

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРУВАЛЬНИХ МАШИН З ПРИНЦИПОМ ВІБРОФРИКЦІЙНОЇ ТА ВІБРОУДАРНОЇ ДІЇ НА ОБРОБЛЮВАНИЙ МАТЕРІАЛ

Романчук Аліна Василівна магістр
Гончарова Наталя Геннадіївна магістр
Кошулько Віталій Сергійович к.т.н., доцент
Сова Наталя Анатоліївна асистент

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Romanchuk A.

Goncharova N.

Koshulko V.

Sova N.

Dnipropetrovsk State Agrarian-Economic University

Анотація: дано аналіз конструкції машин та принципів їх дії, які забезпечують відділення від основної маси зерна важковідокремлюваних домішок. Проаналізовано та показано в роботі різні схеми машин та обладнання, знайдені їх позитивні і негативні характеристики, їх найкращі параметри, які взмозі забезпечити якість виконання процесу очистки зерна. Особливу увагу приділено розділенню зернових сумішей по таким властивостям, як пружність, коефіцієнт пружності та щільність.

Ключові слова: сепарувальні машини, віброударна дія, механічні коливання, ефективність відділення, пружня підвіска, віброфрикційний сепаратор, аналіз процесу, живильник, робоча поверхня, пружність, щільність.

Вступ

Найважливішою стратегічною проблемою, яка стоїть перед харчовими та переробними виробництвами, є своєчасне забезпечення фізіологічних потреб населення у високоякісних безпечних продуктах харчування. Успішна реалізація цієї задачі можлива лише за умов цілкової реконструкції цих виробництв, що засновано на досягненнях сучасної науки та техніки, створення принципово нових безвідходних та маловідходних, енергетично вигідних технологій, які забезпечують зниження втрат сировини під час зберігання та переробки.

У результаті аналізу наукових літературних джерел і даних, одержаних у дослідженні ефективності виділення важковідокремлюваних домішок на діючих передових підприємствах, встановлено, що ця операція є на сьогодні найменш ефективною порівняно з іншими технологічними операціями, пов'язаними з очищенням зерна і ядра вівса від домішок.

Механічні коливання часто застосовують для інтенсифікації різноманітних процесів, як то сепарація, перемішування, різання, розпушення та інших. В галузі сепарації сумішей вібрація застосовується досить поширено. Умовно машини за принципом дії можна поділити на саме вібраційної дії та віброударної. Різниця полягає в тому, що у першому випадку розподіл матеріалу відбувається в основному за рахунок різниці коефіцієнтів тертя, в другому – коефіцієнтів відновлення при ударі.

Аналіз досліджень та схем сепарувальних машин

Аналізом літературних джерел встановлено, що в Україні абсолютний пріоритет в дослідженнях вібраційної дії на ворох насіння належить Харківській школі (ХНТУСГ ім. Петра Василенка). Перш за все це роботи П.М. Заїки, Л.М. Тищенко, В.П. Ольшанського, Ю.О. Манчинського, Н.В. Бакума.

Процес розділення компонентів насіннєвих сумішей на фрикційній неперфорованій поверхні полягає в тім, що насіння округле, більш пружне і менш шорсткувате переміщується в низ по фрикційній робочій поверхні, а плоске, менш пружне та більш шорсткувате рухається нагору [1, 2, 3, 4].

Робочі органи цих сепараторів виконують або поступальний, або просторовий рух, проте останні поширення не одержали через складність конструкції. Робочі поверхні віброфрикційних сепараторів можуть бути плоскими, східчастими, криволінійними. На рис. 1 представлена схема віброфрикційного сепаратора з циліндричним робочим органом. Сепаратор містить циліндр 3, облицьований фрикційним матеріалом і встановлений на вісь 2, що спирається на пружні підвіски 1. На вісі робочого органа жорстко закріплений віброзбудник 4, що приводить у рух вісь 2, а отже, і циліндр 3. У сепараторі встановлений: живильний пристрій 6, дільники 8 і приймальники продуктів розділення 7. Привід віброзбудника здійснюється від електродвигуна 10 через гнучкий вал 9.

