

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КОВАЛЬЧУК ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 631.362.633

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів енергозберігаючого
(тема роботи)
сепаратора для очищення зернового вороху

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Сукманюк Олена Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.і.н., доцент кафедри процесів,

(науковий ступінь, вчене звання)

машин і обладнання в агроінженерії

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Ковальчук Ю.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів енергозберігаючого сепаратора для очищення зернового вороху. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Робота присвячена проблемі підвищення ефективності технологічних засобів для очищення зерна шляхом встановлення раціональних конструктивно-технологічних параметрів енергозберігаючого сепаратора з використанням сил гравітації.

Аналітично описано процес руху частинок зернового матеріалу по нахиленій площині та наведено математичну модель процесу сепарації зернового матеріалу. Обґрунтовано функціональну схему енергозберігаючого сепаратора, описано його будову та наведено показники ефективності технологічного процесу.

Ключові слова: енергозбереження, сепаратор, сили гравітації, зерновий матеріал, ефективність.

ABSTRACT

Kovalchuk Yu. Justification of the design and technological parameters of the energy-saving separator for cleaning a grain heap. The quality of the robot for the purpose of the master's degree for specialty 208 - agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2020.

The work assigns problematic parameters of an effective technological shutter for cleaning the technological path of the installation of rational design and construction parameters of the energy-dependent separator for the use of power.

A mathematical model of the process of separating grain material is analytically described to the process of grain particles separation according to the heap of area. The functional diagram of the energy-saving separator was grounded, and the indicators of the efficiency of the technological process were introduced.

Key words: energy saving, separator, power of gravity, grain material, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ	6
1.1. Аналіз існуючої техніки для сепарування зернового вороху	6
1.2. Аналіз енергоємності машин для очищення зерна	13
Висновки по розділу 1	15
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМ СЕПАРАТОРОМ	16
2.1. Обґрунтування процесу руху частинок зернового вороху по нахиленій площині і сепарувальній гребінці	16
2.2. Математична модель процесу сепарації зернового вороху	19
Висновки по розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО СЕПАРАТОРА	24
3.1. Опис експериментальної установки для очищення зерна	24
3.2. Методика проведення дослідів	27
Висновки по розділу 3	31
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

ВСТУП

Виробництво зерна в сільському господарстві завершується післязбиральною обробкою.

У загальному виробничому процесі виробництва зерна, основні затрати яких приходять на післязбиральну обробку, що полягають в очищенні, сушінні та доведенні до потрібних кондицій по чистоті, вологості та інших показниках зерна і насіння.

Однією із причин низької урожайності зерна є його травмування, що виникає при збиранні і післязбиральній обробки, а також утворення великих «завалів» необробленого зерна із-за недостатньої продуктивності зерноочисної і зерносушильної техніки.

Існуюча в сільському господарстві зерноочисна техніка фізично зношена на 70-80%. Забезпеченість великих і середніх господарств не перевищує 35%, а невеликі фермерські господарства зовсім не мають потрібної техніки [1]. При цьому обладнання для сепарації зерна і насіння за всіма експлуатаційними показниками: питома продуктивність, ефективність, надійність і енергоємність не відповідають зростаючим вимогам сільського господарства і промисловості.

Розвиток матеріально-технічної бази післязбиральної обробки зерна можливий завдяки новим знанням з розробки і удосконалення робочих органів, що дозволяють створювати технологічно ефективні мало затратні комплекси післязбиральної обробки зерна і підготовки насіння.

В існуючих сепараторах найбільш широко використовуються решітні робочі органи, конструктивне виконання яких приводять до ускладнення процесів очищення, зниження надійності машин і збільшення енерговитрат як на стадії виготовлення, так і в процесі експлуатації.

У зв'язку з цим розробка і обґрунтування основних конструктивних і технологічних параметрів нової сепарувальної машини, які будуть пристосовані до різних умов виробництва, є актуальною задачею. Також, однією із актуальних напрямів в сільському господарстві є вирішення проблеми

енергозбереження. Проведення енергозберігаючої політики сприяє активації структурної перебудови, прискоренню темпів зростання виробництва, зниженню цін на продукцію, а також вирішенню соціальних і екологічних задач.

Відповідно до викладеного, у кваліфікаційній роботі сформульовано **мету дослідження**: обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів енергозберігаючого сепаратора для очищення зернового вороху, що забезпечує поліпшення якісних показників процесу сепарування.

Об'єкт дослідження: процес очищення зернового вороху з використанням сил гравітації.

Предмет дослідження: закономірності взаємодії робочих органів енергозберігаючого сепаратора із зерновим ворохом, залежності кількісних і якісних показників роботи від конструктивно-технологічних параметрів.

Методи дослідження: теоретичні обґрунтування параметрів і режимів роботи енергозберігаючого сепаратора проводилось з використанням математичного моделювання, та базувалось на законах класичної механіки, механіки матеріалів і аналітичної геометрії.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези у Збірнику доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві» та збірнику матеріалів науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2020».

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 35 сторінках машинописного тексту, містить 2 таблиць, 11 рисунків, списку використаних джерел з 25 найменувань.

РОЗДІЛ 1.

СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ

1.1. Аналіз існуючої техніки для сепарування зернового вороху

Енергозберігаючі технології дають помітне скорочення експлуатаційних витрат та є досить екологічно чистими. Впровадження капіталоемких заходів: енергозберігаючих технологій, процесів, апаратів, обладнання, сприяють зниженню потреби в енергоресурсах на 25-30%.

Актуальність вирішення питань енергозбереження набуває для широко розповсюджених технологічних процесів. Одним із яких, що має велике значення для різних галузей сільського господарства – це процес сепарування сипучих матеріалів [2-4].

Щороку в Україні при збиранні врожаю, первинній обробці та зберіганні на елеваторах при переробці на заводах, сепаруванню піддається більше 74 млн. тон зерна [5]. При такому досить великому масштабі затрат, навіть невелике зменшення енергоспоживання при процесі сепарування може дати значний економічний ефект.

Питомі показники енергоспоживання вітчизняних сепарувальних машин, що серійно випускаються для підприємств переробної промисловості, коливаються в межах 0,01...1,32 кВт год/т [5, 6]. Відповідно, такий досить широкий діапазон пояснюється тим відмінністю різних технологічних операцій, при виконанні яких розроблене просіювальне обладнання, так і його продуктивністю [5].

Суттєвим вирішенням питання зниження енергоспоживання є сепарування зерна без застосування енергії від зовнішніх джерел, тобто самопливні або гравітаційні сепаратори [5]. Таким процесом сепарування зернових матеріалів з використанням гравітаційних сил, дозволяють застосовувати додаткове силове

поле, що впливає на матеріал, при якому досягається суттєве підвищення даного процесу.

Історія розробки сепарувальних машин розпочинається близько 100 років назад. Протягом цього терміну розроблювались і створювались зерноочищувальні машини, в яких не було передбачено приводу решіт, а зерновий ворох переміщувався за рахунок сил гравітації.

У 1914 році канадець Otto A. Burgeson [8], отримав патент на зерновий сепаратор, в якому використовувався самопливний принцип переміщення матеріалу. У зерновому сепараторі канадця, в якості робочих органів, застосовувались плоскі решета, встановлені послідовно один за одним під кутом таким чином, що вони утворювали зигзагоподібний канал. При переміщенні з одного решета на інший зерновий матеріал очищався від домішок.

У 1915 році в Бостоні George P. Daly була запатентована аналогічна установка з плоскими решетами, розміщеними так, що вони утворювали зигзагоподібний сепарувальний канал [9]. Для вирівнювання швидкості зернового потоку дана установка була обладнана ротором, що розміщувався посередині самого зигзагоподібного каналу.

Розглядаючи процес очищення зерна на цих машинах, можна зауважити, що зерновий ворох повинен постійно рухатися по решетам для виключення забивання каналу, тому на кожному решеті матеріал повинен прискорюватись до певної швидкості. Значення даної швидкості при роботі із зерновим ворохом дуже велике, оскільки сприяє непрохідності маленьких частинок в отвори, так як вони пролітають над ними, тому ефективність процесу сепарації на одному нахиленому решеті досить низька. Для підвищення ефективності можливо збільшити кількість послідовно встановлених у зигзагоподібному сепарувальному каналі решіт, що призводить до збільшення габаритних розмірів установки.

Одним із важливих недоліків є забивання отворів решіт частинками. В 1938 році Johnson H. L. використав вібраційний механізм у сепарувальній

машині, що дозволило зменшити забивання отворів решіт заклинювальними частинками [10].

До середини 80-х років у Канаді та США практично використовувались гравітаційні зерноочищувальні сепаратори різних конструкцій, вони відрізнялись формою решіт (трапецієвидні, прямокутні) та їх кількістю [11]. Дані зерноочищувальні сепаратори використовувались лише для виділення маленьких домішок (пилу, піску тощо), для великих домішок із-за швидкого забивання зигзагоподібного каналу є установка, що описана в патенті Steven B. Hannie виданого у США в 1980 році [11]. Самопливна сепарувальна установка (рис. 1.1) призначена для очищення зернового матеріалу від пилових домішок.

