

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет**

УДК 631.356.4

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.
П. М. Василенка

_____ Гуменюк Ю.О.
« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

**на тему: “МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСТКИ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА”**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доцент

_____ Сівак І.М.

Керівник дипломного проекту бакалавра

канд. техн. наук, доцент

_____ Мартишко В.М.

Виконав

_____ Тереня Б.О.

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.
П. М. Василенка

_____ Гуменюк Ю.О.
« ___ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Терені Богдану Олеговичу

Тема дипломного проекту бакалавра: **“Модернізація конструкції
очистки зернозбирального комбайн ”**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 26.11. 2024 р. №
2098 «С»

1. Термін подання завершеного проекту на кафедру 16.05.2025 р.

2. **Вихідні дані до проекту:**

- швидкість комбайна, км/год – 7,2;
- пропускна здатність молотарки, кг/с – 0,9;
- швидкість повітря обдування решіт, м/с – 25.

3. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

- обґрунтування теми дипломного проекту;
- короткі відомості про агротехніку вирощування зернових культур;
- огляд конструкцій машин і робочих органів для збирання зернових;

- аналіз основних причин виникнення втрат врожаю технологічний розрахунок ріпакової жатки;
- Технологічний розрахунок осьового вентилятора;
- будова, процес роботи, наладка ТУ;
- охорона праці;
- розрахунок економічної ефективності.

4. Перелік графічного матеріалу

Аркуш 1. Технологічна карта

Аркуш 2. Операційна карта

Аркуш 3. Канали втрат

Аркуш 4. Загальний вигляд удосконаленого комбайна

Аркуш 5. Складальне креслення активного подільника

Аркуш 6. Деталі

Аркуш 7. Показники економічної ефективності

Дата видачі завдання

16.12.2024р

Керівник дипломного проекту

Мартишко В.М.

Завдання прийняв до виконання

Тереня Б.О.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра (Дипломний проект) складається з розрахунково-пояснювальної записки (ПЗ) на 79 сторінках і креслень на 7 аркушах. ПЗ вміщує 25 рисунків, 10 таблиць.

В роботі проаналізовані технологічні процеси збирання зернових культур, технічні засоби для їх виконання. Проаналізовані причини виникнення втрат при збиранні. Виявлено, що на долю сепарувальних органів зернозбирального комбайна припадає до 1,5 % втрат. Обґрунтовано технологічний процес та конструктивну схему удосконаленого вентилятора зернозбиральних комбайнів.

Обґрунтовані основні параметри удосконаленого вентилятора очистки комбайна, розроблені заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

Обґрунтовано попередній економічний ефект застосування запропонованого технічного рішень. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження проектного рішення на зернозбиральному комбайні передбачається за рахунок скорочення втрат зерна від роботи удосконаленого вентилятора комбайна.

Ключові слова:

ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР, ЗЕРНОЮ ВОРОХ, ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, ПОВІТРЯНО-ВІТРОВ ОЧИСТКА, МОЛОТИЛЬНИЙ БАРАБАН, СЕПАРУВАЛЬНІ РОБОЧІ ОРГАНИ, ВТРАТИ ЗЕРНА, ЯКІСТЬ РОБОТИ, ПАРАМЕТРИ.

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	6
1.1. Вибір способів та визначення строків і збирання	6
1.2. Конструктивно-технологічні схеми зернозбиральних комбайнів...14	
1.3. Обґрунтування теми дипломного проекту.....	20
2. ФАКТОРИ ТА ПРИЧИНИ ВТРАТИ ЗЕРНА ПРИ ЗБИРАННІ.....	22
2.1 Види втрат та способи їх усунення	23
2.2. Визначення та прогнозування втрат урожаю.....	24
2.3. Контроль якості збирання врожаю.....	26
3. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ДОСКОНАЛЕННЯ КОМБАЙНА.....	30
3.1. Вимоги до очисних систем зернозбиральних комбайнів.....	30
3.2. Особливості систем очищення сучасних зернозбиральних комбайнів.....	33
3.3. Альтернативні схеми очищення зерна.....	41
4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ І КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ОЧИСНИКА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА.....	46
4.1 Обґрунтування технологічного процесу роботи очисника.....	46
4.2 Технологічний розрахунок очисника зернозбирального комбайна...48	
4.3. Розрахунок вентилятора системи очистки комбайна.....	54
4.4. Будова, принцип роботи удосконаленого вентилятора	61
5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	63
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	76

ВСТУП

Забезпечення підприємства високопродуктивними комбайнами та рівень їх використання істотно впливають на валовий збір сільськогосподарських культур. Відомо, наприклад, що в разі запізнення збирання зернових колосових більше ніж на 10–12 діб втрати зерна можуть досягати 25–30 %. Тому економічно вигідно мати потрібну кількість комбайнів відповідної пропускної здатності, які забезпечать збирання культур в оптимальні строки. На комбайновому ринку України пропонують вітчизняні й закордонні машини з різними типами та схемами молотильних пристроїв. Система очищення зерна в комбайнах призначена для його виділення з дрібного вороху (полови й дрібної соломи), який надходить на стрясну дошку з молотильного апарата, соломотряса та домолочувального пристрою. Її конструкція обумовлена вимогами якісного очищення зерна та фізико-механічними властивостями компонентів зернового вороху, що зазнає сепарації.

У процесі збирання зернових культур необхідно отримати якісне зерно з мінімальним вмістом домішок. Для цього у схемі зернозбирального комбайна відокремлення домішок від зерна відбувається шляхом просіювання на очисних решетах.

Вентилятори осьового типу застосовують у зернозбиральних комбайнах дуже рідко. Під час роботи два осьових робочих колеса 1 нагнітають повітря в центральну частину кожуха, де при взаємодії з поперечною перегородкою потік повертає на 90° і надходить у повітряні канали очищення. ККД в осьових вентиляторів вищий, ніж у відцентрових і діаметральних, але вони стабільно працюють лише за високої точності виготовлення корпусів і робочих коліс.

Тому, виникло завдання вдосконалити процес роботи зернозбирального комбайна з вдосконаленням сепарувального робочого органу, а саме вітрорешітної очистки комбайна.

1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1.1. Вибір способів та визначення строків і збирання

Щоб не допустити втрат урожаю під час збирання, важливо правильно визначити стиглість зерна. Передчасне скошування у валки, за роздільного збирання, призводить до отримання щуплого зерна і недобору врожаю, запізнiле - до великих природних втрат. При перестої на корені хліби вилягають і обсипаються, особливо під впливом вітрів або опадів, що випадають. Запiзнення зі збиранням, особливо у вологу й теплу погоду, призводить до значного недобору зерна, що пов'язано зі зменшенням вмісту сухої речовини ("стікання зерна").

Дозрівання зерна починається на початку молочної стиглості й триває до повної стиглості. У цей час волога в зерно не надходить, а процеси, що відбуваються в ньому, зводяться до біохімічного перетворення речовин, що надійшли, і втрати вологи. Консистенція ендосперму - борошниста, у восковій стиглості та тверда до моменту повної стиглості. Тривалість фази воскової стиглості зерен 6 - 10 днів і більше залежно від погодних умов. Вологість зерна знижується з 40 до 21 % і нижче, маса не збільшується.

Фаза повної стиглості поділяється на два періоди: початок повної стиглості та повна стиглість. Початок повної стиглості характеризується вологістю зерна 20-18 %. Зерно тверде, його можна тільки розрізати. Повна стиглість настає за вологості 17-15%, колір рослини солом'яно-жовтий. Зерно в цій фазі стиглості легко вимолочується.

Основним способом збирання в даний час є пряме комбайнування (однофазне збирання). Цим способом прибирається близько 90% площ.

Однофазний спосiб. Зернозбиральний комбайн за один прохід зрізує рослини (або іншим способом відокремлює від стебел качани, кошики та інші суцвіття), обмолочує отриману таким чином масу, виділяє з неї й

одночасно очищає зерно, накопичує його в бункері, а соломі й полову виводить за межі комбайна (рис. 1.1).



Рис. 1.1 - Загальний вигляд зернозбирального комбайна, оснащеного жаткою для однофазного способу збирання: 1 - зернозбиральний комбайн; 2 - жатка для зернових культур

Усі ці технологічні процеси відбуваються в комбайні одночасно. При цьому залежно від прийнятого в господарстві способу подальшого використання незернової частини врожаю, вона може подрібнюватися і в цьому вигляді завантажуватися в спеціальні причепи з подальшим вивезенням за межі поля або розкидатися по його поверхні; укладатися у валок або збиратися в копач (останнім часом досить рідко), з періодичним скиданням копиці на поверхню поля [131, 261, 263, 270, 283].

Прямим комбайнуванням збирають рівномірно достиглі, малозасмічені, зріджені (густота стеблостою менше 300 рослин на 1 м²) зернові культури (або навпаки, густі та високоврожайні посіви), низькорослі (довжина менше 50 см) зернові культури, а також зернові з підсівом трав. Використовуючи спеціальні адаптери, прямим комбайнуванням, як правило, прибирають кукурудзу та соняшник. Переважно прямим комбайнуванням прибирають сою та люпин. Збирання зернових прямим комбайнуванням розпочинають за повної стиглості зерна, коли його вологість не перевищує 25%. Під час прямого комбайнування за жаткою комбайна допускається до

1% втрат для прямостоячих хлібів і 1,5% для полеглих. Загальні втрати за молотаркою через недомолот і вільне зерно мають бути не більш як 1,5%. Чистота зерна в бункері має бути не нижчою за 95%. Дроблення насіннєвого зерна не має перевищувати 1% і продовольчого - 2% [64, 102,105, 137, 283, 284].

Одним із недоліків цього способу є те, що збирання хлібів має проводитися в дуже короткі та стислі терміни. В іншому разі, відбувається їх перестій, і як наслідок цього, зростання втрат зерна (10-20%) за рахунок його природного осипання [38, 243, 247, 272].

Двофазний спосіб (роздільне збирання). Перша фаза збирання полягає у скошуванні зібраної культури та укладанні її у валки на поверхню поля валковою жаткою (рис. 1.2) [42, 60].



Рис. 1.2 – Скошування і укладання хлібів у валок при роздільному способі збирання: 1 – трактор; 2 – валкова жатка

Через 4-6 днів підсохлі валки підбирає й обмолочує зернозбиральний комбайн (мал. 1.5). У зв'язку з тим, що зерно у валках підсихає і дозріває (за рахунок поживних речовин, що надходять зі скошених стебел), збирання починають на 4-12 днів раніше, ніж за прямого комбайнування.

Орієнтиром для початку збирання слугує момент досягнення зерном середини воскової стиглості, що відповідає його вологості в межах 25-35%.



Рис. 1.3 - Підбирання та обмолот валків за роздільного способу збирання: 1 - зернозбиральний комбайн; 2 - підбирач

Роздільним способом збирають нерівномірно дозріваючі культури (горох, овес, ячмінь, гречка, просо та ін.), схильні до осипання та вилягання, засмічені посіви, високостеблові культури з переплутаними стеблами (наприклад, ріпак) або недостатньо врожайні, для забезпечення більш повного завантаження зернозбирального комбайна. В останньому випадку широкозахватною валковою жаткою формують здвоєні валки, за рахунок чого, за незмінної поступальної швидкості комбайна, секундна подача хлібної маси в молотарку на підборі валків подвоюється [160].

При скошуванні рослин у фазі воскової стиглості зерна зменшується його вибивання робочими органами жатки. При цьому на 1 м^2 має бути не менше менше 250 стебел, їхня висота не має бути нижчою за 60 см, а висота зрізу має підтримуватися в межах 12-25 см (для рису 25-30 см). В іншому разі стерня може не витримати ваги укладеного валка, він починає контактувати з поверхнею ґрунту, погано підсихає, а в дощову погоду великий ризик псування зерна і навіть його проростання в колосках. У зв'язку з цим в умовах підвищеної вологості прагнуть формувати широкі тонкі валки, а в посушливій зоні - вузькі товсті з орієнтацією стебел під кутом $10-30^\circ$ до осі валка. Це зумовлено тим, що чим ширший і тонший

валок, тим швидше він просихає, але тим більшими можуть бути втрати пересохлого зерна за рахунок його вибивання з колосків робочими органами підбирача [73, 222].

За роздільного способу збирання втрати зерна за валковою жнивваркою допускаються не більш як 0,5% для прямостоячих хлібів і 1,5% для полеглих. При підборі валків втрати зерна не повинні перевищувати 1%, а чистота зерна в бункері має бути не менше 96% [64].

Під час вибору одного з двох основних способів збирання слід мати на увазі, що на увазі, що:

- за однофазного способу збирання високо та середньоврожайних зернових його собівартість, як правило, нижча, ніж за двофазного збирання;
- економічні переваги двофазного збирання відчутні в зоні сухих степів, за врожайності зерна нижче за 20 ц/га [29];
- двофазне збирання дає змогу виключити штучне сушіння зерна і відокремити в комбайні вегетативні частини та насіння бур'янів [231];
- збільшення строків збирання за двофазного способу зменшує величину амортизаційних відрахувань, що припадають на одиницю продукції, прискорює оборот капіталу, витраченого на придбання збиральної техніки [87, 25].
- за двофазного способу збирання через багаторазові проходи техніки по полю збільшується щільність ґрунту
- техніки по полю збільшується щільність ґрунту;
- у разі непогожої погоди, якість зерна у валках може суттєво погіршитися, а його втрати збільшитися.

Очісування рослин на корені. Багаторічні дослідження та практичний досвід свідчать про те, що зменшити витрати на збирання зернових культур можна шляхом застосування комбайнового вичісування

рослин на корені [36, 110]. Суть його полягає в тому, що на комбайн замість звичайної жниварки встановлюють обчісувальний адаптер (рис. 1.4), робочий орган якого являє собою ротор, що обертається, 1 із зубами 2.

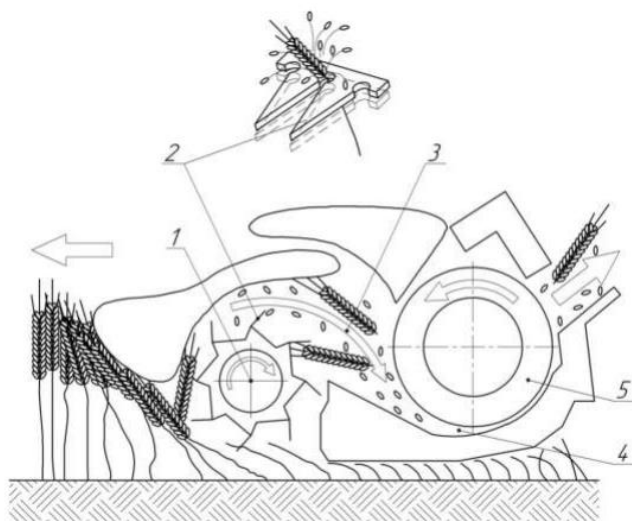


Рис. 1.4.. - Принципова схема роботи однобарабанної обчісувальної жниварки: 1 - ротор для обчісування; 2 - зуби для обчісування; 3 - зерно і відірвані колосся; 4 - збірна камера; 5 - шнек

Під час поступального руху комбайна, зуби 2 ротора 1, що обертається, прочіскують рослини від низу до верху. При цьому зуби 2, зустрівшись з колоссям рослин, обривають їх. Під час обриву частина зерен вибивається з колоса. Частота обертання ротора 1, що обчісує, підбирається таким чином, щоб, з одного боку, стебла не виривало із землі, а з іншого - колосся звільнялося від зерна без пошкоджень зернівок [13]. Вибиті зерна й обірвані колосся 3 переносяться під дією сил інерції і повітряного потоку в збірну камеру 4. Шнек 5, розташований на дні збірної камери 4, подає обірвану масу до похилого транспортера, який захоплює та переносить її до молотильного апарата комбайна.

При цьому зернова частина врожаю збирається в бункер, а солома залишається на полі недоторканою. Що ж робити з нею далі? Одним із варіантів проведення подальшої технології збирання незернової частини врожаю є скошування соломи (косаркою або кормозбиральним комбайном), її подрібнення та закладення в ґрунт. Для ефективного загортання в ґрунт

високої стерні, що залишилася в полі після вичісування рослин на корені, використовують важкі дискові борони, дискатори або луцильники [91, 126].

Заробка соломи в ґрунт сприяє накопиченню органічних речовин, утворенню гумусу в орному шарі та поліпшенню агрохімічних і фізичних властивостей ґрунту [152]. Однак, така технологія збирання незернової частини врожаю підвищує економічні витрати господарств, а також збільшує щільність ґрунту внаслідок багаторазових проходів техніки по полю.