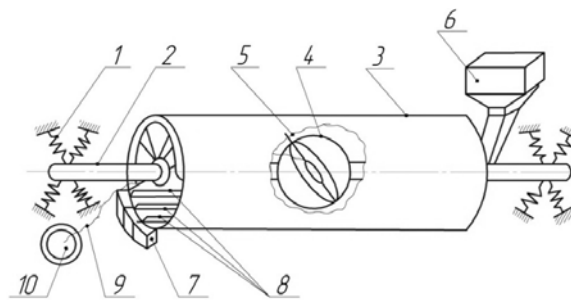


Рис. 1. Принципова схема сепаратора з циліндричною робочою поверхнею: 1 – пружна підвіска; 2 – вісь; 3 – циліндр; 4 – віброзбудник; 5 – дебаланс; 6 – живильний пристрій; 7 – приймальники продуктів розділення; 8 – дільники; 9 – гнучкий вал; 10 – електродвигун

Технологічний процес цього сепаратора здійснюється таким чином. З живильного пристрою 6 вихідна суміш насіння надходить у циліндр 3. Під дією вібрації компоненти суміші переміщуються уздовж циліндра, піднявшись по його поверхні до тих утворюючих, дотичні до яких у площинах, перпендикулярні вісі циліндра, дорівнюють граничним кутам підйому.

Компоненти суміші, що мають різні фізико-механічні властивості, рухаються уздовж цих утворюючих на різній відстані від самої нижньої утворюючої циліндра, розділяються дільниками 8 і надходять і різні приймальники продуктів розділення 7.

Частково ці недоліки усунуті в сепараторі, що включає пакет увігнутих фрикційних дек, виконаних зі скосом у напрямку вібрації [4]. Деки встановлюють друг під другом, що дозволяє підвищити продуктивність сепарації. Однак невисока якість сепарації і завищена споживана потужність, є основними недоліками цього сепаратора.

Для усунення всіх цих недоліків запропонований віброфрикційний сепаратор, що включає деки, виконані зі скосом у напрямку вібрації, приймальники продуктів розділення, розміщені під великою стороною пакета і завантажувальне пристосування, встановлене в його прямому куті.

Схема сепаратора приведена на рис. 2. Сепаратор складається з фрикційних увігнутих неперфорованих дек, виконаних зі скосом у напрямку вібрації і набраних у пакет 2. Пакет 2 встановлений на рамі 3 за допомогою пружної підвіски 4. Для приводу пакета поверхонь у коливальний рух призначений віброзбудник 5, вали якого одержують коливальний рух від електродвигуна 6 через клинопасову передачу 7, проміжну передачу 8 і пружну муфту 9. Регулювання поперечного кута нахилу здійснюється механізмом 10. Подача вихідного матеріалу на деки, що сепарують, здійснюється за допомогою завантажувального пристосування 11. Розділені фракції надходять у приймальники продуктів розділення 12.

Сепаратор працює таким чином. Вихідна суміш із завантажувального пристосування надходить на кожену робочу поверхню. Під дією коливань, в залежності від фізико-механічних властивостей, компоненти суміші переміщуються з різними траєкторіями і поступають в приймальники продуктів розділення у час досягнення ними граничного кута підйому, що підвищує якість сепарації. Виконання деки 1 зі скосом на плані трикутника дозволяє збільшити довжину розвантажувальної крайньої деки (при тих же розмірах сторін деки). В результаті цього кількість приймальників продуктів розділення і кількість фракцій уздовж розвантажувальної крайки можна збільшити. Це також підвищує якість сепарації.

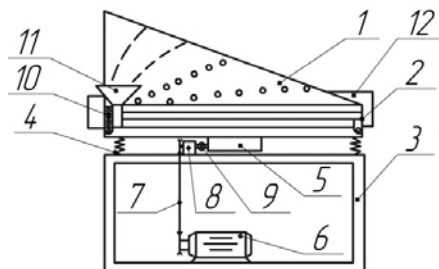


Рис. 2. Конструктивна схема віброфрикційного сепаратора: 1 – робочі поверхні; 2 – пакет робочих поверхонь; 3 – рама; 4 – пружна підвіска; 5 – віброзбудник; 6 – електродвигун; 7 – клинопасова передача; 8 – проміжна передача; 9 – муфта; 10 – механізм встановлення кута нахилу пакету робочих поверхонь; 11 – завантажувальне пристосування; 12 – приймальники продуктів розділення



Більш простими за конструкцією є сепаратори з плоским похилим робочим органом, що робить прямолінійні спрямовані коливання, під гострим кутом з напрямком зростання підйому робочої поверхні.