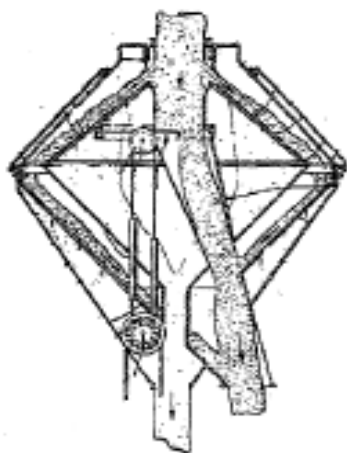


Рис. 1.1. Самопливна сепарувальна установка

У даній установці особливим чином розміщені одношарові сита, по поверхнях яких самопливом переміщується зерновий матеріал. Над ситами знаходиться завантажувальний патрубок для подачі зернового матеріалу. Зерно рухаючись по ситам очищається від пилових домішок і вивантажується через вивантажувальний патрубок, що розміщений під ситами.

В 1997 р. Мерчалов С.В. та Сундєєв А.А. отримали патент [12] на гравітаційний сепаратор з робочими органами у вигляді конічних поверхонь (рис. 1.2). Сепаратор складався з корпусу із завантажувальним бункером та патрубками вивантажування великої та мілкої фракції у нижній частині. В середині розміщувався сепарувальний конус, що складався із послідовно розміщених один за одним з утворенням одного конуса сепарувальних конічних поверхонь, під якими встановлений один збірник прохідної фракції. Розгінні ділянки дозволяють збільшувати швидкість надходження частинок на наступну сепарувальну поверхню, тим самим зменшуючи ризики забивання клиновидних каналів.

У 2002 році Мерчалов С.В. та Сундєєв А.А. [13] удосконалили конструкцію гравітаційного сепаратора. Завантажувальний бункер мав більші розміри, патрубки для відведення фракцій і послідовність встановлення один над одним здійснювалось за ходом руху зернового матеріалу. Сепарувальні конуси були виконані у вигляді розширювальних від вершини та звужувальних до основи і мали збірники відповідних фракцій. Виконані усіченими сепарувальні конуси мають розподільні ковпаки, що розміщені над ними. Канали для виведення сходової фракції з кожного конуса мають пристрої для з'єднання з каналами для виведення сусідніх конусів. Дане технічне рішення дозволило покращити, в деякій мірі, ефективність процесу сепарування за рахунок повернення оброблювального зернового вороху на повторну сепарацію.

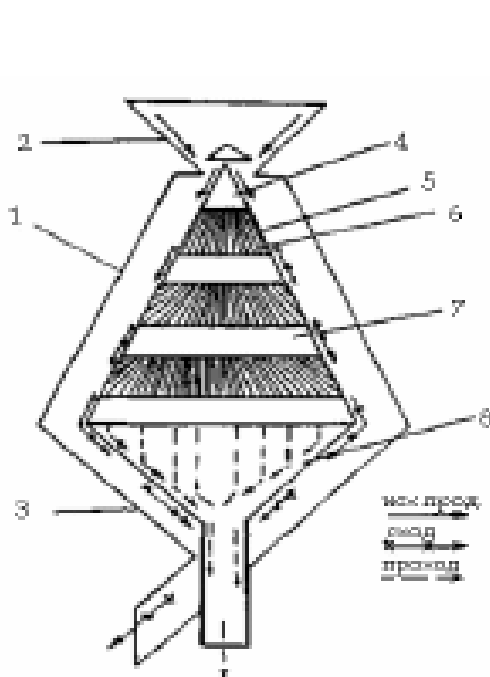


Рис. 1.2. Гравітаційний сепаратор:
1 – корпус; 2 – бункер; 3 – патрубок; 4 – сепарувальний корпус; 5 – сепарувальні поверхні; 6 – клиновидний канал; 7 – розгінні ділянки; 8 – патрубок для вивантаження дрібної фракції

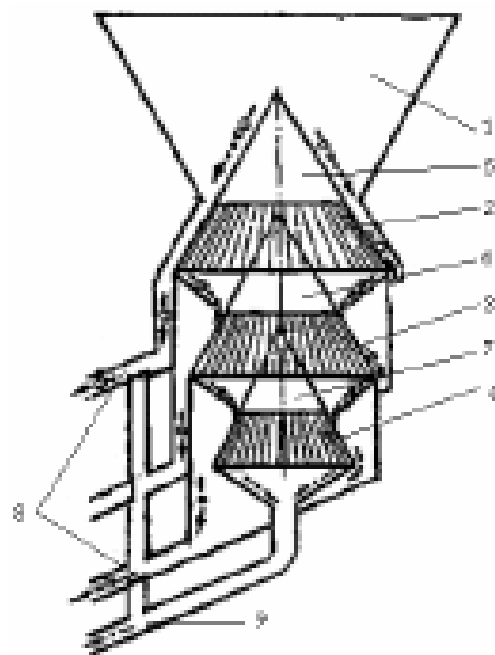


Рис. 1.3. Удосконалений гравітаційний сепаратор: 1 – бункер; 2, 3, 4 – сепарувальні конуси; 5, 6, 7 – розподільні ковпаки; 8 – канали для виведення сходової фракції; 9 – канал для виведення прохідної фракції

Авторським колективом (Авдеєєв Н.Є., Чернухін Ю.В., Некрасов А.В.) розроблений гравітаційний вертикальний сепаратор-транспортер для сипучих

зернових матеріалів СТВ-2 (рис. 1.4.) [14], що поєднує в собі операції транспортування і сепарування. За рахунок потенціальної енергії зернового вороху сепаратор здійснює розподіл по фракціях, гранулометричний склад яких визначається шириною клиновидних просіваючих отворів у місцях безпосереднього удару частинок продукту об поділяючі елементи. Проникнення у сепаратор великих домішок призводить до забивання вертикального каналу.

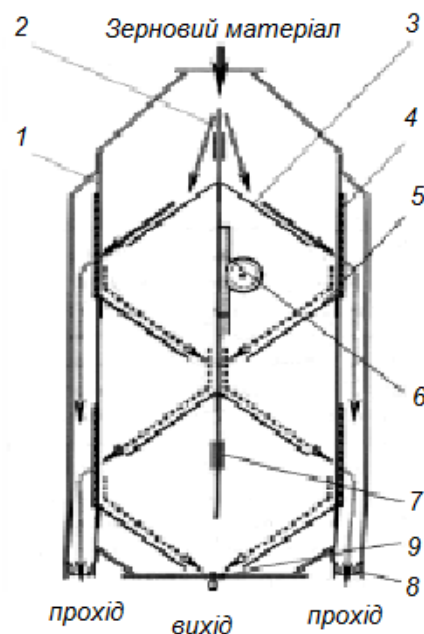


Рис. 1.4. Гравітаційний вертикальний сепаратор-транспортер для сипучих зернових матеріалів СТВ-2: 1 – вертикальний канал; 2 – пластина; 3 – направляючі полки; 4 – розділяючі елементи; 5 – пересипні полки; 6 – регулювальний пристрій; 7 – направляючі; 8, 9 – збірники

Для вирішення проблеми усунення забивання просіваючих поверхонь у гравітаційному сепараторі Липський Б.П. і Мухаметжанов Н.Ф. (рис. 1.5) [15] запропонували розмістити сепаратор сипучих матеріалів під кутом до горизонтальної площини. Канал з просіваючими пристроями, встановлені нерухомо і зібраними із гребінок з пальцями, що закріплені консольно. Над гребінками, розміщені на шарнірах заслінки, що встановлені під гострим кутом до них, таким чином, що краї розміщені вище шару оброблювального матеріалу, а інша сторона заслінки доторкається до гребінки за допомогою пружини та направлений за ходом руху шару зернового вороху, що відходить

від гребінок під потоком матеріалу, який в свою чергу перетворює даний потік в пульсуючий. Це збільшує дію частинок матеріалу на пальці, покращуючи умови самоочищення гребінок.

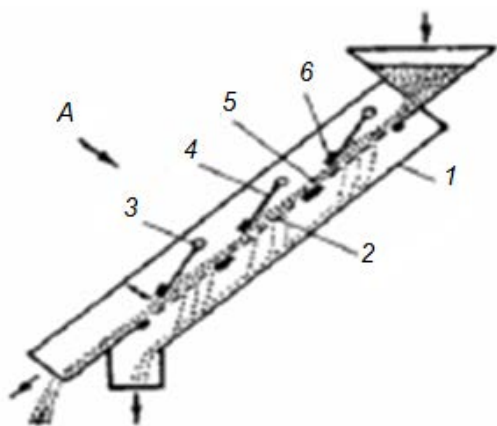


Рис. 1.5. Сепаратор сипучих матеріалів: 1 – канал; 2 – просівальний пристрій; 3 – шарніри; 4 – заслінка; 5 – шар зернового матеріалу; 6 – вантаж

У різноманітних варіантах сепараторах з використанням сил гравітації, основою яких є решета, не усуваються повністю недоліки, які прямо впливають на якість і швидкість протікання процесу сепарації. Наявність у зерновому матеріалі домішок мають властивість забиватися в отворах, розміщуючись вертикально або під кутом до решета, утворюючи при цьому перепони на шляху руху потоку матеріалу.