Збирання зернових культур із застосуванням комбайнового вичісування рослин на корені широко реалізується в таких країнах як: США, Канада, Англія, Аргентина та Китай. Тут слід зазначити, що всі перелічені країни традиційно є не тільки найбільшими виробниками, а й експортерами зерна. Очісування рослин на корені дедалі частіше стає і в Україні. Особливо ефективним він виявився в регіонах із дефіцитом вологи в ґрунті. Висока стерня, що залишилася на полі, в зимовий період сприяє затриманню снігу і збереженню вологи в ґрунті. Крім того, жнивварки, що обчісують, добре зарекомендували себе під час збирання полеглих хлібів і рослин зі сплутаним стеблостоєм [91].

На сьогоднішній день ринок обчісувальних адаптерів представлений трьома типами жнивварок - одно- (рис. 1.4), дво- (рис. 1.5) і трьохбарабанными [34]. За принципом дії вони схожі між собою.

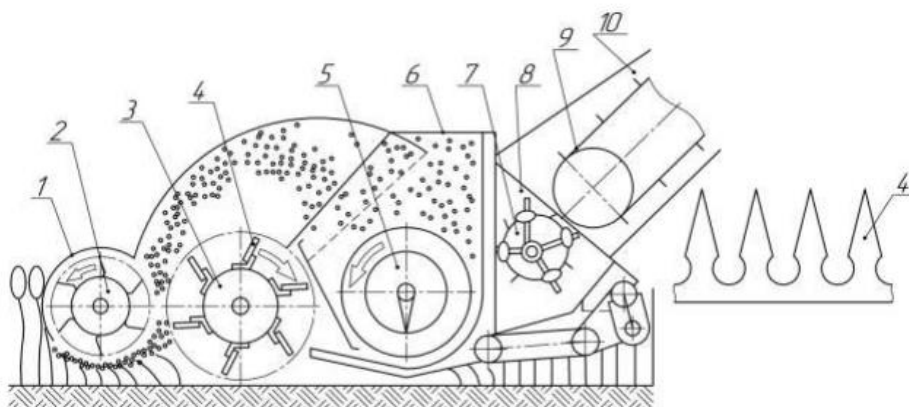


Рис.1.5 - Принципова схема роботи двобарабанної обчісувальної жнивварки: 1 - кожух; 2 - подавальний барабан; 3 - обчісувальний барабан; 4

- гребінка; 5 - шнек; 6 - платформа; 7 - бітер; 8 - проставка; 9 - плаваючий транспортер; 10 - похила камера

Основна їхня відмінність полягає в тому, яким чином повертаються в основний потік зерна, що летять уперед. У однобарабанної жатки для цього використовується пасивна відбивна поверхня (рис. 1.4), а у двобарабанної - обчисувальний барабан, який спрямовує все відбите зерно від подавального барабана (рис. 1.5). Унаслідок того, що барабани 2 і 3 обертаються назустріч один одному, усередині корпусу адаптера створюється зона розрядження, що сприяє зниженню втрат зерна під час його осипання.

В Україні дослідженням ефективності роботи обчисувальних пристроїв займалися вчені Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Численні дослідження в галузі вичісування рослин на корені привели до висновку, що основний робочий орган жнивarki (гребінка) має бути активний і в основу його роботи має бути покладено також фізичне явище таке, як удар гребінки по зернівці. Багато напрацювань мелітопольських учених були унікальними і по-справжньому проривними для свого часу, але в дев'яності роки роботи в даному напрямі було згорнуто, і пізніше з успіхом використано в зарубіжних зразках.

Найпопулярнішою серед українських аграріїв є двобарабанна обчисувальна жнивarka "Слов'янка УАС" виробництва ТОВ "УкрАгросервіс" (рис. 1.6). Модельний ряд цих жаток має три модифікації з шириною захвату від 5 до 7 метрів [236, 258, 279].



Рис. 1.6 - Загальний вигляд зернозбирального комбайна в агрегаті з обчісувальною жаткою "Слов'янка УАС": 1 - зернозбиральний комбайн; 2 - жниварка для вичісування

1.2. Конструктивно-технологічні схеми зернозбиральних комбайнів

За всієї різноманітності конструкцій, практично всі відомі зернозбиральні комбайни реалізують одну й ту саму технологію впливу на об'єкт збирання. Її структура зумовлена будовою рослин (рис. 1.7), для збирання яких призначений комбайн [161].

По-перше, доводиться формувати потік рослинної маси, поки вона ще перебуває на корені. Ця підготовча операція покликана забезпечити стабільність процесу забору колосків, качанів, кошиків тощо і звести до мінімуму можливі втрати.

В зв'язку з цим, слід надійно відокремити смугу рослинної маси, що прибирається, від її решти масиву (з одного або з двох боків), підняти полегли стебла, за необхідності, сформувати їх у "потоки" і підтримувати, переміщаючи назад до передачі відокремленої від кореня (або стебла) маси далі по технологічним ланцюжком. На завершальній стадії процесу взаємодії формувальних робочих органів із рослинною масою відбувається відокремлення та забір маси рослин (із частиною стебла або без нього).

Відокремлення може здійснюватися шляхом зрізання, відриву або вичісування.

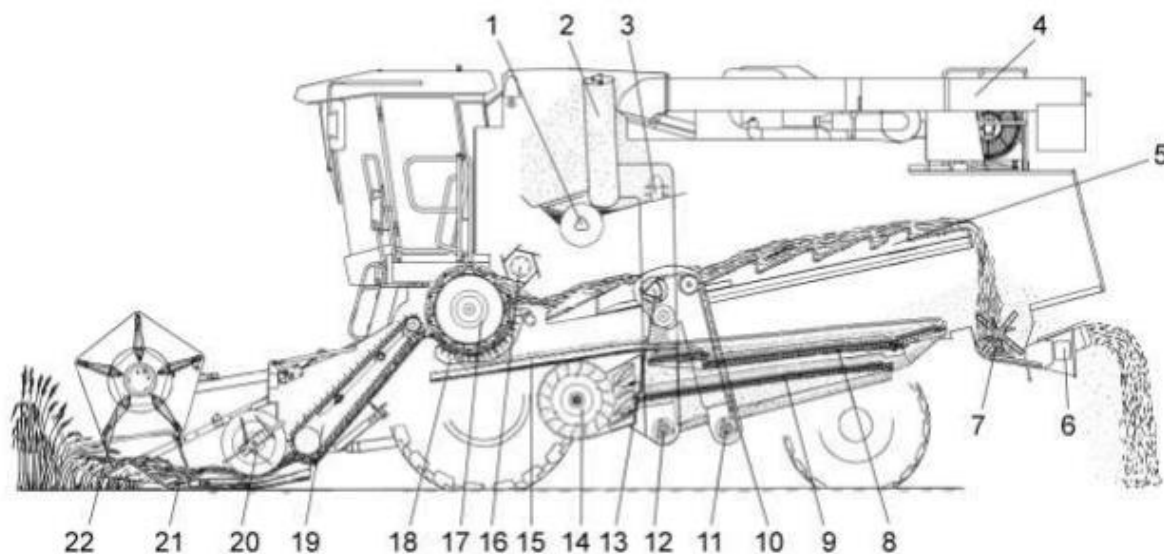


Рис. 1.7 - Схема робочого процесу комбайна з класичним МСУ : 1 - шнек горизонтальний; 2 - шнек завантажувальний зерновий; 3 - елеватор зерновий; 4 - шнек вивантажувальний; 5 - соломотряс; 6 - дефлектор; 7 - соломоподрібнювач; 8 - верхній решітний стан; 9 - нижній решітний стан; 10 - елеватор колосовий; 11 - шнек колосовий; 12 - шнек зерновий; 13 - домолочувальний пристрій; 14 - вентилятор; 15 - транспортна (стрясна) дошка; 16 - відбійний бітер; 17 - барабан молотильний; 18 - підбарабання; 19 - плаваючий транспортер; 20 - шнек; 21 - ріжучий апарат; 22 - мотовило

Розміщені першими в технологічному ланцюжку формувальні та відокремлювальні робочі органи є основними компонентами жатки або спеціалізованого змінного адаптера, що діє на іншому принципі.

Для здійснення процесу формування потоку рослинної маси під час збирання більшості зернових культур прямим комбайнуванням, жатку постачають бічними дільниками, мотовилом 22 і стеблопідіймачами, які монтують разом із ріжучим апаратом 21, що здійснює відокремлення хлібної маси (стебел із колоссям або волотями) від кореня [16, 283].

За роздільного збирання процес формування потоку та відокремлення хлібної маси здійснює валкова жатка. У зв'язку з цим, на частку зернозбирального комбайна залишається лише один з елементів процесу забору хлібної маси, що полягає в доборі валка.

Наступним технологічним процесом є формування потоку вороху та його звуження до ширини молотарки. Це зумовлено двома причинами. По-перше, ширина смуги захоплення рослин завжди суттєво перевищує ширину комбайна, тому її доводиться приводити у відповідність із параметрами його інших робочих органів. По-друге, забірна частина комбайна (жатка) копіює поверхню поля незалежно від його опорних коліс. У зв'язку з цим доводиться враховувати неминучість перекосів у зоні передачі потоку від одних робочих органів іншим і передбачати для цієї мети найбільш надійний механізм поздовжнього і поперечного копіювання, адаптований до роботи в цих умовах.

Більшість процесів сепарації здійснюються в комбайні з використанням сил гравітації. Тобто, оберемок (або його окремі компоненти) під дією повітря та вібрації переміщується зверху вниз. У зв'язку з цим, перед початком цих процесів його необхідно підняти на певну висоту. Одночасно з підйомом купи відбувається процес її попереднього розгону та розтягування маси (зменшення товщини її шару). Для цієї мети слугує похила камера, у якій ворох піднімається з рівня днища жатки до входу в молотильний простір. Крім обов'язкового в усіх випадках плаваючого транспортера 19 у багатьох комбайнах першим прийом вороху від жнивarki здійснює бітер, який може бути змонтований, як усередині спеціальної проставки, так і безпосередньо в корпусі похилої камери [88, 89].

У молотильно-сепарувальному пристрої комбайна відбувається відділення зернівок від квітколожа та виділення із загального потоку соломи або інших великих компонентів (наприклад, кошиків соняшнику або стрижнів качанів кукурудзи). Перша частина процесу здійснюється за рахунок удару і протягування маси в зазорі між обертовим барабаном, що обертається 17 і нерухомим підбарабанням 18 (декою). Процес відокремлення від основної маси довгостеблової соломи зерна і дрібних домішок (полови, дрібних шматків соломи, колосків тощо), що починається

в молотильній частині (завдяки виконанню деки гратчастою), завершується в се парувальній частині.

У комбайнів із молотаркою, виконаною за класичною схемою (вісь обертання барабана 17 перпендикулярна потоку обмолочуваної маси), виділення соломи зі складу вороху здійснює спеціальний сепаратор, виконаний, наприклад, у вигляді клавішного соломотряса (5, рис. 1.7). При цьому солома видаляється за межі комбайна, а решта компонентів оберемка повертаються в його передню частину для продовження процесу сепарації в нижньому ярусі робочих органів, які традиційно об'єднуються терміном "очищення" [10].

У комбайнах з аксіально-роторним молотильним пристроєм обмолот хлібної маси та сепарація зернового вороху відбувається в єдиному робочому органі, що має назву ротор (рис. 1.8.) Тобто потреба в додатковому сепарувальному пристрої (соломотрясі), спеціально призначеному для відокремлення соломи, у цьому разі відсутня. Під час роботи комбайна хлібна маса подається в роторний молотильний пристрій 5, де вона переміщується по спіралі в осьовому напрямку бичами та напрямними, розміщеними на поверхні підбарабання. Обмолот відбувається внаслідок тертя і відцентрового впливу робочих елементів молотильно-сепарувального пристрою на хлібну масу, що проходить паралельно осі ротора.

За однакових габаритів комбайнів зона обмолоту хлібної маси в роторному молотильно-сепарувальному пристрої збільшується в 4-5 разів. За рахунок цього час перебування хлібної маси в молотильному зазорі та кількість впливів на неї в 4-10 разів більші, ніж у барабанних. Крім того, зменшується інтенсивність механічних впливів, що сприяє зниженню втрат і травмування зерна [255].



Рис.1.8 - Загальний вигляд зернозбирального комбайна "Торум 740" з аксіально-роторним МСУ: 1 - жатка; 2 - похила камера; 3 – роторна молотильна система; 4 - система очищення; 5 - подрібнювач-розкидач; 6 - силова установка; 7 - бункер

Як і за класичної схеми обмолоту, дрібні компоненти вороху повертаються для сепарації в передню частину комбайна на робочі органи нижнього ярусу. Сепарація дрібного вороху здійснюється на коливних решетах 8, 9 жалюзійного типу, що обдуваються потоком повітря, створюваним вентилятором 14 (рис. 1.11). При цьому поділ здійснюється, як за розмірами компонентів, так і за їхньою парусністю [46, 161, 173].

У комбайнах із комбінованим (гібридним) молотильно-сепарувальним пристроєм (рис. 1.9) для обмолоту рослинної маси використовується класичне барабанне МСУ, а сепарація грубого (соломистого) вороху здійснюється за рахунок роторних соломосепараторів 20.

Обмолочена хлібна маса з молотильного апарата за допомогою бітерів 7 подається в соломосепаратор 20 із двома роторами, які "обернені" нерухомими ґратчастими деками та обертаються в зустрічних напрямках. На поверхні роторів закріплено чотири поздовжніх ряди спеціальних штифтів, які інтенсивно виділяють зерно із соломи. Виділене роторним сепаратором 20 зерно надходить спочатку на скатну дошку 15 і далі на очищення. Така комбінована схема, що поєднує переваги барабанного

обмолоту і роторної сепарації, найкраще підходить для господарств, які, поряд із зерновими, у великих обсягах збирають кукурудзу на зерно.

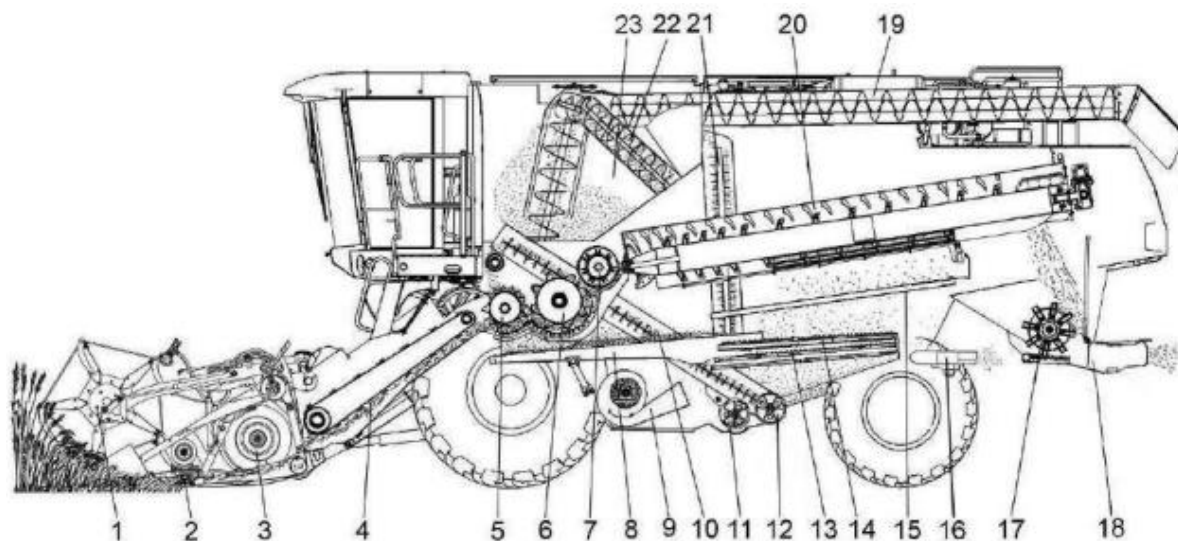


Рис. 1.9 - Схема робочого процесу комбайна з комбінованим (гібридним) МСУ: 1 - двигун; 2 - різальний апарат; 3 - шнек; 4 - плаваючий транспортер; 5 - барабан прискорювальний; 6 - молотильний барабан; 7 - відбійний бітер; 8 - транспортна (стрясна) дошка; 9 - вентилятор; 10 - колосовий елеватор; 11 - шнек зерновий; 12 - шнек колосовий; 13 - стан решітний нижній очищення; 14 - стан решітний верхній очищення; 15 - скатна дошка; 16 - половорозкидач; 17 - ротор соломоподрібнювача; 18 - дефлектор; 19 - шнек вивантажувальний; 20 - роторні соломосепаратори; 21 - зерновий елеватор; 22 - шнек завантажувальний; 23 - бункер

Незалежно від конструкції та режиму роботи молотильного пристрою не виключається ймовірність наявності в купі необмолочених колосків. Це зумовлено тим, що за певних умов удар бича барабана 17 може зруйнувати зв'язки зернівок із квітколожем, а оболонки барабана 17 може зруйнувати зв'язки зернівок із квітколожем, а обломати соломину біля основи колоса (рис. 1.9). Тоді він цілком проходить через отвір підбарабання 18 і разом з рештою компонентів вороху надходить на очищення. У зв'язку з цим у задній частині верхнього решета 8 передбачається подовжувач, призначений для вловлювання таких колосків.

