

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**КОРНІЄЦЬ АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ**

**УДК 631.354**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ  
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА І  
ПАРАМЕТРІВ ЙОГО РОБОЧИХ ОРГАНІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Корнієць А.А.

**Керівник роботи**  
Савченко В.М.  
к.т.н., доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

### Корнієць Андрій Андрійович. Удосконалення технологічної схеми зернозбирального комбайна і параметрів його робочих органів. –

*Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі встановлено, що найважливішим резервом для вдосконалення конструкції зернозбирального комбайна є повніша адаптація його технологічного процесу до специфічних особливостей фізико-механічних властивостей обчесаного зернового вороху, у зв'язку з його дезитрегованістю без соломи і наявністю великої частки вільного зерна.

Найбільш перспективними є два напрями модернізації технологічного процесу зернозбирального комбайна:

- зменшення енергоємності молотильного пристрою та мінімізація дроблення вільного зерна за допомогою його попереднього виділення з обчесаного зернового вороху до надходження останнього в молотильне пристрій;

- зменшення енергоємності процесу виділення зернівок з колосу за допомогою переходу на поперечне коливальне навантаження їх зв'язків з ним.

Запропоновано технічні рішення, що реалізують зазначені елементи модернізованого технологічного процесу.

Вимолот зерна шляхом поперечного коливального навантаження його зв'язків з колосом забезпечує порівняно з використанням традиційного бильного барабана зниження енергоємності процесу в 3 рази. При цьому оптимум процесу досягається при зазорі в молотильній камері, що дорівнює 4 мм і куті нахилу рифів її верхнього майданчика, що дорівнює 45°.

*Ключові слова: зернозбиральний комбайн, сепарація, конструкція, ворох, технологічний процес.*

## ANNOTATION

*Korniets Andrii Andriiovych. Improving the technological scheme of a combine harvester and the parameters of its working bodies. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The qualification work found that the most important reserve for improving the design of the combine harvester is a more complete adaptation of its technological process to the specific features of the physical and mechanical properties of the combed grain heap, due to its disintegration without straw and the presence of a large proportion of free grain.

The most promising are two areas of modernization of the technological process of the combine harvester:

- Reducing the energy consumption of the threshing device and minimizing the crushing of free grain by preliminary separation from the combed grain heap before it enters the threshing device;

- reducing the energy intensity of the process of separating grains from the ear by switching to transverse oscillatory loading of their connections with it.

Technical solutions that implement these elements of the modernized technological process are proposed.

Grain threshing by transverse oscillatory loading of its links with the ear provides a 3-fold reduction in the energy intensity of the process compared to the use of a traditional beater drum. At the same time, the optimum process is achieved when the gap in the threshing chamber is 4 mm and the angle of inclination of the reefs of its upper platform is 45°.

*Keywords: combine harvester, separation, design, heap, technological process.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА.....	7
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЧЕСАНИМ ЗЕРНОВИМ ВОРОХОМ.....	14
РОЗДІЛ 3. ПОШУК НАПРЯМКІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОБОТИ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРІЙ.....	39
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Виробництво зерна включає досить велику кількість технологічних операцій. Найбільш трудомістким та енерговитратним з них є збирання зерна, на частку якого припадає до 40% витрат живої праці та до 35% витрати паливно-мастильних матеріалів. Зменшити затратність процесу збирання зернових культур можна шляхом застосування комбайнового очесу. Внаслідок цього в 1,5-2 рази зменшується надходження хлібної маси до комбайна, що призводить до економії до 70% енергії, яку сучасна збиральна машина витрачає на деформацію соломи у молотилці. Продуктивність комбайна підвищується в 1,3...1,5 рази, а витрата палива знижується на 20...25%. Собівартість зерна зменшується при цьому на 25...30%.

Однак через те, що хлібна маса, отримана в результаті очесу, містить до 85% вільного зерна, то надходження його в молотильну камеру зернозбирального комбайна є не доцільним. Це зумовлено тим, що спостерігається підвищене дроблення (до 8%) вільного зерна робочими органами молотарки, що призводить до зниження його схожості та стійкості при зберіганні. Таким чином, пошук технічних можливостей з мінімізації дроблення вільного зерна робочими органами молотарки (при очесі рослин на корені) є однією з актуальних наукових проблем.

**Мета роботи** – підвищення енергоефективності комбайнового збирання зернових культур та якості одержуваного зерна шляхом удосконалення технологічної схеми зернозбирального комбайна та параметрів його робочих органів.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

- виявити найбільш перспективні для практичного використання резерви зменшення енергоємності молотильного барабана та дроблення вільного зерна;

- розробити конструкцію молотильного пристрою, що реалізує поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом.

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес комбайнового збирання зернових культур.

**Предмет дослідження:** закономірності процесу взаємодії робочих органів зернозбирального комбайна з обчесаним зерновим ворохом.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Савченко В.М. **Корнієць А.А.** Конструктивно-технологічна концепція зернозбирального комбайна. *Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 190-176.

2. Савченко В.М. **Корнієць А.А.** Конструктивно-технологічна концепція зернозбирального комбайна під час роботи з обчесаним зерновим ворохом. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 61-66.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблена конструкція молотильного пристрою, що реалізує поперечний коливальний характер навантаження зв'язків зерна з колосом.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 49 сторінок комп'ютерного тексту, містить 20 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

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, для збирання яких призначений комбайн.

По-перше, доводиться формувати потік рослинної маси, поки вона ще перебуває на корені. Ця підготовча операція покликана забезпечити стабільність процесу забору плодівмісної частини рослин (колосків, качанів, кошиків тощо) і звести до мінімуму можливі втрати. У зв'язку з цим, слід надійно відокремити смугу рослинної маси, що збирається, від її решти масиву (з одного або з двох боків), підняти полежавші стебла, за необхідності, сформувати їх у "струмки" та підтримувати, переміщаючи назад до передачі відокремленої від кореня (або стебла) маси далі за технологічним ланцюжком. На завершальній стадії процесу взаємодії формувальних робочих органів із рослинною масою відбувається відокремлення та забір плодівмісних елементів рослин (із частиною стебла або без нього). Відділення може здійснюватися шляхом зрізання, відриву або вичісування.

Розміщені першими в технологічному ланцюжку робочі органи, що формують і відокремлюють, є основними компонентами жнивarki 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 подільниками, мотовилом 22 і стеблорозривачами, що вмонтовуються разом із різальним апаратом 21 (рис. 1.1), який здійснює відокремлення плодівмісної частини рослин (стебел з колосками) від кореня.

За роздільного збирання процес формування потоку та відділення плодівмісної частини рослин здійснює валкова жатка. У зв'язку з цим, на частку

зернозбирального комбайна залишається лише один з елементів процесу забору плодівмісної частини рослини, що полягає в підборі валка.

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

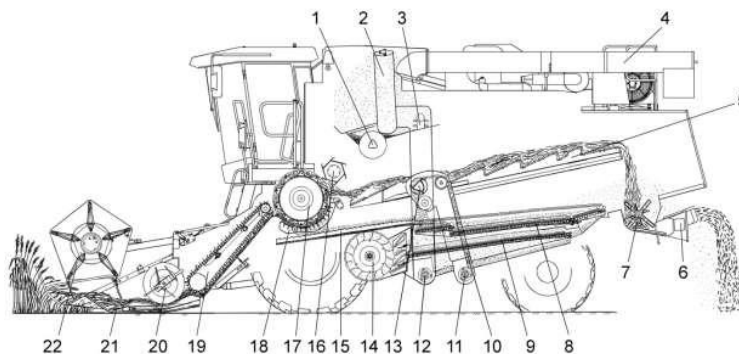


Рис. 1.1. Схема робочого процесу комбайна з класичним МСУ: 1 – шнек горизонтальний; 2 – шнек завантажувальний зерновий; 3 – елеватор зерновий; 4 – шнек розвантажувальний; 5 – соломотряс; 6 – дефлектор; 7 – соломоподрібнювач; 8 – верхній гратчастий стан; 9 – нижній гратчастий стан; 10 – елеватор колосковий; 11 – шнек колосковий; 12 – шнек зерновий; 13 – домолотильний пристрій; 14 – вентилятор; 15 – транс портна (стрясна) дошка; 16 – відбійний бітер; 17 – барабан молотильний; 18 – підбарабання; 19 – плаваючий транспортер; 20 – шнек; 21 – ріжучий апарат; 22 – мотовило

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



оберемка відбувається процес його попереднього розгону та розтягування маси (зменшення товщини її шару). Для цієї мети слугує похила камера, в 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 приймання вороху від жнивarki здійснює бітер, який може бути змонтований, як усередині спеціальної проставки, так і безпосередньо в корпусі похилої камери.

У молотильно-сепарувальному пристрої комбайна відбувається відокремлення зернівок від квітколожа і 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 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 гратчастої), завершується в сепарувальній частині. У комбайнів із молотаркою, виконаною за класичною схемою (вісь обертання барабана 17 перпендикулярна потоку обмолочуваної маси), виділення соломи зі складу купи здійснює спеціальний сепаратор, виконаний, наприклад, у вигляді клавішного соломотряса (5, рис.1.1). При цьому солома видаляється за межі комбайна, а решта компонентів оберемка повертається в його передню частину для продовження процесу сепарації в нижньому ярусі робочих органів, які традиційно об'єднуються терміном "очищення".

У комбайнах з аксіально-роторним молотильним пристроєм обмолот хлібної маси та сепарація зернового вороху відбувається в єдиному робочому органі, який називається ротором (рис. 1.2). Тобто, необхідність у додатковому сепарувальному пристрої (соломотрясі), спеціально призначеному для відокремлення соломи, в цьому разі відсутня. Під час роботи комбайна хлібна маса подається в роторний молотильний пристрій 5, де вона переміщується по

спіралі в осьовому напрямі бичами та напрямними, розміщеними на поверхні підбарабання. Обмолот відбувається в результаті 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.



Рис. 1.2. Загальний вигляд зернозбирального комбайна "Торум 740" з аксіально-роторним МЗК: 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, які обдуваються потоком повітря, створюваним вентилятором 14 (рис. 1.1). При цьому поділ здійснюється як за розмірами компонентів, так і за їхньою парусністю.

Більші уламки соломи, стебел бур'янів тощо сходять із верхнього решета, а зерно, як дрібніший компонент, проходячи через щілини жалюзійних поверхонь,

потрапляє до зернового шнека 12. Легкі частинки (лусочки колосків тощо), що мають порівнянні із зерном розміри, виносяться за межі комбайна повітряним потоком. Зерновий шнек 12 виводить очищене зерно за межі очищення і спеціальні транспортери 3 (скребкові або шнекові) подають його в бункер. У міру заповнення бункера періодично здійснюється вивантаження зерна в транспортні засоби за допомогою вивантажувального шнека 4.

У комбайнах із комбінованим (гібридним) молотильно-сепарувальним пристроєм (рис. 1.3) для обмолоту рослинної маси використовується класична барабанна МЗП, а сепарація грубого (соломистого) вороху здійснюється за рахунок роторних соломосепараторів 20.

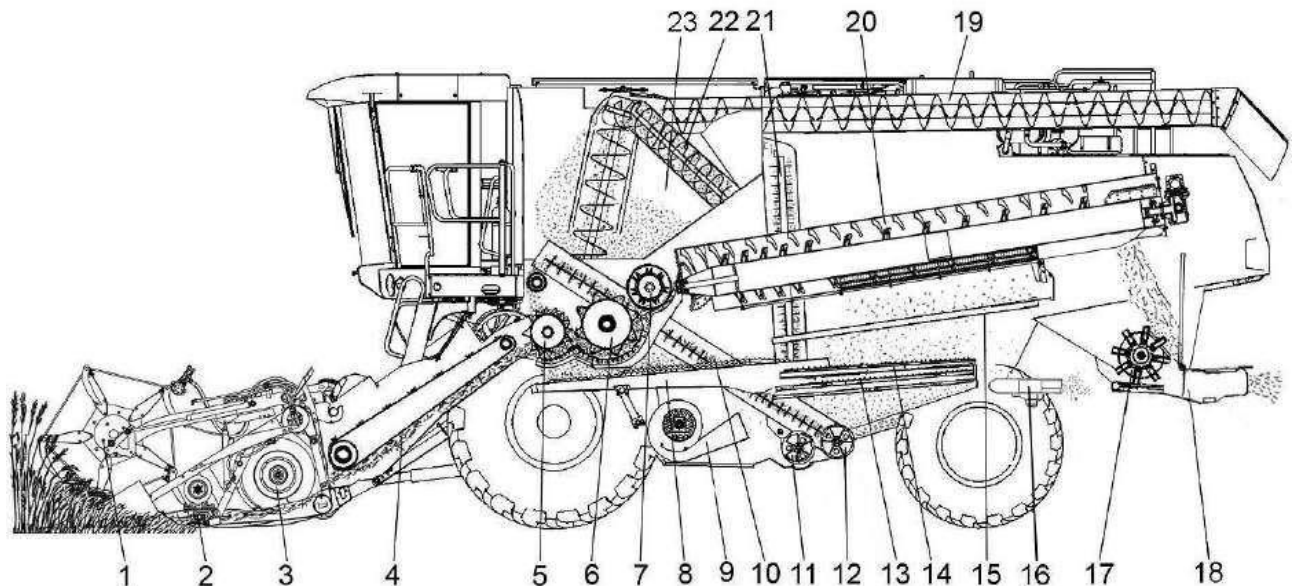


Рис. 1.3. Схема робочого процесу комбайна з комбінованим (гібридним) МСУ: 1 – двигун; 2 – різальний апарат; 3 – шнек; 4 – плаваючий транспортер; 5 – барабан прискорювальний; 6 – молотильний барабан; 7 – відбійний бітер; 8 – транспортна (стрясна) дошка; 9 – вентилятор; 10 – колосовий елеватор; 11 – шнек зерновий; 12 – шнек колосовий; 13 – стан решітний нижній очищення; 14 – стан решітний верхній очищення; 15 - похила дошка; 16 – полововідкидач; 17 – ротор соломорізатора; 18 – дефлектор; 19 – шнек вивантажувальний; 20 – роторні соломосепаратори; 21 – зерновий елеватор; 22 – шнек завантажувальний; 23 – бункер

Обмолочена хлібна маса з молотильного апарата за допомогою бітерів 7 подається в соломосепаратор 20 із двома роторами, які "обернені" нерухомими решітчастими деками й 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.