На рис. 3 приведена принципова схема віброфрикційного сепаратора з позовжнім кутом нахилу робочого органу до горизонту [4]. Сепаратор має робочу поверхню 1, встановлену на вібростолі 2. Кут нахилу до горизонту цієї поверхні можна регулювати в позовжньо-вертикальній площині. До вібростолу 2 жорстко кріпиться дебалансний віброзбудник спрямованої дії 3. Вібростіл 2 встановлений на пружинах 4, що закріплені на основній рамі 8. Подача насінневої суміші здійснюється живильним пристроєм 5. Для збору продуктів розділення служать приймальники 6 і 7.

Технологічний процес віброфрикційного сепаратора полягає в наступному. Насіннева суміш з живильного пристрою 5 подається на робочу поверхню 1. Під впливом спрямованих коливань, створюваних віброзбудником 3, відбувається розділення компонентів суміші. Нагору переміщуються більш плоске, шорсткувате і менш пружне насіння а також домішки і надходять у приймальник 6. Гладке, округле і пружне насіння переміщується вниз по робочій поверхні і надходять у приймальник 7. На цьому сепараторі насіннева суміш розділяється тільки на дві фракції, тому можливо розділення тільки насінневих сумішей, компоненти яких сильно відрізняються за ознакою розділення – граничному куту підйому. Однак реальні насінневі суміші містять звичайно компоненти, фізико-механічні властивості яких змінюються в широких межах. Отже, одержання посівної фракції високої чистоти дуже важко. Крім того, збільшення продуктивності сепаратора обмежується явищем зіткнень компонентів суміші, що переміщуються за різними напрямками (нагору або вниз) по робочій поверхні.

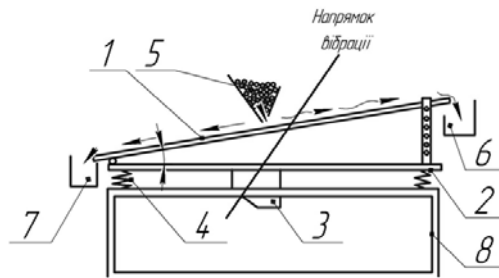


Рис. 3. Принципова схема сепаратора з позовжнім кутом нахилу робочого органу до горизонту: 1 – робоча поверхня; 2 – вібростіл; 3 – віброзбудник; 4 – пружини; 5 – живильний пристрій; 6, 7 – приймальники продуктів розділення; 8 – основна рама

Частково усунути даний недолік можна на віброфрикційному сепараторі (рис. 4) із фрикційними V-подібними поверхнями.

Сепаратор містить живильник вихідного матеріалу 1, набір фрикційних V-подібних робочих поверхонь 2, лотки 3 для транспортування відсепарованих компонентів, приймальники продуктів розділення 4, 5, вібростіл 6, стрижень 7, електродинамічний віброзбудник 8.

Процес розділення відбувається в такий спосіб. З живильника 1 вихідний насінневий матеріал подається на робочі поверхні 2. При цьому, через стрижень 7 і вібростіл 6 передається коливальний вплив на робочі поверхні 2. Насіння під дією вібрації починає рухатися по поверхні. При цьому, більш плоске і шорсткувате насіння рухається нагору; округле, гладке – переміщується вниз. Електродинамічний віброзбудник 8 створює коливання з частотою, близької до однієї з власних частот системи. При цьому, форма змушених коливань вібростолу збігається з відповідною власною формою коливань вібростолу, виконаного у вигляді округлого диска.