Із колосового шнека 11 недомолочене колосся і супутні йому зерно і дрібні домішки, що в невеликих кількостях сходять із нижнього решета 9, подаються на повторний обмолот колосовим елеватором. В одних комбайнах для цієї мети використовується спеціальний домолочувальний пристрій 13. В інших - ворох повертається до основного молотильного барабана.

Під час здійснення своїх технологічних функцій робочі органи комбайна здійснюють різні за характером і швидкістю рухи, енергетичне забезпечення яких здійснює двигун внутрішнього згоряння. У зв'язку з цим, він має бути пов'язаний із робочими органами механічними, гідравлічними та електричними приводами. Значну частину енергії двигуна споживає ходова система, яка також є складною комбінацією різних передавальних механізмів.

1.3. Обґрунтування теми дипломного проекту

У процесі збирання зернових культур необхідно отримати якісне зерно з мінімальним вмістом домішок. Для цього у схемі зернозбирального комбайна відбувається відокремлення домішок від зерна шляхом просіювання на очисних решетах.

Інтенсифікація процесу виділення зерна і підвищення ефективності очищення досягається додатковою дією на зерновий ворох повітряного потоку, що створюється вентилятором. Але внаслідок мінливості умов збирання, складності розділення зерна і домішок провідні виробники застосовують у схемах машин удосконалені системи очищення на основі базової – повітряно-решітної.

Серед основних конструктивних ознак систем очищення зернозбиральних комбайнів можна назвати: використання транспортної дошки (однієї чи кількох) або шнекових подавальних пристроїв; система

очищення з подовжувачем або без подовжувача верхнього та нижнього решіт та вентиляторів різних конструктивних виконань; з можливістю або без можливості регулювання швидкості повітряного потоку вентилятором; з пристроями для вирівнювання решіт або без їх застосування; із використанням різних типів і комбінацій очисних решіт тощо.

Найкращу рівномірність повітряного потоку забезпечують діаметральні вентилятори. Вони мають робоче колесо з великою кількістю криволінійних, загнутих у бік обертання, лопатей, що захоплюють повітря в межах радіального вікна й проштовхують його в центральну порожнисту частину. Під дією підпору та відцентрових сил повітря витісняється на периферію колеса й удруге потрапляє на його лопаті з діаметрально протилежного боку. Унаслідок двократного впливу лопатей на повітряний потік він набуває вищої та рівномірної швидкості у вихідному каналі порівняно з радіальними вентиляторами. Діаметральні вентилятори за габаритами менші за радіальні, але більш енергоємні. Найчастіше їх використовують на комбайнах аксіально-роторного типу («Challenger 660», «MF 9000», «Case 2388»). Дещо рідше — на комбайнах із поперечно-потоковою молотаркою («MF 3640/5650», «Deutz-Fahr 5650/5690»).

Метою роботи є теоретичний аналіз роботи вентилятора очищення зернозбирального комбайна, визначення оптимальних швидкісних режимів повітряного потоку на виході з вентилятора з вентилятора та порівняння з існуючими конструкціями сучасних комбайнів.

Для покращення якості очищення зернового вороху при роботі комбайна нами передбачено удосконалення вентилятора відцентрового типу, шляхом створення рівномірного повітряного потоку по всій ширині решітного стану зернозбирального комбайна

2. ФАКТОРИ ТА ПРИЧИНИ ВТРАТИ ЗЕРНА ПРИ ЗБИРАННІ

Зниження втрат при збиранні зерна є головним фактором збереження вирощеного врожаю. Порушення технологічних операцій збирання може призвести до втрати щонайменше 17,0 % врожаю. Зокрема, найбільші втрати зерна (6,6 %) відмічено при порушенні оптимальних строків збирання культур. Дещо менше втрачається зернової продукції при застосуванні невідрегульованої техніки (4,5 %) та при неправильному сполученні способів збирання (4,0 %). Тобто, наведені дані свідчать, що суттєвий вплив на зменшення втрат урожаю має оптимізація строків та якісне проведення збиральних робіт (табл. 1).

Серед основних причин втрат зерна під час збирання є несвоєчасне призначення початку й тривалості періоду збирання тієї чи іншої культури, незадовільне обслуговування збиральних агрегатів, що спричиняє тривалі простої техніки, нерівна поверхня поля, загущені або зріджені посіви, засміченість, конструктивні недоліки машин або їх окремих робочих органів, порушення оптимальних технологічних регулювань та ін.

Крім того, причинами втрат зерна під час збирання можуть бути: несвоєчасне проведення і «розтягування» строків збирання, відсутність на комбайнах відповідних пристроїв, оптимальних режимів їх експлуатації, регулювання робочих органів, що не відповідає стану хліба, який збирають, невідповідність технології збирання умовам збирання, низький рівень організації збиральних робіт, непідготовленість транспортних засобів для перевезення зерна від комбайна на тік та ін.

З метою своєчасного запобігання втратам слід визначити, з яких причин вони відбуваються та у якій послідовності, а також провести регулювання механізмів машин при збиранні, очищенні та сортуванні зерна.

Головними умовами роботи молотарки без втрат є:

- оптимальне завантаження;
- регулювання молотильного апарата, соломотряса та очистки відповідно до стану хлібостою, дотримання правил їх експлуатації;
- дообладнання комбайна нескладними пристроями;
- ущільнення місць стиків робочих органів.

2.1. Види втрат та способи їх усунення

Втрати за жаткою

Зрізані колоски: на прямостоячих хлібах – підняти мотовило, на полеглих хлібах – зменшити висоту зрізу, зменшити оберти мотовила.

Не зрізані колоски: зменшити висоту зрізу, висунути мотовило вперед і опустити.

Вільне зерно: опустити мотовило, зменшити частоту обертання мотовила.

Втрати за підбирачем

Не підібрані колоски: опустити підбирач до дотику пальців з ґрунтом, збільшити оберти у вала підбирача.

Вільне зерно: зменшити оберти вала підбирача

Валок повинен надходити у молотарку рівномірним шаром. Збільшення обертів призводить до розриву валка, а зменшення – згрупування. В обох випадках – це втрати за молотаркою.

Втрати за молотаркою

Недомолот у соломі: збільшити оберти барабана до верхньої межі, при необхідності зменшити зазори у молотильному апараті, і тільки тоді зменшити швидкість комбайна.

Недомолот у полові: відкрити більше верхнє решето і подовжувач.

Вільне зерно у соломі: почистити соломотряс, почистити підбарабання, зменшити швидкість руху комбайна або ширину захвата, відкласти збирання до підсихання маси.

Вільне зерно у полові: відкрити решета, зменшити повітряний потік вентилятора, при пересушеній соломі зменшити оберти барабана, почистити стряхувальну дошку, зменшити швидкість комбайна.

Травмоване зерно в бункері: відкрити нижнє решето, почистити стряхувальну дошку, усунути технічні несправності робочих органів.

Засміченість зерна в бункері: зменшити оберти барабана, збільшити оберти вентилятора, прикрити нижнє решето.

2.2. Визначення та прогнозування втрат урожаю

На практиці використовують різні експериментальні і теоретичні методи визначення втрат урожаю.

Перший, експериментальний, — підрахунок як наслідок завершення певного технологічного процесу.

Другий — розрахунковий, тобто прогноз допустимих біологічних втрат для конкретної культури з урахуванням показників агробіологічної та технічної підсистеми технологічного процесу в умовах конкретного господарства.

Втрати зерна розподіляють на механічні та біологічні. В цілому механічні втрати є наслідком порушення технічних і технологічних налаштувань, регулювань комбайнів та недотримання технології збирання: відповідних параметрів швидкості руху, подавання хлібної маси в молотарку тощо.

Механічні втрати підраховують після проведення збирання, вони поділяються на:

- прямі (безповоротні, які залишаються в полі);
- побічні (зерно пошкоджене в процесі обмолочування).

Прямі втрати за:

- жаткою (висипання зерна, зрізаний втрачений колос, незрізаний колос);
- підбирачем (висипання зерна, зрізаний непідібраний колос);

- системою очищення (відхід зерна з половиною);
- соломотрясом (відхід невитрушеного зерна з соломою);
- молотаркою (недомолочене зерно у соломі та полові).

Сучасні зернозбиральні комбайни за технічними характеристиками допускають до 1,5% втрат. На величину технологічних втрат впливає багато об'єктивних і суб'єктивних чинників, зокрема: агробіологічні характеристики хлібної маси, якісні показники технічного і технологічного налаштувань.

Експериментальний метод визначення технологічних втрат зерна під час комбайнування регламентується вимогами технології збирання:

- роздільного комбайнування з підбирачем;
- прямого комбайнування жаткою.

До втрат за молотаркою відносять втрати внаслідок недомолоту колосків у соломі, невибитого зерна (в соломі), недомолоту зерна в колосках (з половиною).

Останнім часом для визначення залежності величини втрат зерна від тривалості збирання використовують показник величини втрат зерна за кожну добу перестою (або за кожний час перестою) після настання повної стиглості зерна. Математична обробка наших даних та розрахунків інших дослідників дала змогу отримати питомі показники втрат зерна за кожну добу (годину) перестоювання після настання повної стиглості зерна.

Втрати зерна за кожну добу перестоювання залежно від культури становлять від 21,6 до 35,9 кг/га, або від 0,6 до 1,5 кг/год.

У середньому по основних п'яти зернових культурах ця величина становить 30 кг/га за добу, або 1,25 кг/га за одну годину перестоювання, що дорівнює 1,2%

втрат урожаю, зібраного за добу.

Обробка даних щодо втрат зерна в різні строки збирання дала змогу встановити таку закономірність: у колосових культур найбільші втрати зерна

під час збирання з 8-го по 15-й день після настання повної стиглості зерна; до і після цього строку щоденні втрати менші. Це ще раз підтверджує висновок, що збирання кожної культури потрібно завершити за п'ять-сім днів після настання повної стиглості зерна.

Якісні показники під час збирання врожаю характеризуються висотою зрізування, якістю обмолочування і очищення, збиранням виляглої хлібної маси тощо. Кількісні показники — це витрата пального на одиницю продукції, годинна, денна, сезонна продуктивність.

Дослідження, проведені як у нас та за кордоном, довели, що під час збирання зернових втрати зерна можуть сягати 30% вирощеного врожаю і головним чином зумовлені порушенням строків жнивування, особливістю збирання виляглих і забур'янених хлібних масивів, технологічною недосконалістю збиральної техніки.

2.3. Контроль якості збирання врожаю

При визначенні якості роботи зернозбиральних агрегатів враховуються висота і рівномірність зрізування стебел, якість укладання хлібної маси у валки, втрати врожаю після жатки і прямолінійність руху.

Висоту зрізу та її рівномірність визначають по ширині захвату жатки у двох місцях, розміщених приблизно на 1/4 захвату від подільників. Одна проба складається з 20 замірів. Кожну пару замірів роблять на відстані 40-50 см від суміжної пари за ходом агрегату. Проби беруть у п'ятиразовій повторності по діагоналі поля чи загінки. Одержані таким чином 100 замірів дають змогу визначити середню висоту стерні, а різниця між максимальною і мінімальною її висотою визначає рівномірність зрізування стебел.

За агротехнічними вимогами втрати за жаткою не повинні перевищувати 0,5 %. Таким чином, допускаються втрати колосків у кількості, не більшій як одна двохста від тих, що росли на ній.

Наприклад, якщо, кількість стебел на 1 м² поля становить 400 штук, то в межах контрольної рамки площею 0,5 м² (виготовляють із дроту товщиною 6-8 мм у вигляді квадрата з довжиною сторони 0,71 м) не повинно бути більше одного колоса. Рамку накладають 4-5 разів по ширині захвату жатки в трьох місцях в напрямку руху агрегату. Якщо виникають втрати за жаткою у вигляді вільного зерна, то їх визначають у межах 1/10 частини площі, обмеженої рамкою. Для цього у рамці відділяють (дротом чи шнуром) смужку шириною 7 см. Сумарні втрати зерна визначають співвідношенням маси, зібраної на облікових площах зерна і врожаю на них. Масу зерна, зібраного з облікових площ, можна приблизно визначити з урахуванням абсолютної маси 1000 зерен за такою формулою:

$$M_3 = \frac{A_M * K_3}{100 * Z_n}$$

де M_3 – приблизна маса зерна, зібраного з облікової площі, кг/га;

A_M – абсолютна маса 1000 зерен, г;

K_3 – кількість зерен, втрачених на обліковій площі, шт.;

Z_n – залікова площа, м².

Орієнтовно абсолютна маса 1000 зерен в нормальних умовах становить: озимої пшениці 35- 45 г, жита – 30-35, ячменю – 40-55, вівса – 24-34, гороху – 160-340 (залежно від сорту).

Прямолінійність ходу зернозбиральних агрегатів перевіряють вимірюванням відстаней між осьовими лініями валків (роблять 20-30 замірів). Огріхи, а також ступінчастість стерні у суміжних проходах агрегату визначають візуально.

Якість підбирання та обмолоту валків оцінюють за повнотою підбирання хлібної маси та подачі її в молотарку, відсутністю втрат при обмолоті, чистотою зерна у бункері і кількістю подрібненого зерна. Для визначення величин втрат на підбиранні валків необхідно зібрати колосся, залишені

підбирачем, вільне зерно з прямокутної ділянки під валком. Одна сторона цієї ділянки має дорівнювати ширині валка, а друга - перпендикулярна до першої і мати довжину 1 м. Зерно (вільне і в колосках), зібране з ділянки, зважують і множать на сумарну довжину валків, укладених на одному гектарі, яку одержують діленням площі гектара (10000 м²) на робочу ширину захвату жатки.

З метою визначення повноти обмолоту зупиняють комбайн, який працює в загінці, виключають його молотарку з таким розрахунком, щоб частина соломи залишалась на соломотрясі. При наявності в соломі необмолочених колосків регулюють молотильний апарат, перевіряють регулювання муфти зчеплення молотарки. Впродовж дня постійно стежать за наявністю зерна у соломі і при необхідності регулюють робочі органи молотарки.

Якість зерна у бункері комбайна контролюють, беручи проби по 50 г у триразовій повторності. Якщо зерно надмірно засмічене або подрібнене, вживають відповідних заходів для усунення цього.

Режими роботи комбайнів

Посівні якості і врожайні властивості насіння обумовлюються багатьма факторами. В першу чергу необхідно зменшити рівень травмування зерна.

За даними науково-дослідних установ, в господарствах Лісостепу України травмування становить в середньому 50-60, а подекуди 70-90%. Якщо врахувати, що кожний відсоток травм у посівному матеріалі зменшує врожайність на 4,6 і до 10 кг/га, то стає очевидним, який великий недобір врожаю спричиняє травмування насіння.

Безпосередньою причиною травмування насіння є збиральні, очисні і сортувальні машини, транспортери всіх видів. В середньому 70% насіння травмується комбайном, до 25% навантажувально-розвантажувальними машинами і 5% - від природних факторів.

Великий вплив на травмування насіння має його вологість та режим роботи комбайна. Для зернових культур мінімум пошкоджень насіння

спостерігається при вологості 17-19%, для гороху, вики, сої – 16-17%, обертах барабана, зменшених на 10% а молотильних зазорів збільшених на 2-3 мм в порівнянні зі збиранням звичайних посівів. При цьому рекомендується наступна швидкість обертання барабана (об/хв):

Необхідно пам'ятати, що двохбарабанні комбайни завжди менше травмують насіння, ніж однобарабанні.