У 90-х роках для очищення зернового вороху від великих і дрібних домішок на сільськогосподарських підприємствах країни використовувався гравітаційний сепаратор СЗГ-25 розроблений співробітниками ВІМ Зюліним А.М. і Гозманом Г.І. [16]. Технологічна схема якого передбачала зигзагоподібне розміщення розділяючих поверхонь, що представляли собою криволінійні консольні пальцеві решітки з постійним просівальним зазором. Для очищення різних зернових культур сепаратор комплектувався набором розділяючих елементів з різними зазорами між сусідніми пальцями.

Удосконаливши даний сепаратор Зюлін А.М. (рис. 1.6) [17] замінив решета і сита на консольні закріплені пальці. Сходова частина кожної просівальної поверхні направлена на протилежну просівальну поверхню під гострим кутом. Просівальні поверхні виконані вгнутими та встановлені з перекриттям по ширині. Консольне закріплення пальців дозволило підвищити ефективність

очищення. Зерновий ворох рухаючись по пальцям коливається, що забезпечує звільнення від застрягаючих між ними частинок, а також сприяє більш ефективному сходженню з них великих частинок.

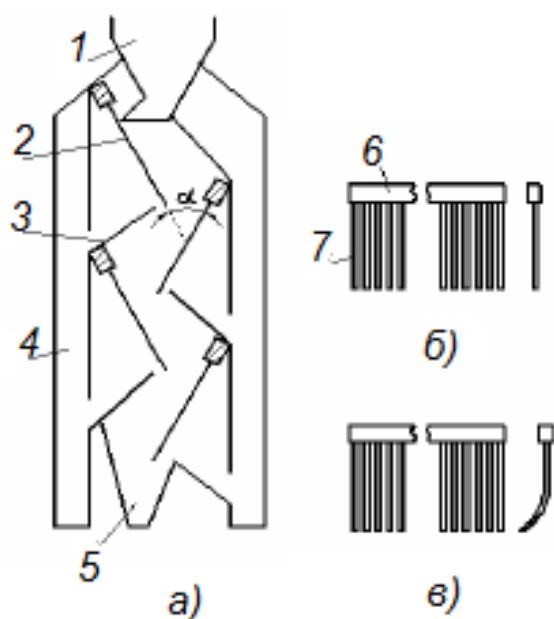


Рис. 1.6. Схема гравітаційного сепаратора: а) повздовжній переріз сепаратора; б) гребінка з прямими пальцями; в) гребінка з вгнутими пальцями; 1 – завантажувальний отвір; 2 – просівальний пристрій; 3 – дефлектори; 4 – патрубки виведення роздільних фракцій (дрібної); 5 – патрубок виводу роздільної фракції (великої); 6 – консольне кріплення пальців; 7 - пальці

Найбільш ефективним очищенням зернового вороху є фракційна схема. В її основі лежить ідея поділу зернового вороху. Суть даної ідеї фракційної переробки полягає в розподілі вихідного потоку зерна на фракції, що відрізняються складом домішок і фізико-механічними властивостями з метою їх подальшого окремого очищення, гідротермічної обробки і помелу. При розвиненій схемі поетапного фракційного поділу кількість фракцій зерна може перевищувати число потоків, що піддаються в подальшому окремій обробці.

Основи фракційного очищення зерна висвітлили в своїх роботах Ульріх М.М. [18], Дулаєва В.Г. [19], Гортинського В.В. [20], Дрінчі В.М. [21] та ін.

Підвищення інтенсифікації процесу сепарації за рахунок збільшення товщини шару можливо до визначеної межі [22, 26]. Збільшувати швидкість руху зернового матеріалу по решету тягне за собою необхідність підвищення інтенсивності перемішування шарів матеріалу, щоб як можливо більше число проходових частинок за короткий термін могло б за короткий час пройти в його отвори. В сепараторах це можливо досягти за рахунок підвищення частоти і амплітуди коливання робочих органів. У свою чергу, це сприяє до збільшення маси машини для підвищення її міцності та стійкості процесу очищення.

1.2. Аналіз енергоємності машин для очищення зерна

Одним із актуальних напрямів у сільському господарстві є вирішення проблеми енергозбереження. Високі затрати палива і енергії на виробництво продукції, досить низька ефективність вітчизняного виробництва, що призводить до зниження рівня конкурентоздатності.

Енергозберігаючі технології є екологічно чистими [5]. Запровадження капіталомістких заходів, таких як: енергозберігаючих технологій, процесів, обладнання, апаратів, сприяють зниженню потреби в енергоресурсах на 25-30%.

Нееквівалентні по продуктивності енергозатратам різні способи очищення зерна. У зерноочисних машинах заводського виробництва вказуються паспортні дані в яких зазначаються продуктивність основних типів машин і потужність встановлених на них електродвигунах (табл. 1). Питомі показники машин для очищення зерна, що випускаються серійно для підприємств зі зберігання і переробки коливаються в межах 0,01...1,32 кВт-год. Досить широкий діапазон показників пояснюється відмінністю технологічних операцій, для виконання яких розроблене просівальне обладнання, так і його продуктивністю.

Таблиця 1

Питомі показники енерго- і матеріалоємності машин для очищення зерна

Марка сепаратора	Потужність, кВт	Продуктивність, т/год	Питома енергоємність, кВт*год/т	Вага, кг	Питома металоємність, кг*год/т
1	2	3	4	5	6
Ситові і ситоповітряні сепаратори					
А1-БМС-6	5,6	6	0,933	1300	216,7
А1-БИС-12	1,38	12	0,115	1450	120,8
А1-БИС-100	1,38	100	0,0138	1650	16,5
ЗСП-2,5	0,6	2,5	0,24	280	112
ЗСП10	1,1	10	0,11	890	89
МВУ-1500	13,2	10	1,32	2300	230

ЗСМ-5	4,1	5	0,82	900	180
ЗСМ-20	9,1	20	0,46	1550	77,5
ЗСМ-50	2,2	50	0,044	1660	33,2
ЗСМ-100	3,3	100	0,033	3200	32
Зернові сепаратори шафного і пакетного типу					
БМС-12	8,6	12	0,717	1450	120,8
А1-ЗСШ-20	4	20	0,2	4300	215
А1-БСФ-50	5,5	50	0,11	2850	57
А1-ЗРШ-6-4М	4	24,4	0,17	3025	124
Ворохоочищувачі, скальператори					
А1-БЗО	0,37	100	0,0037	400	4
МІР-50	8,6	50	0,172	1885	37,7
ЗВ-50	9,6	50	0,192	1775	35,5
МПУ-70	13,2	50	0,264	2000	40
МПО-50	17,4	50	0,348	3100	62
ОВП-20	11,6	20	0,58	1800	90
Трієри					
А9-УТО-6	2,2	6	0,37	800	133
А9-УТК-6	3	6	0,5	1000	167
БТС-120	2,8	5	0,56	670	134
ЗТО-5М	2,2	5	0,44	570	114
ЗТО-10М	4	10	0,4	770	77
ЗТК-5РМ	3	5	0,6	820	164
УТК-200	2,2	8,3	0,27	670	80,7
Інерційний сепаратор					
А1-ДШ	8	50	0,16	1250	25
Гравітаційний сепаратор					
СГ-0,15	-	0,15	0	56	373,3
ЗГ-5	-	5	0	60	12
ЗГ-25	-	30	0	141	4,7
КСМ-2	-	6	0	170	28

Аналізуючи табл. 1 можна зауважити, що зерноочисні машини малої продуктивності (до 10 т/год) в даний час відрізняються відносно високими значеннями питомих показників енергоспоживання. Негативність цієї тенденції проявляється особливо гостро нині коли, основний об'єм робіт з очищення і переробки зерна та продуктів його подрібнення виконується безпосередньо

виробниками. Це пов'язано з тим, що крупні елеватори завищують витрати зі зберігання зерна, через що виробникам доводиться відмовлятися від їхніх послуг.

