

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

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НАГОРНИЙ ЮРІЙ ЮРІЙОВИЧ

УДК 631.362

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування параметрів робочих органів пневмосистем
зерноочисних машин**

208 “Агроінженерія”

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

_____Ю.Ю. Нагорний

Керівник роботи

Сукманюк О.М.

к.і.н., доцент

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Нагорний Юрій Юрійович. Обґрунтування параметрів робочих органів пневмосистем зерноочисних машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі розроблено діаметральний вентилятор з всмоктуючим каналом клиноподібної форми в початковій частині основи корпусу та робочим колесом $D_2 = 0,3$ м. Експериментально визначено раціональну глибину всмоктуючого каналу $D_h = 0,05$ м ($0,17 D_2$). При цьому показники вентилятора вищі, ніж у вихідній схемі діаметрального вентилятора: максимальна витрата повітря Q_{\max} на 6,63%, номінальний тиск на 8,83%, коефіцієнт корисної дії h_{\max} на 2,4%, рівень шуму нижче L_{\max} на 3 61%. Теоретично визначено та експериментально підтверджено формули для розрахунку глибини та коефіцієнта стиснення повітряного струменя всмоктувальним каналом вентилятора. Визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри замкнутої пневмосистеми: глибина першого пневмосепаруючого каналу $H = 0,09 \dots 0,105$ м та глибина додаткового каналу $h = 0,070 \dots 0,080$ м.

Проведені виробничі випробування зерноочисної машини СВМ-7 із розробленою замкненою пневмосистемою підтвердили ефективність її функціонування та значимість розв'язуваної задачі. Порівняно з аналогічною машиною СВУ-5А продуктивністю на вторинному очищенні 6 т/год, машина СВМ-7 має велику продуктивність (на первинному очищенні до 9...10 т/год та 7...8 т/год на вторинному очищенні), у 1,36 рази менше споживаної потужності та на 4,91% металомісткості.

Ключові слова: зерноочисна машина, пневмосистема, вентилятор, продуктивність

ANNOTATION

Nagorny Yuriy Yuriyovich. Substantiation of parameters of working bodies of grain cleaning machines pneumatic systems.– *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis a diametrical fan with a wedge-shaped suction channel in the initial part of the body base and impeller $D_2 = 0.3$ m was developed. The rational depth of the suction channel $D_h = 0.05$ m ($0.17 D^2$) was experimentally determined. At the same time, the fan performance is higher than in the original scheme of the diametrical fan: maximum air flow Q_{\max} by 6.63%, nominal pressure by 8.83%, efficiency η_{\max} by 2.4%, noise level below L_{\max} by 3 61%. The formulas for calculating the depth and compression coefficient of the air jet by the fan suction channel are theoretically determined and experimentally confirmed. Rational constructive-technological parameters of the closed pneumatic system are determined: the depth of the first pneumatic separating channel $H = 0,09...0,105$ m and the depth of the additional channel $h = 0,070...0,080$ m.

The conducted production tests of the CBM-7 grain cleaning machine with the developed closed pneumatic system confirmed the efficiency of its functioning and the importance of the problem to be solved. Compared to a similar machine CBY-5A with a secondary cleaning capacity of 6 t/h, the machine CBM-7 has a high productivity (at primary cleaning up to 9... 10 t/h and 7... 8 t/h at secondary cleaning), at 1.36 times less power consumption and 4.91% of metal content.

Key words: grain cleaning machine, pneumatic system, fan, productivity

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ УСТАНОВКИ, МАШИНИ, МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКИ ОТРИМАНИХ ДАНИХ.....	19
РОЗДІЛ 3. ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МАШИНИ СВМ-7.....	27
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах ринкової економіки одним із складних та відповідальних завдань агропромислового комплексу є надійне забезпечення потреб населення країни якісними продуктами харчування. Основна роль у вирішенні цих завдань відводиться нарощуванню виробництва зерна. Важливою умовою збільшення виробництва є підвищення врожайності зернових культур на основі якісної післязбиральної обробки зерна з метою отримання висококласного насіння та зниження їх втрат.