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 не зв'язки зернівок із квітколожем, а обломати соломину біля основи колоса (рис. 1.1). 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.

З колосового шнека 11 недомолочені колосся і супутні їм зерно та 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 домолачувальний пристрій 13 (рис. 1.1). 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 згорання. 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.

Під час роботи комбайна здійснюється безперервний моніторинг ситуації та оперативне реагування на її зміну в бік погіршення якості виконання технологічного процесу. У зв'язку з цим, комбайн повинен мати систему сигналізації та контролю, запобіжні та регулювальні пристрої.

Як і будь-яка сільськогосподарська техніка, комбайн не може поки що функціонувати без участі людини. У зв'язку з цим у його конструкції важливу роль відіграє створення надійної і простої системи управління та комфортних умов для оператора. Нині дедалі більша кількість функцій з контролю, управління та регулювання зосереджується в кабіні механізатора. Зі свого робочого місця він може оперативнo змінювати режим роботи практично всіх робочих органів і систем.

У зв'язку з тим, що комбайну під час переїзду з поля на поле іноді доводиться переміщатися дорогами загального призначення, його конструкція має передбачати можливість швидкого від'єднання, зручного транспортування та такого самого швидкого приєднання не габаритної частини машини – жатки. З цією метою вона, як правило, постачається разом зі спеціальним причепом для її перевезення, а зручність її з'єднання і від'єднання забезпечує особлива конструкція похилої камери й оптимальне розташування приводів, гідравлічних рукавів та електричних кабелів.

## РОЗДІЛ 2

### КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЧЕСАНИМ ЗЕРНОВИМ ВОРОХОМ

Аналіз конструкцій зернозбиральних комбайнів, присутніх на ринку сільськогосподарської техніки, свідчить про те, що і для цього виду машин властива закономірність, характерна для тенденцій розвитку будь-яких технічних систем. У міру накопичення досвіду експлуатації та його наукового осмислення дедалі більшу кількість варіантів виконання тих чи інших робочих органів відбраковують, у зв'язку з чим, практично все конструктивне різноманіття зернозбиральних комбайнів можна звести до реалізації однієї й тієї самої технологічної послідовності впливу на об'єкт збирання (рис. 2.1).

Процес збирання, як правило, починається з формування потоку рослинної маси на корені. Потім плодовмісні частини рослин відокремлюють від коренів (зрізають їх разом зі стеблами або відривають від останніх) і, залежно від способу збирання (однофазний або двофазний), або укладають у валок (з подальшим добором та обмолотом), або відразу обмолочують. Під час обмолоту відбувається поділ оберемка на два технологічні потоки, в яких здійснюється виділення зерна, що надходить після очищення в бункер, і недомолоченого колосся, яке повертають на повторний обробіток, а солома і солоха виводяться за межі комбайна. При цьому залежно від прийнятого в господарстві способу подальшого використання незернової частини врожаю, вона може подрібнюватися і розкидатися поверхнею поля, укладатися у валки або (останнім часом досить рідко) накопичуватися в копнику, з періодичним скиданням копиці на поверхню поля. Така послідовність технологічних операцій характерна для традиційних способів збирання врожаю, коли співвідношення зерна до соломи ( $\beta_{\text{зер}}$ ) у воросі, що надходить у молотарку, варіюється поблизу прийнятого практикою конструювання розрахункового значення, що дорівнює порядку 0,68.

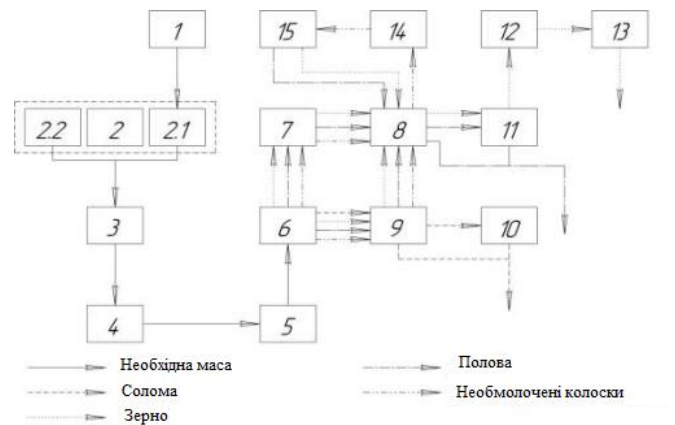


Рис. 2.1. Структурно-технологічна схема зернозбирального комбайна, що агрегується з традиційною системою адаптерів: 1 – формування потоку стебел на корені; 2 – приймання плодовмісної частини рослини (2.1 - відокремлення плодовмісної частини рослини від стебла чи з його частиною або ж підбір валка, покладеного валковою жнивваркою - 2.1); 3 – формування потоку вороху, зокрема звуження його до ширини молотарки; 4 – подача вороху з його попереднім розгоном та розтиранням, з його попереднім розгоном і розпушуванням. 2.); 3 - формування потоку оберемка, зокрема, звуження його до ширини молотарки; 4 – подача оберемка до молотарки, з його попереднім розгоном і розтягуванням стебел; 5 – відокремлення плодів (зернівок) від квітколога (обмолот); 6 – попереднє відокремлення зерна і дрібних частин рослин (полови, колосу тощо) від соломи; 7.1 – відсічення зерен від соломи; 7.2 – відсічення зерна від соломи; 7.4 – відсічення зерен від соломи до соломи; 7.5 – відсічення зерен від соломи; 7.6 - відсічення зерен від соломи. п.) від соломи; 7 – подача зерна і дрібних домішок на очищення, з їх попереднім розшаруванням; 8 – первинна сепарація зернового вороху; 9 – відокремлення від соломи зерна і дрібних домішок; 10 - доопрацювання соломи (наприклад - подрібнення) та її виведення за межі комбайна; 11 - остаточне очищення зерна; 12 – подавання зерна до бункера; 13 – вивантаження зерна з бункера; 14 – відокремлення недомолочених колосків та їхнє подавання на повторне обмолочення; 15 – другий (і наступні, за потреби) цикл обмолоту колосків із поверненням вороху на первинне очищення.

Однак у зв'язку з вишукуванням і вдосконаленням альтернативних способів збирання зернових культур (наприклад, під час вичісування рослин на корені) співвідношення зерна до соломи в купі, що надходить у молотарку, збільшується до 0,9-2,0. При цьому в ньому міститься до 85% вільного зерна. У зв'язку з цим (теоретично) продуктивність машини (порівняно з традиційною жнивваркою) могла б бути збільшена в 1,3-1,5 рази, і на 20-25% могла б бути знижена питома витрата палива.

Однак реалізувати на практиці потенційні переваги вичісування зерна на корені поки що не є можливим. У зв'язку з практично повною відсутністю соломи, порушується режим роботи молотильного барабана, недовантаженим виявляється соломотряс, а очищення, навпаки, виявляється перевантаженим. Крім того, великий ризик дроблення вільного зерна, на, що надходить у молотильну камеру.

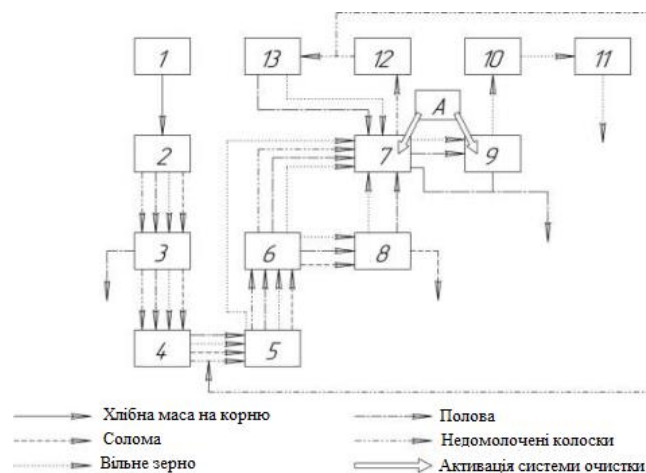


Рис. 2.2. Структурно-технологічна схема зернозбирального комбайна, оснащеного вичісувальним адаптером: 1 – формування потоку стебел на корені; 2 - вичісування рослин; 3 – первинна сепарація полови та її виведення за межі комбайна; 4 - подавання оберемка до молотарки; 5 – відокремлення більшої частини вільного зерна; 6 – обмолот; 7 - первинне відокремлення зернового оберемка; 8 - відокремлення соломи та її виведення за межі комбайна; 9 – остаточне очищення зерна; 10 – подавання зерна до бункера; 11 – вивантаження зерна з бункера; 12 – відокремлення недомолочених колосків та їхнє подавання



на повторне обмолочування; 13 - другий (і наступні, за необхідності) цикл обмолоту колосків із поверненням вороху на первинне очищення

Суттєво збільшити пропускну спроможність молотарки за таких параметрів вороху можливо, якщо попередньо здійснювати відокремлення від нього вільного зерна та значної частини полови.

Для цього технологічна послідовність впливу на об'єкт збирання має бути істотно змінена (рис. 2.2). Вона відрізняється від традиційної (рис. 2.1) випередженням операцією попередньої сепарації вороху процесу його обмолоту. Для здійснення цього технологічного завдання нами було розроблено молотильний пристрій, який містить два лійкоподібні тіла обертання 1 і 2 (рис. 2.3), зорієнтовані великими діаметрами донизу.

Їхні робочі поверхні розміщені в просторі так, що утворюють молотильну камеру, одна з поверхонь якої періодично здійснює кутові коливання. Колосся 5, що переміщуються зверху вниз у молотильному просторі, зазнають поперечних коливальних навантажень ударно-втираючого типу, внаслідок чого відбувається відрив зернівок 6 та їхнє просипання донизу крізь решітчасту поверхню внутрішнього тіла обертання 2. Остаточна сепарація зерна має здійснюватися на перфорованій поверхні 3, що виконує функцію соломотряса.

Проведені попередні випробування свідчать про те, що прийнята нами концепція виділення зерна себе виправдала. Хлібна маса за спільної дії сили тяжіння і кутових коливань переміщалася вниз по ухилу в бік зазору молотильної камери, що зменшується, де і відбувався відрив зерен. Частина з них крізь отвори перфорованої поверхні тіла обертання 2 просипалася відразу всередину на вивантажувальний пристрій 4. Остаточне виділення зерна із соломи відбувалося на нижній частині тіла 3, що коливається. Солома 8 сходила з перфорованої поверхні 3, а зерно разом зі статевою 7 прокидалося всередину вивантажувального пристрою 4. За рахунок того, що зовнішнє лійкоподібне тіло 1 мало змогу переміщатися у вертикальному напрямку відносно внутрішнього

тіла 2, відбувався надійний контакт обмолочуваної маси з робочими поверхнями молотильної камери, без порушень технологічного процесу обмолоту.