Важливим є і те, що процеси очищення зерна перед його зберіганням, необмежені стиснутим часовим інтервалом, а якість сепарування в значній мірі визначається їх збереженістю, посівними кондиціями. У цьому зв'язку перевагу надається просіювальним машинам невеликої продуктивності, але які забезпечують високоефективне відокремлення домішок. Все це визначає підвищену потребу в малопродуктивних просіювальних машинах та збільшує його частку в загальній кількості сепараторів, а відповідно, сприяє збільшенню енергоспоживання процесів сепарування в цілому по країні. Тому в якості збільшення основних переваг розвитку і виробництва техніки для переробки зерна повинні виступати: підвищення технічного і технологічного рівня виробництва, обґрунтування і розробка енергозберігаючого обладнання як для великих зернопереробних підприємств, так і маленьких фермерських господарств. Суттєвим вирішенням задачі зменшення енергоспоживання являється процес сепарування зерна без застосування енергії від зовнішніх джерел, тобто самопливні або гравітаційні сепаратори [5].

Висновки по розділу 1

На основі проведеного аналізу існуючих зерноочисних машин можливо зробити висновок про те, що найбільш перспективним напрямом з розробки машини для очищення зерна, що дозволяє без використання електроенергії розділити одночасно дрібні та великі домішки, є енергозберігаючий сепаратор для очищення зерна.

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМ СЕПАРАТОРОМ

2.1. Обґрунтування процесу руху частинок зернового вороху по нахиленій площині і сепарувальній гребінці

Вивчення впливу основних параметрів енергозберігаючого сепаратора на очищення зерна з використанням сил гравітації є одним із актуальних питань, що ставиться сьогодні та є важливою складовою частиною сільськогосподарського виробництва [5].

Оскільки показники процесу сепарування зернового вороху залежать від характеру руху частинок по нахиленій площині то виникає необхідність отримання закону відносного руху в залежності від його фізико-механічних властивостей і конструктивно-кінематичних параметрів енергозберігаючого сепаратора [5].

Процеси гравітаційного сепарування зернових матеріалів дозволяють використовувати додаткове силове поле, що діє на матеріал, при якому досягається значне підвищення інтенсифікації процесу [5].

Зерновий ворох і продукти його подрібнення представляють собою різноманітні форми частинок, умовно які можна поділити на дві групи: частинки, довжина яких порівняна з їхньою товщиною (горох, кукурудза, просо, продукти подрібнення зернового матеріалу тощо); частинки, довжина яких переважає над іншими її лінійними розмірами (зерно пшениці і злакових культур тощо). Зважаючи на складність повного опису динамічного стану зернових частинок по нахиленій площині для отримання математичної моделі розглянемо рух зернової частинки еліпсоїдної форми (рис. 2.1) [5].

Рух зернівки здійснюється під дією сили тертя $F_{тр}$, нормальної реакції площини F і ваги g , що рухається по похилій площині під кутом α [5]. Похила

площина має довжину l , яка складається із суцільної частини l_1 і сепаруючої гребінки довжиною l_2 .

Диференціальне рівняння руху зернівки має вигляд:

$$\begin{cases} M\dot{a}_x = \sum X_i^e = X^e \\ M\dot{a}_y = \sum Y_i^e = Y^e \end{cases}, \quad (2.1)$$

де M – маса зернівки;

\dot{a}_x, \dot{a}_y – проекція прискорення маси на вісь x і y ;

X^e, Y^e – проекції головного вектора зовнішніх сил на вісі x і y , що прикладені до тіла [5];

X_i^e, Y_i^e – проекції зовнішніх сил на вісі x і y [5].

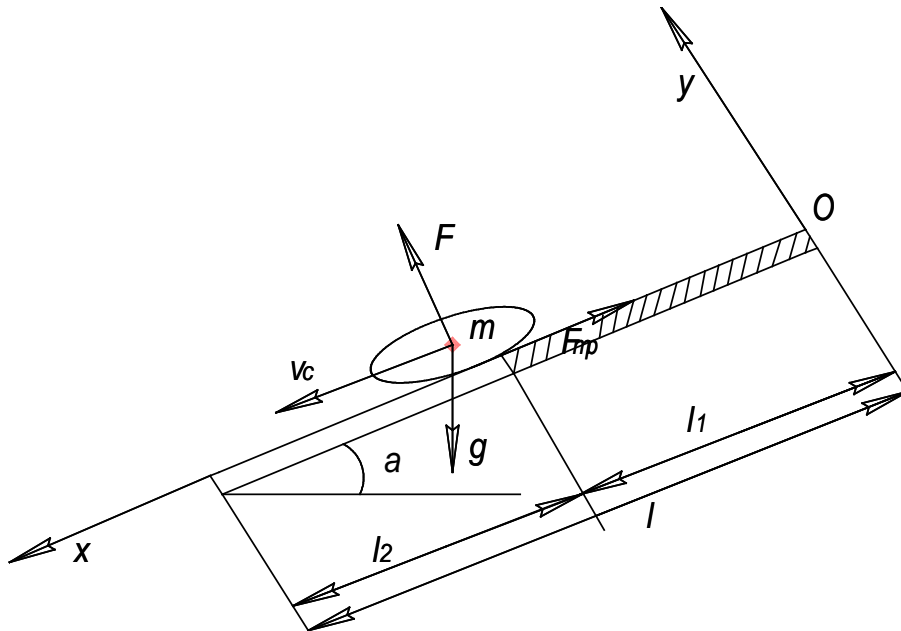


Рис. 2.1. Схема сил, що діють на зернівку, що рухається по нахиленій площині і сепаруючій гребінці

Отже, диференціальне рівняння руху зернівки по нахиленій площині суцільної частини l_1 під кутом a має вигляд [5]:

$$\begin{cases} Mx_1 = \sum X_i^e = g \sin \alpha - F_{\text{тр}1} \\ My_1 = \sum Y_i^e = F - g \cos \alpha \end{cases} \quad (2.2)$$

Так як за весь час руху частинки, $y_1 = const$, тоді $F - g \cos \alpha = 0$, а отже $F = g \cos \alpha$. Вирішивши рівняння (2.2) маємо:

$$Mx_1 = g \sin \alpha - f_{\text{тр}1} \times F = g \sin \alpha - f_{\text{тр}1} g \cos \alpha = g(\sin \alpha - f_{\text{тр}1} \cos \alpha). \quad (2.3)$$

де $f_{\text{тр}1}$ – коефіцієнт тертя зернівки по нахиленій площині.

Тривалість руху еліпсоїда t_1 по нахиленій площині суцільної частини l_1 шляхом подвійного інтегрування виразу (2.3) при нульовій початковій швидкості:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2l_1}{g(\sin \alpha - f_{\text{тр}1} \cos \alpha)}}. \quad (2.4)$$

Визначивши тривалість руху еліпсоїда t_1 по нахиленій площині суцільної частини l_1 та інтегруючи вираз (2.4) знайдемо швидкість руху еліпсоїда по нахиленій площині суцільної частини:

$$My_1 = \sqrt{2l_1 g(\sin \alpha - f_{\text{тр}1} \cos \alpha)}. \quad (2.5)$$

Розглянемо рух зернівки еліпсоїдної форми на другій ділянці по сепаруючій гребінці l_2 . Рух еліпсоїда здійснюється під дією трьох зовнішніх сил: ваги g , нормальної реакції F і сили тертя

Диференціальне рівняння руху еліпсоїда по сепаруючій гребінці l_2 під кутом α має вигляд:

$$\begin{cases} Mx_2 = \sum X_i^e = g \sin \alpha - f_{\text{тр}2} \\ My_2 = \sum Y_i^e = F - g \cos \alpha \end{cases} \quad (2.6)$$

Так як рух еліпсоїда по сепаруючій площині за весь час складав $y_2 = const$, тоді $F - g \cos \alpha = 0$, а отже $F = g \cos \alpha$. Вирішивши у рівняння (2.6) маємо:

$$Mx_2 = g \sin \alpha - f_{\text{тр}2} \times F = g \sin \alpha - f_{\text{тр}2} g \cos \alpha = g(\sin \alpha - f_{\text{тр}2} \cos \alpha). \quad (2.7)$$

де $f_{\text{тр}2}$ – коефіцієнт тертя зернівки по сепаруючій гребінці.

На другій ділянці по сепаруючій гребінці l_2 знайдемо час руху еліпсоїда шляхом подвійного інтегрування виразу (2.7) при початковій швидкості:

$$t_2 = \frac{\sqrt{2l_1g(\sin\alpha - f_{\text{тр}1}\cos\alpha) + 2l_2g(\sin\alpha - f_{\text{тр}2}\cos\alpha)}}{g(\sin\alpha - f_{\text{тр}2}\cos\alpha)} + \frac{\sqrt{2l_1g(\sin\alpha - f_{\text{тр}1}\cos\alpha)}}{g(\sin\alpha - f_{\text{тр}2}\cos\alpha)}. \quad (2.8)$$

Знаючи час руху еліпсоїда t_2 по сепаруючій гребінці l_2 , початкову швидкість (2.5) та інтегруючи вираз (2.7) знайдемо швидкість еліпсоїда по гребінці:

$$My_2 = \sqrt{2l_1g(\sin\alpha - f_{\text{тр}1}\cos\alpha) + 2l_2g(\sin\alpha - f_{\text{тр}2}\cos\alpha)}. \quad (2.9)$$

При аналізі формул (2.5, 2.7, 2.8) можемо зробити висновок, що центр ваги зернівки, яка рухається по нахиленій площині та сепаруючій гребінці рівноприскорена з прискоренням і не залежить від ваги зернівки [5], а також тривалість руху також не залежить від її ваги.

