

УДК: 631.362.3.633

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Петриченко С.В., к.т.н.,

Радєв С.Ю., магістрант

*Таврійський агротехнологічний університет*

**Анотація** – в роботі розглянуто основні типи машин для сортування і очищення зернових культур. Обґрунтовано раціональну конструкцію зернового сепаратора.

**Ключові слова** – зерноочисна машина, пневмосепаратор, осадкова камера, решета, віброцентрове очищення, фракції.

**Постановка проблеми.** Одним з основних етапів виробництва зерна є післяжнивна обробка, що полягає в його очищенні і сушці. Післяжнивна обробка зерна в собівартості складає близько 40%, а у витратах праці - більше 50%. У зв'язку з цим післяжнивна обробка і зберігання зерна є невід'ємною і важливою складовою частиною всього сільськогосподарського виробництва [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Наявна в сільському господарстві зерноочисна техніка фізично зношена на 70...80%. Забезпеченість крупних і середніх господарств не перевищує 35%, а малі і фермерські господарства зовсім не мають необхідної техніки. При цьому устаткування для сепарації зерна і насіння за своїми експлуатаційними показниками: питомій продуктивності, ефективності, надійності і енергоємності не відповідає зростаючим вимогам сільського господарства і промисловості.

Розвиток матеріально-технічної бази післяжнивної обробки зерна можливо тільки на нових знаннях і робочих органах, що дозволяють створювати технологічно ефективні маловитратні комплекси післяжнивної обробки зерна і підготовки насіння.

**Формування цілей статті.** Метою даної роботи є виявлення найбільш ефективного та раціонального способу сепарування зерна.

**Основна частина.** Історія розвитку комплексної механізації післяжнивної обробки зерна в Україні включає декілька характерних етапів. Етап, що тривав до початку тридцятих років 20-го сторіччя, характеризувався застосуванням простих зерноочисних пристроїв (віялок, трієрів, сортувань), що виконували, як правило, лише одну технологічну операцію, яка в основному здійснювалася кінською тягою або мускульною силою людини.

Перша зерноочисна машина "Союзнаркомзем" в 1934 році у ВИМе, дозволяла реалізувати достатньо складні технологічні схеми очищення зерна, скоротивши до мінімуму міжопераційні переміщення зернового оберемка. Проте ширшого поширення набули прості машини нескладні в експлуатації (ВИМ-2, ВИМ-СМ-1 і ін.), що мають вузький набір робочих органів. До 1953 було випущено близько 30 тисяч таких машин.

На прийомні пункти почали поступати великі партії зерна в період організації колгоспів і радгоспів. Це потребувало створення нових зерноочисних машин і привело до помітного зростання числа розробок зерноочисного устаткування. До 1967 року промисловістю було випущено більше 130 тисяч машин різних модифікацій. Основна частка доводилася на пересувні універсальні зерноочисні машини. Ця техніка не відрізнялася високою продуктивністю, оскільки оптимальне навантаження для одного робочого органу (наприклад, для повітряного каналу) не є такою для інших робочих органів (решітного полотна або трієра). Було неможливо обійтися без ручної праці при завантаженні автомашин, затарювання зерна, відведення виділених домішок після очищення, переміщенні несамохідних машин і ін. [2]

На відкритих токах, при обробці зерна, в неочищеному і вологому зерновому оберемку вже на другу добу відбувається накопичення вуглекислого газу і зникнення кисню з міжзернового простору, що приводить до пошкодження зародка і втрат зерна при посіві. Отже, зерновий матеріал вже в перші години надходження на ток повинен бути очищений від домішок, просортований і доведений до кондиційної вологості. У зв'язку з цим і зі зростанням виробництва зерна рівень механізації перестав відповідати вимогам сільського господарства, тому в 60-х роках упроваджується потокова технологія обробки зерна. Її основою стали стаціонарні механізовані пункти, першим з яких був ЗАВ-10 з продуктивністю 10 т/год. Технологічне устаткування агрегату встановлювалося на перекритті металевої конструкції над бункерами очищеного зерна і відходів. Зерноочисне устаткування агрегату ЗАВ-10 складалося з легко-решітної машини і триєрного блоку, зв'язаних між собою транспортером.