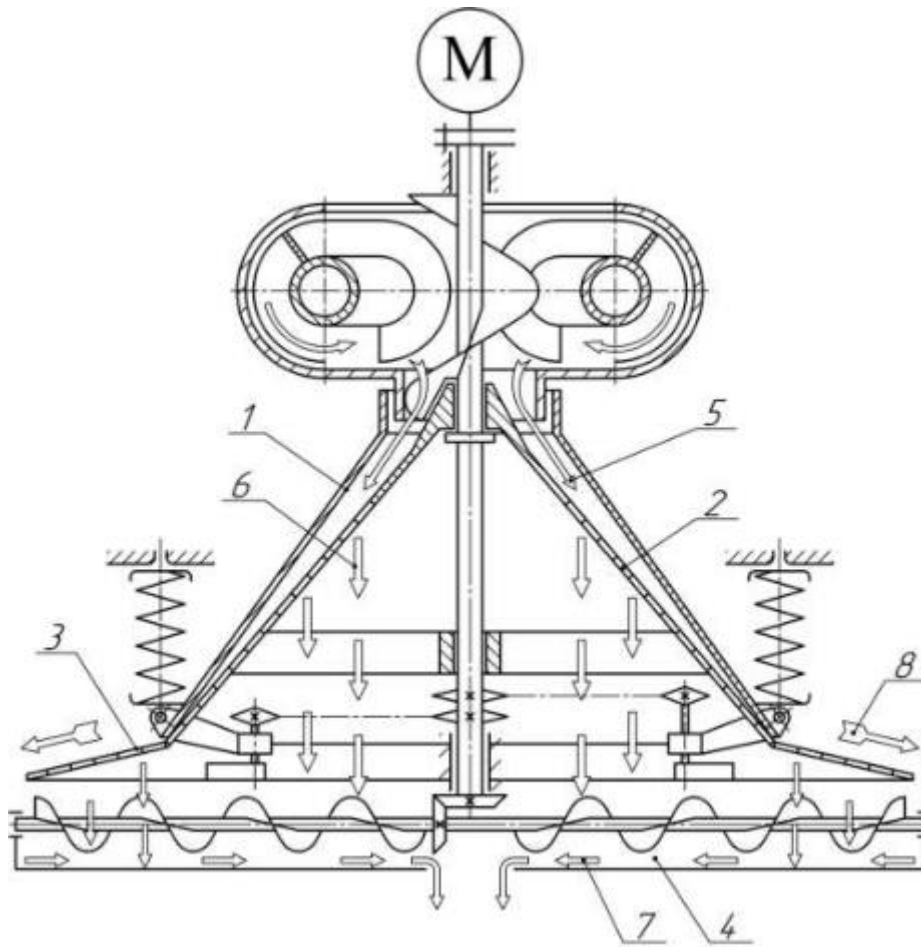


Рис. 2.3. Принципова схема експериментального молотильного пристрою: 1 – зовнішнє лійкоподібне тіло; 2 – внутрішнє лійкоподібне тіло; 3 – перфорована поверхня; 4 – вивантажувальний пристрій; 5 – потік хлібної маси; 6 – потік основної маси зерен; 7 – потік зернового вороху; 8 – потік соломи.

У результаті випробувань встановлено, що за прийнятих нами конструкційно-кінематичних параметрів молотильного пристрою значна частина (до 10%) колосків проходила крізь перфоровану поверхню тіла 2, у зв'язку з чим, отримана зернова купка підлягає виділенню з неї тих, що колосків, що пройшли, і направленню їх повторно на домолот.

Підвищити вимолочувальну здатність молотильного пристрою (рис. 3) можна за рахунок інтенсифікації процесу взаємодії робочих органів із хлібною масою. Для цього кожне з тіл обертання 1 і 2 необхідно виконати з набору

кількох усічених конусів 4 і 5 зі зростаючими згори донизу діаметрами основ і послідовним чергуванням кута нахилу їхніх утворень (рис. 2.4). Причому поверхні пологих конусів 4 внутрішнього тіла обертання 2 повинні мати отвори 6 більшого прохідного перерізу, а поверхні конусів 5, що чергуються з ними, які мають більший кут нахилу, додатково забезпечені елементами для витирання 7.

Під час подачі хлібної маси 25 на верхню основу перфорованої поверхні внутрішнього тіла обертання 2 кутові коливання останнього забезпечують її переміщення від центру осі його обертання 3 до периферії. Унаслідок цього відбувається сепарація всього вільного зерна 26 з вороху та подача його у вивантажувальний пристрій. Решта колосової частини врожаю (разом із соломою) за допомогою крила вертикального шнека 27 зміщується в бік молотильної камери. Оскільки робоча поверхня молотильної камери являє собою набір кількох усічених конусів 4 і 5, то характер впливу робочих органів пристрою з хлібною масою 25 під час проходження її через молотильний зазор відбувається з наростаючим підсумком окружної швидкості елементів, що витирають, та амплітуди коливань.

Таке підвищення інтенсивності взаємодії робочих органів молотильного пристрою з хлібною масою забезпечує повне виділення зерна з колоса. Причому на вхідній частині в молотильний зазор під дією ударів мінімальної сили вимолочуються більш стиглі зерна, а потім менш стиглі (міцніші зв'язки зерна з колосом). Під час подальшого надходження хлібної маси 25 на поверхню пологих конусів 4 внутрішнього тіла обертання 2, що має отвори 6 більшого прохідного перерізу, відбувається сепарація всього вільного зерна 26 з купи та подавання його до розвантажувального пристрою (за стрілками 28), на шнеки 20 і 21, минаючи молотильну камеру.



поверхні та збільшення амплітуди коливань процес сепарації в цій зоні досягає найбільшої інтенсивності. Солома сходить з поверхні (за стрілкою 29), а зерно разом із половиною просипається всередину вивантажувального пристрою і подається на остаточне очищення (за стрілкою 30).

Таке технічне рішення забезпечує повне виділення зерна з колосу, надійно виключивши можливість дроблення вільного зерна робочими органами молотилки. При цьому процес виділення зерна з колосу відбувається без порушення технологічного процесу та адаптований до фізико-механічних та біологічних властивостей зернових культур.

Для виділення легких домішок ми синтезували принципово нову конструктивно-технологічну схему зернозбирального комбайна, в якій передбачено попередній поділ вороху на фракції перш, ніж зерновмісні компоненти (необмолочені або частково недомолочені колоски) надійдуть на обмолот (рис. 2.5). Проблему об'єднання в одному робочому органі транспортуючої та сепаруючої функції дозволяє вирішити використання циклону 1, вентилятор 6 якого повинен забезпечити гарантовану швидкість транспортування та виключити зрив повітряного потоку та збої в роботі. Разом з повітрям 7 повинна бути видалена і найлегша фракція вороху, що істотно зменшує пропускну здатність очищення. Таким чином, придбана ворохом при очесі кінетична енергія має бути використана як для здійснення його транспортування, так і для первинної сепарації. Більш важкі фракції 8 (вільне зерно і колосся різного ступеня обмолоту) за допомогою дозатора 9 можуть бути подані на молотильний пристрій будь-якого типу. Виходячи зі складу вороху і кращої технології його обробки, в першу чергу, слід виділити вільне зерно 11, для чого доцільно використовувати горизонтальну решітчасту поверхню деки 4, що здійснює кутові коливання навколо вертикальної осі.

Колоски та інші важкі домішки за рахунок відцентрових сил повинні відкидатися на периферію горизонтального диска деки 4 і потрапляти в зазор між її коливальною конусною поверхнею і внутрішньою поверхнею нерухомою

декою 10. Поперечний коливальний вплив поверхонь дек 4 і 10 на зерна забезпечить їх ефективний домолот, а остаточне відділення зерна від рослинних залишків повинен здійснити кільцевий соломотряс 5.

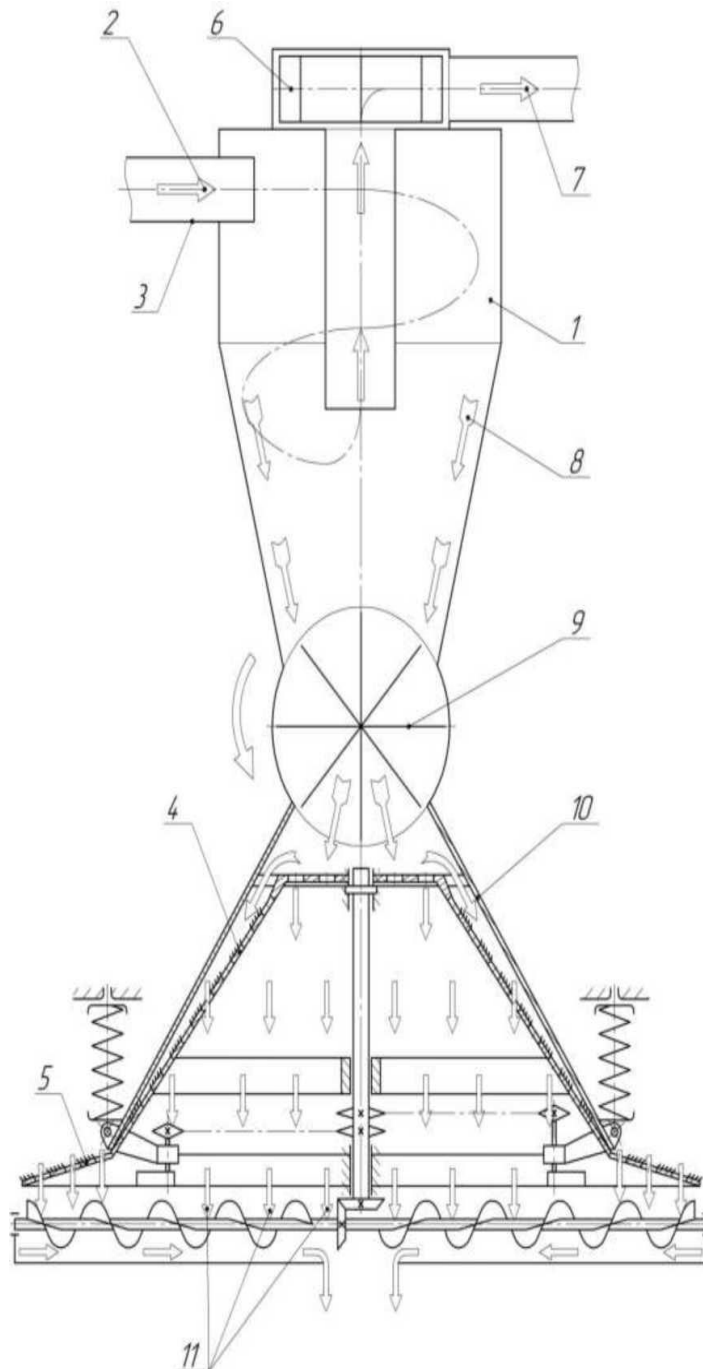


Рис. 2.5. Технологічна схема зернозбирального комбайна: 1 – циклон; 2 – ворох в повітряному потоці; 3 – вхідний патрубок; 4 – рухома частина молотильного пристрою (дека); 5 – соломотряс; 6 – вентилятор; 7 – повітряний потік із легкими домішками; 8 – вільне зерно, важкі домішки та колосся; 9 – дозатор; 10 – нерухома дека; 11 - вільне зерно та дрібні домішки.

Вирішення такого масштабного організаційно-технічного завдання, як розробка нового комбайна, що реалізує принципово іншу (порівняно з традиційною) технологічну схему впливу на об'єкт збирання, потребує часу, фінансування та напружених зусиль кількох наукових колективів. У зв'язку з цим актуальним завданням найближчого часу є максимально можлива адаптація існуючого комбайна до роботи з ворохом нетрадиційного складу. Нам є доцільними наступні першочергові заходи:

- виключення попадання більшої частини вільного зерна до молотильного зазору;
- активація процесу сепарації зерна та полови;
- оптимізація розподілу повітряного потоку в очищенні з його найбільш ефективним використанням.

У зв'язку з цим певний інтерес становлять спроби фінської фірми «Samro Rosenlew Ltd» використовувати для активізації процесу сепарації вороху повітряний потік, який у селекційному комбайні «Samro 2010» подавався як на днище жнивarki, так і на вхід маси в молотильний зазор. Причому для гасіння швидкості зерен та формування повітряного потоку потрібного напрямку міжбичові простори барабана були закриті щитками.

Слід зазначити, що у останніх модифікаціях комбайнів цієї фірми такого способу активації процесу сепарації немає. Тим не менш, сама по собі ідея використання повітря для більш інтенсивного поділу вороха вже в межах транспортної дошки заслуговує на увагу і експериментальної перевірки.

Даний масив винаходів дозволяє здійснити попередню сепарацію вільного зерна безпосередньо в молотильній камері зернозбирального комбайна, або в різних пристроях, змонтованих перед нею.

