрілого з овочевого (зеленого) гороху.

Молотильно-сепарувальний пристрій (МСП). Більшість вітчизняних комбайнів мають традиційну схему молотильно-сепарувального пристрою, що містить один або два послідовно розміщені бильні молотильні апарати та клавішний соломотряс. Майже 200річним пошуком раціональної конструкції молотарок для машинного обмолоту створено різноманітні конструкції МСП. Конструкція робочого органа, оформлена шотландцем Е. Мейклем у 1785 році у вигляді циліндричного барабана, і понині залишається незмінною. Нині не знайдено принципово нових рішень процесу обмолоту і сепарації, що дають змогу істотно підвищити пропускну здатність без збільшення розмірів і маси робочих органів і машини загалом. Водночас практично вже вичерпала можливість підвищення пропускну спроможності комбайнів за рахунок збільшення ширини молотарки, яка обмежена умовами перевезення комбайна залізничним транспортом. Дослідження здебільшого ведуться в напрямі інтенсифікації процесів обмолоту або інтенсифікації всього робочого комбайна за рахунок компоновальних та інших конструкторських рішень.

У ВІМ досліджували двопоточну молотарку, в якій транспортер похилої камери подає зрізані рослини до стискальних вальців і далі до різального пристрою, який поділяє шар на два потоки, що обмолочуються у двох молотильних апаратах, розташованих паралельно, розташованих один над одним (рис. 1.2). У цьому пристрої підвищення продуктивності тягне за собою низку недоліків:

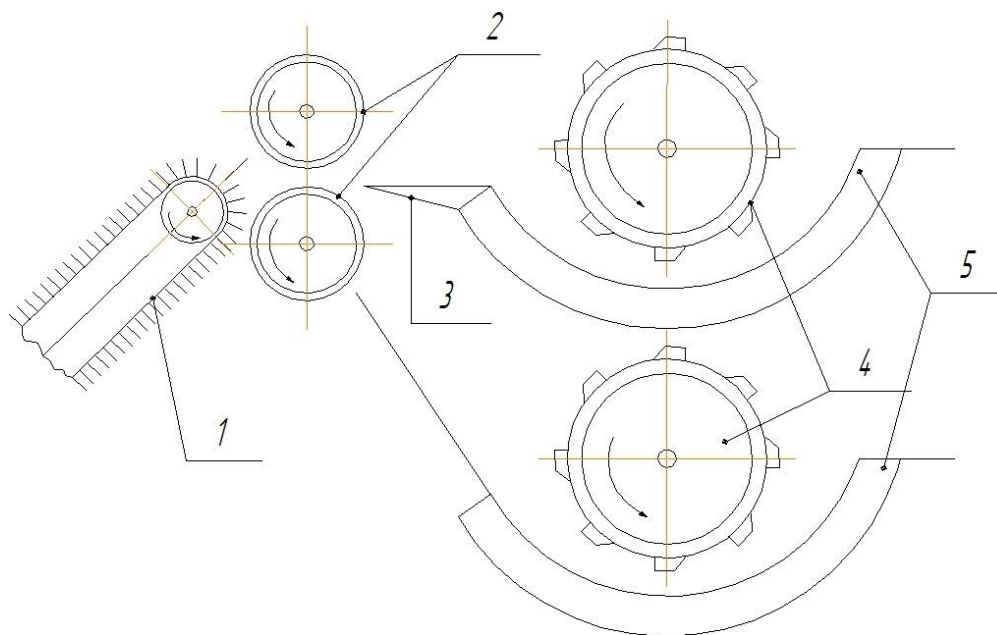


Рис.1.3. Схема молотарки за А.с. 292649

1 - живильний транспортер; 2 - приймальний вальці; 3 - ріжучий пристрій; 4 - молотильний баран; 5 - підбарабання ускладнення технологічного процесу і пов'язане з ним зниження надійності, підвищення центру тяжіння комбайна і практичного застосування ці розробки не знайшли.

Як за кордоном, так і в Україні, досліджувався технологічний процес комбайна з попереднім обмолотом у похилій камері. Багатобітерні пристрої зменшують зменшують нерівномірність подачі маси в часі, підвищують пропускну спроможність комбайна на 2050%. Однак розміщення в похилій камері молотильного та сепарувального органів знижує надійність технологічного процесу. Крім кількох екземплярів дослідних комбайнів Ту СК-5 "Ротор", практичного застосування ці розробки не знайшли.

У ВІМ досліджували молотильний пристрій із так званим фігурним барабаном, оснащеним зигзагоподібними бичами і декою з поздовжніми гребенями. За такої форми бичів збільшується приведена подача для барабана за збереження конструктивної ширини молотарки. Завдяки цьому, пропускну спроможність даного МСП на 50-60% вища, ніж у однакового за шириною

більшого апарату. Водночас відзначається менша, ніж в останнього, рівномірність розподілу обмолочуваного продукту, що, безумовно, призведе до збільшення втрат невимолотом.

Роторні молотильні пристрої впливають на масу як ударом по колосу (або бобу), так і протягуванням між поверхнями кожної пари роторів. Але роторні молотильні пристрої на 25-32% більш енергоємні, ніж барабанно-декові, і основний їхній недолік полягає в тому, що погано виділяють вільне зерно із соломи.

Сучасні сорти люпину стійкі до вилягання та розтріскування бобів.

Найкращим способом збирання є пряме комбайнування під час повного дозрівання насіння на центральних китицях. Комбайни для збирання повинні бути відрегульовані та забезпечені спеціальними пристосуваннями - копіювальним мотовилом із подовженими до 40 см пальцями для зниження обламування і втрати бобів. Приступають до збирання за вологості насіння не більше 22 %. Перестій люпину на корені неприпустимий. Висота зрізу залежить від висоти рослин: для люпина зі стеблами довжиною 60-90 см - 30-35 см. Пряме комбайнування здійснюється зернозбиральними комбайнами на м'яких режимах молотильного апарату ( $700-800 \text{ хв}^{-1}$ ) у ранкові або вечірні години чи після невеликого дощу. Роздільне збирання непридатне через розтріскування бобів під час механічного впливу робочих органів жатки та підбирача комбайна.

Десикація насінневих посівів застосовується для прискорення дозрівання рослин. У разі несприятливих погодних умов, а також за вирощування пізніх сортів її необхідно використовувати в широких масштабах. Дуже важливо при цьому протягом вегетаційного періоду постійно стежити за ходом накопичення суми температур і кількості опадів, що випали, з тим розрахунком, щоб завчасно скласти прогноз щодо можливого терміну дозрівання посівів люпину на насіння і намітити необхідні заходи з проведення десикації. Є висока пряма залежність

довжини вегетації від кількості атмосферних опадів і зворотна залежність від суми температур.

Сильно засмічені та вегетативно зарослі посіви за 1,5-2 тижні до збирання обробляють препаратами (реглон 20 % (2-3 л/га), баста 14 % (1,5-2,5 л/га), раундап (3 л/га).

Десикацію реглоном можна проводити і за місяць до збирання, знизивши норму витрати препарату до 0,8-1 л/га.

Оптимальна фаза десикації - чітке позначення малюнка на насінні в сортів із темним забарвленням і пожовтіння корінця зародка та сім'ядоль у сортів із насінням білого кольору.

На зелений корм і виробництво білково-вітамінного трав'яного борошна люпин прибирають у фазу цвітіння і плодоутворення на центральній китиці. Для приготування силосу та сінажу у фазу зерноутворення - сизий боб. Збирання проводять агрегатами Е-280, КСК-100, КУФ-1,8 та ін.

У дисертації Долголевця О.П. "Підвищення якості насіння люпину шляхом удосконалення технології збирання та робочих органів зернозбирального комбайна", йдеться про те, що обгумовані бичі поступаються сталевим бичам під час обмолоту люпину, а відтак здійснювати витрати на встановлення обгумованих бичів нераціонально. Так само в дисертації скаржаться на неодночасне дозрівання і наводять дані, що навіть у суху погоду, є зерна з вологістю 15-16% і трапляються зерна з вологістю 70%. Далі пишеться: "Очевидно, перехід на м'який режим роботи однобарабанних комбайнів дасть змогу отримувати більш повноцінне насіння люпину, ніж за використання двобарабанних".

У дисертації Стракшаса А.К "Підвищення ефективності збирання люпину на насіння шляхом удосконалення технологічних процесів і робочих органів комбайна" збирання жовтого люпину проводили серійним комбайном СК-5, основною проблемою під час збирання жовтого люпину зумовлено легке відривання стручків від стебла та трудомісткий процес вимолоту бобів, що пов'язано зі збиранням люпину за середньої вологості стебел: 44%, стулок: 37%,

насіння: 29,8%. Надалі нерозщеплені боби потрапляють на стерню. Для розв'язання цієї проблеми створили вальцьовий деформатор, який попередньо розщеплює стручки і подає в молотильно-сепарувальний пристрій.

У дисертації Халанського В. М. "Дослідження з удосконалення процесів збирання та обмолоту гороху", наводить дані щодо зменшення пошкоджуваності зерна шляхом встановлення на барабан прогумованих бичів. Проблема з нерівномірною вологістю зерна, бо навіть у суху погоду зерна мають різну вологість.

У дисертації Басва В.В. "Обґрунтування параметрів молотарки зернозбирального комбайна методом імітаційного моделювання" наводить алгоритм побудови математичної моделі технологічного процесу молотарки однобарабанного комбайна, обґрунтування оптимальних параметрів і якісних показників роботи молотарки із застосуванням імітаційних (обчислювальних) експериментів.

У дисертації Цебоєва Е.А "Удосконалення технологічного процесу обмолоту та обґрунтування параметрів молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна", наведено підвищення якості показників роботи молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна за рахунок удосконалення технологічного процесу обмолоту в молотильному просторі за рахунок застосування молотильного барабана з еластичними бичами, аналізу технологічного процесу обмолоту на вході в МЗК, та удосконалення підбарабання протиударним елементом.

У зв'язку з цим поставлено такі завдання:

- на основі досліджень, виявити основні напрями вдосконалення процесу обмолоту та сепарації зерна білого люпину;
- обґрунтувати конструкторсько-технологічну схему молотильно-сепарувального пристрою;

- теоретично дослідити процес сепарації та обмолоту зерна білого люпину в молотильно-сепарувальному пристрої;
- експериментально дослідити вплив технологічних параметрів молотильно-сепарувального пристрою та фізико-механічних властивостей матеріалу на якісні показники роботи молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна;
- провести впровадження результатів дослідження у виробництво; провести економічне обґрунтування результатів досліджень.

## **РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА КОМБАЙНА**

### **2.1. Аналіз показників роботи молотильного апарата залежно від технологічних параметрів**

На рис. 2.1 зображено загальну схему дослідження цієї роботи. Першим етапом представленої схеми є аналіз літературних джерел. Аналіз літературних джерел є першочерговим і основоположним етапом написання роботи, що полягає у зборі та аналізі літературних джерел авторів, які працювали в досліджуваній галузі.

Далі за схемою йдуть висновки з аналізу літературних джерел і потім постановка завдань дослідження, з досягнення яких, досягаємо поставленої мети.

Потім слідує 3 теоретичні етапи: вдосконалення конструкторських параметрів МЗП, аналіз травмованості зерна, вдосконалення технологічних параметрів МЗП, які своєю чергою мають свої етапи.