З'явилися агрегати підвищеної продуктивності ЗАВ-20 і ЗАВ-40 та інші. Проте і цього виявилось недостатньо, і промисловістю було освоєно виробництво агрегатів ЗАВ-25, ЗАВ-50, ЗАВ-100 і інших, які можна використовувати і при обробці насіння. Для цієї мети промисловість випускає насінн'яочисні приставки СП-5 і СП-10. По конструкції приставки подібні до агрегатів ЗАВ. Підставою приставок служить металева зварна арматура легкого типу. Технологічне устаткування встановлюється в закритому приміщенні двоповерхової будівлі, яка примикає до агрегату.

Застосовують зерноочисно-сушильні комплекси КЗС- 5, КЗС-10

і КЗС-20 для обробки вологого зерна. Вони складаються з очисного і сушильного агрегатів, зв'язаних між собою транспортуючими механізмами. Сушильними агрегатами є барабанні або шахтні сушарки. Обробка вологого зерна в комплексі відбувалася спочатку на машині попереднього очищення. Потім матеріал прямує в сушарку, а після знов повертався в потокову лінію, де його обробка відбувається також, як в агрегаті ЗАВ. Комплекси КЗС можуть забезпечуватися насінн'яочисними приставками для отримання насінного матеріалу. В цьому випадку зерновий матеріал, оброблений в комплексі КЗС, прямує на подальшу обробку в насінн'яочисну приставку.

Конструкція агрегатів передбачала мінімальні об'єми будівельних робіт, технологічні операції від прийому зерна і до вивантаження його з бункера зерноочисного або зерноочисно-сушильного агрегату в транспортні засоби були механізовані.

Поява зерноочисних агрегатів ЗАВ-40 і зерноочисних комплексів КЗС-40 продуктивністю 40 т/год привело до зменшення в 7-10 разів витрат праці і в 2-3 рази вартість обробки в порівнянні з роздільним використанням зерноочисних машин. [3]

Основу зерноочисних агрегатів складають решітні машини. Це пояснюється, перш за все, простотою протікаючого процесу очищення на решеті, нескладною конструкцією і компоновкою такої машини. Ці машини здійснюють роботу при мінімальних витратах енергії в порівнянні з повітряними системами і трієрними блоками.

Застосовують три типи решітних сепараторів із зворотно-поступальним, круговим поступальним в горизонтальній площині і вібраційним рухом сит.

Машини із зворотно-поступальним рухом сит представлені на зерноприємних і зернопереробних підприємствах ситовими сепараторами типу ЗСП і легко-ситовими сепараторами типу ЗСМ.

У сепараторах ЗСП і ЗСМ процес послідовного просіювання протікає на розташованих під нахилом ситах. Кількість сит різна для різних типорозмірів сепараторів. Особливість сепараторів ЗСП - повна герметичність, відсутність вентиляторів, осадкових камер і пневмосепаруючих каналів. Ці властивості дозволили зменшити масу і розміри сепараторів.

Подібний принцип дії використовується в ситовій машині MQRE і МТС А («Buhler», Швейцарія), в машині для очищення зерна «Golfa» («Damas», Данія) і ін. [4]

Машини з решітними ситами, що здійснюють кругову поступальну ходу, представлені на зерноприймальних, мукомельних і комбікормових підприємствах ситоповітряними сепараторами типу А1-БЛС і А1-БИС (за ліцензією «Buhler», аналог - сепаратори «Граностар МТМА»). Сепаратори мають аналогічні технологічні схеми і розрізняються, в основному, конструкцією пневмосепаруючих каналів.

Вібросепаратори А1-БЦС-100 типу Р8-БЦ2С і Р8-УЦС-200 можуть служити прикладом поєднання циліндрового робочого органу і вібраційної дії, призначених для попереднього очищення зерна. Робочий орган блоку - вертикальне циліндрове сито, що обертається навколо вертикальної осі, з коливальними рухами навколо цієї осі. Вібраційна дія довгий час залишалася практично єдиним засобом інтенсифікації процесів сепарації.