Важливою складовою технології післязбиральної обробки зерна є його первинне очищення. Для виконання цих операцій в даний час широко застосовуються зерно-і насіннеочисні повітряно-решітні машини з двократним повітряним очищенням - до і після решітного очищення.

Більшість зерно- і насіннеочисних машин забезпечено розімкненими аспіраційними пневмосистемами, які обладнані відцентровими вентиляторами, внаслідок чого відбувається нераціональна витрата енергії, оскільки повітряний потік, що виходить в атмосферу, має кінетичну і потенційну енергію. Як показала практика, відцентрові вентилятори не забезпечують рівномірного повітряного потоку повітря за шириною пневмосистем, що погіршує якість очищення зернового матеріалу. Тому як генератор повітряний потоку все більше застосування знаходять діаметральні вентилятори, що створюють рівномірний повітряний потік по ширині пневмосистем. Крім того, якщо пневмосистема не оснащена пристроєм для очищення та відведення запиленого повітря, суттєво погіршуються санітарно-гігієнічні умови роботи обслуговуючого персоналу. Для усунення цього недоліку машини оснащують пиловловлюючими пристроями або ж приєднують пневмосистеми машин до централізованої повітряної системи, що ускладнює їх конструкцію і знижує техніко-економічні показники. Тому створення найефективніших, економічних та не забруднюючих пилом навколишню атмосферу зерно- та насіннеочисних машин із замкнутою

повітряною системою є актуальним завданням. За одинарної продуктивності вони, як правило, мають менші габаритні розміри і вимагають менших настановних площ, витрат часу та робочої сили на монтажні роботи, практично не виробляють обміну повітря в робочому приміщенні.

Один із перспективних напрямів при створенні таких зерно- та насіннеочисних машин – інтенсифікація їх технологічного процесу шляхом удосконалення робочих органів, їх пневмосистем.

Мета та завдання дослідження Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування насіннево-очищувальної машини шляхом удосконалення робочих органів її пневмосистеми.

Виходячи з вищевикладеного і відповідно до поставленої мети, були визначені такі завдання дослідження:

- дати аналіз робочого процесу зерно- і зерноочисних машин і визначити теоретичні передумови до вдосконалення їх основних робочих органів;
- визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри першого пневмосепаруючого каналу з урахуванням його призначення та величини зернового навантаження;
- провести виробничі випробування експериментальної зерноочисної машини СВМ-7 із замкненою повітряною системою, визначити якісні показники технологічного процесу, а також основні технічні показники.

Об'єкт дослідження – технологічний процес замкнутої повітряної системи зерноочисної машини.

Предмет дослідження – залежність ефективності функціонування зерноочисної машин від конструктивно-технологічних параметрів замкнутої пневмосистеми.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах з урахуванням загальноприйнятих і приватних методик, розроблених автором. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за

допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Сукманюк О.М., **Нагорний Ю.Ю.** Експериментальна установка для встановлення протиточного діаметрального вентилятора. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 33.

2. **Нагорний Ю.Ю.** Агротехнічне обґрунтування очищення зернових сумішей і їх основні властивості. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 221-222.

3. Сукманюк О.М., **Нагорний Ю.Ю.** Повітряні системи зерноочисних машин. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Техніка та технології в агропромисловому виробництві» (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету) 07-08 жовтня 2021 року. Полтава. 2021. С. 160-164.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє встановлені конструктивно-технологічні параметри замкнутої пневмосистеми.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 10 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ворох зернових культур, що надходить на пункти післязбиральної обробки зерна, являє собою суміш, що складається з зерен основної культури, насіння інших культурних рослин і бур'янів, органічних і мінеральних домішок.

Дрібні, щуплі і подрібнені зерна основної культури в зерновому воросі складають зернову домішку, а решта – домішка сміття. Засміченість зернового вороху бур'янами і зерновими домішками багато в чому залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки, стиглості хлібів, якості роботи зернозбиральних комбайнів та ін. Тому ступінь і характер засміченості свіжозібраного зерна в різних природно-кліматичних зонах, в межах однієї зони, навіть в одних і тих же господарствах, але на різних полях і в різні роки значно коливаються. При цьому відомо, що вологість вороху змінюється від 10 до 40%, засміченість – від 1 до 25%. Тому ворох необхідно очищати від домішок, а насіннєве зерно ще і сортувати по сортам. Виділення домішок значно підвищує стійкість зерна до факторів псування, особливо до самонагрівання, а також підвищує сипкість зернового матеріалу, покращує умови сушіння зерна і знижує витрати енергії при наступних технологічних операціях його обробки.