2.2. Математична модель процесу сепарації зернового матеріалу

Для визначення оптимальних параметрів очистки зернового у енергозберігаючим сепаратором необхідно представити процес просіювання математичною моделлю. Припустимо, що процес просіювання здійснюється в однорідних умовах, тобто частинки основного зернового матеріалу однакові. При цьому просіювання проходових частинок ϑ_1^0 на ділянці гребінки довжиною x_1 , де відстань між прутками в гребінці однакові і вибрано таким чином, що частинки основного зерна проходять в отвори гребінок, а частинки великих домішок не проходять, при подачі зернового матеріалу шаром певної товщини визначається виразом [5]:

$$\vartheta_1^0 = 3^0(1 - e^{-\omega_0 x_1}), \quad (2.10)$$

де ω_0 – інтенсивність просівання проходових частинок, дм^{-1} ;

x_1 – довжина першої гребінки головного каналу, дм;

Z^0 – вихідна кількість основного зерна.

Інтенсивність просівання ϑ , в даному випадку залежить від багатьох факторів таких як: розміри проходових частинок та їх фізико-механічні властивості, стану поверхні зерна та гребінки, зазор між прутками гребінки та її конструкції, а також характеру розподілу матеріалу.

Просіювання основного матеріалу на II гребінці визначається формулою:

$$\vartheta_2^0 = (Z^0 - Z^0 e^{-\omega_0 x_1})(1 - e^{-\omega_0 x_2}), \quad (2.11)$$

де x_2 – довжина другої гребінки головного каналу, дм.

Просіювання проходових частинок на III гребінці визначається за формулою:

$$\vartheta_3^0 = [(Z^0 - Z^0 e^{-\omega_0 x_1})(1 - e^{-\omega_0 x_2})] \cdot (1 - e^{-\omega_0 x_3}), \quad (2.12)$$

Просіювання зернового матеріалу на n – гребінці каналу визначається за формулою:

$$\vartheta_n^0 = \{ \{ [(Z^0 - Z^0 e^{-\omega_0 x_1})(1 - e^{-\omega_0 x_2})] \cdot (1 - e^{-\omega_0 x_3}) \} \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\omega_0 x_n}) \}, \quad (2.13)$$

Прходові частинки зернового матеріалу пройшовши в отвори першої гребінки головного каналу надходять на першу гребінку з малими отворами I бокового каналу, тобто на гребінку де відстань між прутками підібрана таким чином, що дрібні домішки проходять між прутками, а основне зерно не проходить.

Просіювання дрібних домішок на I гребінці з малими отворами першого бокового каналу можна визначити:

$$\vartheta_1'^{(Д)} = (D^{(Д)} - D^{(Д)} e^{-\omega_{(Д)} x_1})(1 - e^{-\omega'_{(Д)} x'_1}), \quad (2.14)$$

де $D^{(Д)}$ – вихідна кількість дрібних домішок;

x'_1 - довжина першої гребінки першого бокового каналу, дм;

$\omega'_{(д)}$ – інтенсивність просіювання частинок дрібних домішок в отвори гребінки першого бокового каналу, $дм^{-1}$.

Кількість дрібних домішок, що не просіялись на I гребінці першого бокового каналу, складає:

$$D'_{c1}^{(д)} = (D^{(д)} \cdot e^{-\omega_{(д)}x_1}) \cdot (e^{-\omega'_{(д)}x'_1}), \quad (2.15)$$

Просіювання дрібних домішок на II гребінці з малими отворами першого бокового каналу складає:

$$\vartheta_2'^{(д)} = D'_{c1}^{(д)} \cdot (1 - e^{-\omega'_{(д)}x'_2}). \quad (2.16)$$

Просіювання дрібних домішок на III гребінці з малими отворами першого бокового каналу можна визначити:

$$\vartheta_3'^{(д)} = (D'_{c2}^{(д)} + D_{пр3}^{(д)})(1 - e^{-\omega'_{(д)}x'_3}). \quad (2.17)$$

де $D'_{c2}^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, що не просіялось через II гребінку першого бокового каналу;

$D_{пр3}^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, що просіялись через III гребінку головного каналу;

x'_3 - довжина III гребінки першого бокового каналу, $дм$.

Просіювання дрібних домішок на n -й гребінці з малими отворами першого бокового каналу:

$$\vartheta_n'^{(д)} = (D'_{c(n-1)}^{(д)} + D_{пр(нп)}^{(д)})(1 - e^{-\omega'_{(д)}x'_n}). \quad (2.18)$$

де $D'_{c(n-1)}^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, які не просіялись через $(n-1)$ гребінку першого бокового каналу;

$D_{пр(нп)}^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, що просіялись через непарну гребінку головного каналу і попадаючи на n -у гребінку першого бокового каналу, $дм$.

Проходові частинки (основне зерно і дрібні домішки), пройшовши в отвори I гребінки головного каналу, надходять на I гребінку бокового каналу, а ті що не просіялись через отвори I гребінки головного каналу надходять на II гребінку головного каналу, через яку проходить основне зерно і дрібні домішки, та попадають на першу гребінку з малими отворами другого бокового каналу.

Просіювання мілких домішок на I гребінці з малими отворами другого бокового каналу можна визначити:

$$\vartheta_1''^{(д)} = [(D^{(д)} \cdot e^{-\omega_{(д)}x_1})(1 - e^{-\omega_{(д)}x_2})] \cdot (1 - e^{-\omega''_{(д)}x''_1}). \quad (2.19)$$

де x''_1 – довжина I гребінки другого бокового каналу, дм;

$\omega''_{(д)}$ – інтенсивність просіювання частинок дрібних домішок в отвори гребінки другого бокового каналу, дм⁻¹.

Просіювання мілких домішок через II гребінку визначається аналогічно.

Просіювання дрібних домішок на n -й гребінці з малими отворами другого бокового каналу:

$$\vartheta_n''^{(д)} = (D_{с(n-1)}''^{(д)} + D_{пр(нп)}^{(д)})(1 - e^{-\omega''_{(д)}x''_n}). \quad (2.20)$$

де $D_{с(n-1)}''^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, які не просіялись через $(n-1)$ гребінку другого бокового каналу;

$D_{пр(нп)}^{(д)}$ – кількість дрібних домішок, що просіялись через I гребінку головного каналу і попадаючи на n -у гребінку другого бокового каналу, дм.

x''_n - довжина n -ї гребінки другого бокового каналу, дм.

Просіювання дрібних домішок (сумарна) через n -у гребінку першого бокового каналу енергозберігаючого сепаратора визначається за виразом:

$$\sum \vartheta_n'^{(д)} = \vartheta_1'^{(д)} + \vartheta_2'^{(д)} + \vartheta_3'^{(д)} + \dots + \vartheta_n'^{(д)}, \quad (2.21)$$

Просіювання дрібних домішок (сумарна) через n -у гребінку другого бокового каналу енергозберігаючого сепаратора визначається за виразом:

$$\sum \vartheta_n^{''(д)} = \vartheta_1^{''(д)} + \vartheta_2^{''(д)} + \vartheta_3^{''(д)} + \dots + \vartheta_n^{''(д)}, \quad (2.22)$$

Загальна повнота просіювання дрібних домішок через n -у гребінку двох бокових каналів енергозберігаючого сепаратора складає:

$$\sum \vartheta_n^{(д)} = \sum \vartheta_n^{'(д)} + \sum \vartheta_n^{''(д)}, \quad (2.23)$$

Повнота просіювання частинок великих домішок на n -й гребінці головного каналу визначається:

$$\vartheta_n^{(в)} = \{ \{ [(D^{(в)} - D^{(в)} e^{-\omega_b x_1}) (1 - e^{-\omega_b x_2})] \cdot (1 - e^{-\omega_b x_3}) \} \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\omega_b x_n}) \}, \quad (2.24)$$

де $D^{(в)}$ – вихідна кількість великих домішок;

ω_b – інтенсивність просіювання частинок великих домішок в отвори гребінок головного каналу, дм^{-1} .

Таким чином, скориставшись методом Г.В. Ньютона і Н.В. Ньютона [23], можна визначити ефективність очищення зерна від дрібних домішок енергозберігаючим сепаратором:

$$E = \sum \vartheta_n^{(д)} + \sum \vartheta_n^0, \quad (2.25)$$

Отже, вирази (2.13, 2.23-2.25), описують процес сепарації зернового матеріалу енергозберігаючим сепаратором з використанням сил гравітації та дають можливість визначити просіювання кожного компонента зернового матеріалу в залежності від кількості гребінок.

Висновки по розділу 2

У даному розділі було проведено розрахунок просіювання зернового матеріалу дрібних та великих домішок з метою визначення оптимізації параметрів енергозберігаючого сепаратора з використанням сил гравітації.

