

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.354:631.1

ПОГОДЖЕНО  
Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
технічного сервісу та інженерного  
(назва кафедри)  
менеджменту імені М.П. Момотенка

\_\_\_\_\_  
(підпис) Вячеслав БРАТІШКО  
(ПІБ)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Іван РОГОВСЬКИЙ  
(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «Удосконалення технології збирання зернових культур з обґрунтуванням режиму роботи удосконаленого комбайна»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

Вячеславович

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Братішко Вячеслав

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.с.г.н., проф. каф.

Миколайович

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ганженко Олександр

(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Жуковський Денис Юрійович

(ПІБ)

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та  
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**  
Жуковському Денису Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208  
«Агроінженерія»  
(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-  
професійна  
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології збирання зернових культур з обґрунтуванням режиму роботи удосконаленого комбайна»  
затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2223 «С»  
Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література по вивченню питання технології збирання зернових культур з обґрунтуванням режиму роботи удосконаленого комбайна

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання, огляд технологічного процесу роботи зернозбирального комбайна
2. Аналіз конструкцій і характеристик сучасних комбайнів
3. Особливості збирання окремих зернових культур в господарстві
4. Будова модернізованого молотильного апарату і його регулювання
5. Розрахунки технологічних показників процесу збирання зернових удосконаленим комбайном в господарстві

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 12 слайдах

Дата видачі завдання «10» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ганженко О.М.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

Жуковський Д.Ю.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	9
АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ І АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНО- ЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ.....	15
1.1. Агротехнічні вимоги до збирання зернових культур .....	15
1.2. Аналіз конструкцій і характеристик сучасних комбайнів. ....	16
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	31
2.1.Вибір способу збирання. ....	31
2.2.Особливості збирання окремих зернових культур в господарстві. ....	36
2.3.Пшениця озима.....	36
2.4.Ячмінь ярий .....	37
2.5.Ячмінь озимий .....	38
2.6.Пшениця яра. ....	38
2.7.Горох.....	38
2.8.Збирання рідких, низькорослих посівів. ....	39
2.9.Збирання полеглих хлібів.....	40
3. БУДОВА МОДЕРНІЗОВАНОГО МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТУ І ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ. ....	44
3.1. Розрахунок параметрів і режиму роботи .....	45
3.2. Розрахунки технологічних показників процесу збирання зернових удосконаленим комбайном в господарстві. ....	46
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1. Основні положення техніки безпеки .....	48
4.2. Основні правила пожежної безпеки .....	51
4.3. Рекомендації по поліпшенню умов праці в господарстві .....	53
5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБОК. ....	55
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
7. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

## ВСТУП

Виробництво зерна було і залишається провідною галуззю сільського господарства України. А пшениця озима є основною зерною культурою в Степовій зоні України. За врожайністю та збором продовольчого зерна вона посідає провідне місце серед зернових культур. Виходячи із структури посівів, що склалися в Україні, оптимальна площа посівів озимої пшениці повинна становити не менше ніж 40% зернового клину.

В останні роки Україна зміцнила свої позиції на міжнародному аграрному ринку і в 2019\2020 маркетинговому році стала другою за об'ємом експорту зернових в світі після США [1]. Головне при цьому, що внутрішній ринок країни залишається насичений зерном. Річні норми споживання продуктів переробки зерна (більшість з яких належать пшениці) становлять 111 кг на душу населення, що на 10% перевищує її раціональні показники. Індекси зростання цін на продукти є найнижчими у продовольчій групі товарів, що є позитивом такого виробництва. Внутрішнє споживання зерна оцінюється на рівні 29,1 млн. т, із яких для харчових потреб – 23% цього зерна, забезпечення насінням – 13%, на корм худобі – 54%, для нехарчової переробки – 6% [2, 3].

В умовах Степу одна з головних проблем, яка залишається нерозв'язаною до цього часу, - це розробка таких технологій вирощування озимої пшениці, які б забезпечили одержання стабільних і високих валових зборів незалежно від погодних умов. Для розв'язання цієї проблеми першочергове значення мають заходи, що забезпечували б накопичення та збереження продуктивної вологи в ґрунті на час сівби для одержання своєчасних сходів рослин, їхнього росту і розвитку в осінній період, добру перезимівлю посівів та оптимальне формування агроценозів у весняно-літній період.

Дані наукових закладів та передовий виробничий досвід показують про наявність невикористаних резервів для подальшого збільшення виробництва зерна озимих культур. Найбільш важливим з них є впровадження зональних,

цільових енергозберігаючих технологій вирощування, розроблених з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, попередників і біологічних особливостей нових районованих сортів інтенсивного типу. Важливим фактором підвищення урожайності культури є програмування урожаю озимої пшениці, висока якість виконання всіх технологічних операцій.

Завершальним етапом всього процесу вирощування зерна зернових, зернобобових, круп'яних та технічних культур є збирання врожаю. Вирощену продукцію слід зібрати з мінімальними втратами і доставити до місць зберігання чи переробки. Для збирання їх у оптимальні строки необхідно використовувати обґрунтовані і прив'язані до реальних умов технології та мати відповідний парк сучасної високопродуктивної зернозбиральної техніки. Нинішній ринок зернозбиральних комбайнів досить різноманітний і представлений комбайнами як українського виробництва, так і зарубіжного. При цьому ще досить часто використовується застаріла збиральна техніка, яку слід удосконалювати.

Метою даної роботи є удосконалення технології збирання зернових культур і обґрунтування режиму роботи удосконаленого зернозбирального комбайна в умовах ТОВ «Дубрава» Магдалинівського району Дніпропетровської області.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

До основних зернових культур належать пшениця (яра і озима), жито, ячмінь і овес. Основними характеристиками їх є розміри стебел і колоса, їх маса, вологість, об'ємна маса, показники міцності і тертя. Вони залежать від виду і сорту культури, умов вегетації і збирання, часу збирання.

Висота хлібостою є важливим параметром, який визначає певні розміри робочих органів збиральної машини, висоту зрізання і міру завантаження молотарки солом'яною масою. Коливання висоти хлібів у різних культур і сортів становить від 562 до 1388 мм [10]. В ярових висота стебла менша, ніж у озимих.

Площа поперечного перерізу стебел на середньому міжвузлі знаходиться в прямій і пропорційній залежності від висоти рослин. Довжина колоса (в межах сорту) знаходиться в прямій залежності від довжини стебла. Так, у озимої пшениці при висоті стебла 1300 мм довжина колоса становить 77 мм, а при висоті стебла 600 мм – 34 мм. Співвідношення маси зерна до маси соломи також залежить від виду і сорту культури, умов її вегетації і коливається в досить великих межах (таблиця 1.1).

У пшениці Лютесценс 1060/10 при вологості повітря 27 % вологість стебел становить 9,3 %. Число стебел на квадратному метрі дорівнює 531, довжина стебел – 800 мм. Маса стебел з одного квадратного метра дорівнює 733 г, а колосів – 271 г.

Полеглі рослини перед збиранням в порівнянні з неполеглими (взяті одночасно з однієї ділянки) відрізняються більшою масою, більшою довжиною і більшою густиною розподілу. Вологість рослинної маси різко коливається в різних метеорологічних умовах.

## Масове співвідношення продуктів обмолоту комбайном

Культура	Відношення маси зерна до маси соломи
Пшениця	Від 1:4 до 1:1
Ячмінь	Від 1:1,2 до 1:0,6
Жито	Від 1:4 до 1:2
Овес	Від 1:1,6 до 1:0,4

Витрати енергії на обмолот хлібної маси в значній мірі залежать від фізико-механічних властивостей культури. Залежність напруження і деформації у рослинних зразків підпорядкована прямолінійному закону до самого моменту розриву, тобто межа пропорційності розповсюджується (на відміну від металів) до самої межі міцності. В зв'язку з біологічними явищами старіння пружність стебел в часі змінюється. На часовий опір і подовження стебла впливає не тільки зміна вологості стебел, але і вологість повітря. За період збирання міцність стебел і подовження знижуються. Оскільки модуль пропорційності в часі зростає, то подовження зменшується більш інтенсивно, ніж опір в часі. Вказані зміни відбуваються в результаті дерев'яніння і всихання стебел.

Встановлена пряма залежність сили розриву від висоти рослин. Найбільша сила розриву (120 Н) у стебла пшениці отримано для класу з самою великою висотою (1000...950 мм) і яке має найбільшу площу поперечного перерізу. Модальним визначився клас з висотою стебел 800...850 мм, в якому знаходилося 27,6 % всіх стебел. Сила розриву стебел цього класу становить 90 Н. У низькорослих стебел (450...500 мм) зареєстрована мінімальна сила розриву 37 Н. В цілому на цей показник впливає сорт культури і її вид, умови вегетації і час досліджень (метеорологічні умови).

Пружні властивості стебел зернових культур в динамічних умовах (вивчалися на маятниковому копрі при швидкості маятника в момент звершення роботи 3,5 м/с) проводилися при різному напрямку удару: вздовж зразка (поздовжній розрив) і поперек зразка (поперечний розрив). Із

зменшенням вологи в стеблах за період збирання робота, яка тратиться в середньому на поперечний розрив одного стебла, зменшується. Падіння опору динамічної дії відбувається в результаті структурних і фізіологічних змін внаслідок старіння рослин. Стебла пшениці Лютесценс 1060/10 з природною вологістю 9,48 % розривались при затратах роботи 8,5 Н·см в середньому за день. Після висушування в термостаті до вологості 2,8 % такі стебла розривались при затратах роботи 6,4 Н·см. Робота динамічного поперечного розриву падає при зменшенні висоти рослин.

При динамічній дії поперечний розрив у пшениці більш енергоємний, ніж поздовжній (таблиця 1.2), а жито Вятка при поздовжньому розриві виявилось більш міцним.

Таблиця 1.2

Опір стебел при різних навантаженнях

Культура і сорт	Динамічний розрив			
	поперечний		поздовжній	
	робота, Н·см	питома робота, Н·см/мм <sup>3</sup>	робота, Н·см	Питома робота, Н·см/мм <sup>3</sup>
Жито В'ятка	14,7	0,49	34,6	1,23
Пшениця: Гостианум 0237	30,4	0,76	13,4	0,33
Комерційна	12,5	0,36	7,3	0,25

Для відривання колоскової луски величина роботи становила для пшениці Гостианум 0237 в середньому 0,36 Н·см (максимум – 1,68 Н·см, мінімум – 0,07 Н·см) і для пшениці Мелянопус 069 відповідно 0,65, 1,89 і 0,07 Н·см.

Механічні властивості стебел при розтягу-розриві досить різні у культур і сортів. В межах одного сорту ці властивості змінюються в залежності від фаз розвитку, вмісту вологи, висоти рослин, характеру і напрямку дії сили. Залежність напруження і деформації при статичному розтягу слідує прямолінійному закону до самого розриву. За період збирання показники

міцності зменшуються, руйнування стебел потребує менших енергетичних затрат.

Сила зв'язку зерна з колосом залежить від його розмірів, форми і будови. Мають значення і інші фактори – маса, форма зерна, степінь стиглості, вологість. Зерно з колоса може бути виділено різним шляхом – ударом, перетиранням і стисканням, при дії відцентрових і інерційних сил і т.д. При цьому енергетичні затрати будуть різні і ступінь руйнування колоса і стебла також буде різний (таблиця 1.3). Тут необхідно також враховувати і можливість пошкодження самого зерна при дії навантаження з боку робочого органу.