Розглянемо першу групу винаходів, які забезпечують попередню сепарацію вільного зерна безпосередньо в молотильному пристрої зернозбирального комбайна. Як правило, це досягається тим, що поперечний переріз кожної поперечної планки 3 відхилено від радіальної (стосовно барабана

1) орієнтації у бік напрямку його обертання (рис. 2.6). Причому кут між робочою поверхнею планки 3 і радіусом, проведеним від осі обертання барабана 1 в її середню частину, перевищує кут тертя хлібної маси 5 по металу. При надходженні обчесаної хлібної маси 5 в молотильну камеру відбувається попередня сепарація більшої частини вільного зерна 6. Оскільки поперечний переріз кожної планки 3 відхилено від радіальної (по відношенню до барабана 1) орієнтації у бік напрямку його обертання, а кут між її робочою поверхнею і радіусом, проведеним від осі обертання барабана 1 в її середню частину, перевищує кут тертя хлібної маси 5 по металу, то зорієнтовані в поперечному напрямку необмолочені колосся можуть долати силу тертя робочої поверхні планки 3 і переміщатися в напрям обертання барабана 1. Цьому сприяють як імпульси руху, що передаються бичами барабана 1, так і повітряний потік, що генерується ним. Внаслідок цього завантаження хлібної маси 5 і забивання нею отворів підбарабання 2 не відбувається. Більш дрібне вільне зерно 6, не маючи стабільного контакту з бичами барабана 1 і володіючи істотно меншою в порівнянні з колосами парусністю, втрачає первинний імпульс руху і проходить через решітчасту поверхню підбарабання 2 вниз.

Використання пропонованого молотильного пристрою дозволяє виділити вільне зерно з обчесаного вороху, виключити можливість звантажування хлібної маси та забивання нею отворів підбарабання, а також підвищує його здатність сепарувати.

Одним із недоліків розглянутої групи винаходу є те, що сепарація вільного зерна відбувається безпосередньо в молотильній камері зернозбирального комбайна. Внаслідок цього не виключена ймовірність дроблення вільного зерна робочими органами молотілки.

Друга група винаходів забезпечує попередню сепарацію вільного зерна за рахунок пристроїв, змонтованих перед молотильною камерою зернозбирального комбайна. Предметом винаходу в таких випадках є або похила камера, або



сепаруючий пристрій, виконаний у вигляді ґратчастої поверхні (з різними активаторами) або у вигляді додаткового соломотрясу.

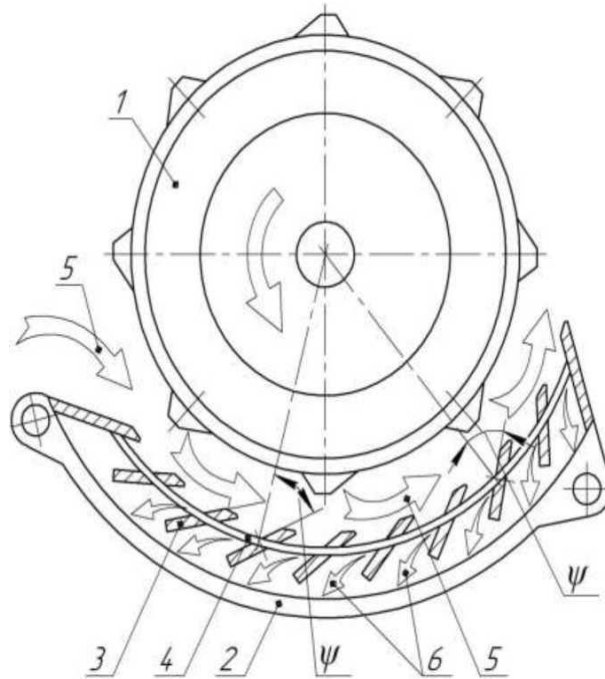


Рис. 2.6. Молотильний пристрій: 1 – барабан; 2 – підбарання; 3 – поперечні планки; 4 – поздовжні прутки; 5 – хлібна маса; 6 – вільне зерно.

До одного з таких технічних рішень відноситься зернозбиральний комбайн 1, що включає похилу камеру 2 з транспортером 3, з скребками 4 і молотилку 5, між якими змонтовано пристрій для попереднього виділення вільного зерна (рис. 2.7). Останнє містить сепаруючу решітку 6, яка змонтована рухомо і забезпечена струшуючим механізмом 7. Причому горизонтальна вісь 8 навколо якої сепаруюча решітка 6 здійснює кутові коливання, розташована вище осі обертання стряхуючого механізму 7.

Пропонований зернозбиральний комбайн працює в такий спосіб. При переміщенні комбайна 1 по полю, адаптер (на схемі не показаний) очесує рослини і подає хлібну масу 9 у бік похилої камери 2. Скребки 4 транспортера 3 захоплюють за собою хлібну масу 9 і направляють її в бік пристрою для попереднього виділення вільного зерна. В результаті того, що сепаруюча решітка 6 здійснює кутові коливання навколо горизонтальної осі 8, відбувається розшарування хлібної маси 9. Вільне зерно 10, переміщаючись в нижні шари,

проходить крізь отвори сепаруючої решітки 6 і надходить на очищення, а колосова частина врожаю 11, отримавши імпульс руху вперед, переходить на обмолот. При цьому виключається можливість забивання отворів решітки, що сепарують, компонентами обчесаного зернового вороху.

Використання пропонованого зернозбирального комбайна дозволяє мінімізувати надходження вільного зерна до молотильної камери, надійно виключивши ймовірність його дроблення робочими органами молотілки.

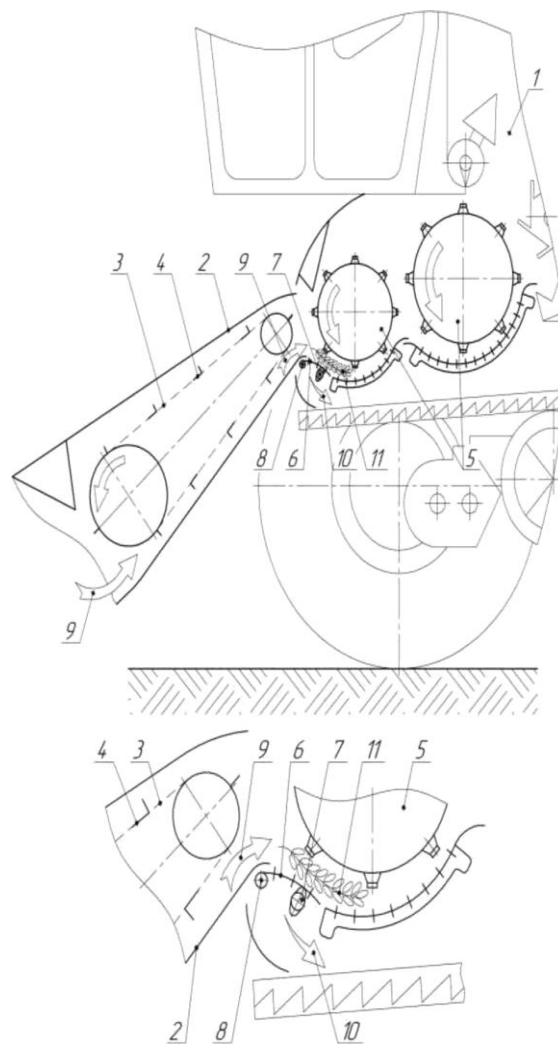


Рис. 2.7. Зернозбиральний комбайн, що містить решітку, що сепарує: 1 – комбайн; 2 – похила камера; 3 – транспортер; 4 – скребок; 5 – молотарка; 6 – сепаруюча решітка; 7 – струшуючий механізм; 8 – горизонтальна вісь; 9 – хлібна маса; 10 – вільне зерно; 11 – колосова частина врожаю.

Аналогічне технічне рішення реалізовано в зернозбиральному комбайні 1, що містить похилу камеру 2 і молотилку 5, між якими змонтовано пристрій попереднього виділення вільного зерна (рис. 2.8) . Останнє виконано у вигляді сепаруючої решітки 6 і шнека 7, з двома багатозахідними спіралями. При цьому витки половинок 8 і 9 зазначених спіралей з боку похилої камери мають нахил вправо на кут, що перевищує  $45^\circ$  до вертикальної площини, половинки 10 і 11 - вліво.

Пропонований зернозбиральний комбайн працює в такий спосіб. При переміщенні комбайна 1 по полю, адаптер (на схемі не показаний) очесує рослини і подає отриману хлібну масу 12 у бік похилої камери 2. Скребки 4 транспортера 3 захоплюють хлібну масу 12 за собою і направляють її в бік пристрою для попереднього виділення вільного зерна. У зв'язку з тим, що половинки 8-11 спіралей шнека 7 мають різний напрямок навивки витків, в результаті взаємодії з ними відбувається більш інтенсивне розшарування хлібної маси 12 у напрямку стрілок 13. При цьому вільне зерно 14, переміщаючись в нижні шари, перетинає отвори сепаруючої решітки 6 більш довгої траєкторії (по діагоналі), в результаті чого збільшується шанс його надходження безпосередньо на очищення, минаючи молотильну камеру. Колосова частина, що залишилася, врожаю 15, отримавши за допомогою взаємодії з витками спіралей шнека 7 імпульс руху вперед, надходить на обмолот в молотилку 5. При цьому додатковий поперечний вплив на колос сприяє виділенню з нього частини зерен вже на сепаруючій решітці 6, що збільшує повноту обмолоту в молотилці 5.

Використання пропонованого зернозбирального комбайна дозволяє мінімізувати надходження вільного зерна до молотильної камери, звівши до мінімуму ймовірність його дроблення робочими органами молотилки.

Однак, у зв'язку з тим, що довжина решітки, що сепарує, у розглянутих двох варіантах має невеликі розміри (принаймні, менше її ширини), то ефективність процесу попереднього виділення вільного зерна у них невелика.

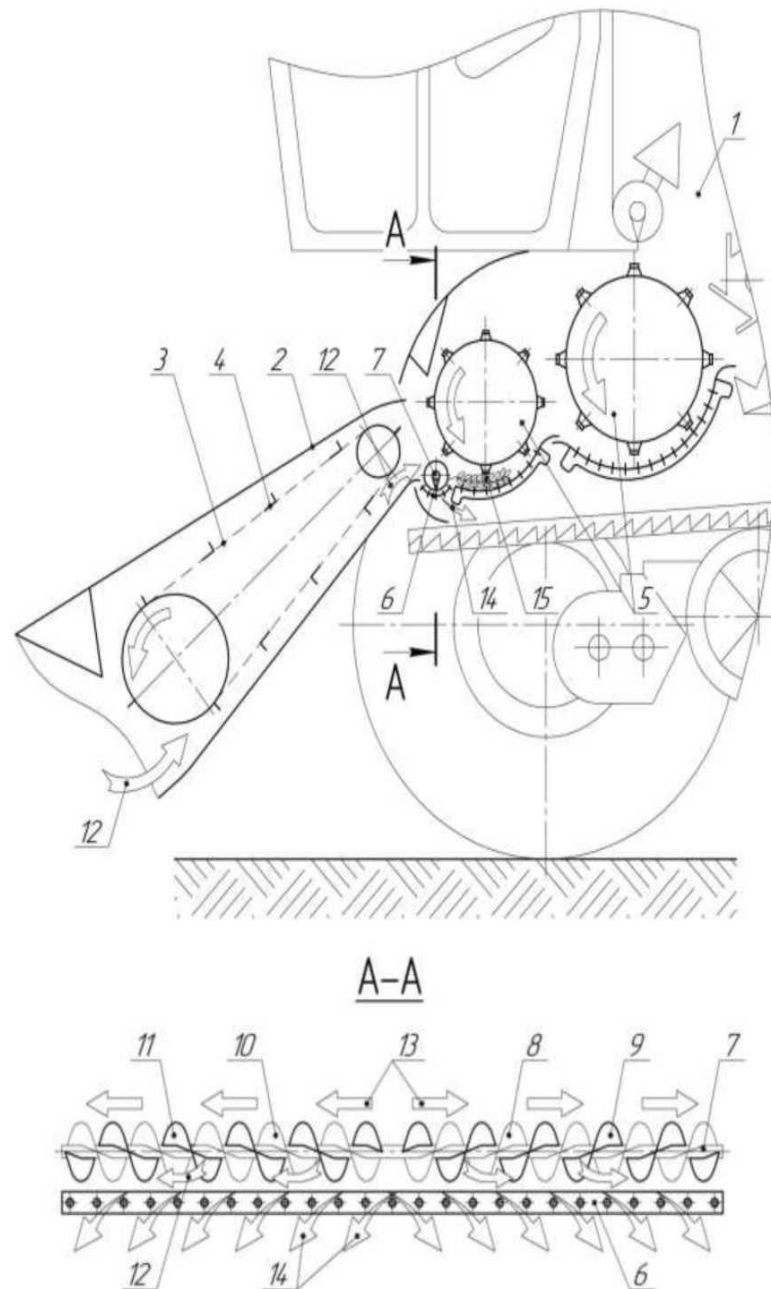


Рис. 2.8. Зернозбиральний комбайн, з пристроєм для попереднього виділення вільного зерна: 1 – комбайн; 2 – похила камера; 3 – транспортер; 4 – скребок; 5 – молотарка; 6 – сепаруюча решітка; 7 – шнек; 8-11 – витки шнека; 12 – хлібна маса; 13 – напрямок руху хлібної маси; 14 – вільне зерно; 15 – колосова частина врожаю.