До насіннєвого зерна пред'являються певні вимоги, передбачені ДСТУ. Одна з головних вимог – чистота насіння. Так, чистота насіння зернових культур першого класу повинна бути не менше 99%, другого класу – 98% і третього класу – 97%.

Найчастіше отримання гарного насіння забезпечується післязбиральним механічним очищенням зернового матеріалу, заснованого на використанні його фізико-механічних властивостей. Це форма, розміри, стан поверхні, питома маса, щільність, пружність, аеродинамічні властивості і ін.

Поділ матеріалу по аеродинамічних властивостях має ряд переваг в порівнянні з іншими способами очищення. Це більш висока питома

продуктивність, менше пошкодження насіння, простота конструкції очисних пристроїв. Численні дослідження показують, що при поділі зернової суміші за аеродинамічними властивостями можна досягти ефекту поділу до 50 і більше відсотків. Тому більшість машин для очищення насіння забезпечено повітряною системою.

Очищення зернових сумішей по аеродинамічним властивостям заснована на здатності їх компонентів надавати різну силу опору повітряному турбулентному потоку в пневмосепаруючих каналах зерно- і насінневоочисних машин. Різниця аеродинамічних властивостей зерна і сторонніх домішок дозволяє розділити суміш на складові фракції повітряним потоком.

Частинка зернової суміші, потрапляючи у вертикальний повітряний потік (рис. 1), піддається впливу сили тяжіння $G=mg$, яка спрямована вниз і аеродинамічній силі R , яка визначають за формулою Ньютона:

$$R = k q F (v - c)^2 = k_n m u^2, \quad (1.1)$$

де k – коефіцієнт аеродинамічного опору; q – щільність повітря кг/м^3 ; v – швидкість повітряного потоку, м/с ; k_n – коефіцієнт парусності, м^{-1} ; m – маса частинки, кг ; F – миделевий переріз, м^2 ; c – абсолютна швидкість частинки зернової суміші, м/с ; u – відносна швидкість частинки зернової суміші, м/с .

Напрямок руху частки в вертикально-висхідному повітряному потоці визначається співвідношенням сил G і R . Якщо $R < G$, частинка рухається вниз, якщо $R = G$, частка перебуває в підвішеному стані. При $R > G$ частка переміщується вгору. Визначення можливості поділу зернової суміші за співвідношенням R і G не зовсім зручно, так як для розрахунку величини R за виразом (1) необхідно знати коефіцієнт аеродинамічного опору і миделевого перерізу, яке визначити досить складно. Тому можливість поділу зернової суміші визначають за іншим показником, що зветься критичної швидкістю витання або швидкістю витання частки. При цій швидкості повітряного потоку частка знаходиться в підвішеному стані, тобто $R = G$. Швидкість витання, що є

важливим показником технологічного процесу очищення насіння, визначається за формулою:

$$v_B = \sqrt{\frac{G}{kqF}} = \sqrt{g/k_n} \quad (1.2)$$

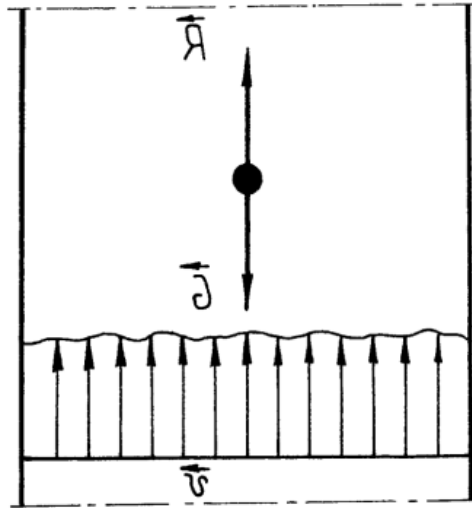


Рис. 1.1 Схема дії сил на частку в вертикальному пневмосепаруючому каналі

За даними Г. Е. Листопада, значення коефіцієнта парусності насіння більшості зернових культур лежать в межах $k_n = 0,07 \dots 0,15 \text{ м}^{-1}$. Цей коефіцієнт знаходиться в складній залежності від форми і властивостей поверхні частинок, режиму повітряного потоку, а також від ступеня обмеженості її руху