Таблиця 1.3

Характеристика сортів по зв'язку зерна з колосом

Культура і сорт	Середня маса зерна, г	Середні затрати роботи на виділення одного зерна, Н·см
Жито Саратовське	0,028	0,099
Жито Єлісеєвське	0,185	0,063
Пшениця Лютесценс 062	0,0243	0,166
Пшениця Лютесценс 1060/10	0,0285	0,182
Пшениця Саррубра	0,0331	0,257
Пшениця Гордеиформе 0432	0,0348	0,314
Ячмінь Вінер	0,0422	0,969
Ячмінь Юдінський	0,0225	0,125

При ударі на якість обмолоту дуже впливає сила і швидкість удару. При більшій вологості необхідна і більша швидкість удару (до 52 м/с). По мірі дозрівання виділення зерна значно полегшується. Крупне зерно в порівнянні з мілким виділяється при меншій швидкості взаємодії. Характеристика культур по обмолочуванню ударом приведена в таблиці 1.4.

Характеристика культур по обмолочуванню ударом

Культура і сорт	Середні затрати роботи на виділення одного зерна ударом, Н·см
Жито В'ятка	0,557
Пшениця Комерційна	1,616
Ячмінь Вінер	2,170

Дія на колос ударом разом з тертям і стисканням викликає найбільшу величину роботи в порівнянні з іншими способами (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5. Енергоємність виділення зерна з колоса різними способами

Способи	Робота по вимолоту зерна, Н·см	
	Пшениця Лютесценс 062	Пшениця Гордеиформе 0432
Інерційна дія	0,166	0,314
Відцентрова дія	0,347	0,461
Удар, стискання і тертя	2,10	3,42

Затрати роботи змінюються в прямій залежності від вмісту вологи в зерні колосі, а вимолот – в зворотній залежності. Затрати енергії залежать від напрямку остюків, при дії проти остюків робота на вимолот зменшується в 2-3 рази. Експериментально встановлено, що виділення 85-95% зернової маси можна досягнути порівняно легко будь-яким способом, а для виділення останнього (5-15 %) мілкового, в основному, зерна необхідні підвищені затрати енергії, особливо у пшениці.

Технологічні процеси обмолоту, транспортування і сепарації продуктів урожаю в робочих органах молотарки супроводжуються тертям їх по різних робочих поверхнях. Тертя залежить від властивостей і стану рослинної маси, властивостей і ступеня обробки робочої поверхні, а також від умов взаємодії

між ними (тиск, швидкість, площа контакту, вологість і ін.).

При однаковій вологості стебел пшениці коефіцієнти тертя суттєво змінюються в залежності від вологості повітря, а підвищення вологості стебел викликає подальше збільшення показників тертя (табл. 1.6 і 1.7). Зниження вологості стебел і повітря призводить до зменшення показників тертя.

В умовах дощового літа отримано більш високі показники тертя, ніж в період засушливого літа. У зерна по обробленій сталі показники тертя менші (0,25), ніж у інших продуктів обмолоту (0,33-0,37). По обробленій сталі показники тертя у продуктів обмолоту вищі (0,25-0,37), ніж по оцинкованій сталі (0,22-0,28). Із збільшенням вологості соломи, особливо при наявності бур'яну, показники тертя збільшуються по обробленій сталі, чавуну, полотну, оцинкованій сталі. Найбільші показники тертя отримані по полотну (0,44), найменші – по оцинкованій сталі (0,30). В спокої показники тертя були вищі (0,56-0,63), ніж в русі (0,3-0,46).

Таблиця 1.6

Тертя стебел по різних поверхнях в русі

Вологість, %		Коефіцієнт тертя руху по			
стебел	повітря	оцинкована сталь	листова сталь	дерево	полотно
17,68	15	0,24	0,39	0,38	0,26
17,01	81	0,32	0,56	0,32	0,30
49,63	81	-	0,83	0,40	0,46
6,67	26	0,29	0,36	0,29	0,36

Таблиця 1.7

Тертя стебел по різних поверхнях в спокої

Вологість, %		Коефіцієнти тертя спокою по			
стебел	повітря	оцинкована сталь	сталевий лист	дерево	полотно
17,68	15	0,33	-	0,32	0,33

17,01	81	0,52	0,39	0,28	0,41
49,63	81	0,69	0,60	0,40	0,61
6,67	26	0,33	0,25	0,26	0,56

При збиранні зернових культур з високою вологістю зростають втрати віднедомолоту, частина зерна виходить з соломою; при збиранні пересохлих хлібів зростає подрібнення зерна, перебивання соломи і втрати зерна з половиною.

## 2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ І АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

### 2.1 Агротехнічні вимоги до збирання зернових культур

Зернові збирають однофазним (пряме комбайнування) або двофазним (роздільним) способами в залежності від біологічних особливостей, стану рослин, сорту і ґрунтово-кліматичних умов вирощування. В першому випадку комбайн скошує і обмолочує стебла, виділяє зерно і збирає його в бункер, збирає соломку і полову (з подрібненням або без подрібнення) або складає незернову частину врожаю на поверхню поля в валок (чи розсіває по поверхні поля). В другому випадку стебла скошують і складають в валок, який через декілька днів підбирають і обмолочують.

Збирання при двофазному способі розпочинають на 5 – 8 днів раніше, ніж при однофазному. Це дозволяє прискорити закінчення збиральних робіт. Стебла, скошені в стадії воскової стиглості зерна, досихають в валках; зерно дозріває і за рахунок поживних речовин і вологи в стеблах стає повнішим, щільність його збільшується. Крім того, при двофазному збиранні втрати від осипання зерна менші, ніж при однофазному. Тому фактичний збір зерна збільшується на 2 – 3 ц/га в порівнянні з однофазним способом збирання зернових.

Особливо вигідно збирати двофазним способом нерівномірно дозріваючі культури (просо, ячмінь, овес, горох), схильні до осипання та полягання, а також високостебельні культури і забур'янені посіви. Густина стебел на одномуквадратному метрі при цьому повинна бути не менше 250 – 300 рослин, а висота стебел не менше 600 мм.

Висоту зрізання встановлюють в залежності від довжини стебел в межах 120 – 250 мм (для жита 250 – 300 мм). Полеглі хліба косять на мінімальній висоті зрізання. При підвищеній вологості формують тонкі широкі валки, в засушливих умовах – неширокі, товсті валки з нахилом стебел до повздовжньої осі валка 10 – 30 градусів.

Втрати зерна за жниваркою допускаються не більше 0,5 % для прямостоячих стебел і 1,5 % для полеглих хлібів. Втрати зерна при підбиранні валків не повинні перевищувати 1 %, чистота зерна в бункері повинна бути не менше 96 %.

Прямим комбайнуванням збирають зернові з підсіванням багаторічних трав, низькорослі і перестояні хліба, а також хліба при високій вологості і низькій температурі повітря в період збирання. Прямим комбайнуванням збирають всі зріджені хліба, якщо немає можливості сформувати жнивваркою валок масою більше 1,4 кг на один погонний метр. Висоту зрізання встановлюють в межах 50 – 200 мм: для низьких і полеглих хлібів – не більше 100 мм, для довгосоломистих і забур'янених підсівом хлібів 150 – 200 мм. Чистота зерна в бункері повинна бути не менше 95 % [4].

За жнивваркою комбайна допускається 1 % втрат для прямостоячих хлібів і 1,5 % для полеглих і пониклих. Загальні втрати за молотаркою недомолотом і невитрушенням повинні бути не більше 1,5 % при збиранні зернових вологістю до 18 % і більше 2 % при збиранні рису з вологістю зерна до 20 %.

Дроблення зерна не повинно перевищувати 1 % для насіннєвого, 2 % для продовольчого зерна колосових культур, 3 % для зернобобових і круп'яних культур і 5 % для рису.

## 2.2 Аналіз конструкцій і характеристик сучасних комбайнів

В 2008-2010 р.р. близько 70% комбайнового парку України становили машини виробництва країн СНД (Дон-1500, Дон-1200, «Нива»), а також перші комбайни вітчизняного виробництва – «Славутич», «Лан», «Обрій», «Фермер» тощо.



а



б

Рисунок 2.1 - Вітчизняні зернозбиральні комбайни КЗС-9-1 «Славутич» (а) та «Лан» (б)

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

## Характеристики комбайна «Лан»

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

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

Останнім часом все більше на ринку України появляються сучасні закордонні зернозбиральні комбайни. Відома компанія Deutz Fahr пропонує на європейському та світовому ринках декілька серій сучасних зернозбиральних комбайнів. Зокрема, це комбайни 6-ї серії моделей 5660, 5665, 5690 та 5695, комбайни невеликих габаритів та потужності 54-ї серії моделей 5435, 5445, 5465 та 5485, а також комбайни Deutz Fahr 5660 HTS CLIMBER та Deutz Fahr BALANCE. Дві останні моделі добре себе зарекомендували як комбайни,

здатні забезпечувати високу продуктивність та відмінну якість обмолочування при роботі на схилах.



Рисунок 2.2 - Зернозбиральний комбайн СКИФ-250  
Таблиця 3.2 -  
Характеристики моделей комбайну «Скіф»

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

Зернозбиральні комбайни середнього класу моделі Deutz Fahr 5690 HTS приваблюють своїм потужним та практичним обладнанням. Комбайни

комплектуються 6-циліндровими двигунами Deutz BF 6M 1013 з робочим об'ємом 7,146 л, водяним охолодженням та системою електронного впорскування палива. Можливий вибір серед трьох двигунів потужністю 222, 250 та 310 к. с.

Нові високопродуктивні жатки з шириною захвату від 3,6 до 7,2 м дають змогу вибрати відповідне знаряддя для різноманітних умов роботи. Всі жатки оснащені планетарним приводом з високою частотою різання (1220 зрізувань за хвилину), а також механізмом, що може виконувати спарене (тандемне) зрізування. На жатках передбачена система автоматичної адаптації частоти обертів мотовила відносно швидкості руху комбайна. На комбайні встановлений молотильний барабан з 8-ма билами діаметром 600 мм і шириною 1520 мм. Підбарабання має площу 0,95 м<sup>2</sup>. Привід молотильного барабана розрахований на великі навантаження. Варіатор барабана з електричним регулюванням дає змогу за допомогою кнопки змінювати частоту його обертів у межах 420-1250 об./хв.

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

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

Комбайни DEUTZ-FAHR серії 54 - малогабаритні, надійні, потужні у своєму класі машини з високою продуктивністю. Це надійні моделі, які користуються попитом у власників невеликих та середніх за обсягом господарств, а також підприємств, що надають техніку в користування. Комбайни 54-ї серії, обладнані у базовій комплектації просторою, добре ізольованою кабіною з системою кондиціонування повітря, забезпечують

високий рівень комфорту для оператора. Комбайни комплектуються жатками з шириною захвату від 3,10 до 4,80 метра. Універсальний ріжучий механізм жаток застосовують для збирання різноманітних культур (зернових, гороху, ріпаку, сої тощо). Він забезпечує високу якість зрізування в найважчих умовах.