При використанні двобарабанних комбайнів, частоту обертання першого барабана молотарки слід зменшити на 200-300 об/хв.. в порівнянні з другим (1000 об./хв.). Віддаль між першими барабанами і підбарабанником на 3-4 мм більше, ніж між другим барабаном і деком. Віддаль між барабаном і підбарабанником встановлюється при збиранні на першому молотильному апараті в прийомі 24 мм, а на виході – 6 мм. При збиранні сухого зерна ці величини слід дещо збільшити, а вологого – зменшити. В другого молотильного апарату зазори в прийомі складають 16 мм, на виході – 4 мм.

Регулювання молотильних зазорів слід проводити кілька разів протягом доби: вранці, коли хлібна маса має підвищену вологість, зазор зменшують; о 10-12 годині – збільшують; о 14-15 годині – збільшують повторно, а о 17-18 годині – зменшують.

Регулювання величини передачі рослинної маси в молотильний апарат при обмолоті здійснюють шляхом зміни швидкості руху комбайна. Велике значення в зменшенні травмування насіння необхідно надавати дотриманню технологічних режимів при сушінні, очищенні і сортуванні насіння. Так, при сушінні нерівномірність нагрівання зерна не повинна перевищувати 3-4°C, нерівномірність сушіння $\pm 1^\circ\text{C}$, відносна вологість відпрацьованого теплоносія - 65-75%. Не можна перевищувати температуру зовнішнього повітря більш, ніж на 10-15°C. Зниження вологості за одне проходження зернової маси не повинно перевищувати для зернових культур 6%, а для бобових, круп'яних і кукурудзи – 3-4%.

3.МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

3.1 Вимоги до очисних систем зернозбиральних комбайнів

Очищення зернозбирального комбайна відіграє ключову роль у досягненні якісного продукту. Недостатня очистка може призвести до забруднення зернового матеріалу, що знижує його комерційну цінність. Більш того, некоректно очищений зерновий матеріал може зберігатися гірше, маючи високу вологу, що впливає на його тривалість зберігання та якість. Очищення також допомагає уникнути пошкодження систем комбайна, так як некорисні домішки можуть приводити до зносу та поломок важливих деталей.

Очистка зернозбирального комбайна є одним з найважливіших етапів у зборі врожаю. Цей процес дозволяє видалити некорисні домішки, такі як солома, бур'яни, опади та дрібні каміння, зі зібраного зерна. Правильно очищений зерновий матеріал гарантує якість остаточного продукту і дозволяє максимально використовувати його в подальшому.

Етапи очищення зернозбирального комбайна

Перший етап очищення зернозбирального комбайна – сепарація великих домішок, таких як солома, дощові опади та бур'яни. Це досягається за допомогою соломотрясів, сепараторів та інших механізмів, які розділяють зерно від некорисної біомаси. Наступним етапом є очищення від дрібних домішок, таких як пил, пісок і дрібні каміння. Цей процес реалізується за допомогою коливань, дії повітря та сітчастих конвеєрів, які допомагають утримувати зерно і видалити некорисні речовини.

Очищення зернозбирального комбайна покращує продуктивність, так як зменшує непридатні для подальшого використання домішки.

Це дозволяє знизити витрати на додаткову обробку та сортування зерна після збору урожаю.

Вплив очищення на якість зерна

Очищення зерна від домішок впливає безпосередньо на якість остаточного продукту. Якість зерна визначається не тільки його зовнішнім виглядом та вмістом корисних речовин, але й вмістом некорисних домішок. Утримання високої якості зерна є життєво важливим, особливо для сільськогосподарських господарств, які продають свій врожай на ринку. Навіть невелика кількість домішок може спричинити зниження ціни та викликати недовіру серед покупців.

Так, неправильне очищення може пошкодити зерно, особливо при використанні агрегатів з недостатнім налаштуванням або зношеними деталями. Важливо використовувати сучасні і надійні зернозбиральні комбайни з адекватними системами очищення.

Частота очищення залежить від умов збору врожаю та конкретних характеристик комбайна. У загальному, рекомендується очищати комбайн після кожної їзди на полі та регулярно перевіряти стан систем очищення під час роботи.

Сучасні системи очищення дозволяють досягти високої якості збору врожаю та мінімізувати втрати зерна. Вони забезпечують ефективне видалення домішок та мають надійні механізми для зниження ризику пошкодження зерна.

Ефективне очищення зерна допомагає знизити викиди некорисних біомас та створює сприятливі умови для подальшої обробки сільськогосподарських відходів. Це сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню негативного впливу сільського господарства на екосистему.

Важливо використовувати сучасні системи очищення та регулярно проводити їх обслуговування, щоб забезпечити оптимальні результати. Збереження якості зерна та довговічності зернозбирального комбайна –

ключові фактори успішного збору врожаю та ефективного сільськогосподарського виробництва

Вибір кожної технологічної операції при очищенні зернової суміші залежать від культури, стану, якості і цільового призначення зібраного зерна. Однією з основних умов щодо забезпечення зібраного зерна є своєчасне ефективне його очищення від домішок.

Видалення домішок важливе для попередження самозигрівання і псування зерна, оскільки більшість домішок відрізняються від основного зерна значною гігроскопічністю та більшою життєздатністю. Також очищення сприяє зниженню рівня зараженості зерна шкідниками хлібних запасів.

Зернова маса характеризується неоднорідністю. Складається вона з основної зернової культури і домішок, які діляться на зернові і сміттеві. До смітної домішки відносять насіння всіх бур'янів, домішки мінерального і органічного походження, значно зіпсовані зернівки основної культури, металеві домішки. Окремо виділяють і відносять до сміттевої домішки шкідливу домішку, яка негативно може вплинути на здоров'я людей і тварин. Зерно, в якому міститься шкідлива домішка, не допускається до використання на харчові цілі.

Домішки є небажаними складовими зерна, тому їх вміст, в залежності від виду та призначення зерна, обмежується державними стандартами, рекомендується правилами організації та ведення різних технологічних процесів переробки, або встановлюється сторонами при поставках.

Очищення зерна відбувається внаслідок поділу зернової маси на фракції, які відрізняються фізико-механічними властивостями і морфологічними ознаками.

Очищення зерна відбувається внаслідок поділу зернової маси на фракції, які відрізняються фізико-механічними властивостями і морфологічними ознаками. Так, зерно поділяють за розмірами(довжиною,

шириною і товщиною), гравітаційними, фрикційними (форма і стан поверхні зерна), магнітними властивостями і за кольором.

Для видалення сміттевої і зернової домішок із зернової маси використовують різні зерноочисні машини, в яких застосовується один або декілька вказаних вище принципів.

Технологічні схеми очищення зерна складаються із попередньої, первинної і вторинної сепарацій.

Попереднє очищення зернового вороху - важлива технологічна операція, яку здійснюють після приймання зерна з поля. Воно розв'язує такі проблеми:

- нормалізація показника вологості. Вологість сировини впливає на схильність до травмування і процесів самозігрівання;
- своєчасне відділення із зернового вороху насіння деяких рослин, що важко відокремлювати, які погіршують сипкість зерна;
- економія на сушінні. На видалення 1% вологи з 1 тонни сировини витрачається близько 2-3 л палива.

Отже, попереднє очищення зерна - це гарантія збереження його якісних показників та суттєва економія фінансів.

Первинне очищення - найбільш важливий процес. Первинне очищення зерна проводиться після попереднього очищення й сушіння. Сутність даного процесу полягає в тому, що зерно доводять до базисних кондицій. Одним важливим фактором є налаштування режимів очисного обладнання. Його потрібно налаштувати так, щоб процес первинної дробки зерна проходив за один пропуск.

3.2. Особливості систем очищення сучасних зернозбиральних комбайнів

Отримання від комбайна чистого зерна, яке не потребує додаткового очищення, — одна з вимог до високопродуктивних машин.

У конструкції систем очищення зерна сучасних комбайнів використовують стрясну дошку або блок шнеків для попереднього розділення та транспортування вороху й остаточне повітряно-решітне очищення.

Повітряний потік, що створюється вентиляторами в нових конструкціях систем очищення, розділяється на два окремі потоки: один із них обдуває зону попереднього очищення, а другий — верхнє та нижнє решета.

Концепція продування зернового вороху потоком повітря в момент подолання ним ступінчастого каскаду між стрясною дошкою та верхнім решетом є нині головною, проте не єдиною. Наприклад, у комбайні «John Deere» серії 9000 відсутній відкритий перепад висот (рис. 3.1).

Натомість задній кінець стрясної дошки з'єднано з переднім кінцем верхнього решета похилою жалюзійною надставкою яка є, по суті, решетом попереднього очищення.

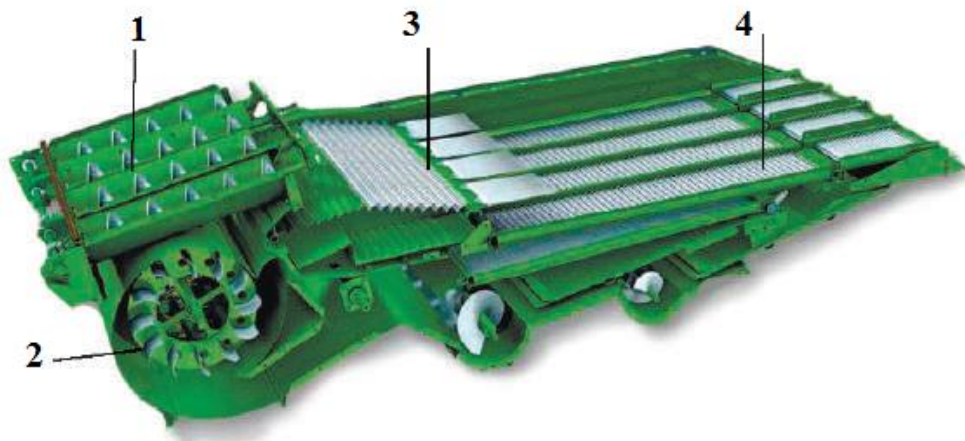


Рис. 3.1. Система очищення «Dyna Flo II» комбайна «John Deere S» зі шнековими блоками для подання зерна: 1—блок шнекових конвеєрів; 2—вентилятор; 3 – похила жалюзійна надставка (решето попереднього очищення); 4 – верхнє решето

У класичних, роторних і комбінованих комбайнах «John Deere» серії CWS, WTS, STS і CTS застосовують уніфіковану систему транспортування й очищення (рис. 3.1.і 3.2.), яка забезпечує очищення зерна в різних умовах

збирання. Система має блок шнеків, що подають зерно на решето попереднього очищення, де відділяється значна частина легких домішок (полова, дрібна солома) і повітряний потік виносить її за межі молотарки. Далі очищення зерна відбувається на верхньому та нижньому решетах, де виділяються важчі частини зернового вороху (пусті колоски, стебла тощо). Рівномірний потужний потік повітря для очищення зернового вороху забезпечує радіальний вентилятор діаметром 500 мм.

На комбайні «John Deere» С, W використано систему очищення «Quadra Flo» (рис. 3.2), яка має решето попереднього очищення на короткій стрясній дошці.

Налаштування решета попереднього очищення в комбайнах «John Deere» здійснюють з боку подовжувача верхнього решета за допомогою спеціального коловорота з довгою ручкою. При оптимальному режимі роботи до третини зерна після проходження попереднього очищення надходить безпосередньо до зернового шнека, а чверть соломистих фракцій вороху видувається за межі комбайна, минаючи верхнє решето, що суттєво зменшує його завантаженість.

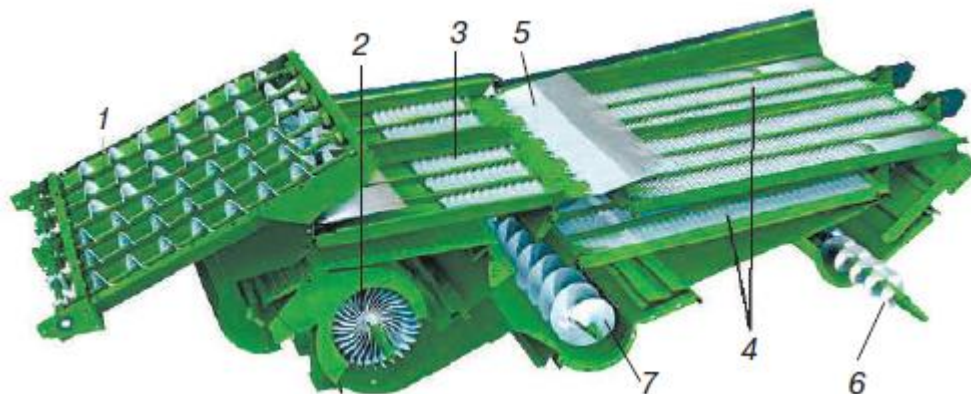


Рис. 3.2. Очисний комплекс «Quadra Flo» комбайна «John Deere» С, W:
1 – блок шнекових конвеєрів; 2 – вентилятор; 3 – решето попереднього очищення; 4 – верхнє та нижнє решета; 5 – решітка; 6 – колосовий шнек; 7 – зерновий шнек

Кожух вентилятора має додаткову подовжню перегородку (рис. 3.3). У такий спосіб повітря, що нагнітається крильчаткою, ділиться на два

незалежні потоки. Один потік, як у всіх традиційних системах, обдуває верхнє та нижнє решета, а другий — решето попереднього очищення.

Зерно, яке просипається крізь його щілини в жалюзі, відразу надходить на нижнє решето. Решта вороху, що залишилася без значної частини зерна на попередньому етапі очищення, очищується як звичайно за допомогою повітря та вібрації на верхньому та нижньому решетах.

Оскільки потужність повітряного потоку, що припадає на одиницю площі жалюзійної надставки, суттєво більша, ніж на основних решетах, то значна частина соломистих фракцій вороху відразу потрапляє за межі комбайна, проходячи без затримки над поверхнею верхнього

решета. За рахунок цього суттєво зростає стабільність роботи очищення, зокрема зменшується винесення з комбайна щуплого зерна. У традиційних схемах повітря автоматично перерозподіляється на користь більш вільних від вороху ділянок решіт, тому доводиться або підтримувати надмірне подання повітря, або змиритися з підвищеною засміченістю зерна в бункері.

Під час роботи комбайна на схилі відбувається перерозподіл вороху на решетах у поперечному напрямку. Частина поверхні виявляється вільною від вороху, тому в цих зонах зменшується опір проходженню повітря і через них проходить основний потік від вентилятора. У результаті зменшується обдування повітрям завантажених ворохом ділянок і, як наслідок, погіршується очищення, спостерігається підвищене забруднення зерна домішками в бункері.

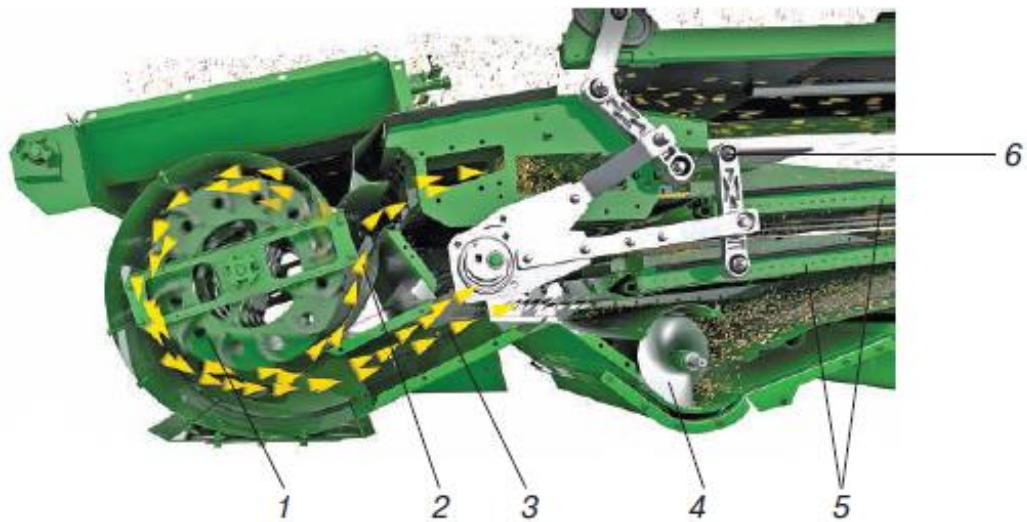


Рис. 3.3. Вентилятор із розділенням потоку повітря системи очищення комбайна «John Deere» серії 9000: 1 – вентилятор; 2 – повітряний потік на решето попереднього очищення; 3 – повітряний потік на верхню та нижню решета; 4 – зерновий шн; 5 – верхню та нижню решета; 6 – решітка.