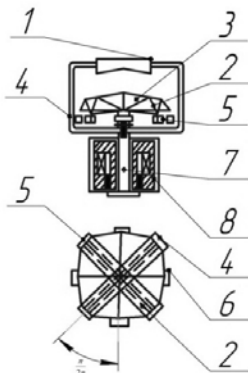


Рис. 4. Схема сепаратора з V-подібними фрикційними поверхнями: 1 – живильник; 2 – робочі поверхні; 3 – лотки; 4, 5 – приймальники продуктів розділення; 6 – вібростіл; 7 – стрижень; 8 – електродинамічний віброзбудник



При сепарації насінневої суміші, переважно з пружними властивостями її компонентів, на віброуючий похилій поверхні, технологічний процес може бути інтенсифікований за допомогою встановлення під поверхню, що сепарує, еквідистантно її розташованої та жорстко з нею зв'язаної, відбивної поверхні (рис. 5).

Підвищити якість розділення насінневого матеріалу можна за рахунок запобігання скупчування важковідокремлюваних часток у зоні живильників.

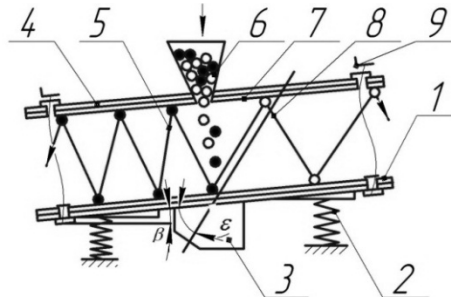


Рис. 5. Схема сепаратора з відбивною робочою поверхнею: 1 – робоча поверхня; 2 – пружина; 3 – вібробудник; 4 – відбивна поверхня; 5 – траєкторія руху округлого, гладкого насіння; 6 – живильний пристрій; 7 – фрикційний матеріал; 8 – траєкторія руху плоского, шорсткуватого насіння та домішок; 9 – гвинтовий регулювальний пристрій

Схема такого віброфрикційного сепаратора представлена на рис. 6 віброфрикційний сепаратор складається з фрикційної поверхні 1, над якою змонтовані живильники 2 і очисники 3. У поздовжнього обріза поверхні встановлений додатковий приймальник 4. Живильник приводиться у рух за допомогою ланок 5 і ковзанок 6.

Для виключення можливості захоплення в протилежні фракції насіння, а також для запобігання скупчування насіння, швидкість яких невелика, у районі живильника необхідно очищати робочу поверхню від цього насіння. Це можливо, якщо живильник рухається по поверхні (при цьому можливо будь-який напрямок, крім співпадаючих з поздовжнім обрізом 1), а за ним через визначений проміжок часу по поверхні рухається очисник 3, що забирає з поверхні 1 усе насіння, що знаходиться в зоні захоплення і зсіпає їх у додатковий приймальник 4. При цьому можливо круговий рух живильників і очисників над поверхнею. За допомогою сполучник ланок 5 і ковзанок 6, обертальний рух від ковзанок може бути переданий від електродвигуна, що приводить у рух вібробудник.

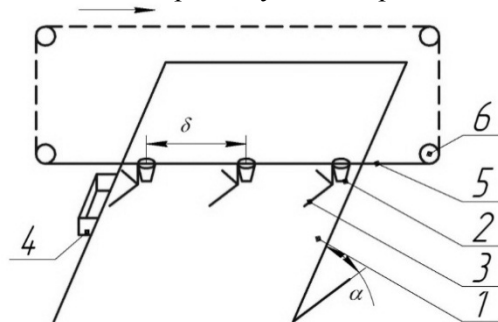


Рис. 6. Віброфрикційний сепаратор для важковідокремлюваних сумішей: 1 – фрикційна поверхня; 2 – живильник; 3 – очисник; 4 – додатковий приймальник; 5 – ланки; 6 – ковзанки

Однак, одним з основних недоліків розглянутих сепараторів є те, що в них можна розділити насінневий матеріал тільки на дві фракції. Підвищення продуктивності і якості розділення можливо при використанні сепараторів з поздовжньо-поперечним кутом нахилу робочого органу до горизонту. Конструктивна відмінність цих сепараторів від вищевикладених полягає в наявності двох механізмів регулювання положення робочої поверхні (деки) у поздовжньому і поперечному напрямках. Така конструктивна зміна призводить до істотних змін процесу розділення зернових сумішей. У сепараторах з подвійним кутом нахилу робочої поверхні, насіння, що має відмінність фізико-механічних властивостей, переміщується по деці за різними траєкторіями, унаслідок чого знижується кількість зіткнень і взаємне захоплення насіння у різнойменні фракції. Це дозволяє підвищити продуктивність і якість сепарації. Принципова схема такого сепаратора представлена на рис. 7.