Для зміни висоти зрізування передбачено електричний індикатор, за допомогою якого жатка піднімається або опускається на потрібну висоту. Для забезпечення оптимальної якості обмолочування для кожної з культур встановлюється необхідна швидкість обертів молотильного барабана. За допомогою варіатора вона безступінчато змінюється в діапазоні 600-1300 об./хв. У базовій комплектації комбайнів передбачено електричний реверсивний пристрій молотильного барабана. П'ятиклавішні соломотряси з робочою площею сепарації до 4,22 м<sup>2</sup> створюють відмінну сепарацію зерна. В системі очищення передбачено колосковий шнек та домолочуючий пристрій. Місткість зернового бункера становить від 3300 до 5200 літрів.

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

Технології, використані при проектуванні та виробництві зернозбиральних комбайнів BALANCE компанії Deutz Fahr, дають змогу підтримувати такі ж показники продуктивності і якості роботи молотильного апарату та системи сепарації на горбистій місцевості, як і при збиранні врожаю на рівних горизонтальних ділянках. Електронні датчики, що працюють за

принципом спиртового рівня, визначають поточний кут нахилу комбайна та миттєво передають відповідні сигнали до гідравлічної системи. Завдяки передовій системі компенсації схилів зернозбиральні комбайни BALANCE зберігають свою повну продуктивність навіть на поперечних схилах до 20%, а також на підйомах та спусках до 6%. В залежності від моделі комбайна комплектуються жатки з шириною захвату від 4,2 до 7,2 метра. Жатки мають систему активного управління з функцією Auto Control, яка автоматично регулює кут нахилу ріжучого апарату для компенсації напрямку руху. Жатка максимально адаптується до рельєфу місцевості. Незалежно від рельєфу місцевості, молотильний апарат, система сепарації та очищення зерна працюють рівномірно по всій ширині обмолочування та площі очищення.

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

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



а)



б)

Рисунок 2.3 - Зернозбиральні комбайни компанії Deutz Fahr (а) і New Holland (б)

Представником комбайнів New Holland серії TC є модель TC56. Конструкція молотильного апарату цих комбайнів передбачає високі динамічні навантаження, а його складові забезпечують відмінне обмолочування та сепарацію зернового вороху. В конструкції молотильного апарату вбудовано додатковий роторний сепаратор. Хлібна маса, обмолочена молотильним барабаном, який відділяє 90-92% зерна з соломи, бітером

подається на роторний сепаратор, який ще додатково відділяє 3-4 % зерна. Таким чином, на соломотряс потрапляє менш як 5% зерна в соломі й досягаються мінімальні втрати зерна.

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

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

Зерновий бункер розміщений між кабіною та двигуном. Цим досягається ідеальний, незалежний від навантаження розподіл ваги. Місткість бункера становить 5200 літрів, а швидкість вивантаження дорівнює 72 л/с.

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

руху комбайна та всі функції жатки: підйом та опускання, швидкість обертів і регулювання висоти мотовила, реверс і вмикання.

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

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

Основою комбайнів серії CS є високоефективна система обмолочування. Головна її складова — високоінерційний барабан діаметром 607 мм з 8-ма білами та підбарабання з кутом обхвату 121°. Великий діаметр барабана та подовжене підбарабання виконують якісний обмолот та сепарацію зернового вороху. Роторний сепаратор з підбарабанням збільшує зону примусового обмолочування та забезпечує додатковий розподільний ефект, який зумовлює підвищення якості роботи на 20%. Система Multi-Thresh дає змогу змінювати відстань між роторним сепаратором і його підбарабанням, забезпечуючи тим самим адаптацію машини до збирання різноманітних видів культур.

Зернозбиральні комбайни серії CX налічують 7 модифікацій — CX8030, CX8040, CX8050, CX8060, CX8070 CX8080 та CX8090. З метою подальшого вдосконалення процесу збирання зернових культур компанія New Holland розробила концепцію, яку вдалося втілити на декількох серіях комбайнів. Не стали винятком і зернозбиральні комбайни серії CX. Суть нової концепції полягає у спільній роботі молотильного барабана та роторного сепаратора, що робить більш ефективним виділення зерна з колосків. Ця система є головним фактором підвищення загальної продуктивності комбайнів CX більш як на 15% порівняно з іншими комбайнами такого ж класу. Положення

молотильного барабана та роторного сепаратора також було змінено для узгодження траєкторії переміщення зерна, що підвищує пропускну здатність комбайна.

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

Комбайни обладнані 5- та 6-клавішними соломотрясами, які мають площу сепарації відповідно  $4,94 \text{ м}^2$  та  $5,93 \text{ м}^2$ . Частота обертів вала соломотряса становить 220 об./хв.

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

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

На комбайнах серії СХ встановлено дизельні двигуни IVECO CURSOR з проміжним охолодженням повітря. Номінальна потужність двигунів при частоті обертів колінчастого вала 2000 об./хв. перебуває в межах від 241 до 405 к. с. в залежності від моделі. Простора кабіна дає змогу оператору добре бачити поле, жатку, вивантажувальний шнек. На задній стінці кабіни розташоване вікно, через яке можна бачити зерновий бункер. При роботі в

темну пору доби необхідну видимість забезпечують 14 фар. Крім цього, на вивантажувальному шнеку, в зерновому бункері та на решетах розміщено додаткове освітлення.

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

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

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

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

На сьогодні компанія виготовляє зернозбиральні комбайни двох серій - SR2000 та SR3000. Для комбайнів Sampo не характерна надвисока продуктивність чи пропускна здатність. Вони розраховані на експлуатацію у невеликих та середніх за розміром селянських чи фермерських господарствах та дослідних ділянках. Та за показниками надійності, якості збирання, мінімумувтрат та пошкодження зерна ці комбайни відповідають найкращим світовим зразкам.

Комбайни SR2000 відомі завдяки своїй оригінальній жатці. Оскільки на комбайнах встановлено мотовило великого діаметру, відстань між косою та

шнеком жатки достатньо велика, що необхідно для роботи з довгостебловими культурами. Широким діапазоном регулювань жатки оператор керує з кабіни. Для швидкого навішування жатки не потрібно ніяких спеціальних пристроїв. Жатки мають ширину захвату від 3,1 до 5,1 метра. Привід коси приводиться в дію за допомогою механізму хитаючої шайби або кривошипно-шатунного механізму.

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

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

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

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

Зернозбиральні комбайни Sampo Rosenlew серії 3000 відповідають найбільш суворим вимогам до зернозбиральних машин. Для отримання

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

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

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

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

На комбайнах серії 300 встановлюються зернові бункери місткістю від 5200 до 8100 літрів. На w-подібному днищі бункера розміщено два шнеки, які не мають бокових з'єднань і легко виймаються за необхідності очищення днища бункера. Великий діаметр вивантажувального шнека та оптимальні його оберти забезпечують швидке опорожнення бункера.

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

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

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

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Кращим способом збирання є пряме комбайнування, і лише коли на посівах багато підгонів, або сильна забур'яненість урожай збирають роздільно. Прямостоячі, чисті від бур'янів, рівномірно дозріваючі хліба слід збирати прямим комбайнуванням за повної стиглості зерна та його вологості не більше 14-16% [6].

### 2.3

### Вибір способу збирання

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

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

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

Критерії вибору однофазного способу збирання:

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

Після досягнення повної стиглості урожай зерна на пні залишається без змін у період до 5 днів. В подальшому з кожним днем втрачається близько

1% зерна. Тому збирання прямим комбайнуванням доцільніше розпочати на один день раніше від досягнення фази повної стиглості.

Двофазний спосіб збирання в умовах 2015 значною мірою буде аргументований станом посівів і достатньою кількістю жниварок та підбирачів для комбайнів.

Критерії вибору двофазного способу збирання:

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

понад 200га на сезон.

Двофазна (валкова) технологія передбачає такі фази:

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

Після першої фази стебла у валках висихають, зерно досягає, його вологість вирівнюється, а стиглість стає повною. Після 1-2 днів виконується друга фаза — валки обмолочуються комбайнами з підбирачами.

Роздільно починають збирати хліб у фазі воскової зрілості. Вологість зерна сягає 30-40%, а зерно має сильний зв'язок із колосом. Стебла, сформовані у валок, потерпають впливу вітру і краще зберігають зерно, що дає можливість збільшити строки збирання.

Для своєчасного якісного збирання врожаю в господарстві доцільно використовувати одночасно різні технології, особливо це стосується прямого комбайнування і технології роздільного збирання основного врожаю.

Скошування посівів при дворазовому (роздільному) збиранні рекомендується виконувати в середині воскової стиглості зерна, при обов'язковому підборі та обмолоті валків через 3-5 днів. При цьому відтік пластичних речовин із листостеблової маси до зернівки скошених рослин різко знижується при значному посиленні процесу дихання, що не відбувається у нескошених рослинах. Отже, при скошуванні рослин ранніх зернових культур всередині фази воскової стиглості зерен маса їх не збільшується.

У зв'язку з цим урожайність рослин не може перевищувати ту, яка отримана при однофазовому збиранні (пряме комбайнування). Більш того, при затягуванні строку початку обмолоту валків до 10-15 днів і більше, випаданні опадів та спалаху грибкових захворювань, заростанні валків бур'янами втрати зерна різко зростають.

Після збирання зерна з вологістю 18-20 % зразу з-під комбайна його доставляють на зернотік і відразу ж очищають на ОВС-25, ЗАВ-20, ЗАВ-40 з наступним доведенням на сушильних майданчиках до вологості 14-16 %.

Таблиця 3.1

Середні втрати зерна при різних технологічних операціях [6]

№	Види втрат	% втрат до біологічного врожаю
1	Внаслідок неправильного технологічного регулювання комбайна	4,5
2	Внаслідок неправильного сполучення способів збирання	4,0
3	Внаслідок порушення оптимальних строків збирання	6,6
4	При транспортуванні	1,5
5	Перевитрати насіння внаслідок низьких посівних якостей	0,3
6	Втрати при зберіганні в господарстві	0,3
7	Втрати на хлібоприймальних підприємствах	0,1
Всього втрат		17,3

Зерно, яке має підвищену вологість, не слід засипати у великі бурти. При сонячній погоді широко застосовувати повітряний спосіб сушіння зерна, розстилаючи його тонким шаром, і періодично перелопачувати або пропускати через зерноавантажувачі, крім зерна на насінницькі цілі. За один такий прийом вологість зерна знижується до 1 %.

При утриманні вологої погоди необхідно використати всі наявні в господарствах, ХПП, кукурудзо калібрувальних заводах та інших

підприємствах сушарки. Звернути особливу увагу на режим сушіння насіннєвого матеріалу. Також слід пристосовувати для досушування зерна установки та канали з активного вентилявання сіна, застиляючи їх мішковиною.

Після перевірки партії насіння на життєздатність необхідно довести його до посівних кондицій, використовуючи зерноочисно-сушильні комплекси та зерноочисні машини (ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗС, СМ-4, ОС-4М та ін.).

Для запобігання подрібнення зерна зерноавантажувачами (до 7-8 %), СМ-4 (до 3-7 %) необхідно пропускати його за один прохід через решітчастий стан і через трієра, одержуючи при цьому кондиційне насіння.