Наступний варіант попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху до його надходження в молотильну камеру передбачає розміщення перед барабаном додаткового клявішного солоотрясу 7 (рис. 2.9), кожна клявіша якого являє собою коробчастий корпус без днища. При цьому

додатковий клавішний соломотряс 7 змонтований рухомо за допомогою колінчастого валу 8.

Пропонований зернозбиральний комбайн працює в такий спосіб. При переміщенні комбайна 1 по полю, адаптер (на схемі не показаний) очесує рослини і подає хлібну масу 9 у бік похилої камери 2. Скребки 4 транспортера 3 захоплюють її за собою і направляють у бік пристрою для попереднього виділення вільного зерна. В результаті того, що клавіші додаткового соломотрясу 7 здійснюють кутові коливання навколо колінчастого валу 8, відбувається інтенсивне розшарування хлібної маси 9. Вільне зерно 10, переміщаючись в нижні шари, проходить крізь отвори клавіш додаткового соломотрясу 7 і надходить на очистку 11, а колосова частина врожаю, що залишилася 12, отримавши імпульс руху вперед, переходить на обмолот. При цьому виключається можливість забивання отворів клавіш додаткового соломотрясу 7 компонентами обчесаного зернового вороху.

Використання пропонованого зернозбирального комбайна дозволяє мінімізувати надходження вільного зерна до молотильної камери, надійно виключивши ймовірність його дроблення робочими органами молотілки.

Одним із недоліків зазначеного технічного рішення є те, що практична реалізація ідеї потребує усунення молотильного барабана комбайна назад і вкорочування основного соломотрясу (через непотрібність).

Найбільш переважним варіантом для здійснення попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху до його надходження в молотарку є похила камера зернозбирального комбайна (рис. 2.10). Вона містить плаваючий транспортер 3, решітчасте днище 4 і пристрій для відведення вільного зерна 5 молотильної камери 6.

Отвори 7 решітчастого днища 4 розташовані поздовжньо по відношенню до напрямку руху скребок 8, а плаваючий транспортер 3 забезпечений пристроєм для очищення отворів 7 решітчастого днища 4. Пристрій для очищення отворів 7 решітчастого днища 4 виконано у вигляді щітки 9, яка

змонтована після скребка 8 за допомогою повідця 10. При цьому верхня кромка кожного отвору 7 забезпечена криволінійним поздовжнім язичком 11, зорієнтованим у напрямку, протилежному напрямку руху скребка 8 і розташованим нижче поверхні днища 4. Причому нижня кромка 12 язичка 11 відігнута по відношенню до поверхні днища 4 на кут  $\tau$ , що перевищує  $90^\circ$ .

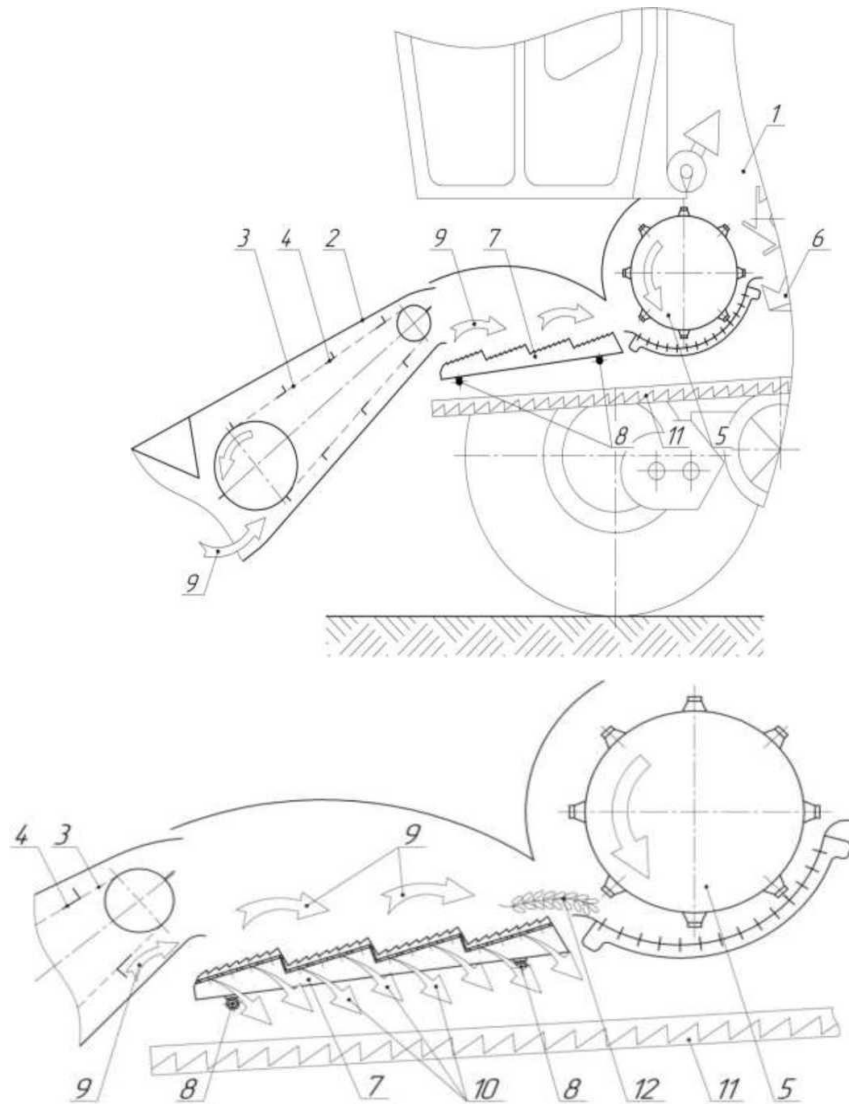


Рис. 2.9. Зернозбиральний комбайн, оснащений додатковим клавішним соломотрясом: 1 – комбайн; 2 – похила камера; 3 – транспортер; 4 – скребок; 5 – молотильний пристрій; 6 – основний соломотряс; 7 – додатковий соломотряс; 8 – колінчастий вал; 9 – хлібна маса; 10 – вільне зерно; 11 – система очищення; 12 – колосова частина врожаю.

Похила камера зернозбирального комбайна працює наступним чином. При переміщенні зернозбирального комбайна 2 по полю адаптер (на схемі не

показаний) очищує рослини. Отриманий таким чином ворох 13, що складається з вільного зерна, дрібних домішок і недомолоченого колосу з частиною стебел (з соломою), надходить в нижню частину похилої камери 1. Скребки 8 транспортера 3 захоплюють за собою ворох 13 і переміщують його вгору (у напрямку стрілки 14) вздовж решітчастого днища 4, де відбувається його попередня сепарація. Вільне зерно і частина дрібних домішок 15 проходять крізь отвори 7 ґратчастого днища 4 і надходять на пристрій для відведення вільного зерна 5. Далі вільне зерно і дрібні домішки 15 подаються на транспортну дошку 16, а частина первинного вороху 13 (частково недомолочені колоски 17) подається плаваючим транспортером 3 у молотильну камеру 6 комбайна 2 на домолот. У разі заклинювання окремих компонентів 18 вихідного вороху 13 в отворі 7, наступна за скребком 8 щітка 9 або проштовхує своїм пружним ворсом зазначений об'єкт крізь отвір 7 вниз, або переміщає його вперед до поверхні язичка 11. Спільна дія ворсу щітки 9 і похилої поверхні язичка 11 дозволяє підняти компонент вороха 18 на поверхню ґратчастого днища 4, ліквідуючи таким чином забивання отворів 7.

Оскільки у вільному стані ворс щіток 9 опущений нижче поверхні решітчастого днища 4, при виході з отвору 7 виключається його контакт з гострими металевими кромками, оскільки нижня кромка 12 язичка 11 відігнута на кут  $\tau$ , що перевищує  $90^\circ$ . Тобто, у цьому випадку криволінійна поверхня язичка 11 виконує функцію ліфтера, що піднімає ворс, що суттєво зменшує інтенсивність зносу.

Використання пропонованої похилої камери дозволяє підвищити ефективність процесу сепарації вільного зерна, унеможливити його дроблення робочими органами молотилки та збільшити довговічність щіток.

Однак, незважаючи на принципову можливість здійснення цього технологічного процесу, слід враховувати і негативні наслідки, що виникають у зв'язку з неминучим обтяженням конструкції похилої камери.

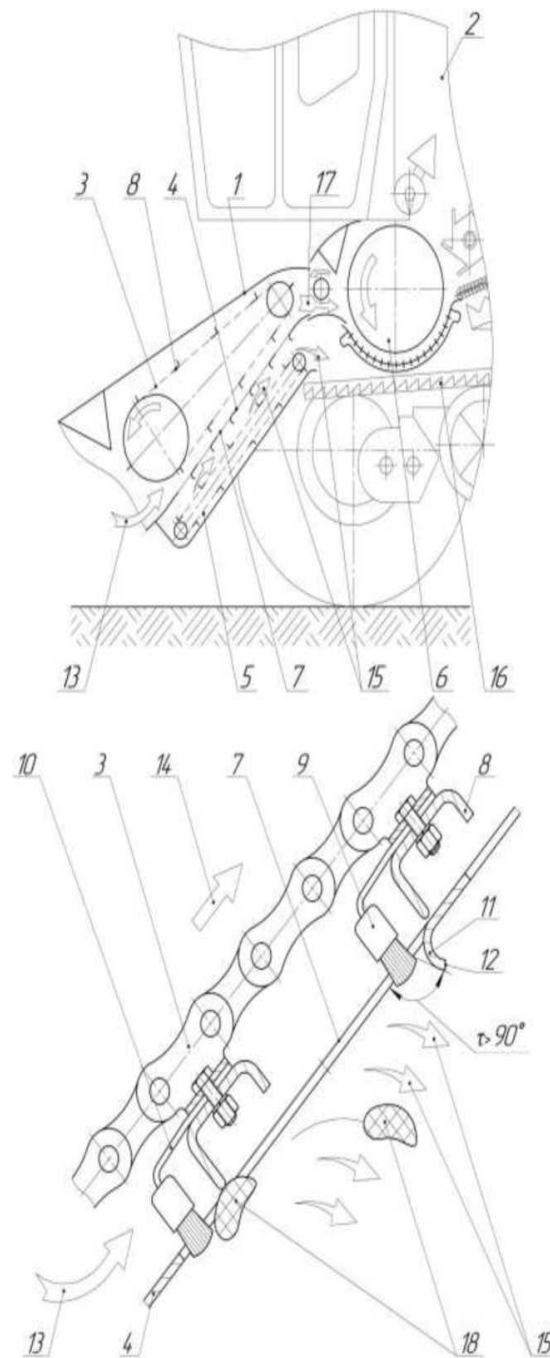


Рис. 2.10. Похила камера зернозбирального комбайна, оснащена перфорованим днищем та пристосуванням для його очищення: 1 – похила камера; 2 – комбайн; 3 – плаваючий транспортер; 4 – решітчасте днище; 5 – пристрій для відведення вільного зерна; 6 – молотильна камера; 7 – пристрій для очищення отворів; 8 – скребок; 9 – щітка; 10 – повідець; 11 – язичок; 12 – нижня кромка; 13 – обчесаний ворох; 14 – напрямок руху; 15 – дрібні домішки; 16 – транспортна дошка; 17 – недомолочені колоски; 18 – великі включення.



У зв'язку з цим, проведені розрахунки поздовжньої стійкості зернозбирального комбайна, в агрегаті з жаткою, що очисує, і модернізованої похилої камери. За їх результатами встановлено, що кут поздовжньої статичної стійкості для комбайна в агрегаті з очисною жаткою і серійною похилою камерою становить  $\alpha_{уст}=32^\circ$ , тоді як аналогічний параметр для комбайна в агрегаті з очисною жаткою і модернізованою похилою камерою дорівнює  $\alpha_{уст}=31^\circ$ .

Оскільки різниця між параметрами порівнюваних варіантів виконання комбайна становить близько 3%, то правомірний висновок про те, що реалізація технічного рішення, що забезпечує попередню сепарацію вільного зерна в похилій камері, не істотно впливає на його стійкість при очесі рослин на корені, тому доцільно зосередитися на оцінці працездатності конструкції у польових умовах.