Опис почнемо з етапу "Удосконалення конструкторських параметрів МСП". У цьому етапі описується досягнення агровимог щодо втрат насіння білого люпину під час збирання. Досягається це оглядом патентів на винахід (корисну модель) молотильно-сепарувальних пристроїв під час збирання зернобобових культур. По завершенню огляду, приступаємо до обґрунтування конструкції підбарабання, отримуємо патент на корисну модель. Потім приступаємо до обґрунтування конструкції підвісу, на яку теж є патент на корисну модель.

Наступний етап "Аналіз травмованості зерна". У цьому етапі описується досліджувана культура, її фізичні та технологічні властивості. Наводиться обґрунтування методики травмованості зерна, і аналіз оцінки схожості зерна, після імітації удару бичем молотильного барана, на різних частотах обертання.

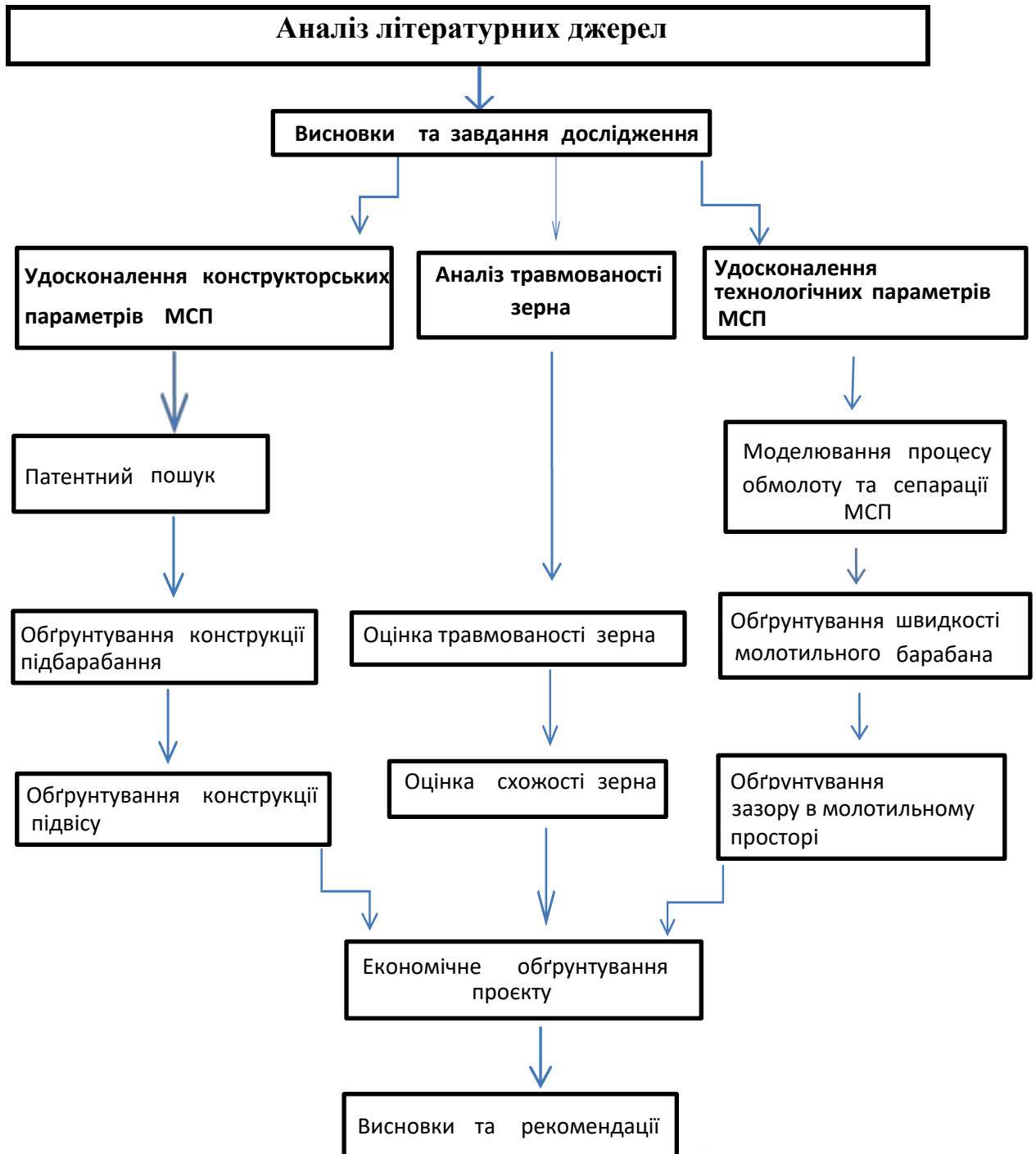


Рис. 2.1. Загальна схема дослідження

Далі етап "Удосконалення технологічних параметрів МСП". У цьому етапі наводиться теоретичний огляд на регулювання молотильно-

сепарувального пристрою під час збирання зернобобових культур. Потім наводимо моделювання процесу обмолоту та сепарації МЗП, описуємо метод визначення коефіцієнта ефективності сепарації. Далі на підставі практичних досліджень наводимо обґрунтування молотильного зазору в молотильному просторі та швидкість обертання молотильного барабана.

Передостаннім етапом у схемі дослідження йде економічне обґрунтування проєкту, в якому наводяться розрахунки економічної ефективності від впровадження гладкого підбарабання для збирання білого люпину.

## **2.2. Оцінка сепарації люпину білого молотильним апаратом зернозбирального комбайна**

Основними показниками властивостей культур, що впливають на показники роботи машин, є вологість, окружна швидкість бичів, зазорів у МЗК, величини подачі маси в молотарку, частоти обертання (окружної швидкості) шнека, температури нагрівання під час сушіння на пошкодження зерна, вплив молотильного зазору на сепарацію зерна. Ступінь і вид пошкоджень зерна (насіння) під час збирання та післязбиральної обробки визначаються сукупністю різноманітних чинників. Проаналізуємо вплив кожного фактора на пошкоджуваність зерна.

На рис. 2.2 представлено залежність впливу вологості на макро- та мікропошкодження зерна. У разі збільшення вологості зерна збільшуються і мікропошкодження, оскільки оболонка зерна та насінини в разі підвищення вологості стають м'якшими і, відповідно, більш сприйнятливими до ушкоджень, що тягне за собою збільшення мікропошкоджень (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки тощо). А зменшення вологості, призводить до зменшення мікропошкоджень, у зв'язку зі зміцненням (затвердінням) оболонки зерна. Зворотна залежність у макропошкоджень. Зі збільшенням вологості, зерно стає м'яким і пружним, що різко зменшує шанси на отримання

макропошкоджень (дроблення, розчавлення, обвалення, відколи), а зменшення вологості збільшує макропошкодження, тому що зерно стає твердішим, і під час взаємодії з металевими поверхнями відбувається жорсткий удар. Залежність макро- і мікропошкоджень відрізняється у відсотковому співвідношенні, оскільки ймовірність отримання мікропошкоджень набагато вища, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім під час отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкоджень. Так само для отримання мікропошкодження силовий вплив необхідний набагато менший, ніж при отриманні макропошкодження.

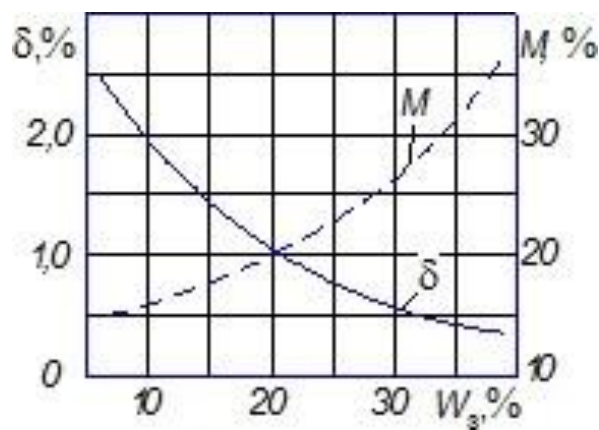


Рис. 2.2. Вплив вологості на макро- і мікропошкодження зерна:

$\delta$  - дроблення,  $M$  - мікропошкодження

На рис 2.3. представлено залежність окружної швидкості бичів від макро- і мікропошкодження зерна. У разі збільшення окружної швидкості бичів, у зерна збільшуються мікропошкодження, оскільки оболонка зерна і насіння під час підвищення окружної швидкості бичів стають більш сприйнятливими. Оскільки збільшується сила, з якою бич впливає на зерно, то це спричиняє збільшення мікропошкоджень (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки тощо). Зменшення окружної швидкості бичів, призводить до зменшення мікропошкоджень, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на зерно. Аналогічна залежність у макропошкодженнях. Зі збільшенням окружної

швидкості бичів, зерно отримує більш інтенсивний вплив, що збільшує шанси на отримання макропошкоджень (дроблення, розчавлення, обвалення, сколи). І навпаки, зменшення окружної швидкості бичів зменшує макропошкодження. Залежність макро- і мікропошкоджень відрізняється у відсотковому співвідношенні, оскільки шанси отримання мікропошкоджень набагато вищі, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за умови отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкоджень. Плюс для отримання мікропошкодження, сили удару, необхідно набагато менше, ніж при отриманні макропошкодження.

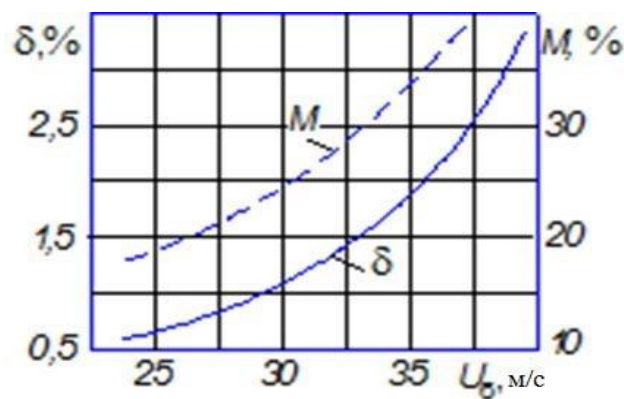


Рис. 2.3 Вплив окружної швидкості бичів на макро- і мікропошкодження зерна:

$\delta$  - дроблення,  $M$  – мікропошкодження.

На рис.2.4. представлено залежність зазору в молотильному просторі від макро- та мікропошкодження зерна. За збільшення зазору в молотильному просторі, у зерна зменшуються мікропошкодження, бо збільшується товщина рослинної маси в молотильному просторі, внаслідок чого зменшується ефект удару бича по рослинній масі та зменшується ефект "перетирання", тому що збільшує і сила, з якою бич вдаряє по зерну, що тягне за собою збільшення мікропошкоджень (подряпини, тріщини, вибоїни, ушкодження оболонки і т.п.).

А зменшення зазору в молотильному просторі, призводить до збільшення мікропошкоджень, у зв'язку зі зменшенням сили впливу бича на рослинну масу.

Аналогічна залежність у макропошкоджень. Зі збільшенням зазору в молотильному просторі, зерно зазнає меншої шкоди, що зменшує шанси на отримання макропошкоджень (дроблення, розчавлення, обвалення, сколи), і навпаки зменшення зазору в молотильному просторі збільшує макропошкодження. Залежність макро- і мікропошкоджень відрізняється у відсотковому співвідношенні, тому що шанси отримання мікропошкоджень набагато вищі, ніж макропошкоджень, це пояснюється тим, що для отримання мікропошкодження сили удару потрібно набагато менше, ніж при отриманні макропошкоджень.