Оптимізація строків збирання разом зі своєчасним та якісним його проведенням дозволяє суттєво зменшити втрати урожаю. При організації збиральних процесів слід враховувати, що тривалість воскової стиглості сортів і гібридів зернових культур перебуває у межах 10-12 днів, а повної стиглості - 6-10 днів. Слід звернути особливу увагу на те, що втрати зерна при збільшенні строків збирання у стадії повної стиглості для всіх культур різко збільшуються.

Виходячи з цього, організувати збирання необхідно так, щоб при обмолочуванні хлібної маси тривалість збирання культур із мінімальними втратами зерна не мала перевищувати 7-10 днів.

Крім прямих втрат зерна, є і побічні, які виникають внаслідок його механічного пошкодження під час збирання комбайнами, при обмолоті. Отже, зменшення механічних пошкоджень зерна при обмолоті має таке ж господарське значення, як і запобігання прямим втратам. Щоб своєчасно запобігти втратам, необхідно визначити, з яких причин вони відбуваються, у якій послідовності. Потрібно регулювати механізми машин при збиранні, очищенні, сортуванні і посіві.

Залежність втрат зерна різних культур від тривалості збирання [6]

Тривалість збирання після повної стиглості зерна, днів	Втрати при збиранні, %				
	жито озиме	пшениця озима	пшениця яра	ячмінь	овес
4 – 7	3,2	4,1	6,7	2,8	16,1
8 – 10	8,4	9,1	10,5	3,0	21,6
11 – 13	14,2	16,2	17,1	8,7	26,8
14 – 16	15,2	17,3	29,7	15,7	28,6
17 – 20	18,4	27,3	32,1	24,2	30,8

При організації збиральних процесів в умовах 2017 року слід жорстко заборонити спалювання соломи, що завдає великої шкоди ґрунту і його мікрофлорі, погіршуючи водно-фізичні властивості ґрунту, зменшується його біологічна активність, збільшуються брили ґрунту, частка агрономічно цінних агрегатів знижується із 66–72 до 52–67 %, а водостійкість – із 52–58,5 до 49,4–

52 %. Тому спалювати стерню можна як виняток (за рішенням відповідної обласної чи районної комісії) в разі масового зараження колосових культур кореневими гнилями та фузаріозом.

Кращим способом збирання є пряме комбайнування, і лише коли на посівах багато підгонів, або сильна забур'яненість урожай збирають роздільно. Прямоходячі, чисті від бур'янів, рівномірно дозріваючі хліба слід збирати прямим комбайнуванням за повної стиглості зерна та його вологості не більше 14-16%.

Як правило, роздільний спосіб збирання застосовують на полеглих хлібах, а також на високоврожайних, високорослих, схильних до вилягання, сильно забур'янених, нерівномірно дозріваючих посівах зернових розпочинають у кінці фази воскової стиглості, коли вологість зерна становить 28-30%, а закінчують — при вологості зерна 20% з урахуванням біологічних особливостей наливу зерна сортами різного еко типу. Після підсихання валків,

коли вологість досягає 13-15%, проводиться обмолот валків. Роздільно збирають схильні до обсіпання сорти озимої пшениці, полегли та забур'янені посіви жита і тритикале.

## 2.4 Особливості збирання окремих зернових культур в господарстві

### 2.4.1 Пшениця озима

Накопичений багаторічний досвід доказує, що озиму пшеницю необхідно зібрати протягом 5-7 днів після досягнення повної стиглості зерна. Затримка з обмолотом пшениці на 10-15 днів призводить до недобору 4-6 ц/га і більше врожаю, зниження клейковини, погіршення хлібопекарських якостей зерна. Сильні сорти, які при дотриманні агротехнічних вимог вирощування за якісними показниками можуть забезпечити II - III клас зерна, необхідно збирати першочергово при настанні повної стиглості зерна.

По можливості збирання сортів пшениці озимої, схильних до проростання на «пні», зазначені сорти необхідно збирати прямим комбайнуванням при вологості зерна 14-16%, ні в якому разі не допускаючи їх перестою. Скошування їх у валки є більш ризикованим. З метою уникнення перезволоження валків і проростання зерна, розмір площ, на яких буде розміщена скошена маса, не повинна перевищувати обсягу робіт з підбирання та обмолоту валків на 1-2 дні їх проведення. Доцільно також підготувати пристосування для перевертання валків.

При вирощуванні пшениці озимої за інтенсивною технологією, збирання проводиться переважно прямим комбайнуванням при досягненні повної стиглості, коли вологість зерна становить 14-16%. Збирання сучасних сортів інтенсивного напрямку, а також сортів універсального типу використання при вологості зерна не більше 18 % також доцільно проводити прямим комбайнуванням.

Полегли та забур'янені посіви збирають роздільним способом у фазі середини воскової стиглості, коли вологість зерна становить близько 30%. Роздільно краще збирати також сорти, схильні до осипання, нерівномірно

дозріваючі та які мають значний підгін. Жатка повинна рухатись човниковим способом. Зібране зерно на токах господарств у потоці очищується і просушується до базисних кондицій. Зерно цінних і сильних пшениць підробляється і складається окремо.

#### 2.4.2 Ячмінь ярий

Ячмінь ярий збирають як прямим комбайнуванням, так і роздільним (двофазним) способом. На чистих від бур'янів полях перевагу слід надавати прямому комбайнуванню.

Приступати до збирання ячменю рекомендується з кормового та продовольчого у фазі середини воскової стиглості при вологості зерна 35-23 % роздільним способом, який застосовується також у разі значного засмічення посівів бур'янами, незалежно від напрямку використання зерна. При цьому слід враховувати, що скошені валки краще утримуються у завислому стані і добре підсихають, якщо їх покласти впоперек напрямку сівби на стерню висотою 13-15 см. Підбір валків слід починати при вологості зерна не більше 18-16 % (приблизно через 3-4 дні теплої сонячної погоди після скошування).

Після обмолоту зерно відразу провіюють і за потреби просушують на установках активного вентиляювання (так само і насіння - максимальний підігрів повітря 35-45°C), щоб не допустити втрати схожості від перегріву.

Пряме комбайнування проводиться при повній стиглості зерна, коли його вологість становить 14-17%.

#### 2.4.3 Ячмінь озимий

Ячмінь озимий досягає найшвидше серед зернових колосових культур. Дещо важче збирається комбайнами, ніж ярий ячмінь та озима пшениця через ламкість колосся, схильність до вилягання та коротким оптимальним строком обмолоту. Різниця між наставанням повної стиглості озимого ячменю та ярої пшениці орієнтовно становить 3 тижні, що дозволяє розтягнути строки збирання.

#### 2.4.4 Пшениця яра

Занесені до Реєстру сорти ярої пшениці здатні достатньо інтенсивно накопичувати органічні речовини упродовж всіх фаз наливу. В передмолочну фазу вони накопичують 37-50% і до 20% в період тістоподібного стану зерна. Необхідно підкреслити, що перехід від тістоподібного стану до воскової і повної стиглості проходить досить швидко. Саме ці біологічні властивості ярої пшениці обумовлюють необхідність збирання в стислі строки, не допускаючи перестою на корні, щоб не допустити «стікання» зерна і погіршення його якості. Найдоцільніший спосіб збирання — пряме комбайнування, яке розпочинають при вологості зерна 16-18 %. При значній забур'яненості і нерівномірному досяганні застосовують роздільне збирання.

#### 2.4.5 Горох

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

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

Відносно м'які зими дозволяють добре перезимувати шкідникам гороху, тому одразу після обмолоту і очистки насіння перевіряють на наявність горохового зерноїду (брухусу). Якщо чисельність живих шкідників у насіннєвому матеріалі перевищує 10 екз./кг, він підлягає фумігації під герметичною плівкою препаратами фостек, джин або їх аналогами у рекомендованих дозах.

#### 2.5 Збирання рідких, низькорослих посівів

Рівномірно дозрілі, мало забур'янені, низькорослі хліби варто збирати по можливості прямим комбайнуванням на низькому зрізі.

Рідкі, низькорослі і забур'янені хліби можна збирати роздільним способом у випадках, коли є можливість формувати відносно могутні валки в результаті здвоювання при роботі валкових жниварок ЖВН-6А, ЖВН-6-12, ЖНС-6-12 чи при скошуванні широкозахватними жниварками ЖВН-10.

Щоб добре знімати з різального апарата зрізані стебла і подавати їх вчасно на транспортер жатки, на планках мотовила закріплюють м'які смуги з прогумованого ремня шириною 120 мм. Вісь мотовила установлюють над різальним апаратом або трохи позаду, щоб воно могло добре захоплювати і подавати зрізані стебла на транспортер жниварки. Разом з тим планки мотовила з м'якими смугами повинні бути на такій висоті, щоб зрізані і притиснуті планкою стебла не провалювалися вперед через планку.

Якщо врожайність хлібної маси не дозволяє одержати оптимальний валок, необхідно формувати здвоєні валки. В одній загінці працюють два агрегати з жатками ЖВН-6А. Комбайн, що укладає другий (верхній) валок, рухається по годинній стрілці і включається у роботу після того, як перша машина укладе один валок. У здвоєний валок можна скошувати хліба врожайністю до 15-18 ц/га. Продуктивність комбайна на підборі здвоєних валків підвищується до 50%, а після підбору здвоєного валка на землі залишається удвічі менше колосків, такий валок рівномірніше і краще підхоплюється підбирачем, що поліпшує стабільність завантаження молотарки і якість обмолоту.

## 2.6 Збирання полеглих хлібів

Результати наукових досліджень та досвід кращих господарств показують, що полегли хліба в більшості випадків доцільно збирати роздільним способом, оскільки внаслідок значної вологості нижніх шарів полеглої стеблостою обмолот його прямим комбайнуванням супроводжується великими втратами.

Поле з полеглим хлібостоєм розбивають на загінки, довгі сторони яких неповинні співпадати з напрямом вилягання. Кращі результати досягаються, якщо колосся відхилене не менш ніж на 45° від напрямку ходу агрегату. Ділянку ділять на два трикутника, кожен з яких збирають окремо. Для збирання полеглих хлібів на жатку повинні бути обов'язково встановлені подільники хлібної маси з регульованими стебловідводами замість носків боковин, які використовуються на збиранні прямостоячих хлібів.

Подільники жатки регулюють так, щоб не зім'яти незрізаний стеблостій та запобігти втратам зерна зрізаного колосся. Для цього внутрішній стебловідвід встановлюють так, щоб він відводив стебла до планок мотовила. Зовнішній стебловідвід виносять у бік поля з урахуванням стану хлібостою, щоб запобігти зминанню стебел боковиною жатки. При цьому необхідно забезпечити низький зріз стеблостою, з цією метою пальцевий брус розвертають на 180°. Позитивні результати в таких випадках отримують від застосування двоножових різальних апаратів, у яких замість пальців різального апарата встановлюють нерухомий ніж.

При збиранні сильно полеглих хлібів, коли значна частина колосів знаходиться нижче зрізу стебел, мотовило працює краще, якщо на різальний апарат жатки встановлені стеблепіднімачі (ліфтери). На жатці комбайна із захватом 4,1 м ставлять 12-13 стеблепіднімачів, а на жатці із захватом 6 м — 18-20. Щоб простір між обшивкою корпусу жатки і стеблепіднімачами не забивався хлібною масою, перший з них встановлюють на п'ятий чи шостий палець справа жатки по ходу комбайна.