При вивченні фізико-механічних властивостей обчесаного зернового вороху встановлено, що більшу частку в ньому складають легкі домішки. Отже, щоб поліпшити пропускну здатність перфорованого днища похилої камери необхідно виконати їхню попередню сепарацію. Випробовуючи очисувачі зерна на корені різної конструкції, ми дійшли висновку, що доцільно було б використовувати в технологічному процесі енергію повітряного потоку, яка в існуючій конструкції гаситься на сітчастих кожухах. При цьому видаляються лише легкі домішки, що не перевищують за розмірами зерна основної культури.

Радикальним рішенням була б технологічна схема, в якій легкі домішки сепарувалися б не за розмірами (на сітчастій поверхні), а за парусністю в сепараторах інерційного типу. Як варіантів конструктивного вирішення проблеми розглядалося наступне технічне рішення (рис. 2.5). Повітряний потік транспортує ворох до циклону, в якому має відбуватися його поділ на легкі домішки і вільне зерно разом з недомолоченими колоссями. Тяжка фракція з циклону надходить на сепарацію за розміром. Після чого колосся домолочуються. Враховуючи те, що практично реалізувати зазначену

конструктивну схему ми не можемо через відсутність фінансування, шукаємо менш радикальні технічні рішення, здатні вирішити хоча б частину проблем без повного перекомпонування комбайна. Зокрема, запропоновано схему інерційної сепарації легких домішок безпосередньо в корпусі очисувача (рис. 2.11, а). Для цього задню стінку адаптера 9 необхідно забезпечити жалюзійною решіткою, утворену набором поздовжніх пластин 10, оснащених механізмом повороту навколо горизонтальної осі 11.

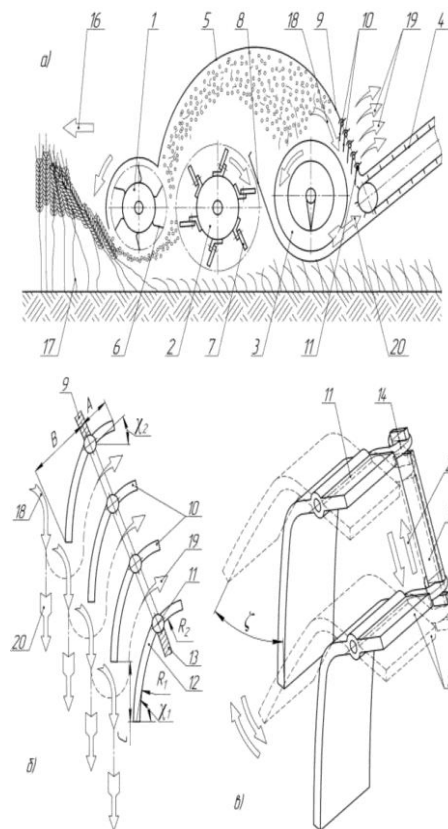


Рис. 2.11. Принципова схема очисного адаптера, оснащеного жалюзійними ґратами: а) загальний вигляд; б) деталізація фаз сепарації обчесаного вороху на жалюзійних ґратах; в) регулювання кута нахилу поздовжніх пластин жалюзійних ґрат; 1, 2 – очисні робочі органи; 3, 4 – транспортуючі робочі органи; 5 – корпус; 6, 7 – зуби (гребінки); 8 – щиток, що відсікає; 9 – задня стінка адаптера; 10 – поздовжня пластина; 11 – горизонтальна вісь; 12 – нижній ряд набору пластин; 13 – глуха стінка; 14 – ексцентрик; 15 – повідець; 16 – напрямок руху адаптера; 17 – рослини; 18 – ворох; 19 – легкі домішки; 20 – важкі компоненти вороху; 21 – напрямок руху повідця.

Нижній ряд 12 набору пластин 10 жалюзійних ґрат змонтований навпроти глухої стінки 13 корпусу 5 адаптера і виконує функцію регульованого дефлектора. Механізм повороту пластин 10 включає ексцентрик 14 і повідець 15. Пластини 10 жалюзійної решітки змонтовані з перекриттям (величина  $C$ ) і впровадженням більшої частини поперечного перерізу кожної з них всередину корпусу 5 очисного адаптера (А). При цьому розташована всередині корпусу 5 кромка кожної з пластин 10 зорієнтована вниз, а поперечний переріз виконано криволінійно і зорієнтовано увігнутістю в бік задньої стінки 9 корпусу 5. Причому радіус кривизни поперечного перерізу пластини 10 і кут його нахилу до горизонту зменшуються знизу вгору ( $R_1 > R_2$  і  $\chi_1 > \chi_2$ ) (рис. 2.11, б).

Пристрій для обмолоту рослин на корені працює наступним чином. При русі адаптера у напрямку стрілки 16 зуби 6 і 7 барабанів 1 і 2 очесують рослини 17 знизу вгору. Отриманий таким чином ворох 18 під дію інерційних сил і повітряного потоку надходить у бік задньої стінки адаптера 9. При проходженні вороха 18 вздовж отворів жалюзійної решітки, повітряний потік, різко змінює напрямок руху, захоплюючи значну частину легких домішок 19 і виносячи їх назовні з корпусу адаптера 5. Більш важкі компоненти 20 вороху (зерно, недомолочені колоски) під дією сили тяжіння, опускаються в нижню частину корпусу 5 і виводяться шнеком 3 до похилого 4 транспортеру, який подає їх в молотилку комбайна. Внаслідок того, що радіус кривизни поперечного перерізу пластини 10 і кут його нахилу до горизонту зменшуються знизу вгору ( $R_1 > R_2$  і  $\chi_1 > \chi_2$ ), то траєкторія руху легких домішок на виході з щілин жалюзійних ґрат близька до горизонтальної, що істотно зменшує запилення лобового скла кабіни зернозбирального комбайна. При цьому нижній ряд 12 набору пластин 10 жалюзійної решітки змонтований навпроти глухої стінки 13 корпусу 5 адаптера і виконує функцію регульованого дефлектора, що забезпечує стабільність швидкості повітряного потоку нижньої щілини жалюзійної решітки. Зміна кута нахилу  $Z$  поздовжніх пластин 10 (показано пунктиром) здійснюється за рахунок переміщення повідця 15 у напрямку стрілки 21 і дозволяє досягти мінімальних

втрат вільного зерна при максимальному видаленні з адаптера легких домішок 19 (рис. 2.11, в).

Використання запропонованого пристрою дозволяє знизити вміст легких домішок в обчесаному воросі, надійно виключивши можливість забивання отворів жалюзійної решітки задньої стінки адаптера, а також підвищити продуктивність процесу збирання рослин на корені.

Тим часом надмірна кількість легких домішок зменшує не тільки пропускну здатність решітчастого днища похилої камери, але і збільшує навантаження на систему очищення, що може стати «вузьким місцем» комбайна, що лімітує продуктивність. Підвищити пропускну здатність системи очищення зернозбирального комбайна при гарантованій відсутності втрат урожаю можна за рахунок сепаруючого пристрою 4, розміщеного над транспортною дошкою 3 (рис. 2.12). Сепаруючий пристрій 4 виконано у вигляді поперечного повітроводу 5, всмоктувальна щілина 6 якого зорієнтована вниз. При цьому повітропровід 5 поміщений всередину сітчастого обертового барабана 7 і розташований над пальцевими ґратами 8 в кінці транспортної дошки 3. Причому розмір отворів 9 сітчастого барабана 7 перевищує розмір легких фракцій вороху.

Пропонований зернозбиральний комбайн працює в такий спосіб. При переміщенні комбайна по полю в напрямку стрілки 10, камера похила 1 подає хлібну масу 11 від адаптера (на схемі не показаний) до молотильного пристрою 2, де і відбувається її обмолот. Отриманий в результаті обмолоту зерновий ворох (вільне зерно, полова, легкі дрібні домішки, обмолочені і необмолочені колоски, що пройшли крізь деку молотильного пристрою) надходить на транспортну дошку 3, коливальні рухи якої забезпечують розшарування його по шарах. Вільне зерно 12 переміщається в нижні шари, а полова та легкі дрібні домішки 13 - у верхні. При надходженні зернового вороху на пальцеву решітку 8 повітряні потоки 14 вентилятора 15 інтенсивно продувають його по всій товщині.

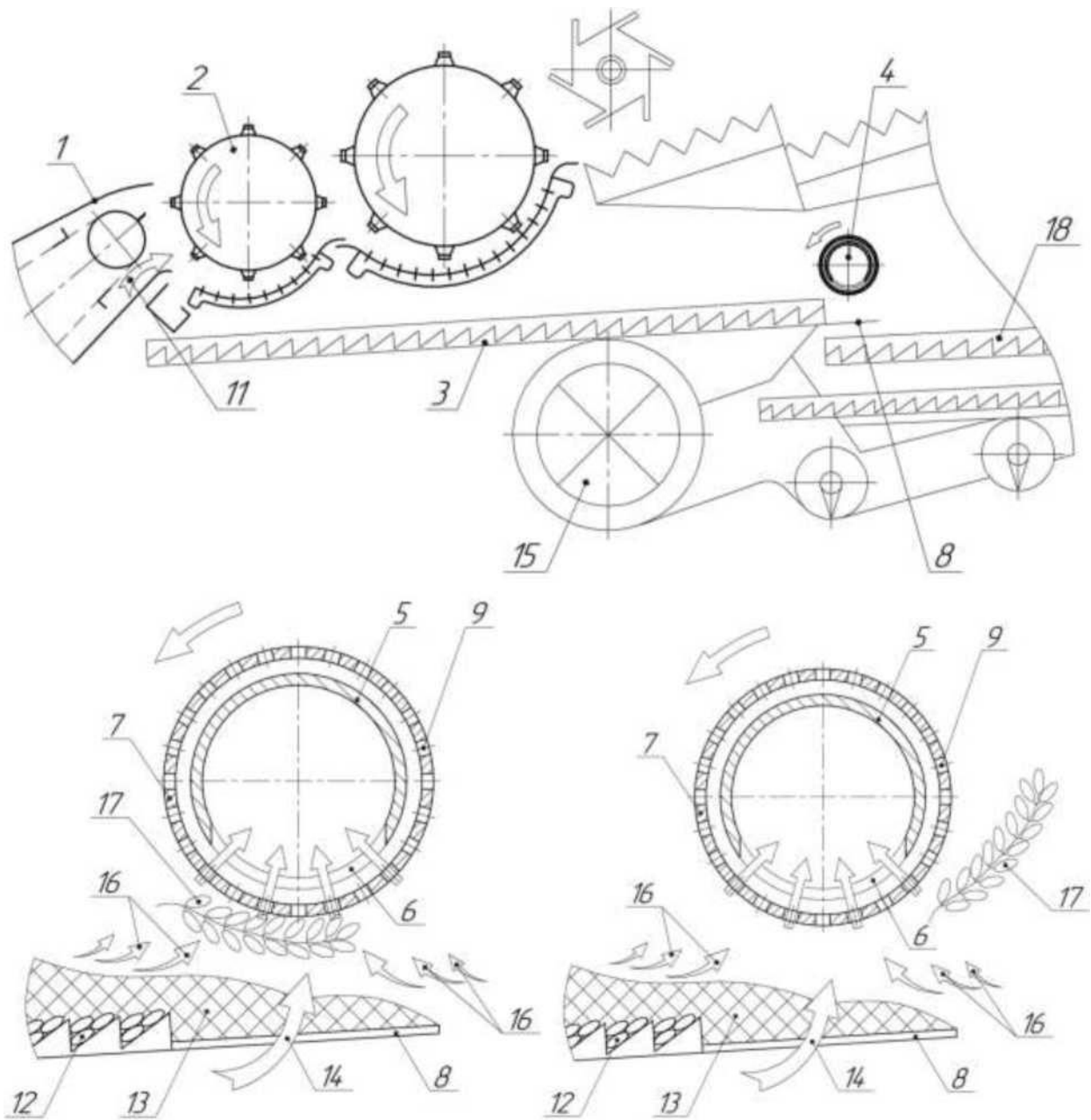


Рис. 2.12. Зернозбиральний комбайн, оснащений сепаратором для видалення легких домішок: 1 – похила камера; 2 – молотильний пристрій; 3 – транспортна дошка; 4 – сепаруючий пристрій; 5 – поперечний повітропровід; 6 – всмоктувальна щілина; 7 – сітчастий барабан; 8 – пальцеві ґрати; 9 – отвори; 10 – напрямок руху; 11 – хлібна маса; 12 – вільне зерно; 13 – легкі домішки; 14, 16 – повітряний потік; 15 – вентилятор; 17 – необмолочений колос; 18 – система очищення.