На рис. 2 показані варіаційні криві 1 і 2 за швидкостями витання насіння дрібних домішок і основної культури. Як видно з рис. 2, а, крива 1 на ділянці Δu перекривається кривою 2. Отже, при впливі повітряного потоку частину легень домішок не може бути відділена від основної культури.

При впливі повітряного потоку на зернову суміш, у якій компоненти мають різну критичну швидкість (рис. 2, б), насіння основної культури повністю відокремлюються від легких домішок. Якщо ж варіаційна крива 1 легких домішок лежить повністю в зоні кривої 2 основної культури, зернова суміш за цією ознакою не поділяється.

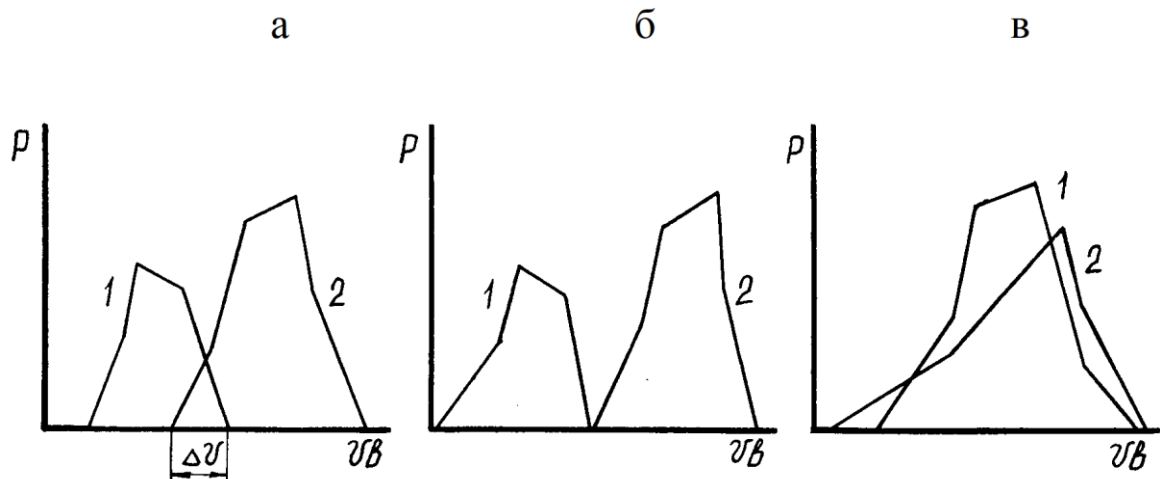


Рис. 1.2. До визначення подільності зернового матеріалу по критичній швидкості: *a* – частковий поділ компонентів вороху; *б* – повне розділення компонентів зернового матеріалу; *в* – поділ компонентів неможливий; 1 – домішки; 2 – зерно.

У практиці зазвичай переважають важкороздільні суміші, для поділу яких має бути використано кілька ознак.

В результаті поділу зернового матеріалу важко отримати компоненти в чистому вигляді. При цьому ефект поділу залежить від роздільної здатності пристрою і вибраного режиму роботи.

Практична ефективність пневмосепарування визначається за результатами кількісно-якісного аналізу після поділу на фракції. При цьому ефективність поділу оцінюють двома показниками – ефективністю виділення повітрям домішок E і змістом Π_3 повноцінного зерна у відходах.

У повітряних системах має виділятися максимальна кількість домішок при втратах повноцінного зерна у відходи, що не перевищують значень, граничних норм. Вміст повноцінних зерен у відходах не повинно перевищувати 0,05% від маси зерна основної культури у вихідному матеріалі при попередньому очищенні, 0,5% – при первинному очищенні і 3% – при вторинному очищенні.