Таблиця 3.3

Оптимальна висота зрізу колосових культур, см

Кількість стебел, шт./м <sup>2</sup>	Довжина стебел, см					
	71-80	81-90	91-100	101-110	111-120	Понад 120
300-400	15	15	17	18	22	25
401-500	15	17	18	20	22	25
501-600	15	18	20	22	23	25

601-700	18	18	20	23	25	27
Понад 700	18	18	22	25	27	27

Слід пам'ятати, що ексцентрикове мотовило, в тому числі і переобладнане дає позитивні результати лише в тих випадках, коли воно правильно встановлено і відрегульовано.

Залежно від ступеня вилягання хлібів і висоти стеблостою у кожному конкретному випадку нахил пальців змінюють. При збиранні сильно полеглих зернових культур пальці встановлюють під кутом не менше 50-55° до горизонтальної площини. Кращий підйом полеглих стебел і підготовка їх до зрізу досягаються виносом мотовила вперед від лінії ножа на 200-500 мм. Для нормальної подачі стебел до різального апарату швидкість обертання граблин мотовила повинна бути в 1,3-1,5 разів більша, ніж поступальна швидкість жниварки.

Скошування полеглої маси на низькому зрізі призводить до надходження у молотильно-сепаруючі органи ґрунту, що є причиною забивання решітки підбарабання. На клавіші соломотрясу, грохоту і решета очистки налипає ґрунт і соломистий ворох. Тому необхідно систематично очищати їх, щоб не допустити втрат зерна із соломою.

## 2.7 Збирання врожаю на забур'яненому полі

Вибір доцільності застосування тих чи інших заходів зі збирання забур'янених посівів сільськогосподарських культур залежить перш за все від видів бур'янів на кожному конкретному полі. Для визначення видового складу бур'янів необхідно провести основне обстеження полів на забур'яненість. Цю роботу на посівах культур суцільного посіву й низькорослих просапних культур краще проводити перед їх збиранням, а високорослих просапних культур - після закінчення робіт по догляду за посівами.

Заходи зі збирання забур'янених посівів сільськогосподарських культур розділяють на агротехнічні та хімічні. Основним агротехнічним заходом є роздільне (двофазне) збирання забур'янених посівів. Збирання роздільним

способом дозволяє на 3 доби раніше від запланованого терміну зібрати врожай. Обов'язковою умовою при скошуванні жаткою є необхідна висота зрізу, яка унеможливить притискання валка до поверхні поля та створить ложе («подушку») для швидкого підсихання бур'янів у валку. Слід також пам'ятати, що запізнення зі збиранням може призвести до осипання гороху, а зтяжні дощіможуть спровокувати проростання зернових колосових у валках. Тому зібрати посів необхідно протягом 3 днів від дати скошування.

Пряме комбайнування забур'янених і нерівномірно визріваючих посівів можливе лише після попередньої десикації посіву (хімічний захід). За спекотної посушливої погоди обробку десикантами краще проводити вранці чи ввечері. Не рекомендується проводити десикацію, якщо протягом 4-6 годин після обприскування очікується дощ, чи за випадання рясної роси. Від обробки слід утриматись, якщо листки бур'янів укриті шаром пилу, десикант погано потрапляє у рослину, тому краще провести обробку після того, як пройде дощ. Не завжди слід збільшувати об'єм робочого розчину порівняно з рекомендованим, оскільки це призводить до зниження рівня надходження діючої речовини в бур'яни. Щоб досягти високого ефекту в боротьбі з багаторічними бур'янами і унеможливити їх появу на полі в наступному році, слід якомога довше, не виходячи при цьому за оптимальні межі, не проводити механічні обробітки, щоб процес відмирання коренів і кореневищ багаторічних бур'янів став незворотним.

## 4 БУДОВА МОДЕРНІЗОВАНОГО МОЛОТИЛЬНОГО АПАРАТУ І ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ

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

Аналіз роботи молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів, виконаних по класичній схемі (бильний барабан – клавішний соломотряс) свідчить, що через жорсткі умови роботи вузла "барабан – підбарабання", пошкоджується і подрібнюється значна частина зерна. Застосування двохбарабаних молотильних пристроїв знижує жорсткість роботи вузла "барабан – підбарабання", проте також призводить до пошкоджень зерна, величина яких при збиранні озимої пшениці і жита сягає 5%, а при збиранні ярої пшениці - 4,2% всього зібраного врожаю [12]. Зерно з мікропошкодженнями має знижені товарні і посівні властивості, сівба таким зерном значно знижує врожайність.

В серійних комбайнах для сепарації грубого вороху застосовують клавішні соломотряси які мають великі габаритні розміри, транспортують оброблений матеріал товстим шаром, що спричиняє погану сепарацію зерна, особливо при підвищеній вологості соломи, і зниження пропускної здатності молотильного апарату в межах 35-50% [12]. Якісна робота клавішних соломотрясів, крім того, значно залежить від коливань частоти обертання колінчастого вала соломотряса ( рис. 4.1) [12].

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

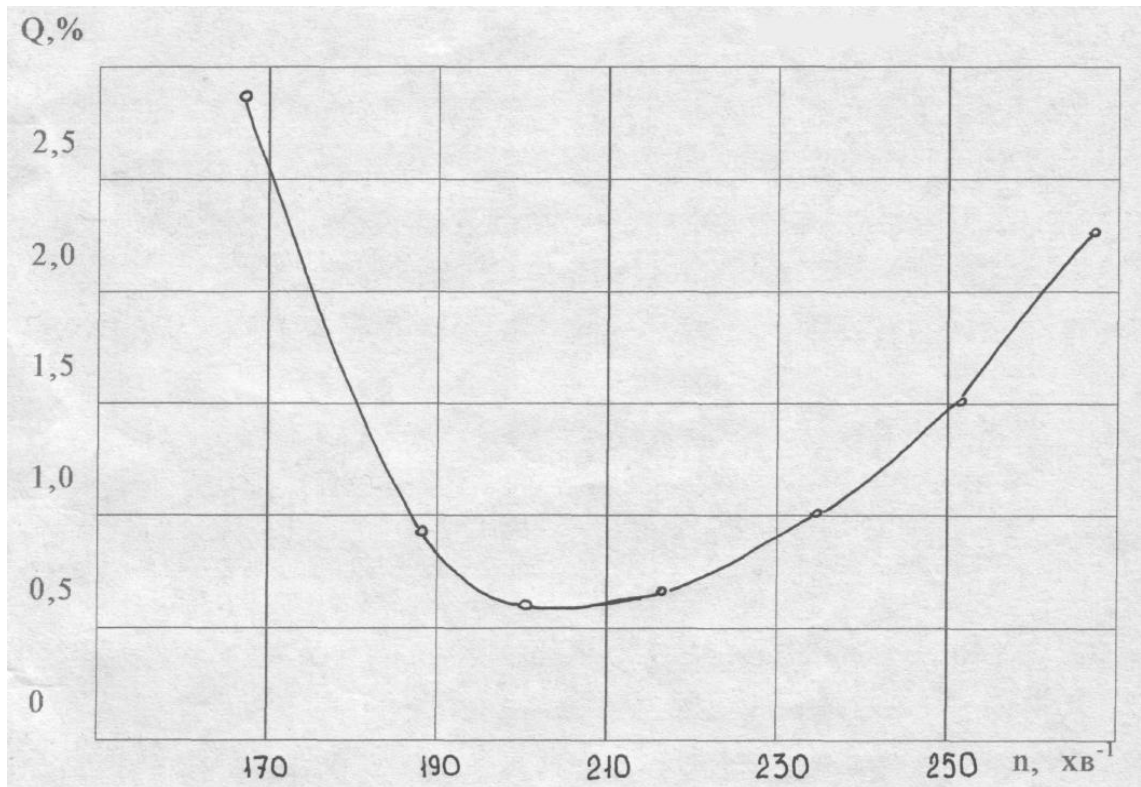


Рисунок 4.1 - Залежність втрат зерна (Q) від зміни частоти обертання колінчастого вала соломотряса (n)

Іншим, важливим недоліком сучасного зернозбирального комбайна є велика його металоємність. Недосконалість конструкцій комбайнів, високий рівень затрат на його виробництво та експлуатацію є основою для удосконалення комбайна. Аналіз розвитку вітчизняних і закордонних комбайнів свідчить про невинне зростання їх пропускної здатності. Проте збільшення пропускної здатності досягається в основному за рахунок збільшення габаритних розмірів. Можливість інтенсифікації існуючих молотильно-сепарувальних пристроїв вичерпані. При підвищенні подачі хлібної маси, сепарація зерна через деку молотильного барабана різко зменшується, зростає величина недомолоту і пошкодження зерна. Соломотряс не справляється з роботою і загальні втрати за комбайном зростають (вільне зерно залишається в соломі, підвищується кількість недомолоту в колосках). Так, збільшення подачі хлібної маси на 1 кг/с, в комбайнах спричиняє збільшення втрат на 1% (рис. 4.2).