З метою створення повітряного потоку для очищення в комбайнах «New Holland» використовують 6-лопатеві вентилятори з діапазоном обертів від 210 до 900 об/хв, які регулюються з кабіни за допомогою комп'ютерної системи. Ширина лопатей вентилятора збігається з шириною зон очищення, що дає змогу з потрібною швидкістю подавати повітря по всій ширині решітного стану та стрясної дошки. З метою підвищення якості очищення зерна під час руху комбайна на підйомах і спусках швидкість повітряного потоку, що надходить від вентилятора, автоматично змінюється. Так, під час руху на підйом, коли ворох на решетах зміщується назад, повітряний потік зменшується. А під час руху по спуску — збільшується.

У поєднанні з додатковими коливаннями решітного стану в поперечній площині (*рис. 3.4.*) зміна повітряного потоку забезпечує рівномірний розподіл вороху по решетах навіть на схилах та, відповідно, якісне очищення зерна.

У конструкції комбайна серії «Lexion» фірми «Claas» також приділено значну увагу подальшому вдосконаленню системи очищення зерна.



Рис. 3.4. Автоматичне регулювання потоку повітря від вентилятора під час руху комбайна на схилах

Застосування багатосекційних вентиляторів забезпечує рівномірний розподіл повітря на всій площі решіт (*рис. 3.5*).

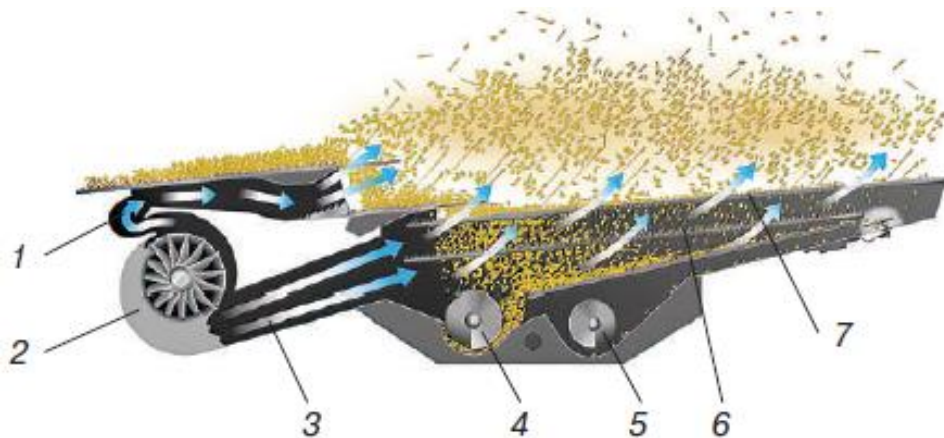


Рис. 3.5. Розподіл повітря, що подається на решета вентилятором, в очисній системі «Jet Stream» комбайна «Claas Lexion 700»: 1 – повітряний потік на ворох, що сходить зі страсної дошки; 2 – багатосекційний вентилятор; 3 – повітряний потік на верхню та нижню решета; 4 – зерновий шнек; 5 – колосовий шнек; 6 – нижня решета; 7 – верхня решета

На таких комбайнах один потужний вентилятор 2 створює два потоки повітря: один спрямовується на потік вороху, що сходить зі страсної дошки, а інший — безпосередньо на решета. Решета й стрясна дошка — секційні, складаються з двох повздовжніх частин. Це дає змогу знімати секції решет зі страсної дошки для очищення їх від рослинних решток, що налипають під час роботи на вологих і забур'яненних зернових культурах, а також під час збирання кукурудзи та рису. У разі використання такої системи втрати зерна в полові не перевищують 0,23 %.

У комбайнах «Case» серії AF 2388, AFX 8019 очищення вороху здійснюється на двох решетах за допомогою повітряного потоку від вентилятора зі спеціальним профілем лопатей. Рівномірність потоку повітря забезпечується тим, що воно втягується не з боків, як у вентиляторах традиційних комбайнів, а через усю відкриту зону лопатей.

У класичних комбайнах фірми «Massey Ferguson» застосовують досить просту за конструкцією, але високопродуктивну систему очищення зерна (рис. 3,6). Стрясна дошка має високі розподільники вороху, які зводять до мінімуму рух зерна поперек під час роботи комбайна на схилах.

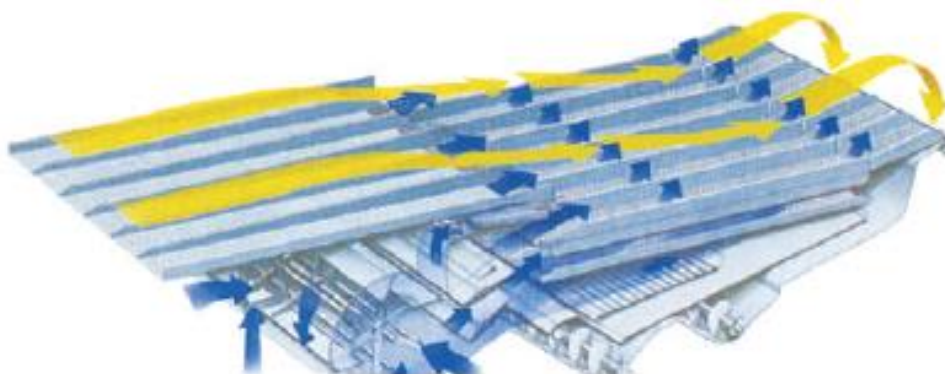


Рис. 3.6. Система очищення зерна в комбайнах фірми «Massey Ferguson»

Оригінальне технічне рішення реалізувала компанія «Claas». Під час роботи комбайна «Mega» на схилі гідравлічний механізм додатково забезпечує решету поперечні коливання, спрямовані протилежно до

напрямку ухилу, до того ж інтенсивність рухів решет регулюється автоматично залежно від крутизни схилу. Стабільність роботи такої системи очищення гарантована на схилах крутизною до 20 %. Ця система має назву 3D (рис. 3.7).

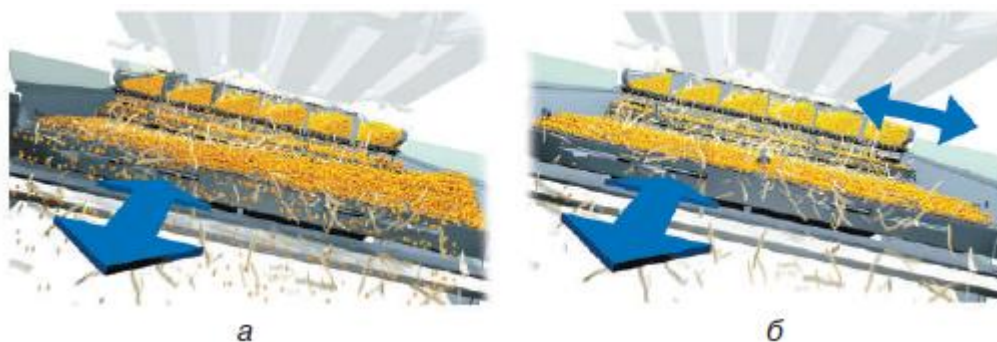


Рис. 3.6. Система рівномірного заповнення решет 3D:

а – без використання 3D; *б* – з використанням 3D

Проблема поліпшення роботи системи очищення на схилах вирішується також іншими шляхами. Більшість фірм («John Deere», «Fendt», «Massey Ferguson», «Deutz-fahr», «Claas» та ін.) практикує поперечне вирівнювання всього корпусу комбайна (рис. 4.21) шляхом вертикального переміщення за допомогою гідроциліндрів рухомих бортових редукторів, які змінюють своє положення так, щоб молотарка комбайна завжди знаходилася горизонтально під час роботи поперек схилів крутизною до 20 %, а вздовж — до 8 %.



Рис. 3.7. Поперечне вирівнювання корпусу комбайна «Claas» на схилі

3.3. Альтернативні схеми очищення

Концепція продування зернового вороху потоком повітря в момент подолання ним щаблів каскаду між транспортною дошкою і верхнім решетом є на сьогодні головною, але не єдиною. Наприклад, у комбайні "Єнісей-1200М" відкритий перепад висот відсутній (рис. 4.5). Замість цього задній кінець транспортної дошки з'єднаний із переднім кінцем верхнього решета похилою жалюзійною надставкою 2, що є, по суті, решетом попереднього очищення.

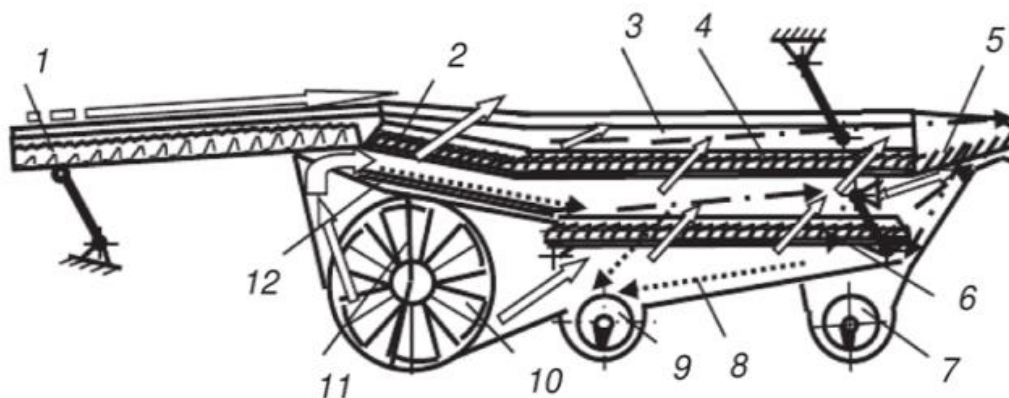


Рис. 3.8. Принципова схема очищення комбайна "Єнісей-1200М": 1 - транспортна дошка; 2 - надставка жалюзійна; 3 - верхній решітний стан; 4 - решето верхнє; 5 - подовжувач верхнього решета; 6 - решето нижнє; 7 - решето нижнє; 8 - решето нижнє; 9 - решето нижнє; 10 - решето нижнє; 11 - решето нижнє; 12 - решето нижнє

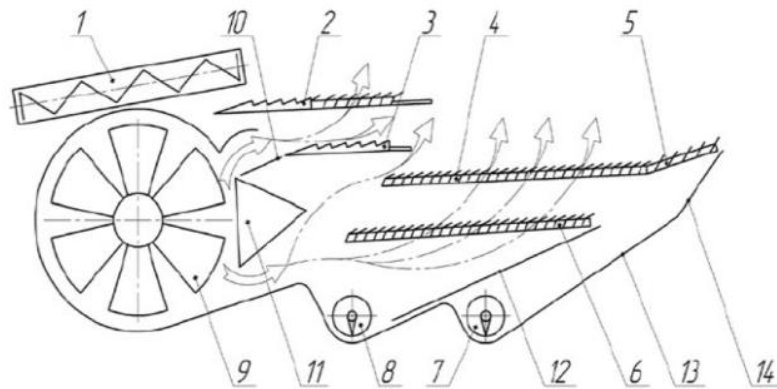
шнек колосовий; 8 - зерно; 9 - шнек зерновий; 10 - крилач вентилятора; 11 - перегородка позовжня; 12 - скатний лист

Принципових змін зазнала і повітряна система очищення. Кожух 2 осьового вентилятора забезпечений не тільки поперечною перегородкою (3, рис. 4.4, в), а й позовжньою перегородкою (77, рис. 4.5). У зв'язку з цим повітря, що нагнітається крилачем 10, ділиться на два незалежні потоки. Один потік, як у всіх традиційних системах, обдуває верхнє 4 і нижнє 6 решета, а другий - жалюзійну надставку 2. Попередня порція зерна, що просипається крізь щілини її жалюзі, перфорованою поверхнею скатного листа 72 надходить відразу на нижнє решето 6. Інша частина оберемка, позбавлена значної частини зерна на попередньому етапі очищення, у звичайному порядку піддається впливу повітря і вібрації на верхньому 4 і нижньому 6 решетах.

Оскільки потужність повітряного потоку, що припадає на одиницю площі жалюзійної надставки, істотно більша, ніж на основних решетах, то значна частина солом'янистих фракцій вороху відразу виноситься за межі комбайна, проходячи без затримки над поверхнею верхнього решета. За рахунок цього суттєво збільшується стабільність роботи очищення, зокрема, зменшується винесення з комбайна щуплого зерна. У традиційних схемах повітря автоматично перерозподіляється на користь більш вільних від оберемка ділянок решіт, тож доводиться або підтримувати надлишковий напір, або змиритися з підвищеною засміченістю зерна в бункері.

Ще однією особливістю очищення комбайна "Єнісей" є збереження (у зв'язку з тим, що він призначений для роботи в екстремальних умовах Сибіру) регулювання положення нижнього решета 6 за висотою. З цією метою в боковинах нижнього решітного стану передбачено по чотири отвори в кожній точці кріплення решета. Переставляючи болти у відповідні отвори можна змінювати кут його позовжнього нахилу.

Такої самої концепції дотримуються і фахівці фірми "John Deere", які також забезпечили комбайни серії 9000 попереднім очищувачем (2, рис. 3.9). При цьому на відміну від комбайнів "Єнісей", подачу вороху на решето попереднього очисника 2 здійснює система з шести поздовжніх шнеків 7. А загалом системи аналогічні. Практично збігається навіть частота обертання вала вентилятора (750-1600 мін'1 - "John Deere", та 643-1852 мін'1 - "Єнісей-1200М"), що істотно відрізняється від меж варіювання цього параметра в комбайнах інших фірм.



Налаштування решета попереднього очисника в комбайнах "John Deere" здійснюють з боку подовжувача верхнього решета за допомогою спеціального коловорота, забезпеченого довгою ручкою. За оптимального режиму роботи до третини зерна після проходження попереднього очисника потрапляє безпосередньо в зерновий шнек, а чверть соломистих фракцій оберемка виноситься за межі комбайна, минаючи верхнє решето, що істотно зменшує його завантаженість.

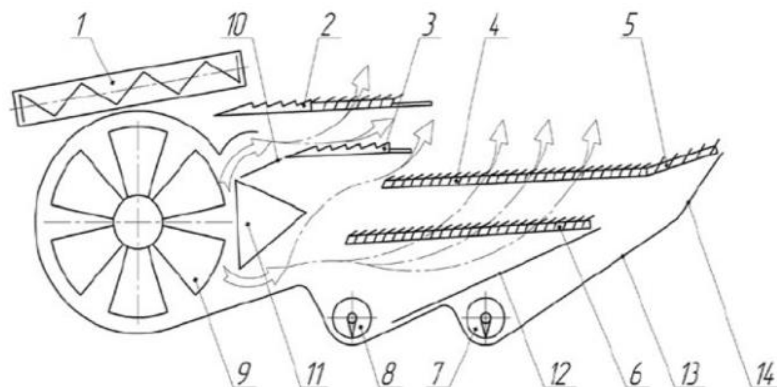


Рис. 3.9. Принципова схема очищення комбайна "John Deere"-.

1 - транспортна дошка (шнековий конвеєр); 2 - решето попереднього очисника; 3 - додаткова транспортна дошка; 4 - верхній решітний стан; 5 - подовжувач верхнього решета; 6 - нижній решітний стан; 7 - шнек колосовий; 8 - шнек зерновий; 9 - вентилятор; 10 - перегородка; 11 - дефлектор; 12 - піддон зерновий; 13 - піддон колосовий; 14 - піддон подовжувача

Системою попереднього очищення забезпечені також комбайни фірми "New Holland" серій CS і CX.

Особливо слід відзначити конструкцію системи очищення аксіально-роторного комбайна "Case 2388". Як і в комбайні "John Deere", подачу вороху на очищення здійснює не коливна транспортна дошка, що коливається, а система з п'яти поздовжніх шнеків (13, рис. 3.10).

При цьому сепарацію вороху здійснюють чотири розміщені ярусно решета, тобто, по суті, два верхні решета виконують функцію попереднього очисника. Ярусне розміщення решіт дає змогу, за значної площі очищення, суттєво зменшити його довжину.

Окремої уваги до себе заслуговує й технічне рішення, реалізоване в конструкції системи очищення комбайна КЗС-1218 (рис. 3.10). Тут на відміну від комбайна "John Deere" використовується двоступенева зона перепадів зернового вороху між пальцевою решіткою транспортної дошки 1 і верхнім решетом 6.