Полова і легкі дрібні домішки 13 захоплюючись повітряним потоком 14, 16 від вентилятора 15 і додаткового пристрою 4, що сепарує, проходять крізь

отвори 9 гратчастого барабана 7 і виводяться разом з ним за межі зернозбирального комбайна. Більш важке вільне зерно 12 і необмолочені колоски 17 залишаються всередині його корпусу і подаються на решета системи очищення 18. Внаслідок того, що всмоктувальна щілина 6 поперечного повітроводу 5 зорієнтована вниз, осідання необмолочених колосків 17 на робочій поверхні сітчастого барабана 7 можливо тільки в його нижній частині. Подальший поворот сітчастого барабана 7 на гострий кут призводить до виведення необмолочених колосків 18 із зони дії повітряного потоку 16 поперечного повітроводу 5 і відкидання їх у бік решіт системи очищення 18.

Таке технічне рішення забезпечує підвищення ефективності процесу сепарації полови та легких дрібних домішок, що збільшує пропускну здатність системи очищення зернозбирального комбайна при відсутності втрат врожаю.

### РОЗДІЛ 3

## ПОШУК НАПРЯМКІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОБОТИ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРІЙ

При розробці структурно-технологічної схеми встановлено, що у більшості колосових зернових культур луски, що охоплюють кожен зернівку, додатково зміцнюють її положення та перешкоджають ефективній реалізації ударного впливу на неї в процесі обмолоту бичів молотильного барабана. Отже, незалежно від способу відокремлення плодівмісної частини рослини від землі (зрізання традиційною жнивваркою або очес на корені) доцільно попередньо зруйнувати або, принаймні, послабити лускату оточення кожної зернівки. Це реалізується в зернозбиральному комбайні 1, що включає похилу камеру 2 з транспортером 3, з скребками 4 і молотильно-сепаруючий пристрій 5, між якими змонтовано приймальний пристрій 6 (рис. 3.1).

Останнє складається з нижнього ребристого барабана 7 і розташованих над ним послідовно двох ребристих вальців 8 і меншого 9 діаметра. При цьому ребристий валець 8 виконує функцію елемента, що подає, а валець 9 - направляючого елемента. Причому осі обертання розміщені з різних сторін від вертикальної поперечної площини, що проходить через вісь обертання нижнього ребристого барабана 7.

Пропонований зернозбиральний комбайн працює в такий спосіб. При переміщенні комбайна 1 по полю жнивварка (на схемі не показана) зрізає рослини і подає їх у бік похилої камери 2. Скребки 4 транспортера 3 захоплюють за собою хлібну масу 10 і направляють її в бік приймального пристрою 6. Синхронно обертаючі ребристі вальці меншого діаметра 8 і 9 і нижній ребристий барабан 7 у напрямку стрілок 11-13 захоплюють колос 14 з соломинуєю 15 і інтенсивно піддають його знакоперемінній поперечній деформації. В результаті такої взаємодії робочих органів приймального пристрою 6 з колосом 14 відбувається гарантоване руйнування зв'язків його зерновок з лускатою

структурою без надмірного подрібнення соломини 15. Окремі зернівки 16 процесі взаємодії з ребрами вальців 8 і 9 і барабана 7 відриваються від стрижня колоса 14, після чого надходять на транспортну дошку 17 і далі на очищення. Розмочений в результаті контакту з барабаном 7 і вальцями 8 і 9 колос 14 з зруйнованою лускатою структурою і ослабленим зв'язком зернинок, що залишилися, з його стрижнем надходить в молотильно-сепаруючий пристрій 5, де в результаті ударів бичів барабана відбувається остаточний вимолот.

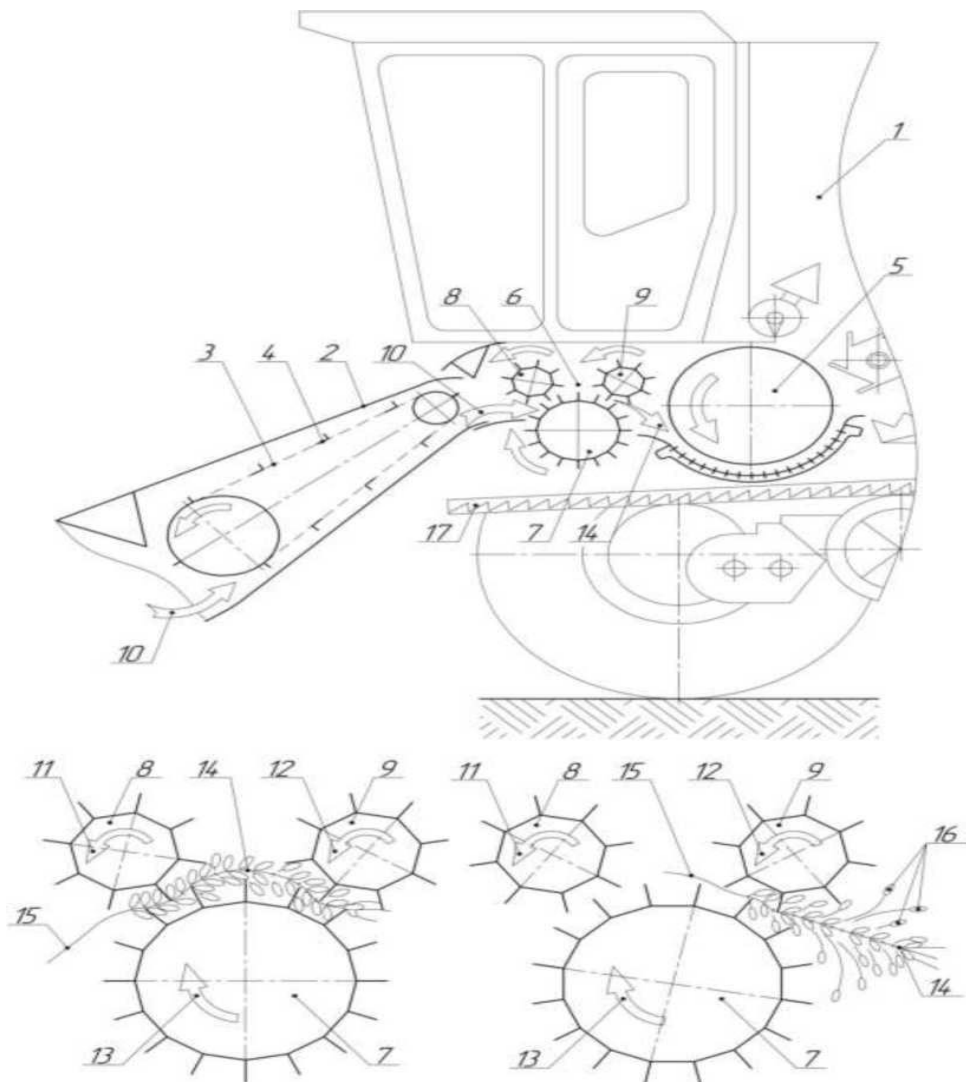


Рис. 3.1. Зернозбиральний комбайн, що містить приймальний пристрій:

1 – комбайн; 2 – похила камера; 3 – транспортер; 4 – скребки; 5 – молотильно-сепаруючий пристрій; 6 – приймальний пристрій; 7 – нижній ребристий барабан; 8, 9 – вальці; 10 – хлібна маса; 11-13 – напрямок обертання; 14 – колос; 15 – соломина; 16 – окремі зернівки; 17 – транспортна дошка.



Попередня підготовка колосу суттєво полегшує домолот, зменшує енергоємність процесу та збільшує продуктивність комбайну.

Як було зазначено раніше, вся хлібна маса, отримана при очесі рослин на корені, надходить безпосередньо в молотильне влаштування зернозбирального комбайна (рис. 3.2). Це ускладнює процес подальшого обмолоту колосової частини врожаю, що залишилася, збільшує його енергоємність, а також знижує пропускну здатність пристрою. Крім того, спостерігається підвищене дроблення (до 8%) вільного зерна робочими органами молотарки, що призводить до зниження його схожості та стійкості при зберіганні.

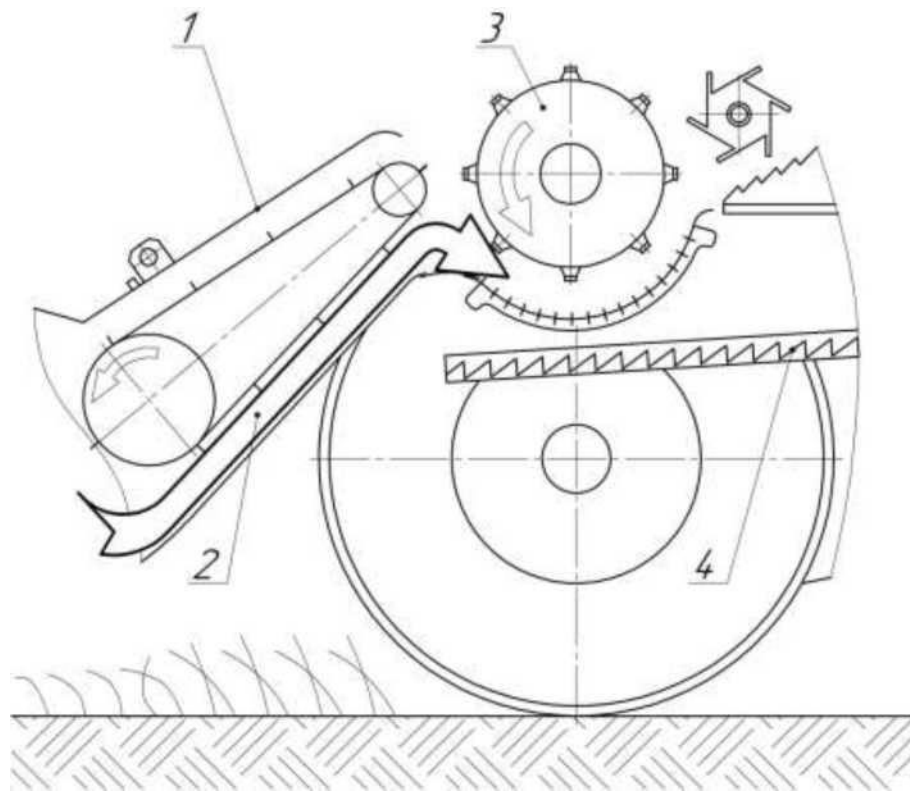


Рис. 3.2. Класична технологічна схема зернозбирального комбайна при очесі рослин на корені: 1 – похила камера; 2 – обчесаний зерновий ворох; 3 – молотильний пристрій; 4 – транспортна дошка.

Мінімізувати негативний вплив бичів молотильного устрою на вільне зерно дозволяє його попередня сепарація. Якщо дотримуватися класичної технологічної схеми комбайна, то одним з найбільш прийнятних місць для її здійснення є похила камера, днище якої має бути виконане ґратчастим, а під ним змонтовано додатковий пристрій (скребковий транспортер) для подачі хлібної

маси на транспортну дошку минаючи молотильну камеру ( рис. 3.3). При цьому, як свідчать результати лабораторних досліджень, при оптимальному поєднанні розмірів отворів, довжини похилої камери (1,3 м) достатньо для практично повного виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху. Колосова частина врожаю, що залишилася, разом із соломистими включеннями надходить в молотильну камеру для подальшого обмолоту.

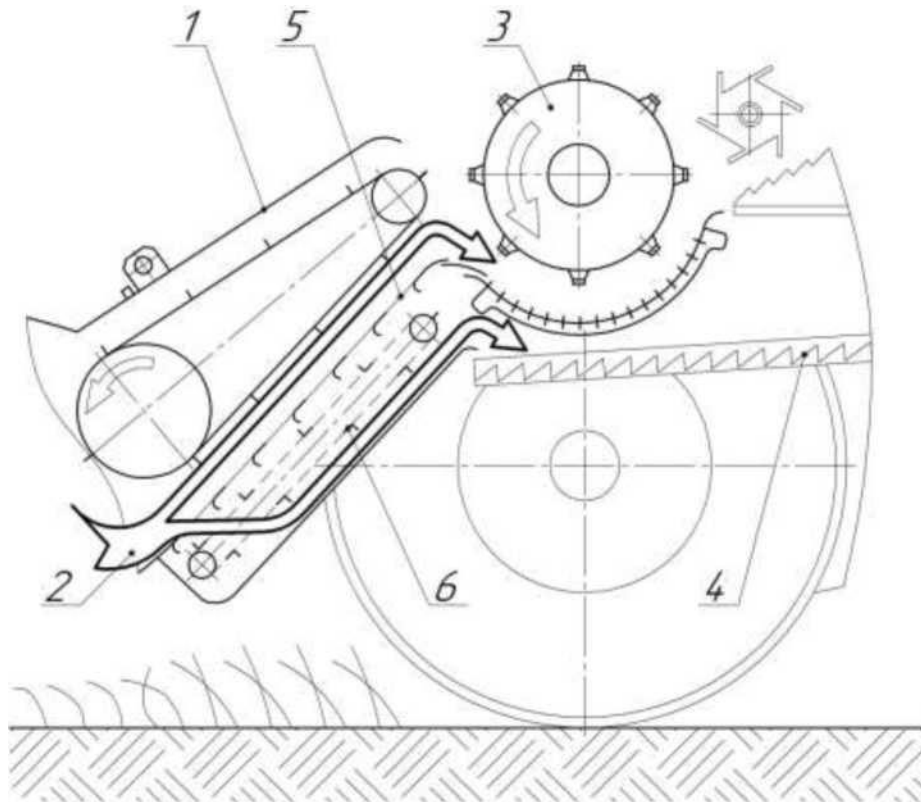


Рис. 3.3. Технологічна схема зернозбирального комбайна, що забезпечує попереднє виділення вільного зерна у похилій камері: 1 – похила камера; 2 – обчесаний зерновий ворох; 3 – молотильний пристрій; 4 – транспортна дошка; 5 – решітчасте днище; 6 – скребковий транспортер.