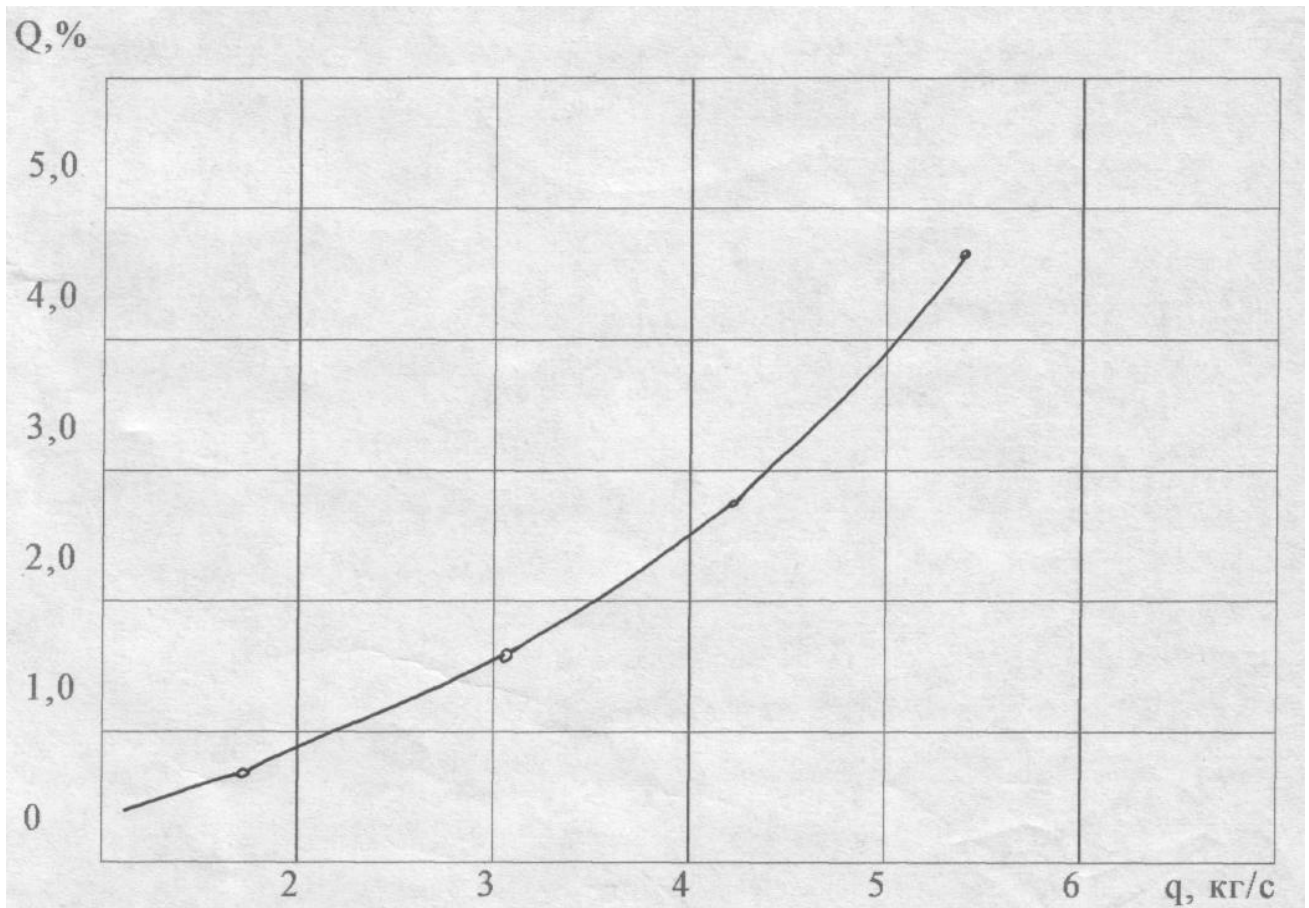


Рисунок 4.2 - Залежність втрат зерна (Q) від пропускної здатності (q)

Перспективними є молотильно-сепаруючі пристрої, які враховують біологічні особливості культури, більш пристосовані для застосування засобів автоматизації.

Одним з шляхів усунення вказаних недоліків зернозбирального комбайна є застосування роторного молотильно-сепаруючого пристрою (рис. 4.3). Пропонований пристрій складається з рухомої решітки 4, двох роторів 5 з бітерами 3 і решіток 7, встановлених під роторами. Ці робочі органи утворюють єдиний блок, який можна встановити на комбайні, попередньо демонтувавши соломотряс. Ротор складається з вала, який обертається на двох підшипниках, встановлених в боковинах блоку. На валу встановлені три диски приварені до маточин. До ободів дисків болтами прикріплені лопаті з відсікачами. Деталі роторів мають однакову будову і розміри. Замість пасивної решітки комбайна пропонується активна решітка, передня частина якої з'єднана з підбарабанням, а задня спирається на ексцентрик приводного вала. Пружина притискає решітку до поверхні кулачків. Перший по ходу

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

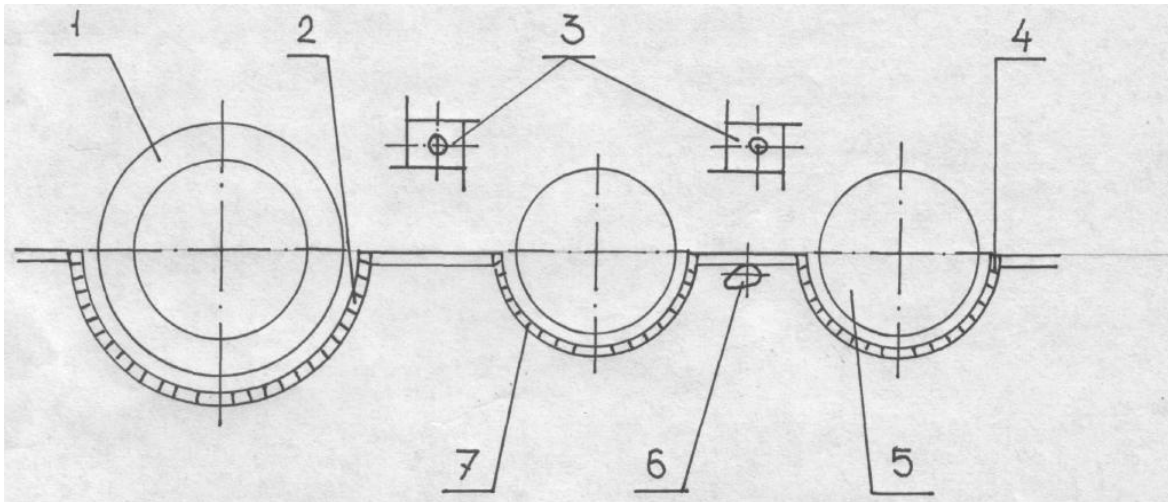


Рисунок 4.3 - Схема молотильно-сепаруючого пристрою роторного типу:  
1 - молотильний барабан; 2 - підбарабання; 3 - відбійний бітер; 4 - решітка;  
5 - ротор; 6 - кулачковий вал; 7 - решітка

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

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

## 5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ

**Обґрунтування довжини, частоти обертання і діаметра роторів.** Довжину роторів приймаємо рівну ширині молотильної камери, тобто  $L_p = 1200$  мм. Діаметр ротора суттєво впливає на інтенсивність процесу сепарування [12]. Так, при діаметрі ротора  $D \leq 350$  мм, сепарація проходить інтенсивно, проте при цьому значна кількість зерна травмується. При діаметрі ротора  $D > 600$  мм процес сепарації відбувається менш інтенсивно, але при цьому не травмується зерно. Виходячи з вище викладеного приймаємо діаметр ротора  $D = 500$  мм.

Аналіз існуючих роторних сепараторів, робочий процес яких полягає в застосуванні відцентрових сил свідчить, що при відцентровому прискоренні ротора  $7...17$  рад/с<sup>2</sup>, виділення зерна з соломи неефективне. Це пояснюється тим, що кінетична енергія зерна недостатня для того, щоб подолати опір соломистого вороху і виділитися з нього. Мале відцентрове прискорення не викликає необхідного переміщення стебел соломи одне відносно іншого, що також погіршує сепарацію. При відцентрових прискореннях до  $35$  рад/с<sup>2</sup>, соломистий ворох під дією зовнішніх сил ущільнюється, що також погіршує виділення з нього зерна.

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

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

Швидкість лопаті при ударі визначимо по формулі [12]:

$$V_{л} = \frac{\varepsilon V_1 + V_2}{1 + \varepsilon}$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт відновлення при ударі,  $\varepsilon = 0,6$  [12];

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

$$V_{л} = \frac{31,84}{1,06} = 19,6$$

Визначимо кутову швидкість ротора:

$$\omega = \frac{V_{л}}{r}$$

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

$$\omega = \frac{19,6}{0,25} = 79,6$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$n = \frac{79,6}{2 * 3,14} = 12,7$$

**Розрахунок кута встановлення лопастей і відсікачів.** Для того щоб ворох рухався по лопаті необхідно, щоб сума проекції нормальних реакції і сили інерції була більшою сили тертя (рис. 5.1).

З цієї умови визначаємо кут встановлення лопаті за формулою

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

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

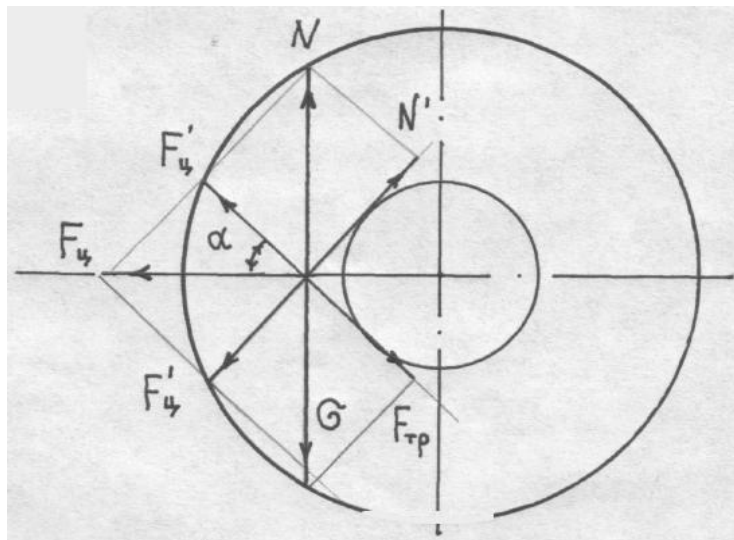


Рисунок 5.1 - Схема сил, діючих на зерно

Підставивши значення, отримаємо

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

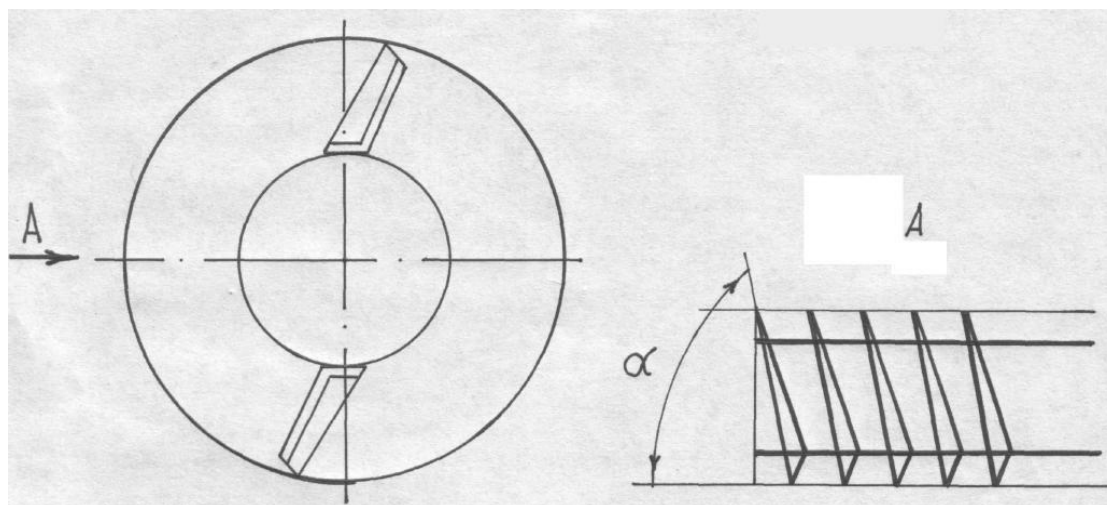


Рисунок 5.2 - Схема встановлення лопастей ротора

Критерієм для розрахунку кількості лопастей на роторі є пропускна здатність молотильного апарату комбайна. З врахуванням конструктивних змін молотильно-сепаруючого пристрою, максимальне значення цієї величини приймаємо 6,5 кг/с, а коефіцієнт соломистості, з врахуванням розрахунків виконаних раніше, становить 1,5.

Для розрахунку відстані між роторами скористаємося схемою (рис. 5.3). Грубий ворох після виходу з молотильного апарату має незначну швидкість (10-12 м/с), тоді відбійний бітер встановлюємо так, щоб потік маси яка виходить з молотильного апарату рухався до бітера у вертикальному напрямку. Параметри і режими роботи бітера приймаємо такими ж як і в серійного комбайна (кутова швидкість  $\omega_b = 88,4$  рад/с, діаметр бітера  $D_b = 390$  мм).