Сепаратор містить фрикційну поверхню 1, закріплену на вібростолі 2, що встановлений на пружинах 3, закріплених на корпусі 4. До вібростолу жорстко кріпиться віброзбудник 5. Поздовжній і поперечний кути нахилу робочої поверхні до горизонту регулюються механізмами 6 і 7. Віброзбудник 5 приводиться в рух від електродвигуна 8 через клинопасову передачу 9, варіатор 10, проміжну передачу 11 і пружну муфту 12. Для збору продуктів розділення служать приймальники 14. Подача насінневої суміші здійснюється з живильного пристрою 13.

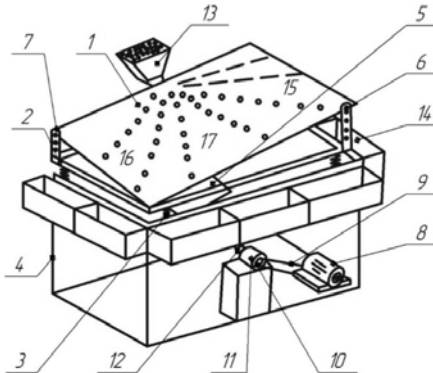


Рис. 7. Схема сепаратора з поздовжньо-поперечним кутом нахилу робочого органу до горизонту: 1 – фрикційна поверхня; 2 – вібростіл; пружини; 4 – корпус; 5 – віброзбудник; 6, 7 – механізм регулювання поздовжнього і поперечного кутів нахилу; 8 – електродвигун; 9 – клинопасова передача; 10 – варіатор; 11 – проміжна передача; 12 – муфта; 13 – живильний пристрій; 14 – приймальники продуктів розділення

Технологічний процес сепаратора здійснюється таким чином. Вихідна насіннева суміш з живильного пристрою 13 подається на робочу поверхню 1. За рахунок спрямованих коливань і подвійного нахилу поверхні 1, відбувається переміщення компонентів суміші за різними траєкторіями, в залежності від їх фізико-механічних властивостей. При цьому у верхні приймальники продуктів розділення по траєкторіях 15 переміщується більш шорсткувате, плоске і менш пружне насіння та домішки. Найбільш округле, гладке і пружне насіння надходять по траєкторіях 16 у нижні приймальники. Насіння, що має проміжні значення цих властивостей, надходить у проміжні приймальники по траєкторіях 17. Насінневий матеріал, що надійшов у проміжні приймальники, при необхідності направляють на повторну обробку, тому що тут утримуються компоненти суміші різноїменних фракцій.

Найбільш сучасні падді-машини випускають фірми «Бюлер» (Швейцарія), «Шуле» і ММВ (Германія). Протягом багатьох років круп'яні підприємства нашої країни обладнувались падді-машинами фірми ММВ, вдосконалені моделі якої виробляють і в даний час. В останні роки виробництво падді-машин освоїв Хорольський механічний завод. Машина МСХ-М за своєю принциповою конструкцією базується на технічних рішеннях машини ТА/1 виробництва фірми ММВ.

Падді-машина Твітор БСОА (BSOA) фірми «Бюлер» – п'ятирусна, високопродуктивна – є машиною нового покоління. Машина відрізняється новим сучасним дизайном, виконана з сучасних матеріалів. Внесені удосконалення в конструкцію столу, приводного пристрою. Передбачено приймання двох різних продуктів, що забезпечує в одній машині два послідовних проходи, зазвичай необхідних для якісного поділу лущених і нелущених зерен.

Робочий елемент сортувального столу падді-машини (рис. 8) – це зигзагоподібні канали. В машинах виробництва Німеччини, широко розповсюджених на вітчизняних підприємствах, кількість таких каналів коливається від 10 до 39. Робочий канал утворюється відбивними стінками, розташованими під кутом $\alpha = const$ до поздовжньої вісі каналу та плоским днищем, ломаним в зоні приймання продукту таким чином, що в нижній частині каналу днище має кут нахилу до горизонту β_n , а у верхній – β_e . В сучасних конструкціях $\beta_e > \beta_n$.