Як альтернативний варіант попереднього виділення вільного зерна з обчесаного зернового вороху може бути використаний пристрій передбарбанного типу, що сепарує, виконаний у вигляді сітчастого транспортера і змонтований перед молотильним пристроєм (рис. 3.4). Проведені експерименти показали його працездатність. Однак, у зв'язку з тим, що вільне зерно має пройти через дві робочі гілки сепаруючого пристрою, для цього необхідна порівняно велика довжина транспортера (2,69 м) порівняно з похилою

камерою зернозбирального комбайна. Крім того, практична реалізація такої ідеї потребує усунення барабана комбайна назад і вкорочування соломотрясу (за не потребою) без порушення технологічного процесу.

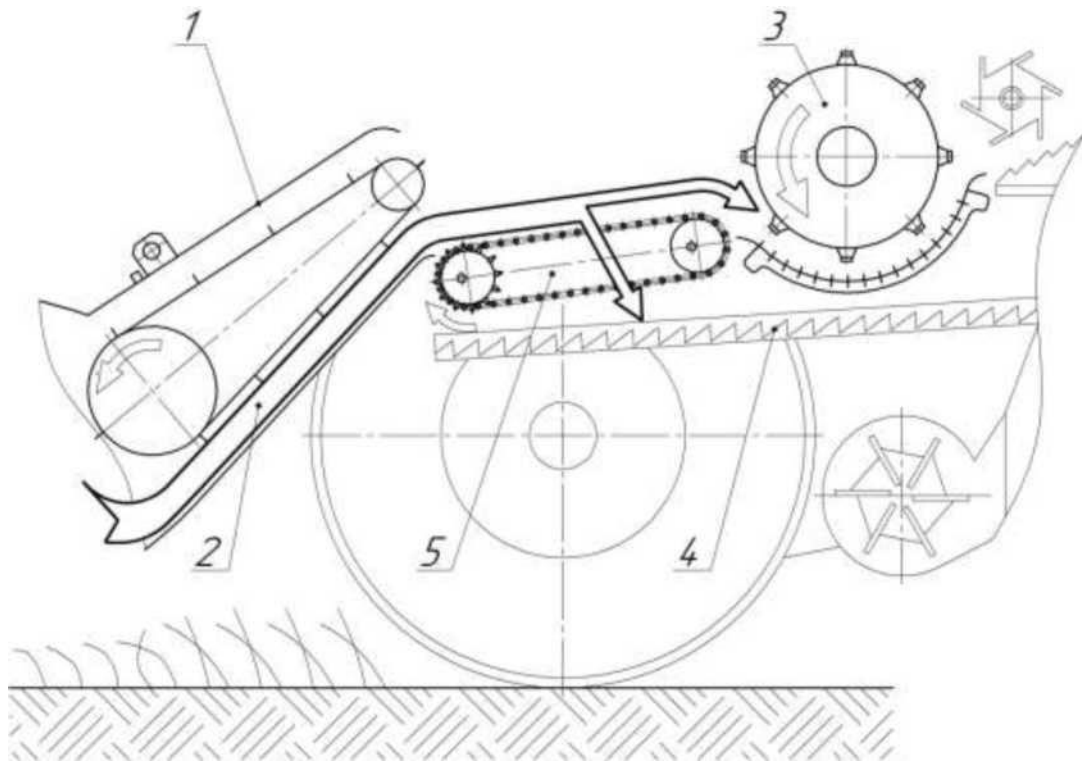


Рис. 3.4. Технологічна схема зернозбирального комбайна, що забезпечує попереднє виділення вільного зерна на сітчастому транспортері: 1 – похила камера; 2 – обчесаний зерновий ворох; 3 – молотильний пристрій; 4 – транспортна дошка; 5 – сітчастий транспортер.

Найбільш перспективним напрямом розвитку технологічної схеми зернозбирального комбайна при очесі рослин на корені є постачання його сепаруючим пристроєм передбарабанного типу, що містить скребковий транспортер і горизонтальне пруткове решето, позбавлене поперечних планок (рис. 3.5). Таке технічне рішення дозволяє підвищити сепаруючу здатність пристрою, а також знизити металоємність конструкції. Це зумовлено тим, що експериментально доведена ефективність використання в якості сепаруючого пристрою похилого днища похилої похилої камери. У зв'язку з цим переорієнтація сепаруючої решітки в горизонтальне положення та її розміщення безпосередньо перед барабаном має збільшити інтенсивність сепарації. Отже,

довжина пристрою, що сепарує, може бути зменшена, навіть у порівнянні з довжиною днища похилої камери серійного комбайна.

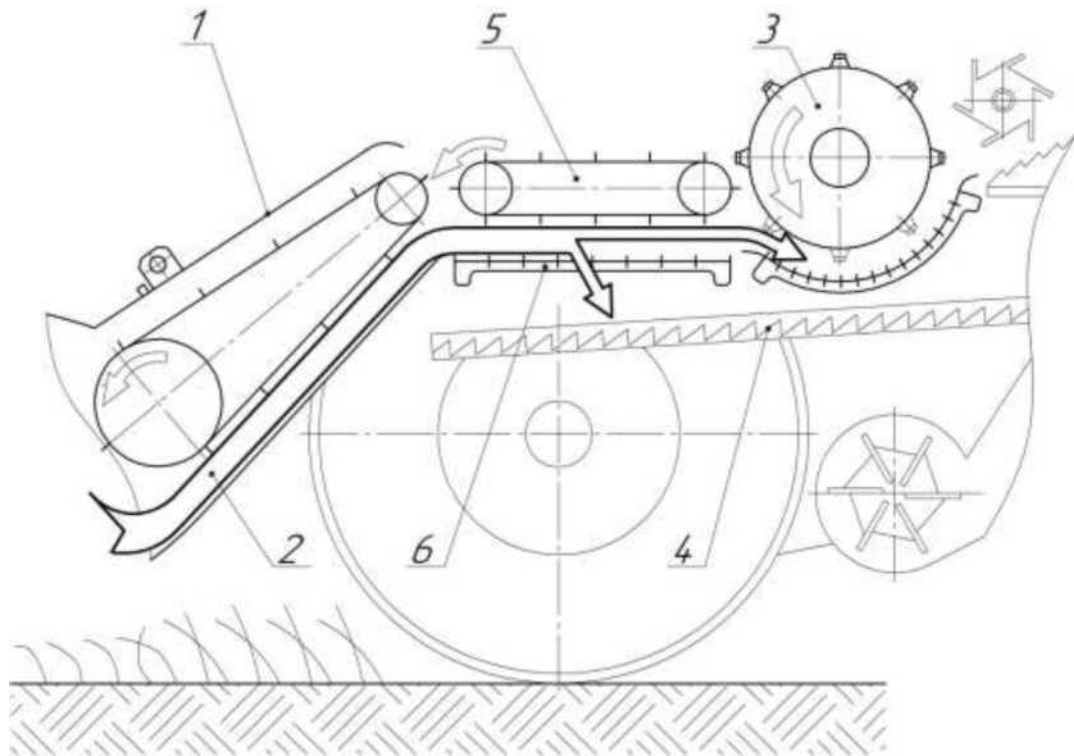


Рис. 3.5. Технологічна схема зернозбирального комбайна, що забезпечує попереднє виділення вільного зерна на горизонтальному прутковому решеті: 1 – похила камера; 2 – обчесаний зерновий ворох; 3 – молотильний пристрій; 4 – транспортна дошка; 5 – скребковий транспортер; 6 – пруткове решето.

### Висновки по розділу.

Перспективними напрямками модернізації технологічної схеми зернозбирального комбайна є:

- виділення вільного зерна з обчесаного вороху до його надходження в молотильний пристрій, у тому числі на робочих органах, що сепарують, розміщених перед молотильним барабаном, зміщеним назад на значну відстань;
- збільшення ефективності впливу молотильного барабана на колосся, позбавлені соломин;

- більш повне виділення з обчесаного вороху значної частини полови та дрібних легких домішок безпосередньо в корпусі очисувача, оснащеного для цієї мети очищенням інерційного типу;

- активація процесу сепарації вільного зерна, полови та дрібних домішок;

- зниження енергоємності виділення зерна з колосу за рахунок застосування поперечного коливального характеру навантаження його зв'язків зі стрижнем;

- гасіння (або технологічне використання) надлишкового повітряного потоку, створюваного обчисувальним барабаном.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Найважливішим резервом для вдосконалення конструкції зернозбирального комбайна є повніша адаптація його технологічного процесу до специфічних особливостей фізико-механічних властивостей обчесаного зернового вороху, у зв'язку з його дезитрегованістю без соломи і наявністю великої частки вільного зерна.

Найбільш перспективними є два напрями модернізації технологічного процесу зернозбирального комбайна:

- зменшення енергоємності молотильного пристрою та мінімізація дроблення вільного зерна за допомогою його попереднього виділення з обчесаного зернового вороху до надходження останнього в молотильне пристрій;

- зменшення енергоємності процесу виділення зернівок з колосу за допомогою переходу на поперечне коливальне навантаження їх зв'язків з ним.

Запропоновано технічні рішення, що реалізують зазначені елементи модернізованого технологічного процесу.

Вимолот зерна шляхом поперечного коливального навантаження його зв'язків з колосом забезпечує порівняно з використанням традиційного бильного барабана зниження енергоємності процесу в 3 рази. При цьому оптимум процесу досягається при зазорі в молотильній камері, що дорівнює 4 мм і куті нахилу рифів її верхнього майданчика, що дорівнює  $45^\circ$ .

Для підвищення швидкості сепарації доцільно виконати отвори решітчастого днища похилої камери безперервними по всій довжині. В результаті процес сепарації з дискретного може трансформуватися в безперервний з відповідним зростанням його середньої швидкості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В., Насонов В. А., Кюрчев В. М., Надикто В. Т. Розроблення і впровадження в агропромислове виробництво комплексів технічних засобів для вирощування зернових та інших культур за енерго-, ресурсоощадними технологіями: монографія. Київ. Аграрна наука. 2016. 368 с.

2. Анілович В. Я., Грінченко О. С., Литвиненко В. Л. Надійність машин в завданнях та прикладах: монографія. Харків: Око. 2001. 320 с.

3. Антощенков Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Харків. ХНТУСГ. 2017. 244 с.

4. Антощенков Р. В. Динаміка та енергоефективність багатоелементних сільськогосподарських агрегатів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11. Харків, 2018. 40 с.

5. Артьомов М. П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11. Харків, 2014. 41 с.

6. Асланян А. Е., Бельська О. А. Локалізація несправностей в лінійних динамічних системах ОВТ. Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ. Київ. ЦНДІ ОВТ. 2017. Вип. 18. С. 3–8.

7. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського нац. техн. університету сільського господарства. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.

8. Аулін В. В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2015. Вип. 28. С. 126–131.

9. Бойко А. І., Савченко В. М., Крот В. В. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків, 2016. Вип. 6. С. 75–80.

10. Зубко В. М. Прилади, обладнання та системи оцінки якості проведення збирання зернових культур. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2019. Вип. 199. С. 109–121.

11. Калініченко Д. Ю. Сучасний стан зернозбирального парку України в контексті машиновикористання. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК. VII Міжнародна наукова конференція в рамках роботи XXXI Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2019»: збірник тез. м. Київ, Україна, 04-07 червня 2019 року. Київ. 2019. С. 92.

12. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналіз систем і стратегій технічного контролю зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

13. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні моделі параметрів технічного контролю зернозбиральних комбайнів. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України [електронне видання]. Київ. 2019. Вип. 6 (83). 13 с.

14. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні моделі режимів технічного контролю зернозбиральних комбайнів. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України [електронне видання]. Київ. 2019. Вип. 5 (82). 18 с.

15. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової



техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.

16. Савченко В.М. **Корнієць А.А.** Конструктивно-технологічна концепція зернозбирального комбайна. *Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 190-176.

17. Савченко В.М. **Корнієць А.А.** Конструктивно-технологічна концепція зернозбирального комбайна під час роботи з обчесаним зерновим ворохом. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 61-66.