У сільському господарстві нашої країни більшість експлуатованих машин легко-решітного (вітро-решетного) типу, головним органом яких є решітна частина, а додатковим - пневмосистема.

Пневмосепарування є найбільш поширеним прийомом при попередньому очищенні зернового оберемка. Результати досліджень показують, що більше половини домішок, що містяться в початковому зерновому матеріалі, можна виділити повітряним потоком. У виробничих умовах при обробці зернових культур на зерноочисних агрегатах і комплексах можливості повітряного потоку використовуються на попередньому очищенні не більше ніж на 15%, а вторинному очищенні і сортуванні - на 30 %, хоча ефективність виділення домішок у вживаних пневмосепараторах знаходиться в межах 60...70%. Пояснюється це недосконалістю конструкцій пневмосепаруючих пристроїв, високою нерівномірністю повітряного потоку.

Вживані в даний час машини для очищення зернового оберемка повітряним потоком можна розділити на чотири основні групи: вібраційні, гравітаційні, відцентрові і інерційні.[5]

Об'єднання в одній машині пневмосепаратора і решітного сепаратора сприяє підвищенню ефективності очищення. Компоновка повітряного і решітного сепараторів в одній машині дає можливість використовувати один механізм розподілу зернового потоку по ширині сепаруючих органів машини -пневмоканала і решета, підвищити якість очищення оберемка при пропуску через одну машину.

Схеми компоновки легко-решітних машин різні. Найбільш поширена схема, при якій повітряне очищення передуючи очищенню на решетах. Оскільки наявність в матеріалі домішок, що виділяються решетом, великого впливу на роботу пневмосепаратора не робить, а ефективність роботи решіт після знімання легких домішок істотно підвищується. Така схема компоновки присутня в машині попереднього очищення зерна МПР-50.

Основними робочими органами в легко-решітній машині попереднього очищення зерна МПР-50 є транспортер сітчастий (для виділення крупних домішок), аспіраційна система (для виділення легких домішок), решітного стану для виділення підсівби. Конструктивно машина складається з пневмосепаратора МПО-50,

встановленого на решітну приставку РП-50, що складається з решітного стану і рами. Решітний стан є зварною конструкцією з верхнього стану і нижнього стану.

Існують схеми, де пневмосепаратор стоїть після решета. Ці схеми застосовуються в машинах вітчизняних і зарубіжних фірм або малої продуктивності, або попереднього очищення, де встановлені решета з великими отворами. [3]

Мають місце технологічні схеми двократного очищення зерна повітряним потоком після решета і до нього, наприклад, в машинах СВУ-5, К-531 «Петкус».

Найбільшого поширення набула двох'ярусна схема розташування решіт, яка включає три основні схеми, що відрізняються способом розподілу матеріалу по ярусах.

Перша схема передбачає виділення спочатку крупної домішки, потім дрібної. Решето з дрібними отворами розташовують під решетом з великими. Зерновий матеріал подається на верхнє решето, проходом через нього виділяється основне зерно і дрібні домішки, сходом - крупні домішки. Нижнім решетом в прохід виділяються дрібні домішки.

Спочатку виділяються дрібні домішки згідно другої схеми, потім - великі. При цьому решета встановлені по ходу матеріалу, спочатку - з дрібними отворами, за ним - з великими.

Найбільш ефективною вважається третя схема - фракційна. У її основі лежить ідея ділення на першому етапі матеріалу приблизно на дві рівні частини, одна з яких не містить крупних домішок, а інша - дрібних. На другому етапі ці фракції обробляються окремо. [6]

Суть ідеї фракційної переробки полягає в розділенні початкового потоку зерна на фракції, що відрізняються складом домішок і фізико-механічними властивостями з метою їх подальшого роздільного очищення, гідротермічної обробки і помелу. При розвиненій схемі поетапного фракціонування кількість виділених фракцій зерна може перевищити число потоків, що піддаються надалі роздільній обробці.