РОЗДІЛ 3.

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО СЕПАРАТОРА

Метою експериментального дослідження процесу сепарації зернових сумішей сепаруючими гребінками, що утворюють зигзагоподібні канали, є перевірка теоретичних передумов і обґрунтування основних параметрів енергозберігаючого сепаратора для очищення зернового матеріалу.

Програма експериментальних досліджень включає:

- 1) обґрунтування раціональної схеми сепаратора для очищення зерна з використанням гравітаційних сил;
- 2) дослідження очищення зерна пшениці від дрібних і великих домішок енергозберігаючим сепаратором із сепаруючими гребінками, що утворюють зигзагоподібні канали, в залежності від основних параметрів: кута нахилу сепаруючих гребінок до горизонтальної площини, довжини і кількості гребінок у зигзагоподібних каналах, подачі, вмісту дрібних і великих домішок у вихідному матеріалі.

3.1. Опис експериментальної установки для очищення зерна

Для проведення експериментальних досліджень використовували лабораторну установку енергозберігаючого сепаратора для очищення зерна з використанням сил гравітації, схема якої показана на рис. 3.1. і технологічна схема рис. 3.2.

Енергозберігаючий сепаратор складається із завантажувального бункера 1, заслінки 2, що регулює подачу матеріалу, встановлені зигзагоподібні у вертикальному каналі сепарувальні гребінки 3, які утворюють центральний зигзагоподібний канал, по краях якого встановлені сепарувальні гребінки 4, що утворюють два бокові зигзагоподібні канали, паралельні центральному.

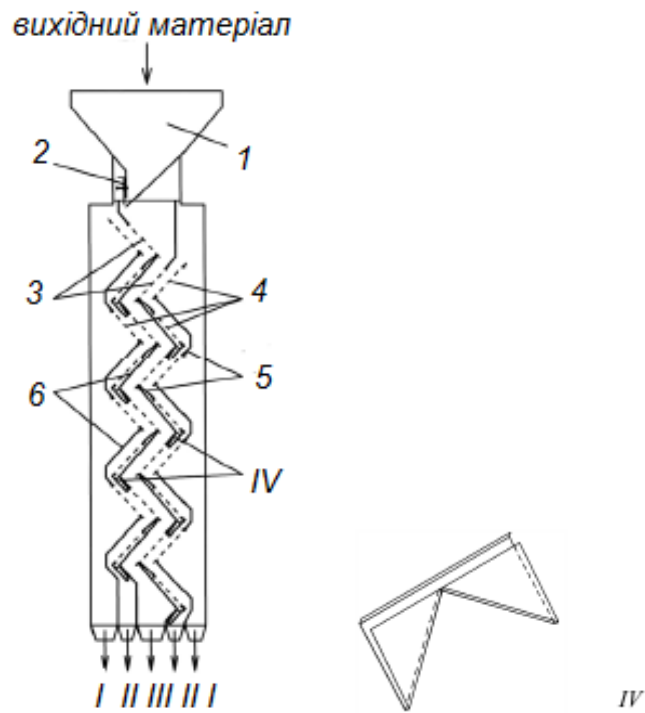


Рис. 3.1. Схема енергозберігаючого сепаратора: I – патрубки для виводу дрібної фракції; II – патрубки для виводу очищеного зерна; III – патрубков для виводу великих домішок; IV – патрубки для виводу дрібних домішок у бокову сторону; 1 – завантажувальний бункер; 2 – заслінка подачі матеріалу; 3 – се парувальні гребінки для виведення великих домішок; 4 – се парувальні гребінки для виведення мілких домішок; 5 – похила суцільна площина; 6 – дефлектори.

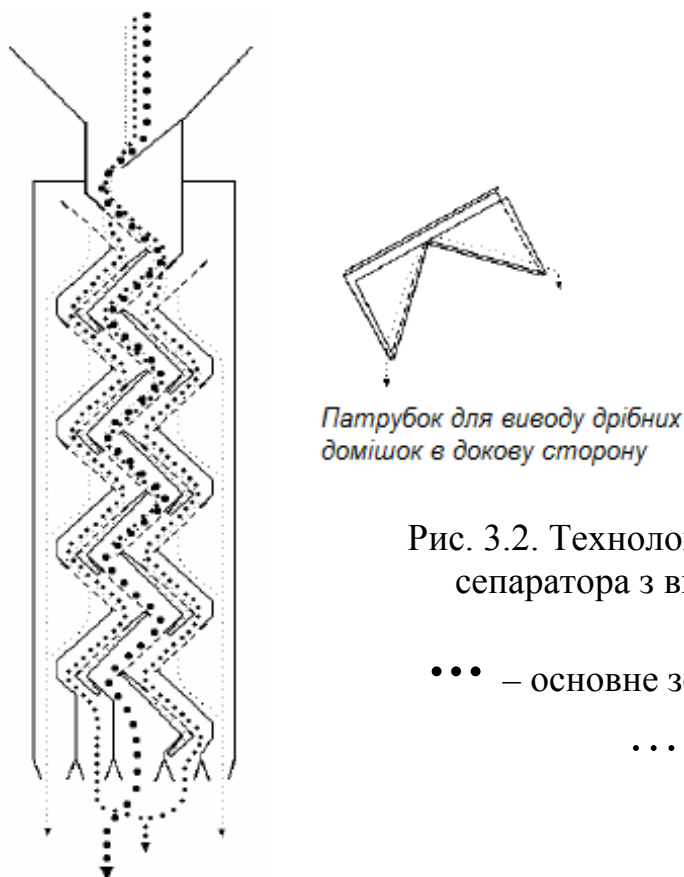


Рис. 3.2. Технологічна схема енергозберігаючого сепаратора з використанням сил гравітації:

- – основне зерно; ●●● – великі домішки;
- – дрібні домішки

Відстань між пальцями сепарувальної гребінки 3 складає 4 мм, а сепарувальної гребінки 4 складає 2 мм. Ширина робочої частини сепарувальної гребінок 300 мм, довжина – 155 мм, кут нахилу гребінок до горизонту – 50° . У Зигзагоподібних каналах може бути встановлено одночасно до 8 гребінок для виведення великих домішок і до 16 гребінок в бокових каналах для виведення дрібних домішок. Загальний вид сепарувальних гребінок зображений на рис. 3.3.

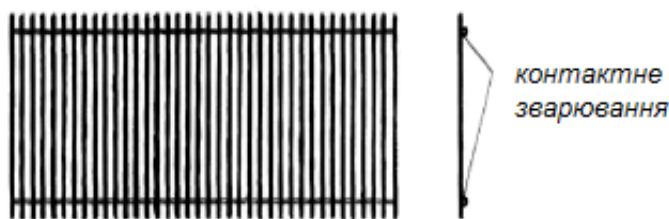


Рис. 3.3. Сепарувальна гребінка енергозберігаючого сепаратора

Робота енергозберігаючого сепаратора здійснюється наступним чином. Вихідний зерновий ворох подається у завантажувальний бункер 1, де під дією сил земного тяжіння рухається до низу і попадає на суцільну похилу площину 5, виконану із листової сталі Ст3, довжина якої складає 45...55 мм. Суцільна похила площина призначена для усунення забивання сепарувальних гребінок зерновим матеріалом, для створення шару зерна необхідної товщини та зміни напрямку руху матеріалу. Частинок зернового матеріалу потрапляють із суцільної площини на першу сепарувальну гребінку 3. Зазор між пальцями гребінки 3 виконаний таким чином, щоб великі частинки не пройшли між пальцями, а інші, більш дрібні (основне зерно і домішки), змогли пройти. Рухаючись на гребінці 3 частина прохідової фракції виділяється і попадає на сепарувальну гребінку для ввіділення дрібних домішок 4, а та частина матеріалу що залишилася під дією гравітаційних сил сходять по гребінці 3 на другу протилежно встановлену похилу площину 5. Процес поділу продовжується при попаданні зернового матеріалу зі скатної площини на другу гребінку 3, що аналогічна першій, потім на третю похилу площину 5 похилих площин 5, встановлених в сепараторі, визначається потрібною повнотою

виділення сходової фракції. Сходова фракція виводиться із сепаратора патрубком III.

Проходова фракція в результаті руху зернового матеріалу по гребінці 3 попадає на сепарувальну гребінку 4 для виділення дрібної фракції. Зазор між пальцями гребінки 4 підібраний таким чином, щоб дрібні частинки домішок мали можливість пройти між пальцями, а інші, більш великі (основне зерно), не могли. Рухаючись по гребінці 4 частина проходової фракції виділяється і попадає на дефлектор 6, сходить по ньому в патрубок I виводу дрібної фракції із сепаратора, а та частина, яка залишилася під дією сил гравітації сходить на гребінку 4 на протилежну встановлену похилу площину 5. Процес поділу продовжується при попаданні зернового матеріалу зі похилої площини 5 на другу гребінку 4. У результаті руху матеріалу по другій гребінці 4 частина проходової фракції відділяється і попадає на дефлектор 6, сходить по ньому в патрубок IV виводу дрібної фракції із сепаратора в бокову сторону.