Повітряна система зерноочисних машин являє собою сукупність вентилятора і пристроїв, що впливають на оброблюваний зерновий матеріал

потокom повітря, механізмів подачі матеріалу, виведення його компонентів, регулювання, що призводять систему в раціональний режим функціонування.

Вентилятор – генератор енергії повітряного потоку, за допомогою якого легкі і об'ємні домішки виділяються в пневмосепаруючих каналах.

Пневмосепаруючі канали можуть розташовуватися вертикально, похило або горизонтально. Для очищення відпрацьованого повітря від пилу і легких домішок застосовують осадові камери, циклони, інерційні жалюзі, тканинні очищувачі повітря.

Повітряні системи можна розділити на наступні типи:

- за напрямком повітряного потоку: з вертикальним, похилим і горизонтальним потоком;
- за способом надходження потоку повітря в канали: з нагнітальним, всмоктувальним і нагнітально-всмоктувальним потоком (рис.1 а, б, в);
- за кількістю сепаруючих каналів: з одним, двома або більшим числом каналів;
- по кратності використання повітря: з розімкненим, замкнутим, розімкнуто-замкнутим (комбінованим) циклом.

Дослідження І.П. Безручкіна показали, що машини з вертикальним каналом простіше по конструкції, економічніше і продуктивніше, ніж з горизонтальним і похилими каналами.

У системах з нагнітальним потоком (рис. 1, а) повітря подається вентилятором по відношенню до зернового матеріалу знизу або збоку, забезпечуючи в ньому тиск вище атмосферного. Одним із суттєвих недоліків нагнітаемого повітряного потоку є виділення в навколишнє середовище пилу через нещільності повітряного тракту машини, що погіршує санітарно-гігієнічні умови роботи обслуговуючого персоналу. Ще однією особливістю каналів, які працюють з використанням нагнітаемого повітряного потоку, є наявність робочої сітки в повітряному каналі, що істотно збільшує опір повітряному потоку.

У системах з всмоктуваним потоком (рис. 1, б) повітря всмоктується вентилятором з сепаруючих каналів через осадочну камеру, завдяки чому в каналах утворюється тиск нижче атмосферного (розрідження).

Більш повно використовувати енергію повітряного потоку вдається в пневмосистемах з нагнітально-всмоктувальним потоком (рис. 1, в). Крім того, наявність нагнітального і всмоктувального вентиляторів дозволяє усунути підсоси і викиди повітря в зоні сепарації зернового матеріалу, що підвищує рівномірність повітряного потоку і покращує якість очищення. Однак такі пневмосистеми є більш громіздкими і металоємними.