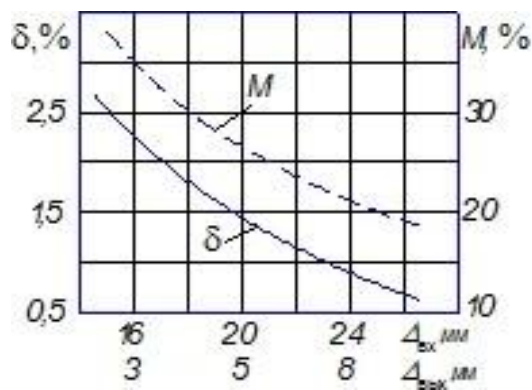


Рис. 2.4. Вплив зазору в молотильному просторі на макро- і мікропошкодження зерна:

$\delta$  - дроблення,  $M$  – мікропошкодження.

На рис. 2.5 представлено залежність величини подачі маси в молотарку на макро- і мікропошкодження зерна. При збільшенні величини подачі маси в молотарку, у зерна зменшуються мікропошкодження, оскільки збільшується швидкість проходження і щільність рослинної маси в молотильному просторі. У результаті зменшується ефект удару бича по рослинній масі та зменшується

ефект "перетирання", тому що зменшується сила, з якою бич впливає на зерно, що призводить до зменшення мікропошкоджень (подряпини, тріщини, вибоїни, пошкодження оболонки тощо). А зменшення величини подачі маси в молотарку, призводить до збільшення мікропошкоджень, у зв'язку зі збільшенням сили впливу бича на рослинну масу. Аналогічна залежність у макропошкодженнях. Зі збільшенням величини подачі маси в молотарку, зерно отримує менший вплив, що зменшує шанси на отримання макропошкоджень (дроблення, розчавлення, обвалення, відколи), і навпаки зменшення величини подачі маси в молотарку збільшує макропошкодження. Залежність макро- і мікропошкоджень відрізняється у відсотковому співвідношенні, оскільки шанси отримання мікропошкоджень набагато вищі, ніж макро, це пояснюється тим, що зерно спочатку отримує мікропошкодження, а потім за умови отримання додаткового впливу переходить у розряд макропошкоджень. Така ж імовірність, що для отримання мікропошкодження, сили удару, яка необхідна, набагато менша, ніж при отриманні макропошкодження.

На рис. 2.6. представлено залежність частоти обертання (окружної швидкості) шнека на макро- і мікропошкодження зерна. У разі збільшення частоти обертання (окружної швидкості) шнека, у зерна збільшуються макропошкодження (дроблення, розчавлювання, обвалення, відколи), бо збільшується швидкість обертання шнека, відповідно, збільшується сила, з якою шнек впливає на зерно, бо збільшується вплив, з яким бич б'є по зерну, що призводить до збільшення мікропошкодження (подряпини, тріщини, вибоїни, ушкодження оболонки і т.п.).

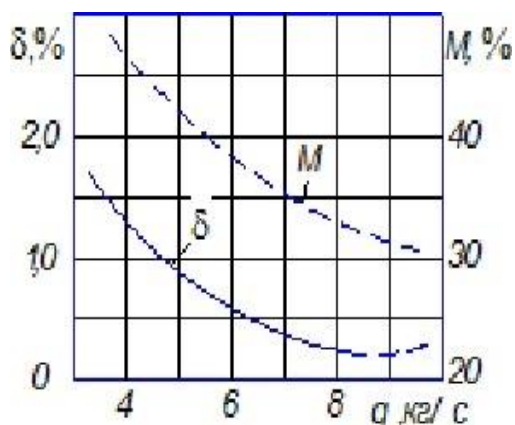


Рис. 2.5. Вплив величини подачі маси в молотарку на макро- і мікропошкодження зерна:  
 $\delta$  - дроблення,  $M$  – мікропошкодження.

Зменшення частоти обертання (окружної швидкості) шнека, призводить до зменшення макропошкоджень, у зв'язку зі зменшенням сили впливу шнека на рослинну масу. Зі збільшенням вологості, зерно стає м'яким і пружним, що різко зменшує шанси на отримання макропошкоджень (дроблення, розчавлення, обвалення, сколи). Зменшення вологості збільшує макропошкодження, тому що зерно стає твердішим і при взаємодії з металевими поверхнями відбувається більша взаємодія.

На рис. 2.7. представлено залежність впливу температури нагрівання під час сушіння на тріщинуватість зерна. При збільшенні температури нагріву під час сушіння зерна, у зерна збільшується тріщинуватість зерна, оскільки збільшується швидкість сушіння і відповідно швидкість випаровування вологи, що тягне за собою збільшення тріщинуватості. А зменшення температури нагріву під час сушіння призводить до зменшення тріщинуватості, у зв'язку зі зменшенням швидкості сушіння і відповідно швидкості випаровування вологи.

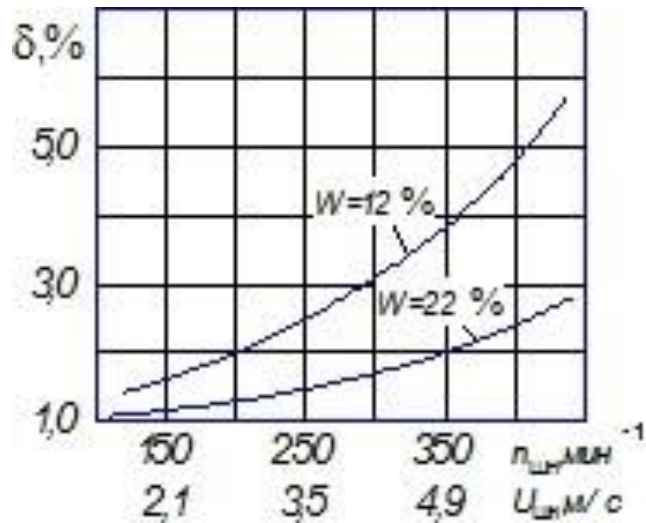


Рис. 2.6. Вплив частоти обертання (окружної швидкості) шнека на макропошкодження зерна:

$\delta$  – дроблення

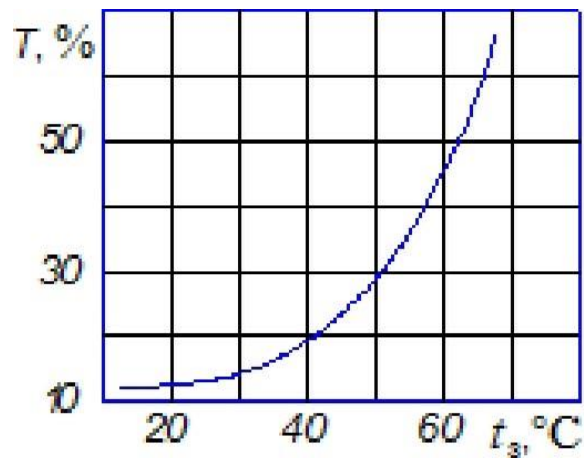


Рис. 2.7. Вплив температури нагріву під час сушіння на тріщинуватість зерна:

$T$  – тріщинуватість

На рис. 2.8. представлено залежність зазору в молотильному просторі на сепарацію зерна. У разі збільшення зазору в молотильному просторі, зменшується сепарація зерна через підбарабання, бо збільшується товщина і щільність рослинної маси в молотильному просторі, внаслідок чого

зменшується ефект удару бича по рослинній масі та зменшується ефект "перетирання", також зерну складніше пробитися через рослинну масу до сепарувальної поверхні. А зменшення зазору в молотильному просторі, призводить до збільшення сепарації зерна, у зв'язку зі зменшенням шару рослинної маси.

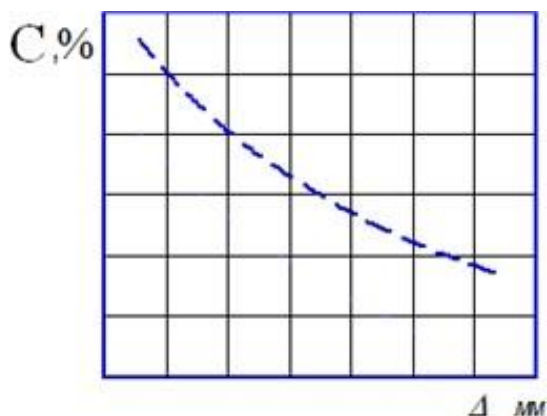


Рис. 2.8 - Вплив зазору в молотильному просторі на сепарацію зерна:

C - сепарація

Основну частину втрат насіння білого люпину під час збирання зернозбиральними комбайнами становлять вільні зерна.

Регульовальні параметри комбайна при цьому були такі: частота обертання барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ , молотильні зазори між барабаном і підбарабанням 20/10, частота обертання крильчатки вентилятора  $700 \text{ хв}^{-1}$ , зазори між сегментами жалюзі верхнього решета - 18 мм, нижнього 12 мм, подовжувача - 18 мм.

Середня вологість стебел 30%, ступок 25%, насіння - 18%. Очищення комбайна КЗС – 1218 працює порівняно задовільно. Втрати насіння здебільшого утворюються через незадовільну роботу підбарабання (низький ступінь сепарації насіння) і соломотряса, оскільки за вище описаних робочих режимів кількість втрат вільним зерном становила 10%. Незадовільна робота підбарабання відбувається через забивання площі сепарації рослинною масою.

Це відбувається через те, що рослинна маса контактує з поперечними пластинами, які є перешкодою для руху маси, і загальмовування пластинами призводить до забивання сепарувальних отворів деки (рис. 2.14.), що знову погіршує процес сепарації підбарабання.

Конструкторські особливості робочих органів комбайна, впливають на його роботу. Наприклад, молотильно-сепарувальна частина. На комбайні КЗС - 1218 була молотарка класичного типу з розгінним барабаном. Інтенсивний вплив на обмолочувану масу фактично починається під час взаємодії її з розгінним барабаном. Підбарабання встановлено, так само як і під основним барабаном, що дає можливість почати сепарацію зерна вже на початку комбайна. Розмір основного молотильного барабана становить 800 мм. Отже, окружна швидкість бичів молотильного барабана досить висока.

Зерно білого люпину вимолочується легко, отже втрат не вимолоченим зерном не було на всіх режимах роботи комбайна. Головним завданням дослідження було визначення впливу технологічних регулювань зернозбирального комбайна на пошкодження зерна та його втрати вільним зерном.

Пошкодження зерна під час обмолоту в молотарці відбувається здебільшого завдяки впливу окружної лінійної швидкості молотильного барабана та зазору між молотильним барабаном і підбарабанням (декою). Тому зазор у молотильному просторі є змінним і змінюється в бік зменшення від входу рослинної маси в молотильний пристрій до його виходу. Узагальнюючим параметром, ми використовували зазор у молотильному просторі на виході з молотарки. У зв'язку з вищесказаним, початок випробувань був за частоти обертання барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ .

Під час випробувань було встановлено, що найбільший вплив на пошкодження зерна має окружна лінійна швидкість молотильного барабана. Так, при збільшенні частоти обертання барабана на  $100 \text{ хв}^{-1}$  з  $450$  до  $550 \text{ хв}^{-1}$ , пошкодження збільшувалися з  $1,5\%$  до  $5,5\%$ , тобто практично в 4 рази.

Залежність пошкоджень зерна від обертів молотильного барабана показано на рис. 2.9.