Це досягається за рахунок впровадження в систему очищення одного елемента - додаткового решета 5.

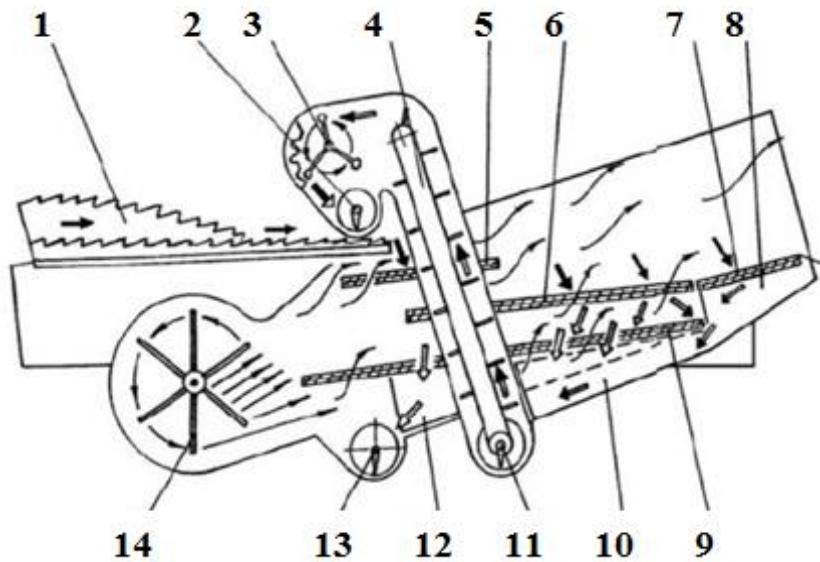


Рис. 3.10. Схема роботи системи очищення комбайна КЗС-1218

1 - транспортна дошка; 2 - шнек розподільчий; 3 - пристрій домолочувальний; 4 - елеватор колосовий; 5 - додаткове решето; 6 - верхнє решето; 7 - подовжувач; 8 - піддон подовжувача; 9 - решето нижнє; 10 - піддон колосовий; 11 - шнек колосовий; 12 - піддон зерновий; 13 - шнек зерновий; 14 - вентилятор

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ І КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ОЧИСНИКА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

4.1. Розрахунок технологічного процесу роботи очисника

На очисник в будь-якому зернозбиральному комбайні зерновий ворох надходить від молотильного апарату і соломовідокремлювача. З боку молотильного апарату надходить до 90% від загальної кількості хлібної маси – зерно, солома і перебіта солома (збоїна); у другому випадку – зерновий ворох ворох містить до 50% соломистих домішок. В процесі очищення маси повинно виділятися в чистому виді зерно з вороху, що надійшов на очистку. Труднощі виконання поставленого завдання збільшуються тією обставиною, що склад вороху не є постійним, а змінюється залежно від подачі, соломистості, вологості хлібної маси, що обмолочується, а також від конструкції молотильного пристрою і соломотряса.

У сучасних зернозбиральних комбайнах, що мають бильний молотильний апарат і клавішний соломотряс, очищення складається із двох решітних станів, що коливаються на підвісках, вентилятора, зернового і колосового шнеків та приводного механізму. Верхнє і нижнє решета жалюзійні, однакові по конструкції, відрізняються лише розмірами жалюзі. Верхнє решето відокремлює зерно від основної частини соломистих домішок; воно має більші розміри жалюзі, від його роботи залежить продуктивність очищення. Нижнє решето сепарує попередньо очищене зерно і навантажене значно менше. Тому в комбайнах "Нива" і "Колос" нижнє решето має меншу ширину, ніж верхнє. Верхнє решето закінчується подовжувачем, що складається із гребінок, розставлених із проміжками. Подовжувач необхідний для вловлювання зерна, що не виділилося, і необмолочених колосків.

Вентилятор відцентрового типу створює повітряний потік, що, сприяє видаленню з очистки легких соломистих домішок. Зерновий ворох подається на очищення стрясною дошкою. Зерно, що пройшло через проміжки між

жалюзі по похилому дну другого решетного стану, надходить у зерновий шнек і далі в бункер комбайна. Чистота зерна звичайно 96-98%, а сходи з подовжувача першого і другого решета потрапляють у колосовий шнек, звідки, у залежності від вмісту недомолочених колосків направляються у молотильний апарат або на початок соломотряса.

Підвищення продуктивності зернозбиральних комбайнів приводить до збільшення навантаження на очищення комбайна. Особливо велике надходження дрібного вороху на очистку у двохбарабанних комбайнах, тому що ступінь перебивання соломи в них підвищується в 1,5-2 рази в порівнянні з однобарабанными. При сухій хлібній масі (вологість 10-12%) на очищення надходить ворох зі змістом соломистих часток до 40%, так що товщина шару на верхньому решеті досягає 12-15 см. Вітрорешітні очистки зернозбиральних комбайнів з жалюзійними решетами задовільно працюють при товщині шару вороху на верхньому решеті не більше 3-4 см.

Таким чином, очистка комбайна при підвищенні його продуктивності працює з великим перевантаженням, що веде до зниження чистоти бункерного зерна і збільшенню втрат вільного зерна в полові.

Виділення зерна з вороху, що надходить на очистку, відбувається у два етапи: первісне зерно просівається через просторові ґрати соломистих часток вороху, а потім проходить через отвори решета. Для досягнення необхідної повноти виділення зерна з вороху необхідно, щоб час перебування шару на поверхні решета був більше або дорівнював часу просіювання зерна через шар вороха і через отвори решета .

Збільшення подачі й соломистості вороху веде до збільшення товщини його шару на решеті, при цьому погіршуються умови його продування повітряним потоком, зменшується виділення легких соломистих часток.

Всі можливості зменшення товщини шару вороху за рахунок збільшення ширини очистки в сучасних комбайнах повністю вичерпані. Збільшення ж швидкості переміщення вороху по решету призводить до того, що зерна перескакують через отвори в решеті і йдуть у схід. Значне

збільшення швидкості руху вороху по решету було б можливо при суцільних отворах уздовж решета.

У зв'язку з великою висотою очищення потрібно більш широкий повітряний потік, що не дають відцентрові вентилятори сільсько-господарського типу.

Тому для забезпечення каскадного очищення необхідно встановлювати два подібних вентилятори або блоки з декількох осьових вентиляторів.

При дотриманні зазначених умов очищення забезпечує чистоту бункерного зерна в межах 98-99% при втратах 0.2-0,3%.

Все різноманіття вентиляторів можна класифікувати в такий спосіб.

По призначенню розрізняють вентилятори загального призначення й спеціальні; за принципом дії - осьові й відцентрові; по створюваному тиску : низького ($H < 1000$ Па), середнього ($1000 < H < 3000$ Па) та високого тиску ($3000 < H < 15000$ Па).

Вентилятори загального призначення застосовують для нагнітання повітря в сушарках і обприскувачах, для транспортування зерна в зерносховищах, для транспортування сіна, соломи, бавовни в бавовнозбиральних машинах. Це вентилятори середнього й високого тиску.

Спеціальні вентилятори застосовують для створення повітряного потоку, необхідного для сепарації й очищення продуктів обмолоту, а також для транспортування різних сільськогосподарських матеріалів. Вони є складовими частинами комбайнів, молотарок, зерноочисних машин. Всі ці вентилятори низького тиску.

4.2 Технологічний розрахунок очисника зернозбирального комбайна

Вітрорешітна очистка зернозбирального комбайна призначена для відокремлення із дрібного вороху зерна, легких домішок (полови, збоїн соломи) і важких крупних домішок (необмолочених колосків) і спрямування їх до транспортувальних органів (зернового і колосового шнеків, половонабивача).

Складальними одиницями класичної очистки є стрясна дошка, верхнє решето з подовжувачем, нижнє решето, вентилятор, колосові і зернові шнеки та механізм привода.

Стрясна дошка і решета приводяться в коливальний рух завдяки кривошипно-шатунного механізму.

Вентилятор, як правило, відцентрового типу, з регульованою частотою обертання.

Решета: верхнє і нижнє – жалюзійні, регульовані.

Якість технологічного процесу очистки в основному залежить:

- від кінематичного режиму роботи решітного стану, тобто

$$K = \frac{\omega^2 r}{g},$$

де ω - кутова швидкість кривошипа, 1/с;

r - радіус кривошипа, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

- від кількості Q повітря в одиницю часу (м³/с) та швидкості повітряного потоку V , м/с, що створює вентилятор;

- від взаємного розміщення решіт і вентилятора;

- від кута нахилу жалюзі решіт.

Пропускна здатність решіт, в основному, обумовлюється їх площею.

В даній роботі розглянуті питання, що стосуються верхнього решета та відцентрового вентилятора із спіральним кожухом.

Взагалі в зернозбиральних комбайнах застосовують і трирешітні очистки та вентилятори - осьові і діаметральні.

На очистку зернозбирального комбайна поступає ворох від молотильного пристрою і соломотряса. Від молотильного апарату надходить до 90% зерна, солома і перебіта солома; у другому – ворох

містить до 50% соломистих домішок. При очищенні повинне виділятися в чистому виді зерно з вороху, що надійшов на очистку

Загальна подача дрібного вороху який потрапляє на очистку

$$q_{\epsilon} = 0,45q, \quad \text{кг/с.}$$

Необхідна площа реціт

$$F_p = \frac{q_{\epsilon}}{q'_{\epsilon}}, \quad \text{м}^2,$$

де q'_{ϵ} – допустиме навантаження вороху на жалюзійне решето, $\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$;

$$q'_{\epsilon} = 0,8 \dots 1,4 \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}, \text{ менші значення приймають для решіт, що не}$$

мають подовжувачів, більші – при наявності подовжувачів і сухому воросі.

Ширина решета

$$B_p = B = B_c, \text{ м,}$$

де B - відповідно ширина молотарки, соломотряса, м.

Довжина решета

$$L_p = \frac{F_p}{B_p}, \text{ м,}$$

де F_p , м²; B_p , м.

Довжина подовжувача решета

$$L_n = \left(\frac{1}{5} \cdots \frac{1}{7} \right) L_p, \text{ м,}$$

де L_p , м.

Ширина подовжувача

$$B_n = B_p, \text{ м,}$$

де B_p , – ширина подовжувача, м.

Частота обертання кривошипа привода решітного стану

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{Kg}{r}}, \text{ об/хв.},$$

де $K = \frac{\omega^2 r}{g} = 2,2$ - кінематичний режим роботи решета;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

r - радіус кривошипа, м ($r = 0,02$ м);

ω - кутова швидкість кривошипа, 1/с $\left(\omega = \frac{\pi n}{30} \right)$.

Швидкість повітряного потоку на виході із вентилятора

$$V = \alpha V_{кр}, \text{ м/с},$$

де $\alpha = 1,4 \dots 1,7$ – коефіцієнт, що враховує зменшення швидкості повітряного потоку;

$V_{кр}$ - критична швидкість найбільш важких фракцій, що виносяться повітряним потоком, ($V_{кр} = 6$ м/с для пшениці).

Необхідна витрата повітря, при роботі вентилятора

$$Q = \frac{q_v}{K_1 \cdot \gamma}, \text{ м}^3/\text{с},$$

де $K_1 = 0,8$ - коефіцієнт концентрації повітряного потоку ;

γ - питома вага повітря, кг/м³ ($\gamma = 1,29$ кг/м³).

Динамічний напір повітряного потоку

$$H_d = \frac{\gamma \cdot V^2}{2g}, \text{ кг/м}^2,$$

де γ , кг/м³, V , м/с, g , м/с².

Статичний напір

$$H_{cm} = \frac{1 - K_2^2}{K_2^2} \cdot H_0, \text{ кг/м}^2,$$

де $K_2 = 0,21 \dots 0,25$ - коефіцієнт, що враховує опір потоку повітря в горловині вентилятора.

Повний напір

$$H = H_0 + H_{cm}, \text{ кг/м}^2.$$

Ширина вихідної горловини вентилятора

$$B_z = B_p, \text{ м},$$

де B_p – ширина решета, м.

Висота горловини вентилятора

$$S = \frac{L_p + a}{\frac{\cos \beta}{\sin(\delta - \beta)} - K_0}, \text{ м}$$

де a – відстань по горизонталі від краю початку решета до кінця верхнього краю горловини ($a = 0,1$ м приймають);

β – кут розширення струменя повітряного потоку ($\beta = 12 \dots 16^\circ$);

δ – кут між напрямком повітряного потоку і решетом ($\delta = 25 \dots 30^\circ$);

K_0 – коефіцієнт, що враховує відхилення повітряного потоку решетом ($K_0 = 0,5 \dots 0,6$); L_p , м.

Відстань від верхнього краю горловини до решета

$$b \leq a \operatorname{tg}(\beta + \delta), \text{ м},$$

де a , м.

Діаметр вхідних отворів вентилятора

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi V_e}}, \text{ м}$$

де V_e – швидкість повітряного потоку на вході вентилятора, м/с;
 Q , м³/с.

Швидкість V_v вибирають із умови $V \geq V_v \geq 0,5 V$.

Діаметр внутрішнього колеса вентилятора

$$D_v = (0,5 \dots 0,6) D, \text{ м.}$$

Діаметр зовнішнього колеса вентилятора

$$D_3 = (2,0 \dots 2,85) D_v.$$

Необхідна потужність для роботи вентилятора

$$N = \frac{QH}{75 \cdot \eta} \cdot 0,736, \text{ кВт},$$

де Q , м³/с; H , кг/м²;

$\eta = 0,7 \dots 0,8$ - коефіцієнт корисної дії привода.

Відстань від кінця горловини до центра вентилятора

$$B_k = 1,5 \frac{D_3}{2}, \text{ м,}$$

де D_3 , м.

Розгортка вентилятора (максимальний розмір від колеса вентилятора до кожуха)

$$A_k = 0,088 D_3, \text{ м,}$$

де D_3 , м.

Довжина сторони квадрата (для побудови спірального кожуха)

$$a_1 = 0,25 A_k.$$

4.3. Розрхунок вентилятора системи очищення зернозбирального комбайна

Для розділення зернового вороху в зернозбиральних комбайнах використовується система очищення. На очищення комбайна надходить ворох, що просипається через решітку молотильного пристрою та соломотряса. У першому випадку в ньому міститься до 90 % зерна, решта - половина і перебіта солома; у другому - ворох містить до 50 % соломистих домішок. Виділення зерна з купи в очищенні комбайнів проводиться за парусністю. Тому матеріал (ворох), що знаходиться на решеті очищення, має обдуватися повітряним потоком.

Труднощі виконання поставленого завдання полягають у тому, що склад вороху не є постійним, а змінюється залежно від швидкості подачі, соломистості, вологості обмолочуваної хлібної маси, а також від конструкції молотильного пристрою і соломотряса. Залежно від якості вороху силу і напрямок повітряного потоку, створюваного вентилятором, необхідно змінювати, що здійснюється щитками, розташованими всередині каналу вентилятора, відкриттям вхідних вікон вентиляторів або зміною числа обертів.

Вентилятор очищення призначений для обробки повітряним потоком вороху, що надійшов на решета очищення. При цьому повітряний потік виконує два завдання: розпушує (спушує) оброблюваний на решетах ворох (чим полегшує прохід зерна крізь просторову решітку, утворену соломистими частинками) і забирає за межі комбайна легкі домішки, що мають велику парусність.

Вентилятор очищення вітчизняних комбайнів являє собою багатолопатевиий крилач, частота обертання якого регулюється за допомогою спеціального клиноремінного варіатора в межах 450-1200 об/хв.

У зернозбиральному комбайні система очищення (рис. 2.1) складається з: двох решітних станів 6, 9; додаткового решета 5; двосекційного шестилопатевого вентилятора 14, шнека колосового 11, шнека зернового 13, розподільного шнека 2, домолочувального пристрою 3 та елеватора колосового 4.