Процес поділу продовжується при попаданні зернового матеріалу на другу похилу площину 5 і третю гребінку 4 і т.д. Кількість гребінок 4 і похилих площин 5, встановлено в сепараторі і визначається потрібною повнотою виділення проходової фракції. З рис. 3.1. видно, що виділення дрібних домішок відбувається за двома незалежними та протилежними каналами. Також є два патрубки I для виведення дрібних домішок в бокову частину IV.

3.2. Методика обробки результатів теоретичного та експериментального дослідження

Для експериментального дослідження процесу сепарації зернових сумішей сепаруючими гребінками проводилися досліди в наступні послідовності: встановлювали певне значення факторів (кількість гребінок n із заданими розмірами між пальцями гребінки b , подачу Q , кут нахилу сепарувальних гребінок a , довжину похилої площини l_1 і гребінок l_2); вихідний зерновий матеріал; на визначену величину відкривали заслінку подачі матеріалу 2 та

вмикали секундомір., через 40 с роботи під енергозберігаючий сепаратор розміщували пробовідбірник; відбір проб проводили протягом 10 с, після чого пробовідбірник швидко забирали; вміст пробовідбірника зважували і розбирали для визначали кількість основного зерна, дрібних та великих домішок; показники підраховували та визначали ефективність виділення дрібних, великих домішок.

Дані , що характеризують ефективність розподілу зернового матеріалу від факторів визначали відповідно до ГОСТ 8.207-76 [24].

Довірчі границі випадкової погрішності результату вимірювання знаходили за формулою:

$$\varepsilon = t_{ct}S(A), \quad (3.1)$$

де t_{ct} – коефіцієнт Стьюдента, який залежить від довірчої ймовірності P і числа результатів спостережень n_c знаходили за таблицею довідника, вказаного в ГОСТ.

Нами було прийнято довірливі межі випадкових погрішностей 5% при довірчій ймовірності 0,95. Кількість повторів дослідів, при яких забезпечувалась вказана точність результату, визначалось в наступній послідовності.

Проводили повторювання дослідів відповідно до нахилу кута сепарувальної гребінки (табл. 3.1.) у дві спроби і за їхніми результатами x_1 та x_2 вимірювали величини (повноти просіювання компонентів), знаходили величини A , $S(A)$ і ε . Якщо отримана величина ε виявлялась більше 5%, тоді проводили третю спробу, знову знаходили вказані величини і порівнювали ε з 5%. За достатню кількістю повторних дослідів приймали ті, при яких $\varepsilon < 5\%$.

Для визначення граничних значень кута нахилу похилої площини і сепарувальної гребінки були визначені швидкість руху частинки зернового матеріалу еліпсоїдної форми при наступних параметрах: $f_{тр1} = 0,32$; $f_{тр2} = 0,36$; $l_1 = 0,05$ м; $l_2 = 0,155$ м; $g = 9,81$ м/с.

Вплив кута нахилу похилої площини і сепарувальної гребінки на швидкість руху частинок зернового матеріалу представлено в табл. 3.1.

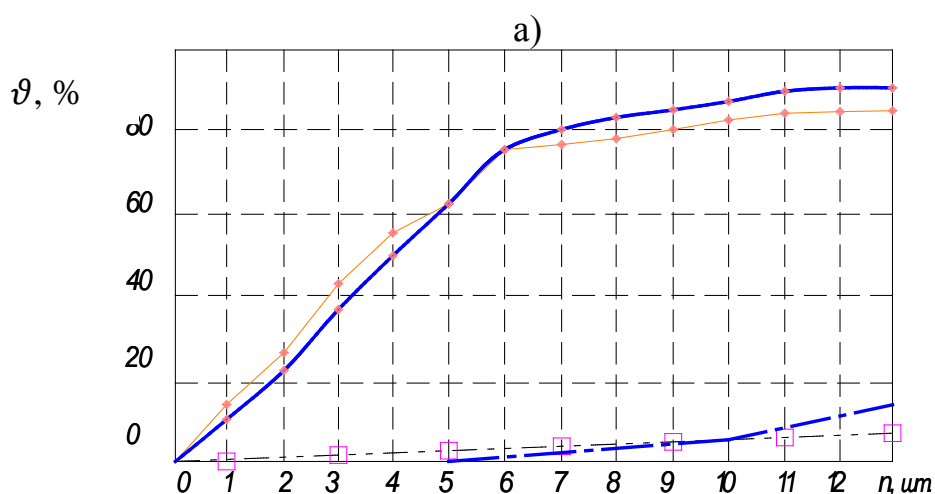
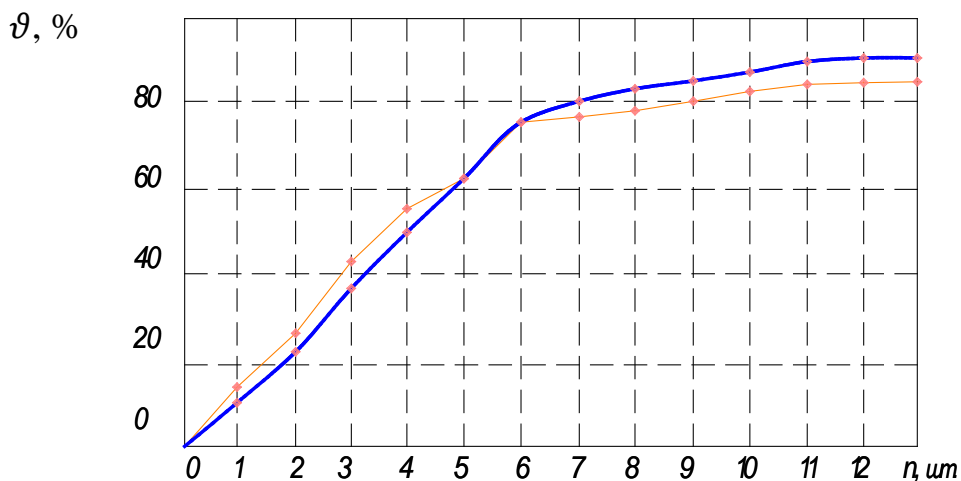
Таблиця 3.1.

Вплив кута нахилу похилої площини і сепарувальної гребінки

Кут нахилу, α	Швидкість руху, м/с	Швидкість руху по нахиленій площині суцільної частини $2l_1g(\sin\alpha - f_{\text{тр}1}\cos\alpha)$	Швидкість на ділянці сепарувальної гребінки $2l_2g(\sin\alpha - f_{\text{тр}2}\cos\alpha)$
19	-	0,225	-0,146
20	0,225	0,403	0,036
25	0,648	1,297	0,945
30	0,887	2,179	1,846
35	1,075	3,052	2,733
40	1,227	3,886	3,587
45	1,360	4,726	4,439
50	1,478	5,497	5,246
55	1,573	6,235	6,012
60	1,671	6,947	6,731
65	1,748	7,562	7,396

Аналіз даних свідчить про те, що частинки зернового матеріалу еліпсоїдної форми починають рухатись по похилій площині і сепарувальній гребінці при куті нахилу $\alpha = 20^\circ$. При куті нахилу похилої площини і сепарувальної гребінки $\alpha = 70^\circ$ швидкість руху частинок зернового матеріалу складала 1,878 м/с. Як показали досліди, при такій швидкості руху, частинки зернового матеріалу не встигали просіюватись у щілини гребінки. Тому для практичного використання даного робочого органу представляє інтерес руху частинок зернового матеріалу при кутах нахилу похилої площини і гребінки $\alpha = 35^\circ \dots 65^\circ$.

Розрахунок повноти просіювання ϑ зерна пшениці, дрібних та великих домішок енергозберігаючим сепаратором з використанням сил гравітації зроблений виходячи із інтенсивності просіювання компонентів ω , які визначаються за раніше розробленою методикою [25], через сепарувальні гребінки із зазором між прутками 2 мм і 4 мм при вище зазначених параметрах.



б)

Рис. 3.4. Повнота просіювання компонентів зернового матеріалу в залежності від кількості сепарувальних гребінок: а) зазор між пальцями гребінки 2,0 мм; б) зазор між пальцями гребінки 4,0 мм.

—+— - експериментальне; —+— - розрахункове; —□— - великі домішки; ° - основне зерно пшениці.