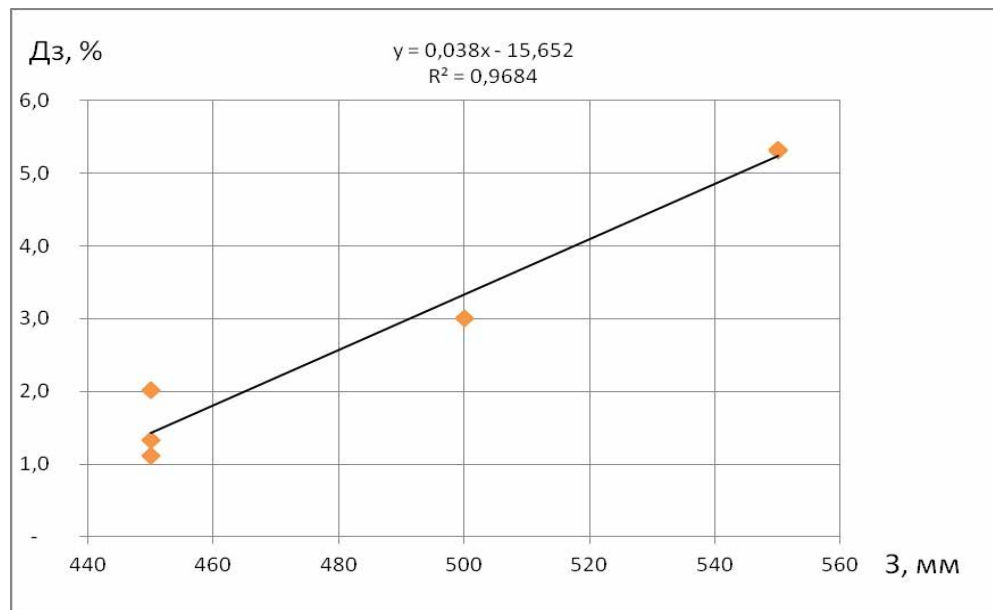


Рис. 2.9. Залежність пошкоджень зерна люпину залежно від швидкості обертання молотильного барабана ( $\text{хв}^{-1}$ ) за зазору на виході молотарки 10 мм.

На підставі даних, представлених на рис. 2.9, можна стверджувати, що частота обертання молотильного барабана не повинна бути збільшена понад  $450 \text{ хв}^{-1}$ . Це мінімально можливе значення цієї величини на комбайні.

При цьому необхідно зазначити, що мінімальні оберти барабана збільшують величину крутного моменту на його привід. Це призводить до збільшення навантаження на ремінь приводу варіатора молотарки, що може викликати його прослизання. Цей факт збільшує ймовірність забивання молотарки, що призводить до порушення технологічного процесу комбайна і великої трудомісткості усунення відмови. У цьому разі підвищуються вимоги до рівномірності завантаження молотарки комбайна і не допущення її перевантаження, навіть короткочасного.

У разі зменшення зазору на виході молотарки з 10 до 3 мм величина макропошкоджень зерна (дроблення) відповідно збільшувалася від 1,6 до 3,0%.

Це значно менше, ніж за зміни числа обертів молотильного барабана. Залежність пошкоджень білого люпину від зазору на виході молотарки показано на рис. 2.10.

Важливим фактором є те, що крім макропошкоджень є мікропошкодження зерна, а їхня величина є значно більшою. Залежність мікропошкоджень зерна від зазору на виході молотарки показана на рис. 2.11.

Аналізуючи цю залежність видно, що при зменшенні зазору на виході молотарки з 18 до 3 мм мікропошкодження відповідно збільшуються з 3 до 13 %. Цей факт найбільш значущий, ніж макропошкодження, оскільки мікропошкодження в кілька разів вищі.

На жаль, нормативними документами не встановлено допустиму величину дроблення зерна білого люпину робочими органами машин під час збирання. Якщо орієнтуватися на зернобобові, круп'яні культури та кукурудзу, то для цих культур вона становить 3%. Приймавши її і для білого люпину, ми маємо встановити зазор на виході молотарки не менше 18 мм.

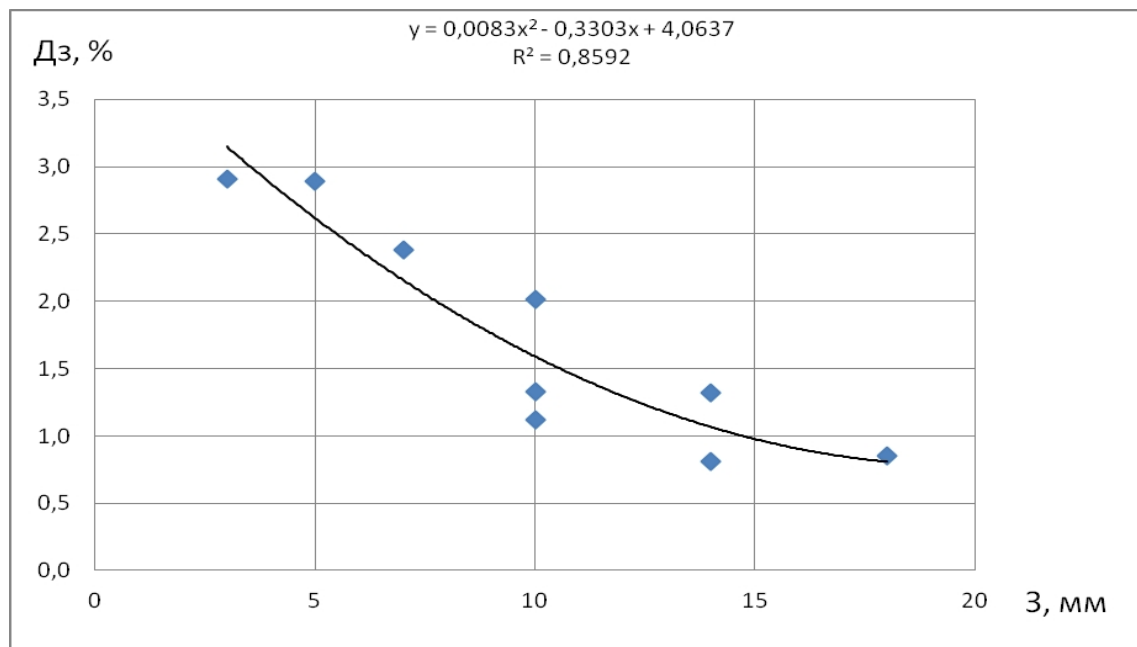


Рис. 2.10. Залежність дроблення зерна білого люпину від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ .

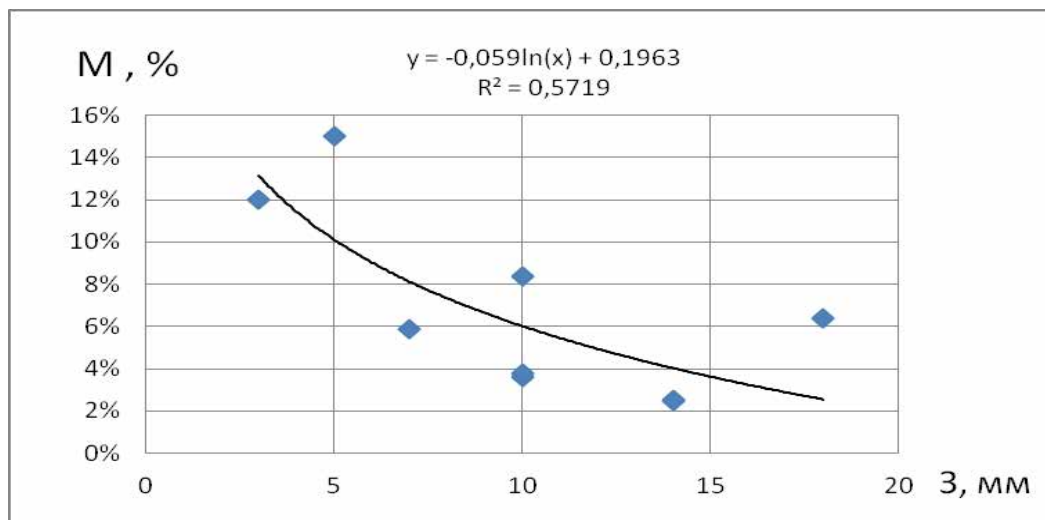


Рис. 2.11. Залежність мікропошкоджень зерна люпину від величини зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$

Як зазначалося вище білий люпин добре вимолочується і втрат недомолотом немає. Тому виникає питання, чи можливо чи подальше збільшення зазору на виході молотарки, щоб отримати подальше зниження мікропошкоджень зерна. Розглянемо залежність втрат вільним зерном за комбайном залежно від зазору на виході молотарки (рис. 2.12).

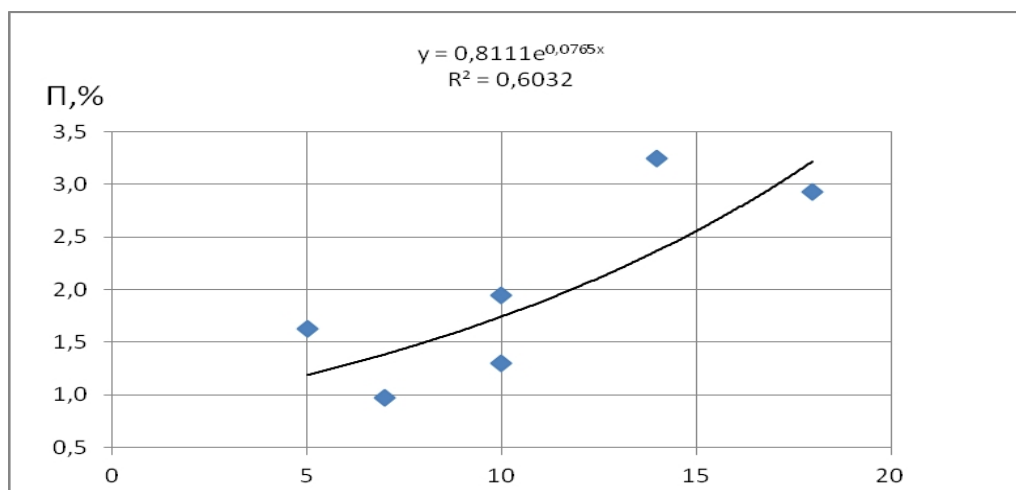


Рис. 2.12. Залежність втрат білого люпину вільним зерном від зазору на виході молотарки за частоти обертання молотильного барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$

Аналізуючи представлену на рис. 2.12 залежність, необхідно враховувати той факт, що зі збільшенням зазору на виході молотарки знижується інтенсивність сепарації зерна в молотильній частині через підбарабання. Це пов'язано зі збільшенням товщини шару обмолочуваної зернової маси. Зерну значно важче в даному разі виділятися з вороху. А нам необхідно, щоб основна частина зерна (до 80%) сепарувалася саме в молотарці. У нашому ж випадку, за рахунок погіршення процесу сепарації недостатня кількість зерна виділяється в молотарці. Отже, більше його потрапляє на соломотряс. Тоді соломотряс не справляється повною мірою зі своєю функцією, що призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном. Тому збільшувати зазор на виході молотарки не доцільно понад 12 мм.

Основними факторами, що впливають на величину втрат насіння люпину під час його обмолоту, є подача, фракційний склад і вологість обмолочуваного матеріалу, конструктивні та режимні параметри молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбирального комбайна.

Втрати насіння білого люпину можна знизити такими способами:

- 1) збільшити частоту обертання молотильного барабана, для того щоб швидше просувати рослинну масу (але за високих швидкостей насіння буде сильно дробитися);
- 2) зменшити зазор між бичами та підбарабанням, для того щоб зменшити ефект розшаровування рослинної маси та збільшити швидкість проходження (але за малого зазору відбувається сильне дроблення насіння білого люпину);
- 3) зменшити подачу рослинної маси, для того щоб зменшити забивання підбарабання (за малої подачі, економічно неефективне збирання культури);

- 4) прибрати поперечні планки з підбарабання, тим самим усунути процес забивання, шляхом процесу "самоочищення".
- 5) інтенсифікувати процес сепарації зерна білого люпину.