Елементи методу фракційної обробки закладені, наприклад, в конструкції сепаратора ЗС М-20, де фракціонування проводиться на розвантажувальному ситі. У 60-х роках він використовувався в лініях фракційної переробки.

Фракційна схема очищення, разом з класичною схемою, передбачається в ЗАВ-50, де для розділення на фракції, що відрізняються за фізико-механічними властивостями домішок, передбачається використовувати легко-решітну машину.

Досвід створення зерноочисних машин з плоскими решетами вказує на недостатність інформації для створення раціональних вирішень завдань по різкому збільшенню продуктивності при одночасному зниженні металоємності і енергоємності устаткування,

що відповідає сучасним економічним і технологічним вимогам виробництва зерна.

Процес сепарації на решеті можна інтенсифікувати за рахунок збільшення товщини шару оброблюваного матеріалу і за рахунок збільшення швидкості його руху по решету.

Збільшення швидкості руху матеріалу по решету спричиняє за собою необхідність підвищення інтенсивності перемішування шарів матеріалу, щоб як можна більше число проходових частинок за короткий час могло б дістатися до поверхні решета і пройти в його отвори. Цей шлях малоефективний, і його не можна назвати перспективним. У машинах традиційного типу цього можна добитися за рахунок підвищення частоти і амплітуди коливань робочих органів. У свою чергу, це призведе до відповідного збільшення маси машини в цілях забезпечення її міцності і стійкості процесу очищення, а також до створення громіздких і дорогих споруд.

В світлі поставленої проблеми можна виділити два основні напрями пошуку технічних рішень: інтенсифікація процесу очищення із застосуванням решіт на основі особливих технічних розробок; інтенсифікація процесу очищення за допомогою створення нових робочих органів і нових принципів сепарації матеріалу.

До першого напрямку можна віднести розробку решета оптимізованої кривизни. У основі лежить ідея про можливість управління процесом розподілу матеріалу, що сепарується, по довжині решета за рахунок його вигину в подовжньо-вертикальній площині. При оптимальній формі решета досягається рівномірний одношаровий розподіл матеріалу по поверхні решета. Встановлено, що за певних умов очищення продуктивність плоского решета довжиною 1 м може бути підвищена за рахунок оптимізації форми не менше чим в 2 рази.

Машини, що випускалися промисловістю, такі, як СУ-0,1, СВУ-1,25, ОВА-1,0, містили одне решето. У дослідженнях по вивченню класичної компоновки решітної частини наголошувалось, у зв'язку з цим, на низьку продуктивність даної схеми унаслідок перевищення пропускної спроможності верхнього решета над нижнім, при цьому нижнє решето виявляється переобтяженим, і виникають перешкоди виділенню дрібній домішці. [5]

Фахівці відзначають той факт, що досягнута межа підвищення ефективності роботи решітних машин, не дивлячись на певні успіхи в області вдосконалення традиційних зерноочистних машин. Достатньо актуальними стають дослідження в області конструкцій, що не використовують традиційні решета.

Процеси гравітаційної сепарації зернових матеріалів дозволяють використовувати додаткове силове поле, що впливає на матеріал, чим досягається помітне підвищення інтенсифікації процесу. Одним із способів реалізації додаткового поля є здійснення вібраційного і

обертального руху робочих органів. Це визначає клас таких зернових сепараторів, як вібровідцентрових. За станом на сьогоднішній день достатньо повно розроблені наукові, механіко-технологічні властивості робочих органів таких сепараторів, раціональні схеми їх інтеграції.

Робота таких сепараторів полягає в наступному. Циліндрове решето приводиться в обертання приводом. На внутрішню поверхню решета подається зерновий матеріал. Робочим органом є решето, згорнуте в циліндр і встановлене вертикально. Завдяки дії відцентрових сил, частинки, менші, ніж розміри отворів решета, проходять в них, а великі частинки поступово сходять вниз, де відводяться шнеком або іншими транспортуючими пристроями. У вертикальному циліндровому решеті поле відцентрових сил інерції розподіляється рівномірно по всій поверхні, а круговий зсув зернового шару в період сталого його руху не відбувається. Щоб матеріал не «прилипав» до решета і здійснювалося відносне переміщення зернового шару по поверхні решета, додатково застосовується механізм вібрації циліндра у вертикальній площині.