Вібрація – найбільш розповсюджений вид механічного впливу на сипучий матеріал при його сепаруванні на хлібоприймальних і зернопереробних підприємствах. За допомогою вібрацій виконується основна задача сепарування – переміщення часток фракцій, що розділяються, в різні області робочого простору. Крім цього, вібрації застосовують для подачі вихідної суміші до робочого простору, для транспортування проміжних продуктів від одного робочого органу до іншого і для виводу отриманих фракцій з місць їх концентрації до робочого простору.

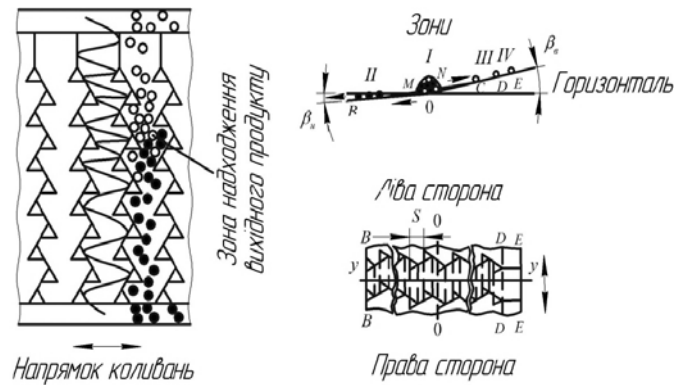


Рис. 8. Розділення зернових сумішей по пружності, коефіцієнту пружності та щільності (сортувальний стіл падді-машини)

При вібраціях опорної та бокових поверхонь, що обмежують сипуче тіло, силові імпульси від часток крайнього шару передаються вглиб, постійно зменшуючись внаслідок розсіювання енергії. В більшості випадків фізична характеристика часток дозволяє не враховувати силу їх взаємного тяжіння і розглядати зв'язки як не утримуючі. Таке припущення стає неприйнятним для дуже мілких часток, частинок з поверхневою вологою, що несуть електричні заряди, або металоманітних часток в магнітному полі.

Сила, яку можна передати частці від суміжних часток або від обмежуючих сипуче тіло твердих поверхонь, визначається умовами зв'язку і залежить від напрямку передачі цієї сили. Якщо умови зв'язку не дозволяють передати частці силу, необхідну для її прискорення, яким володіє обмежуюча поверхня, то відбувається відносний рух цієї частки. Для часток з різними фізико-механічними властивостями або, які розташовані в різних точках сипучого тіла, умови зв'язку різні, а тому різні і прискорення, при яких починається і відбувається їх відносний рух. Внаслідок руху часток відносно одна одної відбувається розпушування і збільшення обсягу сипучого тіла в напрямку вільної поверхні. Так виникають умови для самосортування, тобто спрямованих в середньому переміщення відмінних властивостями часток в різні ділянки обсягу, що зайнятий сипучим тілом.

Якщо спрямоване в середньому переміщення всіх часток сипучого тіла однакове відносно обмежуючих поверхонь, то кажуть, що сипуче тіло рухається потоком, і основною характеристикою цього руху, що називається подачею, вважають середню швидкість часток вздовж опорної поверхні. Таким чином, дія вібрації на сипуче тіло проявляється в розпушенні і самосортуванні цього тіла з одного боку і в подачі, що забезпечує неперервність процесу, з іншого боку.

Ефективність процесу сепарування на падді-машинах складає 95 – 97 %, також на цих машинах можна проводити очищення насіння дрібнонасіневої групи таких як просо та інші.