З вищесказаного можна зробити висновок, що зерно має великий розмір, легко вимолочується, тому за малого зазору збільшуватиметься ушкодження зерна, а за великого зазору збільшуватиметься товщина рослинної маси і, відповідно, погіршуватиметься сепарація зерна за допомогою залипання молотильно-сепарувального пристрою, що підтверджується польовими дослідями. Залипання молотильно-сепарувального пристрою представлено на рис. 2.13.



Рис. 2.13. Процес "залипання" підбарабання молотарки під час збирання білого люпину

### **2.3 Удосконалення конструкції молотильного апарата бильного типу для збирання люпину білого**

Необхідно змінити конструкцію молотильно-сепарувального пристрою, щоб не змінювати процес сепарації. Усунути забивання і поліпшити очищення

можна за допомогою підбарабання. Це можливо за умови виконанні підбарабання у вигляді гладкої циліндричної поверхні, що сепарує, причому по всій поверхні, що сепарує, виконані наскрізні отвори довгастої форми, розташовані рядами різної спрямованості під кутом до напрямку руху маси, так само молотильно-сепарувальний пристрій відрізняється від класичного прутково-планчастого молотильно-сепарувального пристрою тим, що підбарабання з листового металу.

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, і може бути використана під час обмолоту зернобобових культур зернозбиральними комбайнами та на стаціонарах.

Відомий класичний молотильно-сепарувальний пристрій зернозбирального комбайна, який складається з молотильного барабана з бичами та підбарабання з отворами для сепарації зерна.

Недоліком цього молотильно-сепарувального пристрою є зниження сепаруючої здатності зерна через підбарабання через його забивання за умови збільшення товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси в просторі між молотильним барабаном та підбарабанням, що є причиною перевантаження солововідділювача та в підсумку призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном.

Приприбирання легковимолочуваних, крупнозернових, легкотравмованих культур, таких як зернобобові, збільшують зазори між молотильним барабаном і підбарабанням, що веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси та знижує ефект самоочищення поверхні підбарабання. Конструкція підбарабання з прутків з поперечними пластинами передбачає, насамперед всього, інтенсифікацію процесу вимолоту зерна. Зернобобові культури вимолочуються легко, тому немає потреби в інтенсифікації вимолоту. Наприклад, під час збирання білого люпину зернозбиральним комбайном КЗС-

1218 "Палессе GS-12" за зазору на виході між молотильним барабаном і підбарабанням 18 мм і частоти обертання молотильного барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$  втрати недомолотом були відсутні в усіх дослідах. У даному разі поперечні пластини підбарабання є перешкодою для переміщення обмолочуваної маси в молотильно-сепарувальному пристрої, утворюючи за кожною планкою мертвий простір, де скупчуються дрібна складова рослинної маси. Така конструкція призводить до забивання сепарувальних отворів підбарабання саме за збільшених зазорів (рис. 2.3.), що погіршує сепарацію зерна через них. Через це збільшується завантаження соломовідділювача і в підсумку збільшуються втрати вільним зерном за молотаркою комбайном. Зерно, яке не пройшло через решітку підбарабання, зазнає додаткових ударних впливів бичів, що так само підвищує ймовірність додаткового пошкодження зерна.

Відомий пристрій підбарабання конструкції Буркова Л.М. який містить поздовжні планки та поперечні прутки, що встановлені по краях плоских вигнутих боковин на куті обхвату  $5+7^\circ$  симетрично з обох кінців, а решта частини підбарабання виконана у вигляді декількох валів, встановлених паралельно один одному в боковинах з можливістю обертання.

Пристрій підбарабання молотильно-сепарувального пристрою який містить підбарабання, забезпечене додатковими поперечними планками з робочими кромками, виготовленими з прямолінійних ділянок, розташованих із прямолінійних ділянок, що чергуються. на одному рівні із симетричними криволінійними ділянками, спрямованими увігнутістю до осі поверхні, що огинає робочі кромки основних планок.

Недоліками цих моделей є складність конструкції, а також не усунення процесу забивання сепарувальних отворів підбарабання під час збирання зернобобових культур, які потребують великих зазорів між барабаном і підбарабанням. Так само в них може відбуватися підвищене пошкодження зерна під час обмолоту зернобобових культур.

Завдання корисної моделі підвищення сепарації зерна крізь підбарабання. Технічний результат - зниження втрат зерна та зменшення пошкодження зерен за рахунок більш інтенсивного відведення його із зони впливу бичів молотильного барабана.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що підбарабання молотильно-сепарувального пристрою виконано у вигляді циліндричної поверхні, з радіусом кривизни дещо більшим за радіус траєкторії руху бичів молотильного барабана, що за зміщення їхніх центрів дає змогу виконати молотильний зазор таким, що постійно зменшується від входу до виходу з молотильного простору. Циліндрична поверхня підбарабання, по якій рухається рослинна маса, гладенька з наскрізними довгастими отворами, більша вісь яких розташована під деяким кутом уздовж напрямку руху маси. Така форма і розташування отворів забезпечує прохід (сепарацію) дрібного вороху з вільним зерном у міру його утворення, оскільки проекція рухомого зерна за напрямком його руху (дотична до його траєкторії) має мати якомога менше перешкод із конструкторських елементів підбарабання. Причому, чим крупніше зерно і більший радіус кривизни підбарабання, тим має бути більша довжина сепарувальних отворів.

Конструкція підбарабання, виконана з листового матеріалу, забезпечує гарний ефект самоочищення під час роботи, бо відсутні мертві зони молотильного простору, де під час активної дії бичів барабана не відбувається рух рослинної маси, що не дає змоги забиватися отворам для сепарування. Крім того, розташування довгастих отворів за кутів напрямків більшої осі отворів до напрямку руху маси, що чергуються від ряду до ряду, спричиняє поперечні коливання шарів рослин, що контактують із ними. За рахунок цього інтенсифікується процес сепарації зерна, як через шари рослинної маси, так і через підбарабання.

Пристрій пояснюється кресленнями. На рис. 2.3. представлено фотографію прототипу із забитими сепарувальними отворами підбарабання. На рис. 2.14. показано молотильно-сепарувальний пристрій.

Пропонований пристрій складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 підбарабання 3 з гладкою сепарувальною поверхнею, на якій виконано продовгуваті отвори 4, що розташовані рядами різної спрямованості під кутом  $\alpha$  до напрямку руху маси в пристрої.

Працює пристрій так: соломисто-зернова маса надходить у зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. За рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, унаслідок чого утворюється оберемок, який складається із зерна та незернової частини (соломи, полови, полови, полови, полови, полови, полови, полови, полови, полови, полови, полови, м'якушку і т. д.). Більша частина вільного зерна (70-80%) сепарується (провалюється) через отвори 4 підбарабання 3. Решта зерна виділяється з купи згодом на соломовідділювачі.

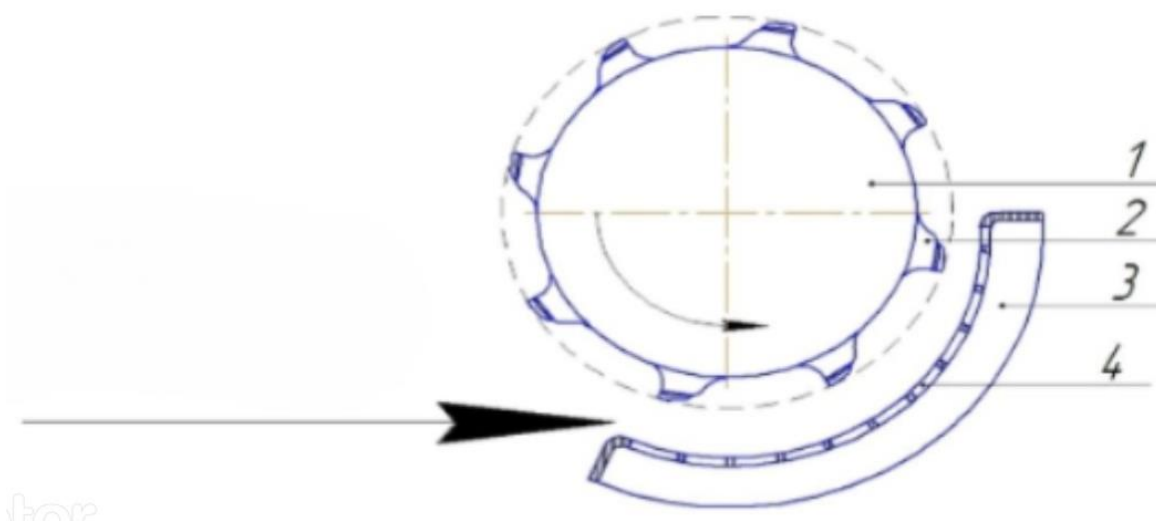


Рис. 2.14. Молотильно-сепарувальний пристрій.

Загальний вигляд секції пропонованого гладкого підбарабання показано на рис. 2.15.



Рис. 2.15. Загальний вигляд секції гладкого підбарабання

Інтенсифікувати процес сепарації пропонується через підбарабання шляхом демфіруючої підвіски підбарабання, що відрізняється тим, що сепаруюче підбарабання встановлене з можливістю здійснення коливальних рухів за рахунок того, що тяги підвіски з'єднані з цапфами сепаруючого підбарабання через пружні елементи.

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, і може бути використана під час обмолоту зернобобових культур зернозбиральними комбайнами та на стаціонарах.

Класичний молотильно-сепарувальний пристрій зернозбирального комбайна складається з молотильного барабана з бичами та підбарабання з отворами для сепарації зерна

Недоліком цього молотильно-сепарувальних пристроїв (МСП) є зниження сепаруючої здатності зерна через підбарабання за збільшення

товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси в просторі між молотильним барабаном та підбарабанням, що є причиною перевантаження солововідокремлювача та в підсумку призводить до збільшення втрат вільним зерном за комбайном.

Збільшення зазорів у МСП між молотильним барабаном і підбарабанням веде до збільшення в ньому товщини шару обмолочуваної соломисто-зернової маси. Це відбувається під час збирання легко обмолочуваних, крупнозернових, легкотравмованих культур, таких як зернобобові.

Наприклад, під час збирання білого люпину зернозбиральним комбайном КЗС-1218 "Палессе GS - 12" зазор на виході МСП рекомендовано встановити 18 мм. Для порівняння під час збирання зернових колосових культур рекомендований зазор 3...4 мм.

Відомий пристрій для його здійснення обмолоту зернових культур, який містить молотильний барабан і підбарабанье, забезпечені жорстко встановленим під підбарабаньем віброзбудником, а барабан - двома синхронізованими віброзбудниками, причому кожний віброзбудник виконаний у вигляді дебалансного вала.

Недоліком цього молотильно-сепарувального пристрою є складність конструкції, підвищення енергетичних витрат на його привід, недостатня надійність пристрою, підвищені вібраційні навантаження, збільшена металоємність і значні трудовитрати на обслуговування.

Завдання корисної моделі підвищення сепарації зерна крізь підбарабання.

Технічний результат - зниження втрат зерна.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що у молотильно-сепарувальному пристрої зернозбирального комбайна, який містить молотильний барабан з бичами та сепарувальне підбарабання із системою його кріплення, яке встановлено з можливістю здійснення коливальних рухів за

рахунок того, що підвіски та сепаруюче підбарабання з'єднані між собою через демпферні пружні елементи.