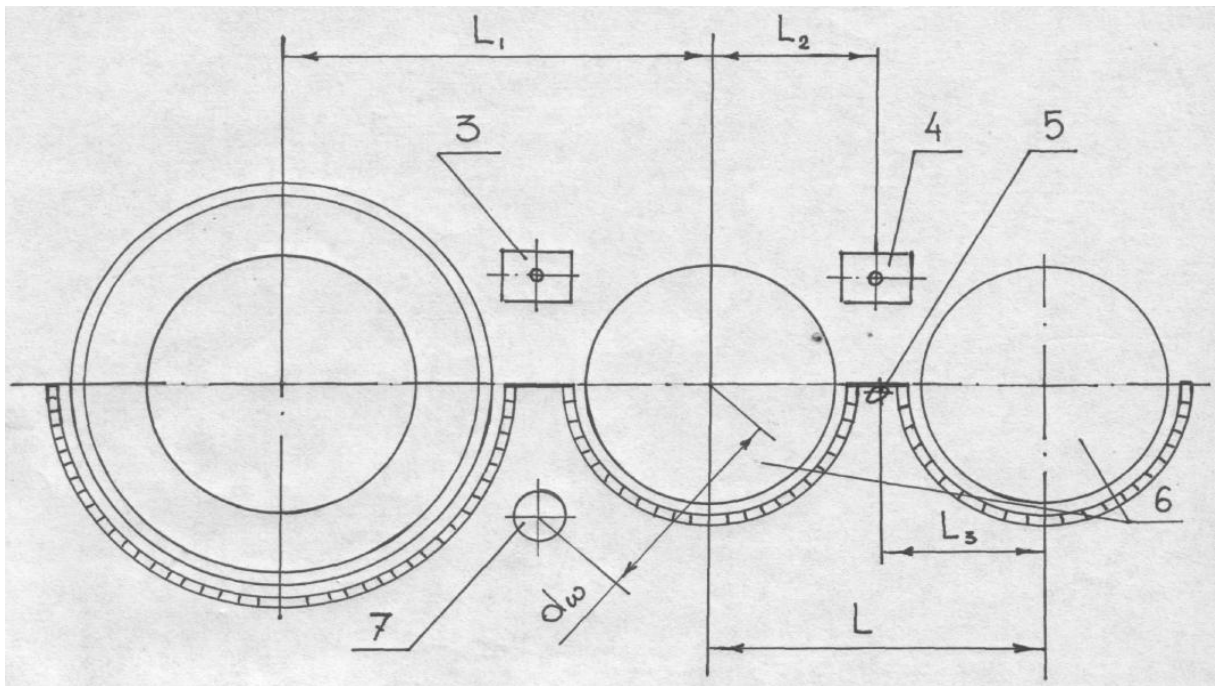


Рисунок 5.3 - Схема розстановки роторів і бітерів пристрою:

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

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

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

Обґрунтування і розрахунок приводу роторів. Клинопасова передача відрізняється безшумністю, плавністю роботи, може працювати як запобіжний

елемент при перевантаженнях, дозволяє передавати великі потужності, проста у виготовленні та експлуатації. Виходячи з перерахованих переваг, приймаємо для приводу роторів клинопасову передачу. Вихідними даними для розрахунку параметрів передачі приймаємо: потужність, яка передається на перший ротор; потужність, яка передається на другий ротор; частота обертання головного приводного вала комбайна; частота обертання валів роторів.

## 6 РОЗРАХУНКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ УДОСКОНАЛЕНИМ КОМБАЙНОМ В ГОСПОДАРСТВІ

При визначенні технологічних показників приймаємо, що зернозбиральний комплекс складається з зернозбирального комбайна КЗС-9М і причепа 2-ПТС-4-887А для збирання незернової частини врожаю.

Операційна карта на збирання основних зернових культур включає технологічні операції [18,19]:

- обкошування полів і розбивка їх на загінки;
- підбирання і обмолот прокосів і обкосів;
- оранка обкошених смуг;
- скошування хлібів в валки (роздільне збирання);
- підбирання і обмолочування валків (роздільне збирання);
- пряме комбайнування (однофазне збирання);
- транспортування зерна і соломи до місця зберігання.

До початку збирання проводяться роботи по підготовці поля – усувають або огороджують перешкоди, які заважають роботі агрегатів, усувають дрібне каміння і кущі, намічають під'їзди до поля. Грейдером в випадку необхідності вирівнюють дороги, які з'єднують транспортні магістралі з полями.

За 2-3 дні до збирання жнивваркою обкошують бокові сторони полів, поворотні смуги і ділять поле прокосами на загінки. Рекомендовані співвідношення сторін в загінках приведені в таблиці 6.1 [20].

Для визначення ширини поворотної смуги необхідно знати кінематичну ширину і довжину зернозбирального комплексу. Кінематична довжина визначається за формулою:

$$L_3 = L_k + L_{\text{п}}, \quad (6.1)$$

Таблиця 6.1 - Оптимальні співвідношення сторін загінки.

Довжина гонів, м	Співвідношення ширини і довжини загінки при ширині захвата жатки, м		
	10	6	5
600 - 1000	1 : 6	1 : 8	1 : 11
1000 - 1500	1 : 7	1 : 9	1 : 12
1500 - 2000	1 : 8	1 : 10	1 : 13

де  $L_k$  – кінематична довжина зернозбирального комбайна, м;  $L_{п}$  – кінематична довжина причепа для збирання соломи, м.

$$L_3 = 12 + 6,1 = 18,1 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги для петлевого повороту визначається за формулою:

$$E_{п} = 3R + L_3, \quad (6.2)$$

де  $R$  – радіус повороту зернозбирального комплексу. Ширина поворотної смуги буде дорівнювати:

$$E_{п} = 3 \cdot 8,9 + 18,1 = 54,0 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу при виконанні повороту при петльовому способі визначається за формулою:

$$L_x = 3R + 2(0,5 \dots 0,75)L_3, \quad (6.3)L_x$$

$$= 3 \cdot 8,9 + 2(0,5 \dots 0,75)18,1 = 44,8 \dots 53,8 \text{ м.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо довжину холостого ходу при

поворотах рівною 50 м. Довжина поля зернових становить 1000 м. Робоча довжина гонів визначається рівнянням:

$$L_p = L - 2 E_{п}. \quad (6.4)$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 54,0 = 892 \text{ м.}$$

При збиранні напрямком руху агрегатів в загоні повинен співпадати з напрямком оранки і впоперек напрямку посівів. На нерівних полях довші сторони загінок слід орієнтувати так, щоб вони співпадали з напрямком схилів.

Поля з непаралельними протилежними сторонами розмічають так, щоб повздовжні сторони загінок були паралельні (рис. 6.1). Ділянка неправильної конфігурації, яка залишилась, повинна знаходитись на краю поля.

Поля зернових в фазі воскової сплості обкошують жатками з шириною захвата 6 і 10 м, які рухаються за часовою стрілкою. На збиранні приймають загінний або круговий спосіб руху. Загінним способом (рис. 6.2) збирають поля правильної (прямокутної) конфігурації з довжиною гонів більше 600 м. Якщо довжина поля менша і поле має неправильну конфігурацію, агрегати рухаються круговим способом.

Перед початком збиральних робіт комбайн регулюють відповідно умов збирання. Після цього агрегат робить заїзд вздовж гонів на 40 – 50 м, зупиняється і перевіряється якість роботи машини в цілому.

Молотильний апарат комбайна повинен забезпечити повноцінний вимолот і найбільшу сепарацію зерна через підбарабання, а також мінімальне руйнування соломи. Найкраща якість обмолоту буде при допустимо низькій частоті обертання барабана і великих зазорах для даної культури.

Основними показниками якості роботи комбайна є втрати вільним зерном, а також зрізаним і незрізаним колосом; втрати зерна від недомолоту і невитрусу; пошкодження зерна і чистота бункерного зерна.

Якість роботи жниварки визначають в п'яти місцях на ділянках площею 0,5 м<sup>2</sup>, на яких збирають втрачене зерно.

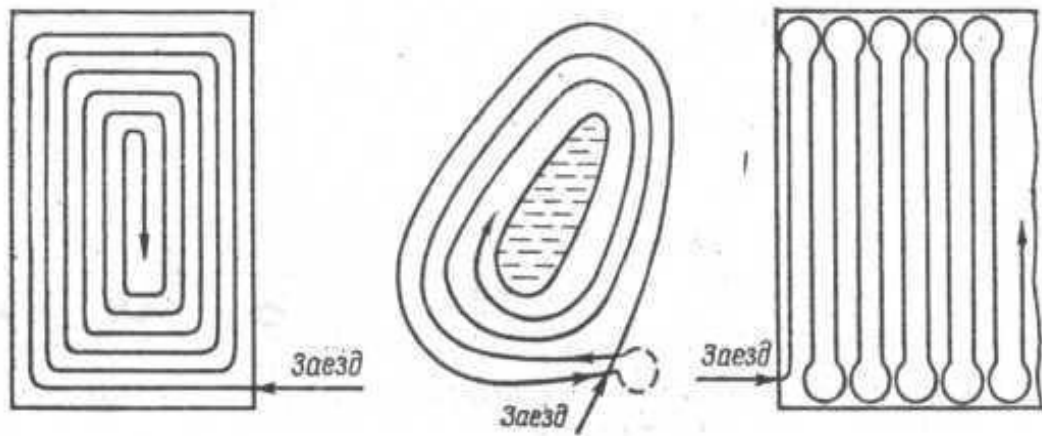


Рисунок 6.2 - Схеми руху агрегату загінним способом

Якість бункерного зерна визначають по кількості подрібненого зерна.

Проведені роботи по вдосконаленню молотильного апарата зернозбирального комбайна дозволили покращити і технологічні показники його роботи. Продуктивність машини зросла на 0,3 га/год., витрати пального знизилась на 4,9 кг/год., або на 4,33 кг/га. Але в подальшому господарству слід придбати новий, сучасний зернозбиральний комбайн.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

При написанні цього розділу нами проаналізована відповідна література і стан справ в господарстві. При складанні рекомендацій в організації охорони праці в господарстві ми керувалися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542) [15].

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

### 7.1 Основні положення техніки безпеки

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

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

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

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

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

7.6. Необхідно бути уважним поблизу негороджених шківів, які обертаються, рухомих ланцюгів, пасів. Заборонено знімати огороджувальні щитки під час роботи механізмів. Необхідно бути особливо обережним при переміщенні по перехідних площадках і даху молотарки. Заборонено працювати без встановлених перил. При обслуговуванні двигуна необхідно триматись за поручень, розташований на капоті.

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

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

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

7.10. Крім цього, необхідно дотримуватися наступних правил:

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

під домкрати ставляться міцні дошки.

7.11. Під час роботи механізмів комбайна:

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

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

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

## 7.2 Основні правила пожежної безпеки

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

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

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

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

5. Систематично перевіряйте справність електрообладнання і проводки, очищуйте їх від пилу, бруду і рослинної маси. При кожній зупинці

двигуна від'єднуйте акумуляторну батарею від електромережі комбайна за допомогою вимикача „маси”.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16. Необхідно строго дотримуватись наступних правил:

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

- не залишайте заповнений соломною копнувач на час тривалих зупинок;

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

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

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

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

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

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

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

1. Рекомендації по поліпшенню умов праці в господарстві  
Аналіз стану охорони праці показує, що в господарстві необхідно:

2. Обладнати вогнегасниками всі технічні засоби, що можуть бути пожежо-небезпечними (керівник станції пожежної охорони). Травень

2024 року.