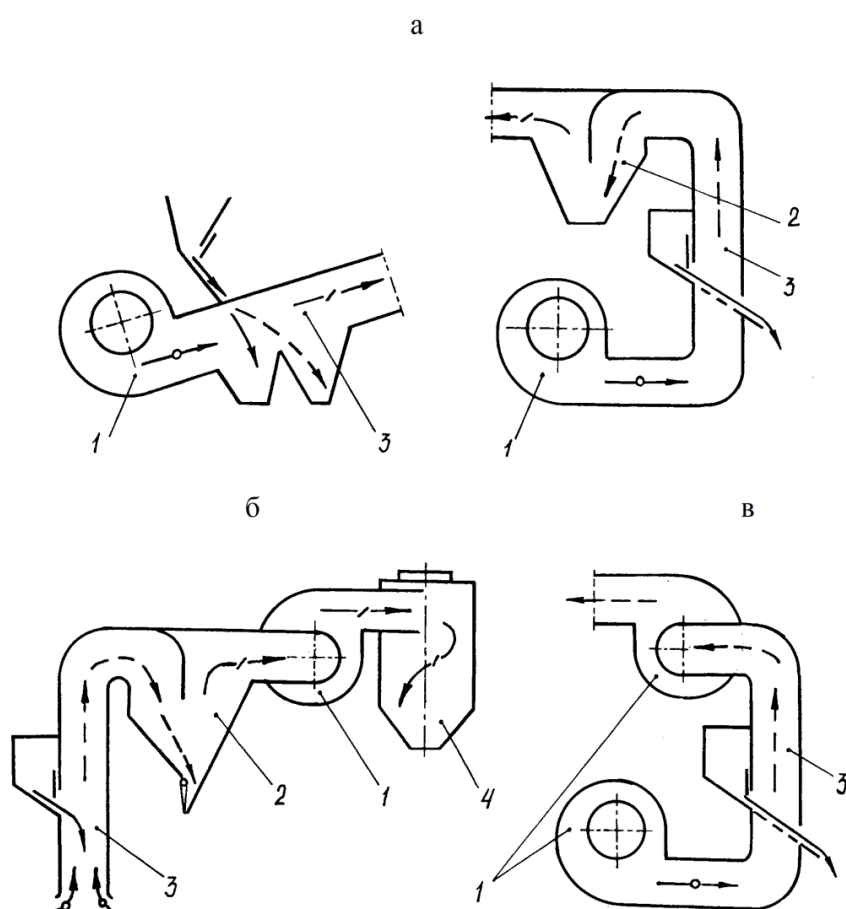


Рис. 1.3. Типи повітряних систем зерноочисних машин: а – з нагнітальним потоком повітря; б – з всмоктувальним потоком повітря; в – з нагнітально-всмоктувальним потоком повітря; 1 – вентилятор; 2 – осадова камера; 3 – пневмосепаруючий канал; 4 – повітряочисник.

Деякі дослідники вважають, що процес очищення зерна не залежить від того, чи працює сепаратор під розрядженням або під надлишковим тиском. Вибір сепаратора відповідного типу диктується зручностями компоновання робочих механізмів машини. Більш того більшість дослідників вважає, що використання всмоктувального потоку має переваги щодо конструктивних і експлуатаційних особливостей. Більш досконалою є усмоктувальна система з наступних причин: рівномірність повітряного потоку не залежить від числа лопаток вентилятора, так як забір повітря здійснюється через вхідні вікна відразу усіма лопатками; усмоктувальний потік триваліше впливає на очищається матеріал і поділ зернової суміші відбувається більш ефективно; осадова камера поряд з прямим призначенням виконує роль акумулятора розрядження, що забезпечує сталість і рівномірність потоку в аспіраційному каналі; усмоктувальна система менше виділяє пилу в навколишнє середовище.

Повітряні системи з одним пневмосепаруючим каналом найчастіше застосовують в машинах для попереднього очищення зернової суміші, з двома каналами – для первинної та вторинної очистки. Канали мають у своєму розпорядженні один біля одного паралельно (при підвищеній продуктивності машини) або один – перед решітним очищенням, а інший – після неї (послідовно).

Багато фірм світу, такі як «Феррел» і «Саймон-Картер» (США), «Мітчел», «Колмен» і «Портер» (Англія), «Майер», «Шуле», «Хаппле», «Гомпер» і «Петкус» (Німеччина), «Рейснер» (Австрія), «Бюлер» (Швейцарія) і багато інших випускають зерноочисні машини, у яких повітряні системи мають розімкнутий цикл потоку. Наприклад, фірма «Саймон-Картер» випускає скальператори, у яких повітроочисна частина представлена одним пневмосепаруючих каналом, а фірма «Бюлер» – аспіраційну колонку MVSA, особливістю конструкції якої є зміна поперечного перерізу пневмосепаруючого каналу за рахунок пересування стінки.

У зазначених системах відбувається одноразове очищення зернового матеріалу повітряним потоком. Однак практика використання даних машин показує, що повітряна одноступенева система не забезпечує якісне очищення зерна від легких домішок, особливо насінневого значення. Для усунення цього недоліку деякі фірми випускають машини з дворазовою обробкою зернового матеріалу повітряними потоками. Так, фірма «Петкус» (Німеччина) з початку шестидесятих років випускає повітряно-решітні сепаратори К-527, К-531/1, К-547А та ін. Повітряні системи даних машин мають два пневмосепаруючих канали з осадовими камерами і вентилятор. Фірми «Робінзон» (Англія), «Кварнмаскінер» (Швеція), АТВТ «Воронежсельмаш» (РФ) і інші в даний час випускають повітряно-решітні зерноочисні сортувальні сепаратори, в повітряних системах яких насіння піддається впливу повітряного потоку двічі: до потрапляння на очищення решетами і після сходу з решіт. Таке очищення насінневого матеріалу дозволяє в значній мірі звільнитися від легких домішок, великого, щуплого, битого і дробленого зерна.