На рис. 2.16. показано демфіруючу підвіску підбарабання. Пропонована конструкція складається з молотильного барабана 1 з бичами 2 і підбарабання 3, що має отвори 4 для сепарації дрібного вороху із зерном. Тяги 5 підвіски через пружний елемент 6 з'єднані з цапфами 7 підбарабання. Стінка корпусу молотарки 8 знаходиться між тягами підвіски 5 і тягами підвіски і підбарабанням 3, в отворах якої проходять цапфи 7.

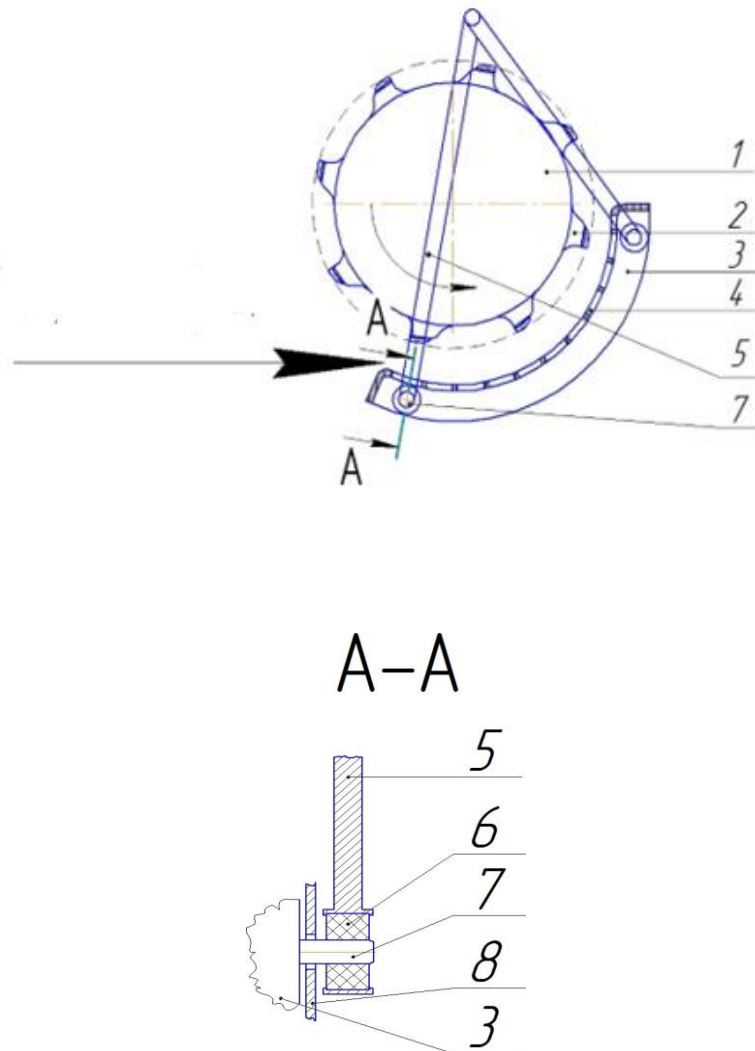


Рис. 2.16. Демфіруюча підвіска молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна

Працює пристрій наступним чином, соломисто-зернова маса надходить в зазор між обертовим молотильним барабаном 1 і підбарабанням 3. За рахунок удару бичів 2 по масі відбувається обмолот, унаслідок чого утворюється оберемок, який складається із зерна та незернової частини (соломи, полови, полову, полову, полову, полову, полову, полову, полову, полову, полову, полову тощо). Більша частина вільного зерна (70-80%) сепарується (провалюється) через отвори 4 підбарабання 3.

Зусилля, що виникає під час кожного удару бича, через рослинну масу передається на підбарабання з жорстко закріпленими в ньому цапфами 7, з'єднаними через пружні елементи 6 з тягами 5 підвіски підбарабання. Оскільки тяги 5 підвіски жорстко закріплені на корпусі молотарки комбайна, то відбувається деформація пружних елементів 6. Пульсуючі силові впливи з боку бичів 2 молотильного барабана 1 і пружні властивості елементів 6 спричиняють коливальне переміщення підбарабання 3 з цапфами 7 в отворах стінок молотарки 8. У результаті таких коливань підбарабання інтенсифікується процес сепарації зерна через нього. Знижується пошкодження зерна за рахунок нежорсткого удару по обмолочуваній масі та більш інтенсивного виходу із зони дії бичів за рахунок поліпшення сепарації зерна. Вібрація підбарабання так само сприяє його самоочищенню поверхні підбарабання.

## **2.4 Визначення коефіцієнта сепарації**

Розглядаємо роботу молотильно-сепарувального пристрою. Основне завдання молотильно-сепарувального пристрою - вимолот зерна з бобів і сепарація його з рухомого потоку рослинної маси. Вимолот зерна являє собою руйнування зв'язку зерна з бобом. У сучасних молотильно-сепарувальних пристроях, відбувається за рахунок ударів бичів по грубому вороху і протягування його за допомогою обертового молотильного барабана в молотильному зазорі.

Процес роботи молотильно-сепарувального пристрою передбачає такі етапи: надходить рослинна маса, відбувається обмолот, отримуємо грубу кучугуру, потім сепаруємо з грубої кучі зерно. Звідси виокремлюємо два важливі завдання:

- 1) вимолот є пріоритетним для культур, що важко вимолочуються, які нерівномірно дозрівають. Для білого люпину обмолот має бути м'який, бо зерно крупне, боби руйнуються легко. Отже, вимолот не є лімітуючим фактором і практично забезпечується за досить м'яких режимів роботи;
- 2) сепарація зерна з грубого вороху через підбарбарбар'я, тобто отримання дрібного вороху, визначає якість роботи молотильно-сепарувального пристрою, оскільки перший фактор не є лімітуючим для білого люпину. Сепарація зерна білого люпину ускладнена тим, що необхідно мати збільшений зазор між молотильним барабаном і підбарабанням. Значить товщина шару обмолочуваної маси збільшується, а виділення (сепарація) зерна при цьому погіршується. Крім того, для товстого шару маси погіршується процес самоочищення підбарабання, за рахунок розшарування маси, оскільки її нижні шари гальмуються поперечними планками.

Якість роботи молотильно-сепарувального пристрою визначають коефіцієнтами недомолоту, сепарації, дроблення та засміченості зерна, що надійшло на очищення. Розглянемо детальніше коефіцієнт сепарації, бо він є найвагомим під час збирання білого люпину.

Коефіцієнт сепарації  $S_m$  являє собою масову частку зерна, виділеного з обмолоченого грубого вороху в межах молотильно-сепарувального пристрою в загальній масі зерна. Сукупність полови і зерна називають дрібною зерною купою; сукупність зерна, соломи та полови - грубою. Разом із вимолотом, молотильно-сепарувальний пристрій сепарує більшу частину ( $S_m=0,8...0,95$ ) зерна з вороху. У процесі використання зернозбиральних комбайнів, необхідно

підвищувати коефіцієнт  $S_M$  правильним вибором регульованих параметрів і режиму робіт молотильно-сепарувального пристрою.

Сепарацію зерна в межах молотильного простору для МСП різних модифікацій і типів можна визначити за залежністю

$$S_M = 100 - E_M, \% \quad (2.1)$$

де  $E_M$  - схід зерна з МСП із соломою на початок сепаратора грубого вороху.

Схід вимолоченого зерна із соломою, у свою чергу, визначимо за рівнянням

$$E_M = 100 \cdot e^{-\mu_m l_m} \quad (2.2)$$

де  $\mu_m$  - коефіцієнт сепарації зерна, 1/м;

$e$  - 2,71 - основа натурального логарифма;

$l_m$  - довжина деки (молотильної частини кожуха ротора), м.

Коефіцієнт сепарації залежить від великої кількості чинників, серед яких одним із головних є величина приведеної подачі маси. У функції подачі залежність має вигляд

$$\mu_{mi} = \mu_{MO} \frac{[q]}{q_i} \quad (2.3)$$

де  $[q]$  - пропускна спроможність МЗК або молотарки загалом, кг/с;

$q_i$  - конкретна (реальна або розрахункова) величина приведеної подачі в комбайн (молотарку);

$\mu_{MO}$  - номінальне значення коефіцієнта сепарації, що відповідає завантаженню, яке дорівнює пропускній здатності  $[q]$ .

Значення  $l_m, \mu_{MO}, i [q]$  для різних МСП наведено в табл. 2.1.

Значення показників для розрахунку втрат зерна недомолотом і сепарації зерна для різних модифікацій і типів МСП сепарація, %,

$$S = 100(1 - e^{-\mu_{mi} \cdot l_m}) \quad (2.4)$$

де  $\mu_{mi}$  - коефіцієнт сепарації зерна,  $m^{-1}$ ;

$l_m$  - довжина деки або молотильної частини аксіально-роторних МСП, м.

Коефіцієнт сепарації залежить від багатьох чинників, головним з яких є приведена подача маси. У функції подачі залежність має вигляд:

$$\mu_{mi} = \mu_{m0} \cdot [q]/q_i \quad (2.5)$$

де  $\mu_{m0}$  - номінальне значення коефіцієнта сепарації, що відповідає пропускній здатності  $[q]$ ;

$[q]$  - пропускна спроможність МСП або молотарки загалом, кг/с;

$q_i$  - конкретна (реальна або розрахункова) приведена подача маси в комбайн (молотарку).

Значення  $l_m, \mu_{m0}, i [q]$  для різних МСП наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Значення показників для визначення  $P_H$  і  $S_M$ 

Тип комбайнів	Показники						
	$P_0, \%$	$[q],$ кг/с	$K_p$	$\lambda_M/\lambda, \text{ м}$	$b_0,$ 1/м	$K_b$	$\mu_{MO}, 1/\text{м}$
ПН-100	26...30	3,5	2,5	0,68/1,65	3,0	0,20	3,5...3,9
КЗС-3	25...28	3,2	2,5	0,65/0,65	5,3	0,90	2,0...2,2
Полісся GS2124	25...28	5,0	2,5	0,78/0,78	5,3	0,90	2,0...2,2
КЗС-1580 «Лан-001» SL	24...27	5,5	2,5	0,68/0,68	5,4	0,90	2,1...2,4
КЗС-9-1 «Славутич»	28...32	8,0	2,0	0,92/0,92	4,8	0,40	1,8...1,95
Claas Dominator 108	8...10	11,0	1,0	1,10/2,30	1,5	0,12	3,4...3,6
КЗС-9-2«Скіф»	8...10	12,0	1,0	1,10/2,60	1,5	0,12	3,4...3,6

## 2.5 Процес сепарації люпину білого в удосконаленому молотильному апараті

Для підвищення ефективності роботи молотильно-сепарувального пристрою на збиранні білого люпину доцільно використовувати гладке підбарання. Розглянемо процес сепарації зерна білого люпину в молотильно-сепарувальному пристрої з гладким підбаранням.

З літературних джерел відомо, що інтенсивність сепарації зерна змінюється за кутом обхвату молотильного барабана, тому кількість відсепарованого зерна змінюється за залежністю, представленою на рис. 2.17.