3. Придбати 50 вогнегасників різних типів: хімічного типу – 10 шт., порошкових – 30 шт., кислотних – 10 шт.(керівник станції пожежної охорони).

Червень 2024 року.

4. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту (інженер з охорони праці). Червень 2024 року.

5. Придбати 50 респіраторів для використання при обприскуванні посівів отрутохімікатами та для інших небезпечних робіт (інженер з охорони праці). Травень 2024 року.

6. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт (керівники підрозділів). Постійно.

7. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем (керівник станції пожежної охорони). Квітень 2024 року.

8. Виділити і обладнати спеціальне місце для куріння (керівники підрозділів). Березень 2024 року.

9. Провести 32-годинні курси з охорони праці (керівники підрозділів господарства). Грудень 2023 року.

10. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці (інженер з охорони праці). Постійно.

11. Дообладнати кабінет з охорони праці зразками засобів індивідуального захисту (інженер з охорони праці). Постійно.

12. Встановити необхідну кількість попереджуючих і забороняючих знаків і табличок (інженер з охорони праці). Березень 2024 року.

13. Укомплектувати медичні аптечки (інженер з охорони праці). Квітень 2024 року.

14. Провести паспортизацію виробничих підрозділів (інженер з охорони праці). Проводиться щорічно

15. Забезпечити робітників, що працюють в полі, вагончиками для відпочинку та гарячим харчуванням (інженер з охорони праці). Березень 2024

року.

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

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції в господарстві необхідно впроваджувати сучасні технології і удосконалені комплекси машин. На підставі вивчення нових технологій збирання зернових культур, аналізу особливостей господарства нами запропонована удосконалена технологія збирання зернових з використанням удосконаленого зернозбирального комбайна (класу КЗС-9М). Розроблена технологічна карта для умов господарства і визначено комплекс машин для її реалізації.

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

3. Визначено технологічні показники процесу збирання зернових в господарстві, які підтвердили ефективність удосконаленої технології і застосування удосконаленого зернозбирального комбайна.

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

5. Економічний ефект від впровадження розробок становитиме 1227928 грн. за рік. Затрати на модернізацію зернозбирального комбайна окупаються на протязі першого року експлуатації машини.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванов П. П. Сучасні методи обробітку ґрунту: теорія та практика. Київ: АгроПрес, 2020.
2. Петрова О. О. Інновації в сільському господарстві: перспективи та виклики. Харків: Земля, 2019.
3. Сидоренко І. В. Технології поверхневого обробітку ґрунту: наукові основи та практичні аспекти. Львів: Аграрна наука, 2021.
4. Карпенко М. М. Екологічні аспекти обробітку ґрунту. - Одеса: ЕкоАгро, 2018.
5. Гарькавий А.Д., Холодюк О.В., Григоришен В.М. Експлуатація машин та обладнання в рослинництві. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни "Експлуатація машин та обладнання в рослинництві". Модуль IV. Вінниця: Вінницький ДАУ, 2019. 60 с.
6. Оляднічук Р.В., Мелентьєв О.Б. Експлуатація машин і обладнання. Умань: Уманський національний університет садівництва (УНУС), 2020. 118 с.
7. Шабрацький В.І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин. Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2017. 243 с.
8. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук: 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380 с.
9. Борак К. В. Наукові основи досягнення ефекту самозагострювання робочих органів ґрунтообробних машин. Сільськогосподарські машини. 2020. № 1. С. 18 – 40.
10. Довбуш Т, А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с. 43
11. Мазнев Г.Є. Проектування технологій та розрахунок витрат на вирощування сільськогосподарських культур. Харків: «Майдан», 2019. 257 с.

12. Цизь І.Є. Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. 66 с.
13. Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ: Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Свідлер А.Л., 2016. 164 с.
14. Goyal M.R., Verma D.K. Engineering Interventions in Agricultural Processing. Apple Academic Press, 2018. 377 p.
15. Kutz M. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779
16. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252-262
17. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 300 с.
18. Vyba, V. V., & Makhicheva, P. V. (2017). Material and technical support of agricultural enterprises of Ukraine. *Ekonomika i region*, 5(66), PoltNTU
19. Гевко Р.Б. Машини сільськогосподарського виробництва. /Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. - Тернопіль, 2015.- 228с.
20. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
21. *Ekonomika APK*. (2023). Scientific and production journal. National Research Centre "Institute of Agrarian Economics" LLC, Scientific Journals, 30(4).
22. Серета Л.П., Труханська О.О., Швець Л.В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними

робочими органами. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». Вінниця, ВНАУ, 2019. №4(95) С.14-24.

23. Серета Л.П. Технологія strip-till в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. Матеріали ХХ Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, 17-19 жовтня 2019р. м. Миколаїв., 2019. С.70-71.

24. Гуцол О.П. Обґрунтування параметрів і режимів руху ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.П. Гуцол. Мелітополь, 2015. 24 с.

25. Серета Л.П., Швець Л.В., Швець О.І. Розробка культиватора для нових технологій обробки ґрунту. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». Вінниця, 2020. №3(110). С.117-125с

26. Адамчук В.В. Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня // Зб. наук. Праць Вінницького націон. аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2015. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.

27. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин, конструювання та розрахунок. / Тернопіль, 2017. 118 с.

28. Фомічов А.М., Архипенко Ф.М. Сорти і техніка. Хлібороб України.2016. № 4. С. 24.

29. Lupenko, Y. O., Zakharchuk, O. V., Vyshnevetska, O. V., et al. (2015). Material and technical support of agriculture of Ukraine: Manual. Kyiv: NSC IAE.

30. Довжик М.Я. До питання механізації збирання кормових буряків. Вісник сільськогосподарської науки. 2022. № 8. С. 49–50.

31. Техніко-технологічні транспортні процеси у виробництві продукції рослинництва: навчальний посібник / В.Г. Опалко, Р.В. Шатров та ін.. – К.: ТОВ «ТРОПЕА» 2023 – 960 с.

32. Gerlach K. Technik der Futterrubenernte: Die Arbeitskette geschlossen halten // Lohnunternehmen Landforstwirtschaft. 2015. UoI. 40. № 10. S. 540–541.
33. K. Herrmanu, J.P. Schuh. Rodevorgang im Schwingender Polderschar // Landtechnik. 4/95. S. 202–203.
34. Opalko, V. G., Shatrov, R. V., Marchenko, V. V., & others. (2022). Technological and transport processes in agricultural production: Textbook. Kyiv: Trophea LLC.
35. Шевченко А.О. Погода, клімат, прогноз і урожай // Вісник аграрної науки. 2021. № 9. С. 48–52.
36. Baliuk S. A., Nosko B. S., Zaryshniak A. S., Lisovyi M. V. (2015). Agrochemical service in the system of factors for preserving and improving soil fertility. Kharkiv: TOV Smuhasta typohrafiia [in Ukrainian].
37. Technical support of agricultural enterprises in Ukraine. (2019). Ekonomika APK, 2, 48.
38. Vinichenko, I. I., & Soroka, Y. O. (2015). Efficiency of the use of resource potential of agricultural enterprises. Investments: Practice and Experience, 22, 34-37.
39. Velychko V. A. (2020). Ecology of soil fertility. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
40. Pichura V. I. (2016). Geomodelling of water-erosion processes in the Dnipro River basin. Ahroekolohichnyi zhurnal 4, 66-73 [in Ukrainian].
41. Balabukh V. O. (2018) Variability of rains and downpours in Ukraine. Naukovi pratsi UkrNDHMI, 257, 61- 72 [in Ukrainian].
42. Bulyhin S. Yu. (2015) Land quality as a basis for land use control. Ahroekolohichnyi zhurnal 1, 26-46 [in Ukrainian]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
43. Kaminskyi V., Kolomiiets L., Bulgakov V., Olt J. (2021) An investigation into the state of agricultural lands under water erosion conditions. Agronomy Research. 19, 2, 458 – 471. doi: 10.15159/AR.21.029

44. Rucins A., Kaminskyi V., Kolomiets L., Bulgakov V., Jyri Olt, Kaminska V., Shevchenko I., Ihnatiev Y. (2024). Research into soil resource management technologies in context of aggravating exogenic processes. *Journal of Ecological Engineering (JEE)*, 25(6), 128–143. <https://doi.org/10.12911/22998993/186950>
45. Mulyar, O. D., Bendera, I. M., Mykhailovych, Y. M., & others. (2016). *Engineering ecology: An educational and methodological complex*. Kamianets-Podilskyi: FOP Sysin O.V.
46. Shuang Wu, Chao Zhang, Changxu Lv, Zhurong Xing. (2018) Study on Soil erosion Dynamic monitoring Based on “3S” technology. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 208 (2018) 012088. doi:10.1088/1755-1315/208/1/012088
47. Wang, X.; Zhao, Z.; Han, X.; Liu, J.; Kitch, J.; Liu, Y.; Yang, H. (2022) Evaluating the Evolution of Soil Erosion under Catchment Farmland Abandonment Using Lakeshore Sediment. *Sustainability* 14, 12241. <https://doi.org/10.3390/su141912241>
48. Jothimani, M., Getahun, E., Abebe, A., Gunalan, J., Shano, L., Oyda, Y. (2024). Application of Geospatial Technologies and AHP Technique in the Identification of Soil Erosion-Prone Zones in the Rift Valley, Southern Ethiopia. In: Choudhury, T., Koley, B., Nath, A., Um, JS., Patidar, A.K. (eds) *Geo-Environmental Hazards using AI-enabled Geospatial Techniques and Earth Observation Systems. Advances in Geographic Information Science*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53763-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53763-9_4)
49. Udayagee Kumarasinghe. (2021) A review on new technologies in soil erosion management. *Journal of research technology and engineering*, Vol 2(1), <https://jrte.org/wp-content/uploads/2021/01/A-review-on-newtechnologies-in-soil-erosion-management.pdf>.
50. Dahanayake A.C., Webb J.A., Greet J., Brookes J.D. (2024) How do plants reduce erosion? An Eco Evidence assessment. *Plant Ecology*, 225. 593–604. <https://doi.org/10.1007/s11258-024-01414-9>

51. Dutta, D., Das, S., Kundu, A., Taj, A. (2015). Soil erosion risk assessment in Sanjal watershed, Jharkhand (India) using geo-informatics, RUSLE model and TRMM data. *Modeling Earth Syst. Environ*, 1, Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-015-0034-1>.

52. Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R., Iaquina, P. (2019). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112, 228–245.

53. Auerswald, K. (2018). Water erosion. In: *The Encyclopaedia of Soil Science*, W. Chesworth (Ed.). Springer-Verlag, pp. 817–822. [Google Scholar]

54. Aiello, A., Adamo, M. and Canora, F. (2015). Remote Sensing and GIS to Assess Soil Erosion with RUSLE3D and USPED at River Basin Scale in Southern Italy. *Catena*, 131, 174-158. [Google Scholar]