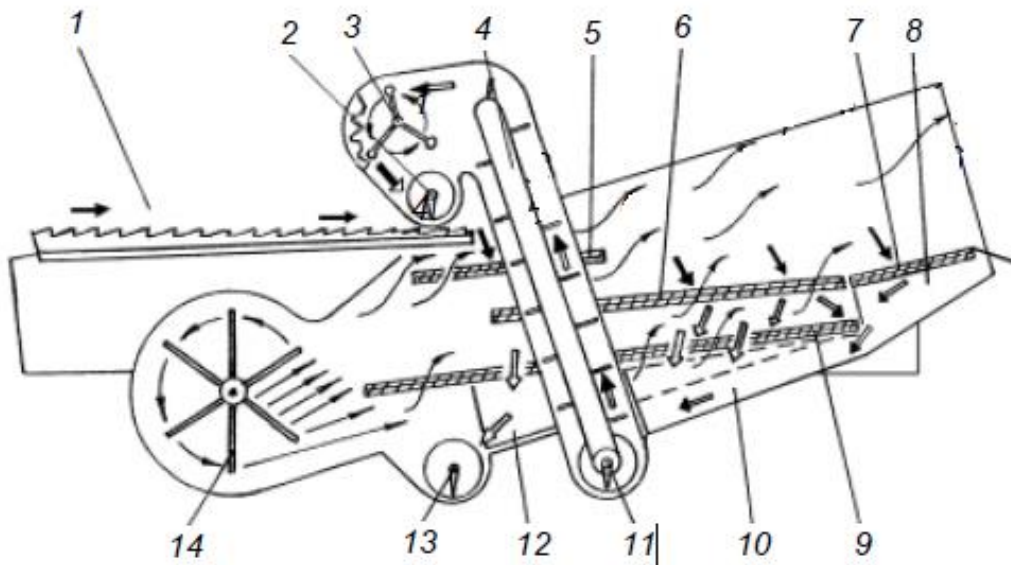


Рис.4.1. Система очищення зернозбирального комбайна: 1– стрясна дошка; 2– шнек розподільчий; 3– домолочуючий пристрій; 4– колосовий елеватор; 5– додаткове решето; 6 – верхнє решето; 7– подовжувач; 8 – піддон подовжувача; 9– нижнє решето; 10 – піддон колосовий; 11– колосовий шнек; 12– піддон зерновий; 13– зерновий шнек; 14– вентилятор відцентровий.

← – зерновий ворох ← – недомолочені колоски ← – зерно і вимолочені колоски
 ← – чисте зерно ↻ – повітря

Верхнє 6 і нижнє 9 решета жалюзійного типу з різними розмірами жалюзі.

Верхнє решето відокремлює зерно від основної частини соломистих домішок і має великі розміри жалюзі. Нижнє решето сепарує попередньо очищене зерно і навантажене значно менше, ніж верхнє.

Верхнє решето закінчується подовжувачем 7, який складається з гребінок, розставлених із рівними проміжками. Призначення останнього -

захоплення зерна, що не зерна, що не виділилося, і не обмолочених колосків. Решета приводяться в коливальний рух кривошипно-шатунним механізмом. Їхні коливання спрямовані в протилежні сторони, що врівноважує сили інерції коливних мас.

У системі очищення зернозбирального комбайна використовується двосекційний відцентровий вентилятор з осьовим забором повітря. Регулювання потоку повітря, що надходить на очищення, здійснюється вручну за допомогою рукоятки і фіксатора на осі вала контрприводу варіатора [1].

Площу решета визначають за допустимим питомим навантаженням на 1 м^2 :

$$F = \frac{q_B}{q_F},$$

де q_F – питоме навантаження на одиницю площі решета.

Для комбайнових решіт $q_F = 1,5 \dots 2,5 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$; q_B – подача на очищення вороху, кг/с ;

Подача вороху на очищення визначається за формулою [2]:

$$q_B = q(1 - \lambda k_0),$$

де q - подача хлібної маси в молотарку, кг/с ; λ - коефіцієнт солемистості

(відношення маси соломи до всієї хлібної маси $1,5 \dots 2,5$),

$$\lambda = \frac{c}{c + z} = \frac{1,5 \dots 2,5}{1,5 \dots 2,5 + 1} = 0,6 \dots 0,714;$$

k_0 - коефіцієнт, що характеризує роботу молотильного пристрою і соломотряса. Оскільки частина дрібної соломи потрапляє разом із зерном на очищення, тоді $k_0 = 0,6 \dots 0,9$. $0 \text{ к } \square \square$

Приймаємо величину подачі хлібної маси в молотарку рівною $q = 10 \text{ кг/с}$.

Тоді:

$$q_B = 10(1 - 0,6 \dots 0,714 \cdot 0,6 \dots 0,9) = 3,5 \dots 6,4 \text{ кг/с.}$$

Отже:

$$F = \frac{3,5 \dots 6,4}{1,5 \dots 2,5} = 1,4 \dots 4,26 \text{ м}^2.$$

Ширину решета приймають рівною ширині молотарки, тобто $B_m = B_p = 1,5 \text{ м}$.

Тоді довжина решета визначається за формулою [2]:

$$L = \frac{F}{B_p} = \frac{1,4 \dots 4,26}{1,5} = 0,933 \dots 2,84 \text{ м.}$$

Загальна довжина решіт зернозбирального комбайна становить понад 3 м.

Для зменшення габаритних розмірів і кращої сепарації зернового вороху решета встановлюють у 2-3 яруси: верхнє та нижнє решето з можливим установаженням додаткових решіт.

Робочу швидкість повітряного потоку встановлюють залежно від якості вороху, що надходить на очищення. Вона має перевищувати критичну швидкість (швидкість витання) $V_{кр}$ тих елементів, які мають бути винесені за межі машини. Беручи це до уваги, $C_{ср}$ знаходимо за виразом [7]:

$$C_{ср} = (1,4 \div 1,7)V_{кр} = aV_{кр},$$

де $a = 1,1 \dots 1,7$ для соломи довжиною до 200 мм; $a = 1,9 \dots 3,7$ для полови; $a = 2,5 \dots 5$, для збоїни; $a = 1,5 \dots 3,0$ для обмолоченого колосся.

Прийнявши мінімальну критичну швидкість для зерен пшениці $V_{кр} = 8,9 \text{ м/с}$, визначимо швидкість повітряного потоку на виході з вентилятора:

$$C_{ср} \leq 1,4 \cdot 8,9 = 12,46 \text{ м/с.}$$

Таблиця 2.1

Аеродинамічні характеристики зерна та інших матеріалів

Назва зерна	Зважена швидкість, м/с	Частинки	Зважена швидкість, м/с
Пшениця	8,9...11,5	Солома	5,9...9,2
Жито	8,4...9,9	Полова	2,7...5,3
Ячмінь	8,4...10,2	Збоїна	2...4
Овес	8,1...9,1	Дрібні бур'яни	4,5...5,2
Соя	17,3...20,2	Стержні колоска	2,7...4,0

Досліди із системами очисток комбайнів і молотарок показують, що середня швидкість повітря в зоні розташування решета становить 60-70 % від швидкості C_{cp} [6].

Таким чином, швидкість повітряного потоку в районі решіт має бути еншою за мінімальної критичної швидкості витання зерен і, звичайно, вищою за швидкість витання тих елементів, які необхідно видалити за межі машини.

Для стабільного утримання зерен і не винесення їх за межі очищення приймаємо максимальну швидкість повітряного потоку на виході з вентилятора рівною $C_{cp} = 10$ м/с.

Сумарну витрату повітря двох секцій вентилятора визначимо як добуток площі перерізу каналу на робочу швидкість [4]:

$$V = B_k b C_{cp} = 1,5 \cdot 0,484 \cdot 10 = 7,26 \text{ м}^3/\text{с},$$

де ширина каналу вентилятора $B_k = B_p = 1,5$ м.

Визначаємо динамічний тиск h_d за робочої швидкості повітря C_{cp} :

$$h_d = \frac{\gamma_{\text{возд}}}{g} \frac{C_{cp}^2}{2},$$

де $\gamma_{\text{возд}}$ - питома вага повітря, яку можна визначити так:

$$\gamma_{\text{возд}} = 0,4645 \frac{B}{T};$$

B – барометричний тиск в мм ртутного стовпа;

$T = 273 + t$ – температура повітря $^{\circ}\text{K}$

Коли $B = 360$ мм ртутного стовпа $t = 20^{\circ}\text{C}$

$$\gamma_{\text{возд}} = 0,4645 \frac{760}{293} = 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді

$$h_d = \frac{1,2}{9,81} \frac{10^2}{2} = 6,12 \text{ кг/м}^2.$$

Статичний тиск h_s може бути визначений так:

$$h_s = \frac{1 - k^2}{k^2} h_d,$$

де $k = 0,20 \dots 0,26$ – коефіцієнт, який враховує загальний опір

Приймаючи $k = 0,23$, отримаємо:

$$h_s = \frac{1 - 0,23^2}{0,23^2} 6,12 = 109,6 \text{ кг/м}^2.$$

Тоді повний тис

$$h = h_s + h_d = 109,6 + 6,12 = 115,72 \text{ кг/м}^2.$$

Приймаємо значення манометричного коефіцієнта корисної дії $\eta_{\text{м}} = 0,97$.

Тоді теоретичний напір:

$$H_{\text{Т}} = \frac{h}{\eta_{\text{м}}} = \frac{115,72}{0,97} = 119,3 \text{ кг/м}^2.$$

Діаметр вхідного отвору при двосторонньому всмоктуванні повітря визначаємо за емпіричною формулою таким чином [4]:

$$D_0 = 2,573 \sqrt{\frac{\Delta \lambda_0 V}{\mu_0 (1 - \varphi_0) n}},$$

де $\Delta = 0,55 \dots 0,85$ - коефіцієнт використання вихідного отвору;

$\lambda_0 = \frac{D_0}{D_1}$ - співвідношення діаметрів вхідного отвору та внутрішнього діаметр колеса вентилятора;

$\mu_0 = 0,8 \dots 0,9$ - коефіцієнт підтискання потоку;

$\varphi_0 = 0,42 \dots 0,46$ - коефіцієнт попереднього закручування потоку;

$n = 450 \dots 1200$ об/хв - число обертів колеса вентилятора.

Задаючись коефіцієнтами $\Delta = 0,7$; $\lambda_0 = 1$; $\mu_0 = 0,9$; $\varphi_0 = 0,45$ і числом обертів колеса вентилятора $n = 450 \dots 1200$ об/хв, визначимо діаметр вхідного отвору вентилятора:

$$D_0 = 2,573 \sqrt{\frac{0,7 \cdot 1 \cdot 7,26}{0,9(1 - 0,45)(450 \dots 1200)}} = 0,525 \dots 0,73 \text{ м.}$$

З огляду на те що вентилятор двосекційний і між секціями є вільний простір, що дає змогу збільшити сумарну площу вхідного отвору, то є можливість варіювання діаметра вхідного отвору з метою поліпшення робочих характеристик вентилятора.

Задаємося співвідношенням вхідного і зовнішнього діаметрів вентилятора:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{r_1}{r_2} = 0,7.$$

Визначаємо зовнішній діаметр колеса на підставі такої залежності:

$$D_2 = \frac{2}{n} \sqrt{\frac{9,81 H_{\tau}}{C_H \rho}},$$

де коефіцієнт C_H знаходимо за формулою [4]:

$$C_H = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \left[\frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{tg} \gamma_2} - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \gamma_1} \right],$$

де α_1 і α_2 - кути, що характеризують відхилення лопаті (рис. 2), $\alpha_1 = 50^\circ$;

γ_1 і γ_2 - кути між напрямками переносної та абсолютної швидкостей на виході та вході.

Значення кута α_2 - вважається від'ємним, тобто $\alpha_2 = -17^\circ$.

Приймаємо $\gamma_2 = 2-3^\circ$. Кут γ_1 залежить від величини коефіцієнта k . Для нашого випадку за $k = 0,23$ приймаємо $\gamma_1 = 30^\circ$ і $\gamma_2 = 2^\circ$.

Таким чином:

$$C_{\text{н}} = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \left[\frac{1}{1 + \operatorname{tg}(-17^\circ)\operatorname{tg}2^\circ} - (0,7)^2 \frac{1}{1 + \operatorname{tg}50^\circ\operatorname{tg}30^\circ} \right] = 0,0079.$$

Тоді

$$D_2 = \frac{2}{(450 \dots 1200)} \sqrt{\frac{119,3 \cdot 9,81}{0,0079 \cdot 1,2}} = 0,586 \dots 1,562 \text{ м.}$$

Діаметр у діапазоні частот обертання вала вентилятора змінюється у великих межах. З конструктивних міркувань не рекомендується приймати зовнішній діаметр $2D$ колеса вентилятора більше $0,7$ м.

Таким чином, методика, викладена вище, дає змогу визначати основні параметри вентилятора очищення, задаючись критичною швидкістю витання зернового вороху. У зв'язку з тим що вентилятор складається з двох симетрично розташованих секцій, то можливий аналіз тільки однієї секції.

Як граничні умови використовувалися частота обертання вала вентилятора (75 рад/с для зернових культур) і атмосферний протитиск на виході.

4.4. Будова, принцип роботи удосконаленого вентилятора системи очистки

Удосконалений вентилятор очистки зернозбирального комбайна відрізняється від відцентрового вентилятора конструктивною схемою, рис. 4.2.

5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Розрахунок економічної ефективності сільськогосподарської техніки проводиться на основі порівняльної оцінки різних конструкцій машин, які здійснюють однотипні операції, мають подібну схему агрегування з енергетичним засобом (або є самохідними комбайнами) і не суттєво відрізняються за продуктивністю, енерговитратами та іншими техніко-економічними показниками.

За базу при проведенні порівняння приймають показники: існуючих високопродуктивних машин; машини-аналога, яка підлягає заміні новою машиною; показники технічного засобу та технологічного процесу до модернізації. При виборі на ринку нових машин доцільно провести їх порівняльний техніко-економічний розрахунок. Наприклад при порівнянні комбайна А відносно комбайна Б показники одного з них (Б) беруться як базового (еталонного), а іншого (А) як нового (модернізованого).

Економічні показники, які характеризують ефективність застосування визначимо згідно існуючих стандартів по загальноприйнятих формулах.

За базову модель приймемо самохідний зернозбиральний комбайн Дон-1500 із його основною характеристикою: потужність двигуна 162 кВт, ширина жатки 6 м, діаметр молотильного барабану 800 мм, довжина молотильного барабану 1500 мм, частота обертання молотильного барабану 650...1500 об/хв, маса комбайна 13400 кг. За модернізовану машину приймаємо цей же комбайн із встановленим на ньому замість відцентрового вентилятора - осьовий.

Вихідні умови для розрахунку занесені до таблиці 5.1

Таблиця 5.1

Вихідні умови для розрахунку

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Врожайність, ц/га	50	50
Ширина жатки, м	6	6
Робоча швидкість руху машини, км/год	8,0	8,0
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Маса машини, кг	10400	10400
Сезонне навантаження, га	200	200
Втрати зерна, %	2,0	1,0

Як правило, економічний ефект визначається як зменшення прямих експлуатаційних затрат від експлуатації комбайна із осьовим вентилятором.

$$E_{зат} = П_{б} - П_{м}, \text{ грн/га},$$

де $П_{б}, П_{м}$ - приведені експлуатаційні затрати базової і модернізованої машини, грн/га.

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються

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

де e - нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ($e = 0,15$); K - розмір капітальних вкладень, грн/га

$$K = \frac{B_{к}}{W_{з}T_{к}} + \frac{1}{Q_{к}}, \text{ грн/га},$$

де $B_{к}$ - балансова вартість комбайна, грн (для базової машини - 820000, для модернізованої - 850000);

$Q_{к}$ - сезонне навантаження машини, га.

Для комбайнів сезонне навантаження складає 200...250 га;

T_k - річний наробіток комбайна, год.

В нашому випадку $T_k = 1000$ год;

W_3 - продуктивність змінного часу, га/год

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

Продуктивність комбайнів базового і модернізованого буде рівною

$$W_3 = W_0 \tau = 0,1BV\tau = 0,1 \times 6 \times 8 \times 0,8 = 3,84 \frac{\text{га}}{\text{год}}$$

де W_0 - продуктивність основного часу, га/год;

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

B - робоча ширина захвату машини, м;

V - робоча швидкість поступального руху машини, км/год.

В формулі приведених експлуатаційних затрат C - прямі експлуатаційні затрати, грн/га.

Вони визначаються як сума затрат на оплату праці C_1 , затрати на паливо-мастильні матеріали C_2 , затрати на реновацію машини і енергетичного засобу (трактора) C_3 , а також затрати на їх ремонт і технічне обслуговування C_4

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

Складові цієї формули визначаються

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

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

CT_i - погодинна ставка робітника цього класу, грн/год люд (наприклад, для комбайнера складає 58,00 грн/год).

$$C_2 = NqnЦ_{II}, \text{ грн/га}$$

де n - коефіцієнт використання потужності комбайна ($n=0,8$);

C_{II} - комплексна вартість пального, грн/кг (50,00грн/кг);

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M a_M}{Q_M}, \text{ грн/га}$$

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

$$C_4 = \frac{B_T b_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M b_M}{Q_M}, \text{ грн/га}$$

де b_T, b_M - норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування комбайна (6,5% або 0,065).