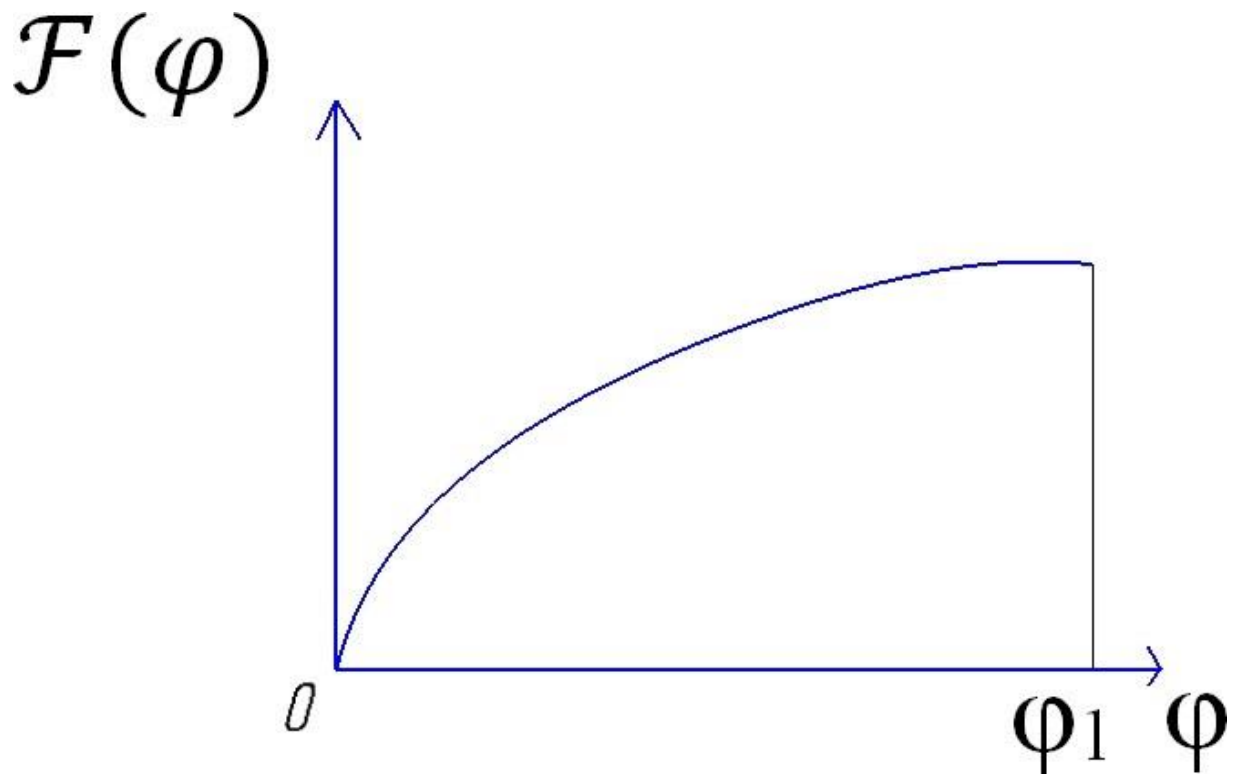


Рис. 2.17. Залежність сепарації насіння:

$f(\varphi)$  - це функція сепарації залежно від кута обхвату підбарабання (деки),  $\varphi$  - кут обхвату деки,  $\varphi_1$  - максимальний кут обхвату деки.

Дана залежність може бути апроксимована рівнянням такого виду:

$$f(\varphi) = \frac{dm_c}{d\varphi} = a\varphi^2 + b\varphi + c \quad (2.6)$$

Скористаємося початковими умовами, підставляємо  $\varphi = 0$  (рослинна маса перебуває на вході в молотильний зазор):

$$f(0) = a0^2 + b0 + c \quad \rightarrow c = 0$$

Швидкість зміни процесу показує похідна, продиференціюємо рівняння 2.6, тоді маємо:

$$f'(\varphi) = 2a\varphi + b$$

Для визначення значення коефіцієнтів у виразі 2.7 скористаємося початковими умовами  $\varphi = 0$ :

$$f'(0) = 2a \cdot 0 + b \quad \rightarrow \quad b = k \quad (2.7)$$

Параметр  $b$  характеризує процес сепарації, позначимо його через  $k$ .

Для визначення значення коефіцієнтів у виразі 2.7, скористаємося початковими умовами  $\varphi = \varphi_1$ :

$$f'(\varphi_1) = 2a\varphi_1 + b = 2a\varphi_1 + k = 0$$

$f'(\varphi_1) = 0$  оскільки дотична до кривої  $(f\varphi)$  у точці  $\varphi_1$ , горизонтальна.

Звідси знаходимо коефіцієнт:

$$a = -\frac{k}{2\varphi_1}$$

Характеристична функція сепарації:

Підставляємо коефіцієнт  $a$  в формулу 2.1 для знаходження характеристичної функції:

$$f(\varphi_1) = -\frac{k}{2\varphi_1} \cdot \varphi_1^2 + k\varphi_1 = \varphi_1 \frac{k}{2} \quad (2.8)$$

Нам відомі два параметри ( $\varphi_1$  ,  $k$ ), для знаходження сепарованої маси зерна, маємо з (2.8):

$$m_3 = \varphi_1 \cdot \frac{k}{2} \quad (2.9)$$

З рівняння 2.9, виражаємо  $k$ :

$$k = \frac{2m_3}{\varphi_1} \left[ \frac{\text{кг}}{\text{град}} \right] \quad (2.10)$$

де  $k$  - коефіцієнт інтенсивності сепарації, що показує швидкість сепарації через підбарабання. Він визначається експериментально.

### РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТА

Постійне вдосконалення техніки і технології супроводжується значними додатковими капітальними вкладеннями.

Впровадження нової розробки, раціоналізаторських пропозицій, оргтехзаходів буде виправдане лише тоді, коли воно веде до зниження собівартості продукції, підвищення продуктивності праці, підвищення якості продукції (економія у споживача).

Основними показниками, якими користуються при визначенні економічної ефективності від впровадження нової техніки:

- капітальні вкладення, необхідні для впровадження нової техніки
- собівартість продукції (витрати на її виробництво та реалізацію)
- термін окупності додаткових капітальних вкладень і коефіцієнт їхньої ефективності
- приведені витрати
- продуктивність праці

Економічний ефект від заходу за умовний рік:

$$E_t = P_t - Z_t$$

де  $E_t$  - економічний ефект за розрахунковий період

$P_t$  - виручка від реалізації продукції;

$Z_t$  - вартісна оцінка витрат на здійснення заходу за умовний рік.

Під поняттям "капітальні вкладення" маються на увазі всі одноразові витрати, пов'язані з придбанням, створенням і зростанням виробничих фондів підприємства. Величину капітальних вкладень можна визначити середньорічною вартістю виробничих фондів, якими володіє підприємство.

Основний показник ефективності впровадження нової техніки - річний економічний ефект, визначення якого ґрунтується на зіставленні наведених витрат за замінюваною (базовою) і впроваджуваною технікою.

Економічний ефект від упровадження нової техніки показує доцільність упровадження і визначається за умовний рік. У таблиці 4.1. наведено вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження "гладкої" деки.

Річний економічний ефект являє собою сумарну економію всіх виробничих ресурсів (живої праці, суспільної праці, капітальних вкладень), яку отримає народне господарство внаслідок виробництва і використання нової техніки, що зрештою виражається у збільшенні національного доходу.

*Таблиця 5.1*

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження "гладкої" деки.

П/п	Найменування показників	Од. вим.	До впровадження	На впровадження	Після впровадження
1	2	3	4	5	6
1	Видобуток зерна білого люпину на рік 1 комбайном	тонн	1688	+30	1718

## Продовження таблиці 5.1

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності впровадження "гладкої"  
деки.

1	2	3	4	5	6
2	Чисельність працівників	чол	1	-	1
3	Час роботи комбайнера	годин на рік	140	-	140
4	Вартість насіннєвого зерна білого люпину	тис. грн	16	-	16
5	Вартість фуражного зерна білого люпину	тис. грн	10	-	10

Таблиця 5.2

Підсумкова таблиця розрахунку економічної ефективності впровадження  
"гладкої" деки

№	Показники	Од. вим.	До реконструкції	Після реконструкції
1	2	3	4	5
1	Кількість зерна білого люпину, зібраного в рік Q <sub>кл</sub> (розрахунок.)(Q <sub>гл</sub> (розрахунок.)	тонн	1602	(1629)

## Продовження таблиці 5.2.

Підсумкова таблиця розрахунку економічної ефективності впровадження  
"гладкої" деки

1	2	3	4	5
2	Кількість насіннєвого зерна білого люпину, зібраного за рік Q <sub>клсем.</sub> (Q <sub>глсем.</sub> )	тонн	1582	(1616)
3	Кількість зерна білого люпину з шкодженнями, прибраного в рік Q <sub>кл дроб.</sub> (Q <sub>гл дроб.</sub> )	тонн	20	(13)
4	Витрати на реконструкцію	грн		55000
5	Ціна реалізації 1 тонни насіннєвого (фуражного) зерна білого люпину на внутрішньому ринку ринку, Ц <sub>сем.</sub> (Ц <sub>дроб.</sub> )	грн	16000 (10000)	16000 (10000)
6	Виручка від реалізації насіннєвого зерна, В <sub>клсем.</sub> (В <sub>глсем.</sub> )	грн	25312000	(25856000)
7	Виручка від реалізації зерна з макрошкодженнями (дробленого), В <sub>кл дроб.</sub> (В <sub>кл дроб.</sub> )	грн	200000	(130000)

## Продовження таблиці 5.2.

Підсумкова таблиця розрахунку економічної ефективності впровадження  
"гладкої" деки

1	2	3	4	5
8	Виручка від реалізації насінного і подрібненого зерна, Вкл <sub>обц.</sub> (Вглобц.)	грн	25512000	(25986000)
9	Економічний ефект	грн		419000
10	Окупність проекту	Га (год)		80 (20)

За умови, що річне напрацювання зернозбирального комбайна становить 140 годин на рік, розрахуємо кількість зернобобової культури, що прибирається з поля.

Розрахуємо завантаження комбайна:

$$q = 0,01 \cdot A \cdot B \cdot \frac{V}{\beta} \quad (5.1)$$

$$q = 0,01 \cdot 35 \cdot 7 \cdot \frac{1,39}{0,9} = 3,24 \text{ кг/с}$$

де, А - це коефіцієнт солемистості;

Б - це ширина жатки;

V - це швидкість комбайна,

β - коефіцієнт солемистості (для білого люпину = 0,9).

При завантаженні зернозбирального комбайна 3,24 кг/с, за годину комбайн прибирає 11,68 тонн зернобобових.

При роботі річній роботі, комбайн максимально (теоретично) збирає тонн на рік (сезон):

$$Q_{\Gamma(\text{теор.})} = t \cdot q_T \quad (5.2)$$

$$Q_{\Gamma(\text{теор.})} = 140 \cdot 11,68 = 1635 \text{ т}$$

де  $t$  - час роботи комбайна на рік (сезон), год;

$q_T$  - продуктивність комбайна, т/год.

Визначимо продуктивність комбайна, хв/га:

$$q_{\text{га}} = \frac{3500}{11680} = 0,3 \text{ год} = 18 \text{ хв/га}$$

11680 кг - 1 година

3500 кг (урожайність, га) -  $q_{\text{га}}$

Загальні втрати за класичним підбарабанням з такими параметрами (частота обертання барабана 450 хв<sup>-1</sup>, молотильні зазори між барабаном і підбарабанням 20/12, частота обертання крильчатки вентилятора 700 хв<sup>-1</sup>, зазори між сегментами жалюзі верхнього решета - 18 мм, нижнього - 12 мм, подовжувача - 18 мм, середня вологість стебел - 30%, стулок - 25%, насіння - 18 %) становлять:

макропошкодження зерна (Пкл<sub>макр</sub>): 1,2 %;

вільним зерном (Пкл<sub>своб</sub>): 2 %.