Вплив кількості гребінок на ефективність виділення домішок вивчали при наступних умовах: продуктивність 10 т/год*м; в головному каналі сепарувальні гребінки мають зазор 4 мм; кількість сепарувальних гребінок в центральному каналі при дослідженні коливалась від 4 до 12 шт; в двох бокових каналах встановлена рівна кількість сепарувальних гребінок, що мають зазор 2 мм; кількість гребінок у кожному боковому каналі коливалась від 4 до 12 шт; довжина всіх сепарувальних гребінок складала 160 мм; ширина – 300 мм; кут нахилу до горизонтальної площини - 45°; шаг розміщення гребінок по висоті

складає 150-160 мм; довжина суцільної скатної площини, що встановлена перед се парувальною гребінкою складає 55 мм. При вивченні впливу кількості сепарувальних гребінок на ефективність виділення домішок встановлювали рівну кількість сепарувальних гребінок в головному і в бокових каналах. Дослід проводили на зерновому матеріалі, що містив 91% основного зерна, 5% дрібних і 4 % великих домішок.

Результати дослідів, як впливає кількість гребінок на ефективність відокремлення дрібних і великих домішок подані на рис. 3.5. Аналіз дослідів показав, що ефективність виділення дрібні і великих домішок зі збільшенням числа сепарувальних гребінок показав, що при кількості гребінок 10 шт. ефективність виділення великих домішок складає 92,3%, а дрібні домішок 68,9%, при збільшенні кількості гребінок ефективність не змінюється.

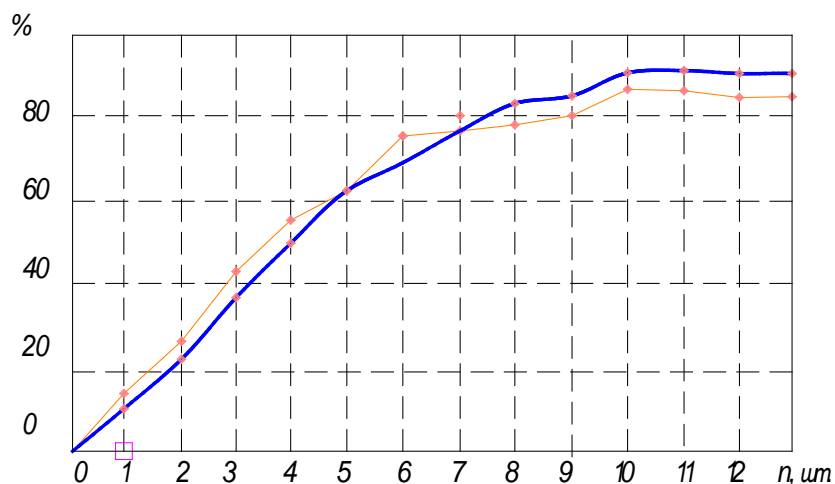


Рис. 3.5. Ефективність впливу кількості гребінок на виділення домішок
- дрібні домішки; - великі домішки

Висновки по розділу 3

В даному розділі було описано експериментальну установку та досліджено процес очищення зернового вороху від дрібних і великих домішок енергозберігаючим сепаратором із сепаруючими гребінками, що утворюють зигзагоподібні канали, в залежності від основних параметрів: кута нахилу сепаруючих гребінок до горизонтальної площини, довжини і кількості гребінок у зигзагоподібних каналах, подачі, вмісту дрібних і великих домішок у вихідному матеріалі.

ВИСНОВКИ

У даній роботі проведеного аналізу існуючих зерноочисних машин, з якого висвітлюється, що найбільш перспективним напрямом з розробки машини для очищення зерна є енергозберігаючий сепаратор для очищення зерна з використанням сил гравітації.

Розроблена математична модель, що описує процес просіювання зернового вороху через енергозберігальний сепаратор з використанням сил гравітації.

Енергозберігальний сепаратор складається із головного каналу і двох бокових каналів, в кожному із яких розміщені сепарувальні гребінки. Сепарувальні гребінки мають зазор між прутками 4 мм, а у двох бокових каналах між прутками зазор 2 мм. Довжина всіх сепарувальних гребінок складала 160 мм; ширина – 300 мм; кут нахилу до горизонтальної площини - 45°; шаг розміщення гребінок по висоті складає 150-160 мм; довжина суцільної скатної площини, що встановлена перед сепарувальною гребінкою складає 55 мм.

При проведенні дослідів, ефективність виділення дрібні і великих домішок зі збільшенням числа сепарувальних гребінок показали, що при кількості гребінок 10 шт. ефективність виділення великих домішок складає 92,3%, а дрібні домішок 68,9%, при збільшенні кількості гребінок ефективність не змінюється.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз конструкцій зерноочисних машин. Олексієнко В.О., к.т.н., Петриченко С.В., к.т.н., Радєв С.Ю. Праці ТДАТУ. Вип. 10. Т.3. 2010 С.176-183.
2. Дерев'янюк Д. А. Обґрунтування ефективності схеми зерноочисних машин для обробки зернового вороху після обмолочування / Д. А. Дерев'янюк // Вісн. аграр. науки. – 2014. – № 6. – С. 52–57.
3. Дерев'янюк Д. А. Вплив технологічного процесу очищення зерна на якість насіння / Д. А. Дерев'янюк // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 11. – С. 22–25.
4. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. / [Киреев М.В. и др.] - Л.:Колос, 1981. 222с.
5. Ковальчук Ю.М. Математична модель руху зернівки по нахиленій площині сепарувальної машини / Сукманюк О.М., Ковальчук Ю.М// Матеріали IV міжнародної науковопрактичної конференції «Біоенергетичні системи», 29 травня 2020 р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. С. 181-183.
6. <https://112.ua/ekonomika/urozhay-zernovyh-v-ukraine-v-2019-g-sostavit-74-mln-tonn--milovanov-514640.html>.
7. <https://propozitsiya.com/ua/analiz-zernoochisnih-separatoriv-dlya-suchasnih-elevatoriv>.
8. http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/666/40656/17971?p_page
9. https://bestsorttechnology.com/product/5xfz-25-air-screen-cleaner-with-gravity-table/?gclid=Cj0KCQiAtqL-BRC0ARIsAF4K3WHNd2ttHrztB5A-CnAKLaBYuHEnhVdvCX1HCiSmfLIO7V0JB4sOUr4aAkRqEALw_wcB
10. [https://books.google.com.ua/books?id=OrQ5AQAAMAAJ&pg=RA1-PA446&lpg=RA1-PA446&dq=A.c.+4231861+\(USA\).+Grain+cleaning+apparatus++Steven+B.+Hannine,+1980.&source=bl&ots=6ph_HVy1uk&sig=ACfU3U2U21Me_aVN0K3OCBUjD_BIJg2m4mw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwja0Iah6bPtAhXuwosKHb1yCzwQ6AEw](https://books.google.com.ua/books?id=OrQ5AQAAMAAJ&pg=RA1-PA446&lpg=RA1-PA446&dq=A.c.+4231861+(USA).+Grain+cleaning+apparatus++Steven+B.+Hannine,+1980.&source=bl&ots=6ph_HVy1uk&sig=ACfU3U2U21Me_aVN0K3OCBUjD_BIJg2m4mw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwja0Iah6bPtAhXuwosKHb1yCzwQ6AEw)

[A3oECAUQA#v=onepage&q=A.c.%204231861%20\(USA\).%20Grain%20cleaning%20apparatus%20%2F%20Steven%20B.%20Hannie%2C%201980.&f=false](http://www.freepatent.ru/patents/2217244)

11. <http://www.freepatent.ru/patents/2217244>

12. <http://www.freepatent.ru/patents/2200636>

13. Зюлин А.Н., Гозман Г.И. Зерноочиститель СЗГ-25 // Техника в сельском хозяйстве. - 1997. - № 6. - С. 30-31.

14. <http://www.freepatent.ru/patents/2121878>

15. Ульрих Н.Н. Научные основы очистки и сортирования семян. - М.-Л.: ВАСХНИЛ, 1937. - 87 с.

16. Дулаев В.Г. О методах расчета и построения развитых технологических схем сепарирующих машин // Труды ВНИИЗ. - М., 1973. - Вып. 78. - С. 140-151.

17. Гортинский В.В. и др. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях.- М.: Колос, 1973.-295 с.

18. Дринча В.М. Технология и комплекс машин для очистки зерна и семян / В.М. Дринча, Л. М. Суконин // Земледелие, 1997. - №3. – С. 34-35.

19. Галкин В.Д. Сепарация семян в вибропневмооживленном слое: технология, техника, использование: монография / В.Д. Галкин, В.А. Хандриков, А.А. Хавыев; под общ. ред. В.Д. Галкина; М-во с.-х. РФ; федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высш. образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «ПрокростЪ», 2017 – 170 с.:

20. Ньютон Г.В., Ньютон В.Г. Исследование эффективности классификации // Труды Московского дома ученых. – М., 1937. - Вып. 2. - С. 59-74.

21. ГОСТ 8.207-76 «Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений».

22. С.С. Ямпиллов Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетками. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. –165 с.

23. Чазов С.А. Травмирование семян и пути снижения при механизированной обработке, обмолоте, сортировании / С.А. Чазов, П. Шелепень, З. Воцкий. Украинские нивы, 1981. - №8. – С. 41-43.