Висновки

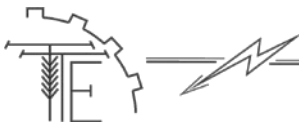
Після огляду та аналізу технологічних схем сепарування зернових сумішей, конструктивно-технологічних схем машин для очищення зернових мас, а також дослідження робочих органів, що використовуються на цих машинах, можливо визначити наступне:

1. В зв'язку з економією коштів при будівництві переробних цехів, та раціонального використання місця в робочих приміщеннях, доцільно буде впроваджувати у виробництво малогабаритні та ефективні машини засновані на віброударному сепаруванні. Машини подібного типу доцільно використовувати тому, що вони мають досить велику продуктивність в порівнянні з іншими, а також можуть виділяти з насіння основної культури насіння дикої редьки та спорині з високою технологічною ефективністю, що на інших очисних машинах майже не можливо;

2. Машини, які основані на віброударному сепаруванні доцільно використовувати на крупозаводах з виробництва вівсяної крупки для розділення облущених та не облущених зерен, що на звичайних круповідокремлюючих машинах досить важко, а також технологічна ефективність їх буде невисока на відміну від падді-машин.

Список літератури

1. Гольтяпин В.Я. Машини и оборудование для послепосевочной обработки зерна / В.Я. Гольтяпин // Рос. НИИ информ. и техн.-экон. исслед. по инж.-техн. обеспечения агропром. комплекса (ФГНУ «Информагротех»). – М., 2000. – 80с.



2. Гольтяпин В.Я. Механизация послеуборочной обработки зерна / В.Я. Гольтяпин, Н.И. Стружкин // Рос. НИИ информ. и техн.-экон. исслед. по инж.-техн. обеспечению агропром. комплекса. – М., 2002. – 75с.
3. Гордеенко И.В. Определение геометрических параметров семян зерновых культур / И.В. Гордеенко // Актуал. пробл. механизации с.-х. пр-ва. – Горки, 2001. – Ч. 2. – С. 186–192.
4. Гортинский В.В. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях. – 2-е изд. перераб. и доп. / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин // – М.: Колос, 1980. – 304с.

References

1. Goltiapin V.Y. Machines and equipment for postharvest processing of grain / V.Y. Goltiapin // Ros. SRI Inf. and tehn.-ekon. develop. by Ing.-tehn. ensure agro. complex (Federal State "Informagroteh"). - M., 2000. – 80p.
2. Goltiapin V.Y. Mechanization of post-harvest processing of grain / V.Y. Goltiapin N.I. Struzhkin // Ros. SRI Inf. and tehn.-eko. develop. by Ing. -tehn. ensure agro. complex. - M., 2002. – 75p.
3. Gordeenko I.V. Determination of geometrical parameters of cereal seeds / I.V. Gordeenko // Aktual. probl. agricultural mechanization . - Gorki, 2001 - Part 2. - P. 186-192.
4. Gortinsky V.V. Separation processes in the grain processing enterprises. - Second Edition. Revised. and ext. / V.V. Gortinsky, A.B. Demsky, M.A. Boriskin // - M: Kolos, 1980. – 304p.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ СЕПАРИРОВАНИЯ С ПРИНЦИПОМ ВИБРОФРИКЦИОННОГО И ВИБРОУДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОБРАБАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ

Аннотация: дан анализ конструкции машин и принципов их действия, которые обеспечивают отделение от основной массы зерна тяжело отделяемых примесей. Проанализированы и показаны в работе различные схемы машин и оборудования, найдены их положительные и отрицательные характеристики, их лучшие параметры, которые в состоянии обеспечить качество выполнения процесса очистки зерна. Особое внимание уделено разделению зерновых смесей по таким свойствам, как эластичность, коэффициент упругости и плотность.

Ключевые слова: сепараторные машины, виброударное действие, механические колебания, эффективность отделения, упругая подвеска, виброфрикционный сепаратор, анализ процесса, питатель, рабочая поверхность, упругость, плотность.

ANALYSIS OF SEPARATION MACHINES DESIGN WITH THE PRINCIPLE OF VIBROFRICTION AND VIBROIMPACT ACTION ON THE PROCESSED MATERIAL

Summary: was gave the analysis of machine design and principles of their action that provide separation from the main grain difficult separable impurities. Analyzed and shown in various schemes machinery and equipment, found their positive and negative characteristics, their best options that provide notable quality of the grain cleaning process. Particular attention is paid to the separation of grain mixtures on properties such as elasticity, coefficient of elasticity and density.

Keywords: separator machines, vibroimpact action, mechanical vibrations, efficiency of separation, elastic suspension, vibrofriction separator, analysis of process, feeder, working surface, elasticity, density.