Були створені і серійно випускалися машини на основі представленого способу МЗП-50, А1-БЦС-100, Р8 БЦС-50 - для очищення зерна і насіння різних культур; ЗЦП-20 - для попереднього очищення вологого зерна. Також використаний відмінний від традиційного відцентровий спосіб розділення матеріалу, здійснюваний на циліндрових решетах в розробці датської фірми Damas - зерновому очищувачі типу Sigma TS.

Слід вказати і на наявні недоліки, підводячи підсумки приведеного огляду зерноочисних машин. Застосування будь-якого решета - плоского, зігнутого, циліндрового - має на увазі обов'язкове використання приводу для дотримання одного з умов просіювання матеріалу - забезпечення відносної швидкості між матеріалом і сепаруючим органом. При цьому, за даними фахівців, маса решіт може складати всього 3% від всієї маси машини, останнє - привід, масивна рама. Іноді для нормальної роботи потрібне зведення спеціального фундаменту.

Краї отворів решета при зворотно-поступальному або при обертальному русі наносять мікропошкодження зернівкам, що негативно позначається на їх зберіганні і посівних якостях. Із-за конструктивних особливостей решета процес сепарації, що протікає на ньому, характеризується підвищеним травмуванням зернівок. Це стає особливо важливим при підготовці насінного зерна. Також мають місце недоліки, залежні від конструктивних особливостей технічних рішень. Так, наприклад, інтенсифікація процесу просіювання на вібровідцентровому сепараторі обмежена визначеною величиною швидкості обертання циліндрів, при якій частинки матеріалу настільки сильно притискаються до поверхні, що не представляється можливим зрушити їх з місця ніякими додатковими зусиллями.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що питома продуктивність відцентрово-вібраційних циліндрових решіт виявляється в 3-5 разів вище за питому продуктивність плоских решіт при однаковій якості сепарації. Розглянутий спосіб сепарації дозволяє не тільки підвищити рівень інтенсифікації очищення, але і зменшити довжину вживаних решіт в 2-3-раза в порівнянні з плоскими. В порівнянні з традиційними аналогічними машинами відцентрово-вібраційні сепаратори дозволяють в 2 рази понизити металосмість.

#### Література

1. *Авдеев Н.Е.* Проблемы энергосбережения и тенденции развития техники сепарирования / Н.Е. Авдеев, Ю.В. Чернухин // Вестник РАСХН. – 1997. №5. С. 24-29.
2. *Бабченко В.Д.* Высокопроизводительные машины для очистки зерна / В.Д. Бабченко, А.М.Корн, А.С.Матвеев. // – М.: Сельхозгиз, 1982. 49с.
3. *Гладков Н.Г.* Зерноочистительные машины. / Н.Г. Гладков // – М.: Машгиз, 1961. 367с.
4. *Елизаров В.П.* Современные средства предварительной очистки зерна / Механизация и электрификация сельского хозяйства./ В.П. Елизаров, А.С. Матвеев // Вестник РАСХН. – 1996. - №8 С. 31-37.
5. *Карпов Б.А.* Уборка, обработка и хранение семян. / Б.А Карпов. // – М.: Россельхозиздат, 1974. - 206с
6. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. / [Киреев М.В. и др.] – Л.:Колос, 1981 – 222с.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Алексеенко В.О., Петриченко С.В., Радев С.Ю.

**Аннотация** - в работе рассмотрены основные типы машин для сортировки и очистки зерновых культур. Обоснована рациональная конструкция зернового сепаратора.

## ANALYZE CONSTRUCTION CLEANING MACHINES

V. Alekseenko, S. Petrichenko, S. Radev

### *Summary*

**The work consider the basic types of machines for sorting and cleaning grain crops. Grounded rational design of grain separator.**