Загальні втрати за гладким підбарабанням із такими параметрами (частота обертання барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ , молотильні зазори між барабаном і підбарабанням 20/12, частота обертання крильчатки вентилятора  $700 \text{ хв}^{-1}$ , зазори між сегментами жалюзі верхнього решета - 18 мм, нижнього - 12 мм, подовжувача - 18 мм, середня вологість стебел - 30 %, стулок - 25 %, насіння - 18 %) становлять:

макропошкодження зерна ( $\text{ПгЛ}_{\text{макр}}$ ): 0,8 %;

вільним зерном ( $\text{ПгЛ}_{\text{своб}}$ ): 0,38 %.

При врожайності 35 ц з га, і річному завантаженні комбайна в 140 годин, за рік комбайн прибере га:

$$Q_{\text{га}} = \frac{t}{q_{\text{га}}} = \frac{140}{0,3} = 466 \text{ га} \quad (5.3)$$

Загальна кількість зерна білого люпину (розрахункового), зібраного зернозбиральним комбайном із класичним підбарабанням на рік:

$$Q_{\text{кл(розр.)}} = Q_{\text{г(теор.)}} - (Q_{\text{г(теор.)}} \cdot \text{Пкл}_{\text{своб}}) \quad (5.4)$$

$$Q_{\text{кл(розр.)}} = 1635 - 1635 \cdot 0,02 = 1602 \text{ т}$$

Кількість насінневого зерна білого люпину (розрахункового), зібраного зернозбиральним комбайном із класичним підбарабанням за рік:

$$Q_{\text{кл(сем.)}} = Q_{\text{кл(розр.)}} - (Q_{\text{кл(розр.)}} \cdot \text{Пкл}_{\text{макр}})$$

$$Q_{\text{кл(сем.)}} = 1602 - 1602 \cdot 0,012 = 1582 \text{ т}$$

Кількість зерна білого люпину (розрахункового) з макропошкодженнями (дроблення), прибраного зернозбиральним комбайном із класичним підбарабанням на рік:

$$Q_{\text{кл(дроб.)}} = Q_{\text{кл(розр.)}} \cdot \text{Пкл}_{\text{макр}} \quad (5.5)$$

$$Q_{\text{кл(дроб.)}} = 1602 \cdot 0,012 = 20 \text{ т}$$

Загальна кількість зерна білого люпину (розрахункового), зібраного зернозбиральним комбайном із гладким підбарабанням на рік:

$$Q_{\text{гл(розр.)}} = Q_{\text{г(теор.)}} - (Q_{\text{г(теор.)}} \cdot \text{Пгл}_{\text{своб}})$$

$$Q_{\text{гл(розр.)}} = 1635 - 1635 \cdot 0,0038 = 1629 \text{ т}$$

Кількість насінневого зерна білого люпину (розрахункового), зібраного зернозбиральним комбайном із класичним підбарабанням за рік:

$$Q_{\text{гл(сем.)}} = Q_{\text{гл(розр.)}} - (Q_{\text{гл(розр.)}} \cdot \text{Пгл}_{\text{макр}})$$

$$Q_{\text{гл(сем.)}} = 1629 - 1629 \cdot 0,008 = 1616 \text{ т}$$

Кількість зерна білого люпину (розрахункового) з макропошкодженнями (дроблення), прибраного зернозбиральним комбайном із класичним підбарабанням на рік:

$$Q_{\text{гл(дроб.)}} = Q_{\text{гл(сем.)}} \cdot \text{Пгл}_{\text{макр}}$$

$$Q_{\text{гл(дроб.)}} = 1616 \cdot 0,008 = 13 \text{ т}$$

Виручка від реалізації насінневого зерна, отриманого під час збирання зерна з класичним підбарабанням:

$$Вкл_{(сем.)} = Q_{кл(сем.)} \cdot Ц_{(сем.)} \quad (5.6)$$

$$Вкл_{(сем.)} = 1582 \cdot 16000 = 25312000 \text{ грн}$$

де  $Ц_{(сем.)}$  - ціна насіннєвого зерна білого люпину за тону, т.

Виручка від реалізації подрібненого зерна, отриманого під час збирання зерна з класичним підбарабанням:

$$Вкл_{(дроб.)} = Q_{кл(дроб.)} \cdot Ц_{(дроб.)}$$

$$Вкл_{(дроб.)} = 20 \cdot 10000 = 200000 \text{ грн}$$

де  $Ц_{(дроб.)}$  - ціна подрібненого зерна білого люпину за тону, т.

Виручка від реалізації насіннєвого зерна, отриманого при збиранні зерна з гладким підбарабанням:

$$Вгл_{(сем.)} = Q_{гл(сем.)} \cdot Ц_{(сем.)}$$

$$Вгл_{(сем.)} = 1616 \cdot 1600 = 25856000 \text{ грн}$$

Виручка від реалізації подрібненого зерна, отриманого при збиранні зерна з гладким підбарабанням:

$$Вгл_{(дроб.)} = Q_{гл(дроб.)} \cdot Ц_{(дроб.)}$$

$$Вгл_{(дроб.)} = 13 \cdot 10000 = 130000 \text{ грн}$$

Виручка від реалізації насіннєвого та подрібненого зерна, отриманого під час збирання зерна з класичним підбарабанням:

$$\text{Вкл}_{(\text{вс.})} = \text{Вкл}_{(\text{сем.})} + \text{Вкл}_{(\text{дроб.})} \quad (5.7)$$

$$\text{Вкл}_{(\text{вс.})} = 25312000 + 200000 = 25512000 \text{ грн}$$

Виручка від реалізації насіннєвого та подрібненого зерна, отриманого при збиранні зерна з гладким підбаранням:

$$\text{Вгл}_{(\text{вс.})} = \text{Вгл}_{(\text{сем.})} + \text{Вгл}_{(\text{дроб.})}$$

$$\text{Вгл}_{(\text{вс.})} = 25856000 + 130000 = 25986000 \text{ грн}$$

Економічний ефект від упровадження проекту становитиме:

$$E = \text{Вгл}_{(\text{вс.})} - \text{Вкл}_{(\text{вс.})} - Z_{\text{вр}} \quad (5.8)$$

$$E = 25986000 - 25512000 - 55000 = 419000 \text{ грн}$$

де  $Z_{\text{вр}}$  - витрати на впровадження гладкого підбарання.

Окупність проекту становитиме в гектарах:

$$419000 \text{ грн} = 466 \text{ га}$$

$$55000 \text{ грн} = x \text{ га}$$

Звідси  $x = 61,1$  га, що необхідно для окупності проекту.

Окупність проекту складе в годинах:

$$\text{За 1 годину} = 3,33 \text{ га}$$

$$x \text{ годину} = 61 \text{ га}$$

Звідси  $x = 18$  год, необхідних для окупності проекту.

Наведена конструкторсько-технологічна схема молотильно-сепарувального пристрою, під час установлення на зернозбиральний комбайн для збирання білого люпину, призводить до зменшення макропошкоджуваності на 0,4 % і втрат вільним зерном на 1,62 %, за порівнянням з класичним підбаранням.

## ВИСНОВКИ

1. Під час роботи молотильно-сепарувального пристрою зернозбирального комбайна на збиранні білого люпину основними факторами, що визначають якість його роботи, є обмолот і сепарація зерна. При цьому обмолот здійснюється легко, а сепарація ускладнена. У зв'язку з чим необхідно шукати шляхи вдосконалення конструкції комбайна, що дають змогу підвищити інтенсивність сепарації зерна через підбарабання.
2. Для інтенсифікації процесу сепарації зерна білого люпину через підбарабання доцільно застосовувати конструкцію гладкого підбарабання.
3. Розроблено математичну модель сепарації зерна в молотильно-сепарувальному пристрої, що встановлює співвідношення між швидкістю обертання молотильного барабана та зазорами на вході й виході молотильного простору, з урахуванням інтенсивності сепарації дрібного вороху за кутом обхвату підбарабання.
4. Основними технологічними параметрами молотильно-сепарувального пристрою є частота обертання молотильного барабану та зазорами між білами барабана та підбарабанням. Для комбайна КЗС-9-2 «Скіф» на збиранні білого люпину необхідно встановити частоту обертання молотильного барабана  $450 \text{ хв}^{-1}$ .
5. Встановлено співвідношення між частотою обертання молотильного барабана та зазорами на вході і виході з зазорів підбарабання з урахуванням інтенсивності сепарації дрібного вороху.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основні технології обробітку ґрунту [Електронний ресурс] // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/osnovni-tehnologiyi-obrobitku-gruntu>.
2. Технології обробітку ґрунту: види, застосування, переваги й недоліки [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://sasagro.com/ua/novitni-tehnologi%D1%97/tehnologiyi-obrobitku-gruntuvydy-zastosuvannya-perevagy-j-nedoliky/>.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / Д.Г. Войтюк. – Київ: Університетська книга, 2020. – 543 с.
4. Шурша Н.М. Удосконалення терткового пристрою для обробки насіннєвого вороху трави: дипломний проєкт / Н.М. Шурша; наук. керівник В.О. Соломко. – Київ: НУБіП України, 2012. – 61 с.
5. Ковальчук В.І. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: навч. посібник / В.І. Ковальчук. – Львів: Світ, 2010. – 384 с.
6. Машини для збирання насіння багаторічних трав: методичні рекомендації / уклад. І.М. Петренко. – Харків: ХНАУ, 2011. – 45 с.
7. Сидоренко О.М. Технології післязбиральної обробки насіннєвого матеріалу: навч. посібник / О.М. Сидоренко. – Полтава: ПДАА, 2013. – 98 с.
8. Козак П.І., Іванов В.М. Сільськогосподарські машини: підручник / П.І. Козак, В.М. Іванов. – Київ: Агроосвіта, 2008. – 456 с.
9. Петренко І.М. Вплив конструктивних особливостей молотильного апарата на якість обмолоту насінників трав // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 6. – С. 45–49.
10. Ткаченко Л.О. Дослідження ефективності використання зернозбиральних комбайнів при збиранні насінників люцерни // Наукові праці Уманського НУС. – 2015. – Вип. 87. – С. 112–117.

11. Інструкція з експлуатації зернозбирального комбайна КЗС-9-2«Скіф». – Київ: Агропромтехніка, 2020. – 72 с.
12. Методика проведення випробувань сільськогосподарської техніки / ДП «УкрЦВТ». – Київ: УкрЦВТ, 2011. – 64 с.
13. Білецький В.С. Основи наукових досліджень. — Донецьк: Норд-Прес, 2004. — 224 с.
14. Гайворонський В.І. Машина для збирання урожаю. — Київ: Урожай, 2010. — 312 с.
15. Гомон С.В., Шарий А.В. Сільськогосподарські машини: Підручник. — Харків: Факт, 2015. — 368 с.
16. Демиденко О.М., Погорілий В.І. Технології та технічні засоби в агрономії. — Київ: Аграрна наука, 2017. — 280 с.
17. Пат. UA 115678 С2, Україна. Комбайн для збирання насінників трав / Іванченко В.П., Ковальчук М.Г. — опубл. 10.04.2019.
18. Літвінов І.П. Механізація технологічних процесів у рослинництві. — Київ: Вища школа, 2013. — 295 с.

# Додатки