В нашому випадку (дивись вихідні умови табл. 5.1) показники роботи комбайна, крім втрат зерна однакові.

Тоді і прямі витрати при використанні базової і модернізованої машини будуть однаковими.

За оцінкою кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБіП України прямі витрати при збиранні зернових складають близько 850 грн/га.

Капітальні вкладення будуть різними:

- для базової моделі комбайна

$$K_{\sigma} = \frac{B_{\kappa}}{W_3 T_{\kappa}} + \frac{1}{Q_{\kappa}} = \frac{820000}{4,3 \times 1000} + \frac{1}{200} = 190,7 \text{ грн/га}$$

- для модернізованого комбайна

$$K_{\mu} = \frac{B_{\kappa}}{W_3 T_{\kappa}} + \frac{1}{Q_{\kappa}} = \frac{850000}{4,3 \times 1000} + \frac{1}{200} = 197,6 \text{ грн/га}$$

Приведені затрати:

- для базової моделі комбайна

$$P_{\sigma} = e \cdot K + C = 0,15 \times 190,7 + 850 = 878,60 \text{ грн/га}$$

- для модернізованого комбайна

$$P_m = e \cdot K + C = 0,15 \times 197,7 + 850 = 879,65 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект без врахування втрат

$$E_{б.в} = 200(P_b - P_m) = 200(878,60 - 879,65) = - 210 \text{ грн}$$

Питомий економічний ефект за рахунок зменшення втрат є різниця зменшення втрат при роботі комбайна з модернізованою очисткою.

На площі 100 га він складає:

$$E_s = 100 Q C (q_b - q_m)$$

де Q - врожайність. $Q = 50 \text{ ц/га}$;

$C = 900 \text{ грн/ц}$, вартість зерна;

q_b – питомі втрати за базовою машиною;

q_m - питомі втрати за модернізованою машиною.

Якщо прийняти що q - втрати, тоді

$$q_b = Q q_b = 50 * 0,02 = 1,0 \text{ ц/га}$$

$$q_m = Q q_m = 50 * 0,01 = 0,5 \text{ ц/га},$$

Отже, економічний ефект за рахунок зменшення втрат

Виручка від реалізованого зерна пшениці без врахування втрат

$$B = 200 Q C = 100 * 50 * 900 = 4 500 000 \text{ грн}$$

Фактична виручка для базової моделі комбайна коли втрати зерна 1 ц/га

$$B_b = 200 Q C = 2100 * 49 * 900 = 4 410 000 \text{ грн}$$

Фактична виручка для модернізованого комбайна коли втрати зерна 0,5 ц/га

$$B_m = 200 Q C = 200 * 49,5 * 450 = 4 455 000 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект за рахунок зменшення втрат

$$E = B_m - B_b = 4\,455\,000 - 4\,410\,000 = 45\,000 \text{ грн}$$

Таблиця 5.2

Показники економічної ефективності роботи комбайна

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність основного часу, га/год	4,8	4,8
Продуктивність змінного часу, га/год	3,84	3,84
Прямі експлуатаційні затрати на оплату праці, грн/га	850	880
Розмір капітальних вкладень, грн/га	-	30000
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	878,60	879,65
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	1,05	-
Економія за рахунок зменшення втрат, грн./га	-	450
Річний економічний ефект, грн	-	45000
Термін окупності		1 рік

Економічний ефект при експлуатації модернізованого комбайна отриманий за рахунок зменшення втрат зерна на 0,5 %.

Згідно проведених розрахунків значення цього ефекту складатиме близько 225 грн/га.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Нормативно-правове забезпечення охорони праці

Забезпечення виконання нормативно-правових актів з охорони праці є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, та працівників підприємств, установ, організацій. Тому необхідно потурбуватись про те, щоб виконання вимог законодавства з охорони праці та трудової дисципліни пройшли на високому організаційному рівні без порушень нормативно-правових актів з охорони праці.

Охорона праці базується на законодавчих, директивних та нормативно технічних документах. При управлінні охороною праці не повинні прийматись рішення та здійснюватись заходи, що суперечать діючому законодавству, державним нормативним актам про охорону праці, стандартам безпеки праці, правилам та нормам охорони праці. До державних законодавчо-нормативних документів належать Закони України, Постанови Кабінету Міністрів України, міжгалузеві та галузеві нормативні акти, які приймаються відповідними відомствами:

- Національною радою з питань безпеки населення при КМУ;
- Міністерством праці і соціальної політики (МПСП);
- Держатомінспекцією Мінекобезпеки України;
- Органами та закладами санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Державним документам з охорони праці, які розробляються цими органами, надана чинність правових норм, обов'язкових для виконання всіма суб'єктами господарської діяльності, незалежно від форм власності.

Основні нормативних акти: "Про охорону праці"; "Про охорону здоров'я"; "Про пожежну безпеку"; "Про цивільну оборону"; "Про адміністративні порушення"; "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного

захворювання, які спричинили втрату працездатності" "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення"

6.2. Заходи з охорони при збиранні зернових культур

Для попередження ризиків травмування під час збирання зернових культур необхідно особливу увагу треба звернути на:

1) Особи які виконують роботу з підвищеною небезпекою, попередньо до початку виконання робіт проходять спеціальне навчання.

2) Посилити вимоги щодо питань охорони праці, безпеки руху зернозбиральних комбайнів та техніки при збиранні врожаю.

3) Неможливі допуски до роботи працівників, які не пройшли відповідних інструктажів по охороні праці та періодичних щорічних медичних оглядів.

4) На роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби.

Звернути увагу на дотримання вимог охорони праці безпосередньо в місцях виконання робіт (збирання ранніх зернових культур, підготовка ґрунту), а саме:

- не допускати порушення трудової дисципліни під час роботи;
- забезпечити в господарствах двозмінну роботу з метою недопущення порушень робочого часу та відпочинку;
- розробити графік чергування спеціалістів господарств у нічний час (обладнати надійним, ефективним освітленням всі технологічні агрегати для роботи в нічний час);
- заборонити допуск до роботи працівників, які не пройшли медичні огляди;

- провести обстеження полів над якими проходять повітряні лінії ЛЕП та заборонити зупинку агрегатів та машин в охоронних зонах цих ліній;
- забезпечити проведення предрейсового та після рейсового медичного огляду стану здоров'я водіїв транспортних засобів;
- обов'язкове проведення інструктажів з правил охорони праці, безпеки руху з працівниками зайнятими на збиранні ранніх зернових культур з реєстрацією у відповідних журналах;
- порядок проведення зварювальних робіт;
- правила проїзду і стоянки транспортних засобів;
- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів і оглядів електроустановок;
- визначити безпечні місця відпочинку в польових умовах.

6.3. Заходи з охорони праці та протипожежні заходи під час збирання зернових та зернобобових культур

Основою безпеки будь-якого виробництва, зокрема й агропромислового комплексу або фермерського господарства, є людський фактор. Слід зауважити, що забезпечення пожежної безпеки суб'єкта господарювання покладається на власників та керівників цих суб'єктів господарювання. Діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств агропромислового комплексу (далі – АПК). Зазначена вимога повинна відображатися у трудових договорах (контрактах), статутах та положеннях.

Початок роботи новоутворених підприємств або початок використання суб'єктом господарювання об'єктів нерухомості (будівель, споруд, приміщень або їх частин) здійснюється суб'єктом господарювання на підставі поданої декларації відповідності матеріально-технічної бази

суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки.

На кожному підприємстві АПК мають бути розроблені загальна інструкція про заходи пожежної безпеки та інструкції для всіх вибухопожежонебезпечних, пожежонебезпечних та вибухонебезпечних приміщень.

Трактористи, комбайнери, їх помічники та інші особи, задіяні на роботах зі збирання врожаю, повинні пройти протипожежний інструктаж.

До роботи на збиральних машинах допускають осіб не молодших 18 років, що знають будову техніки, правила її експлуатації і пройшли інструктаж з безпеки праці. Працювати на комбайнах і тракторах можуть юнаки не молодше 17 років за умови, якщо на це погодяться профспілковий комітет і медична комісія.

До початку роботи треба ретельно оглянути машини, переконатись у тому, що вони справні, мають запобіжні пристрої і в них забезпечено надійну роботу гальм і механізмів зчеплення. Двигун комбайна може запускати тільки комбайнер.

Категорично забороняється:

- запускати комбайн буксуванням і скочуванням з гори;
- передавати керування іншим особам;
- під час руху керувати комбайном стоячи;
- перебувати перед різальним апаратом під час роботи комбайна;
- під час руху або працюючого двигуна очищати різальний апарат, полотно транспортера, шнеки, зірочки, змащувати вальниці і тертьові з'єднання;
- залізати в бункер комбайна під час вивантажування і проштовхувати зерно до вивантажувального шнека ногами, руками чи металевими предметами;

- відпочивати (навіть короткочасно) в копах, на валках, біля комбайнів і під ними, а також обабіч польових доріг, поблизу працюючих агрегатів; місце відпочинку треба позначати тичками, а вночі – ліхтарями чи іншими джерелами світла.

Під час збирання врожаю не можна працювати на тракторах, комбайнах і автомобілях, в яких випускні труби двигунів не обладнані іскрогасниками, а також на комбайнах, що не забезпечені засобами гасіння вогню.

Запалені пально-змащувальні матеріали гасять вогнегасником, закидають землею чи піском.

Не можна заправляти паливний бак комбайна, коли працює двигун. Не можна палити в загінках.

На механізованих зерноочисних і зерносушильних пунктах треба мати протипожежний інвентар: вогнегасники, діжки з водою, ящики з піском, лопати, драбини. Забороняється працювати, не заземливши пульт управління і електродвигуни, а також за несправної системи блискавкозахисту.

ВИСНОВКИ

1. Під час збирання і обмолоту зернових культур господарство несе значні збитки внаслідок втрат зерна, яким можна запобігти. Вони умовно поділяються на такі види:

- від осипання;
 - за жаткою зрізаними і не зрізаними колосками;
 - від не вимолоту хлібної маси;
 - вільним зерном у соломі;
 - при очищенні зерна;
 - внаслідок негерметичності.
- У системі очищення зернозбирального комбайна використовується двосекційний відцентровий вентилятор з осьовим забором повітря. Інтенсифікація процесу виділення зерна і під вищення ефективності очищення досягається додатковою дією на ворох рівномірного повітряного по току, що створюється вентилятором.
- Повітря нагнітається зліз і справа осьовими вентиляторами. Потоки повітря рухаються напроти один до одного, при цьому всередині кожуха вентилятора створюється рівномірний тиск повітря. На виході вентилятора швидкість повітря рівномірне по всій його ширині, що дає можливість дотримуватись стабільного повітряного потоку на решеті.

2. Ефективність і якість роботи сучасних зернозбиральних комбайнів досягається за рахунок встановлення додаткових молотильно-сепарувальних пристроїв, збільшення площі сепарації і удосконалення системи очистки зерна.

3. Інтенсифікація процесу виділення зерна і підвищення ефективності очищення досягається додатковою дією на зерновий ворох повітряного по току, що створюється вентилятором.

4. Зменшити втрати зерна за очисткою зернозбирального комбайна можливо за рахунок удосконалення відцентрового вентилятора очистки, замінивши його на осьовий.

5. Покращення якості очищення зерна відбувається за рахунок вирівнювання оптимальної швидкості повітря на виході з вентилятора по всій його довжині.

6. Річний економічний ефект від удосконалення вентилятора очистки зернозбирального комбайна складає як мінімум – 45 000 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник/ Д.Г. Войтюк, Барановський В.М., Булгаков В.М., та ін.- К.:Вища освіта, 2005.
3. Олійник В.В., Єгоров Ю.П., Полулях, І.Г., Пристрої, що запобігають втратам врожаю. – К.:Урожай, 1978.
4. Сидоршин Е.А., Погорілець О.М, Живолуп Г.І.,Зернозбиральні комбайни. – К.:Урожай, 1979.
5. Кравчук В.І, Грицишин М.І, Коваль С.М., Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. – К.:Аграрна наука., 2004.
6. Сисолін П.В, Сало В.М, Кропівний В.М., Сільськогосподарські машини:теоретичні основи, конструкція, проектування. – К:Урожай, 2001.
7. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник/ Д.Г. Войтюк, Барановський В.М., Булгаков В.М., та ін.- К.:Вища освіта, 2005.
8. Загребельний В.П., Руденко М.С., Кужель В.В., Гарник В.Р., Циколук О.П. Сільськогосподарські машини.-К.:Урожай, 2007.
9. Ільченко В.Ю., Лімонт О.В., та інші., Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. К.: Урожай, 1993, с. 284.
10. Войтюк Д.Г., Теслюк В.В., Волянський М.С., Мартишко В.М. Дипломне проектування з сільськогосподарських машин. – Київ: ЦП «КОМПРІНТ», 2017. – 73с.
11. Проектування сільськогосподарських машин: навч. посіб. / за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 640с

12. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Мінагрополітики України: Навчально-методичний посібник / За ред. Т.Д. Іщенко, І.М. Бендери. – К.: Аграрна освіта, 2006. – 256 с.

13. Рудь А.В., Коваленко О.М., Мошенко І.І., Іванишин В.В. Практикум по сільськогосподарських машинах і знаряддях. – К.: Урожай, 1996. – 288 с.

14. 16. Ситнік І.Д., Технологія вирощування озимого та ярого ріпака.– К.: Знання України., 2006, 113с.

15. 17. Аймов Д.М., Шелестов Ю.В. Технологія виробництва продукції рослинництва. – К.:Урожай, 1995. - 344 с.

16. 18. Сайко В.Ф., Лобас М.Г., Яшовський І.В. і ін., Наукові основи ведення зернового господарства. - К.: Урожай, 1994. - 336 с.

17. 19. Харченко О.В., Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур.- Суми: Університетська книга, 1999.- 244с.

18. 21. Гордунов І.М., Збирання зернових і зернобобових культур.- Глеваха, 2008

19. 20. Бугай С.М., Савченко І.М. Рослинництво.-К.:Вища школа, 1996.- 342с

20. 27. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г., Сільськогосподарські машини.-К.:Урожай, 1993.

21. Гайдаш В.Д. Ріпак// Івано-Франківськ:Сіверсія, 1998.

22. Грицишин М.І., Масло І.П., Забезпечення високого технічного рівня і конкурентоздатності сільськогосподарської техніки//Пропозиція №3, 2003.

23. Кравчук В.І., Виробництво та ринок техніки для АПК//Техніка АПК.- 2001.-№3.

24. Погорельий Л.В., Развитие конструкций и концепция разработки зерноуборочной техники.-Харків, 2000.

25. Погорілий Л.В., Коваль С.М., Прогноз розвитку зернозбиральної техніки//Техніка АПК.-1996.-№3.

26. Погорілий Л.В., Коваль С.М., Грицишин М.І. Напрямки розвитку технології збирання врожаю зернових і переоснащення сільського господарства новою зернозбиральною технікою // Зб. наук. праць Національного аграрного ун-ту «Механізація сільськогосподарського виробництва». — К.: НАУ, 2000. — Т. VII. — С. 5 – 7.

27. Погорілий Л.В., Коваль С.М., Грицишин М.І., Напрями розвитку технології збирання урожаю зернових і переоснащення сільського господарства новою зернозбиральною технікою:Зб.наук.праць/Нац.аграр.ун-т.-К., 2000.

28. Погорілий Л.В., Гуков Я.С., світові тенденції розвитку сільськогосподарської техніки//Техніка АПК.-2002.-№1.

29. Грицишин М.І., Тенденції світового ринку сільськогосподарської техніки//Пропозиція, №1, 2003.

30. Практикум з технологічної наладки та усунення несправностей сільськогосподарських машин / Г.Р. Гаврилюк, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін.; За ред. Г.Р. Гаврилюка. — К.: Урожай, 1995. — 280 с.

31. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-80. Техніка сільськогосподарська. Метод економічної оцінки.-М.:1980г.

32. Aldoshin N. Methods of harvesting of mixed crops. Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016. Part 1. Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering. P. 26-32.

33. <http://agroscience.com.ua/>

34. <http://www.agroua.net/plant>

35. <http://www.sgi.od.ua/cc/cny/>.