На рис. 1.4 приведена пневмосистема очищувача СВУ-5А. Її повітроочисна частина включає два пневмосепаруючих канали, вентилятор і осадочну камеру. У верхній частині каналів і вихідному патрубку вентилятора встановлені заслінки для регулювання швидкості повітряного потоку. У нижній частині осадкової камери є шнек для виведення домішок.

У даній машині використовується одна осадова камера для уловлювання домішок, що виносяться повітряним потоком з обох пневмосепаруючих каналів, що призводить до змішування домішок. Щоб усунути цей недолік, деякі фірми виробляють машини з повітряною системою, що має роздільні осадкові камери від першої і другої аспірації. Пневмосистеми машин СВУ-10 і МВО-20, здійснюють дворазове очищення зернового матеріалу до і після решіт в вертикальних сепаруючих каналах зі всмоктуючим повітряним потоком [10]. Для осадження домішок, виділених в сепаруючих каналах, передбачені дві осадкові камери. Подача повітря в пневмосистему СВУ-10 передбачена від

центральної повітряної системи, що зумовлює залежність її функціонування від інших елементів системи.

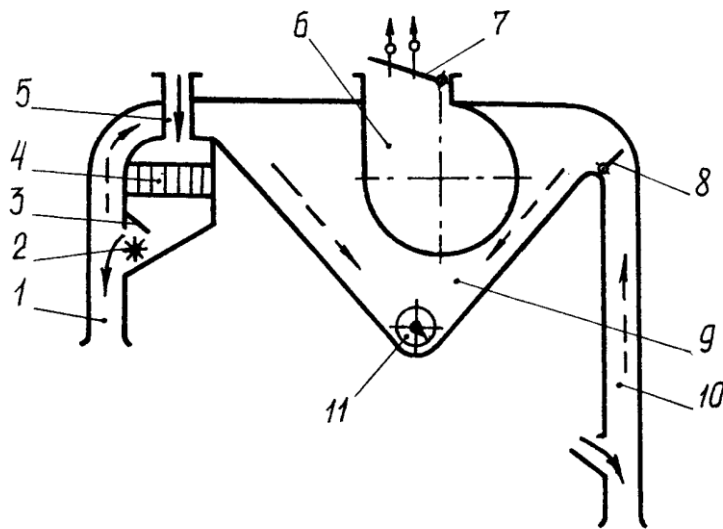


Рис. 1.4. Схема пневмосистеми зерноочисної машини СВУ-5А: 1 і 10 – пневмосепаруючі канали; 2 – живильний валик; 4 – розподільний щит; 5 – завантажувальна труба; 6 – відцентровий вентилятор; 7 і 8 – регулювальні заслінки; 9 – осадова камера; 11 – шнек відходів.

У пневмосистемі машини МВО-20 перший пневмосепаруючий канал – подвійний глибиною 0,1 м, а другий має глибину 0,18 м і висоту 1,5 м. Повітряний потік створюється окремо відцентровим вентилятором з електродвигуном потужністю 18,5 кВт. Відпрацьоване повітря по повітропроводам направляється в аспіраційну систему потокової лінії. Основні недоліки пневмосистеми – висока питома витрата енергії і великі габаритні розміри.

Теоретичні та експериментальні дослідження В.С. Пальцева, Г.Ф. Костюка, С.П. Патякіной, Н.П. Сичугова, А.І. Буркова і ін. Свідчить про те, що застосування при очищенні зернового матеріалу повітряних систем із замкнутим циклом роботи повітряного потоку мають ряд переваг в порівнянні з пневмосистемою розімкнутого і розімкнуто-замкнутого типу. Пневмосистеми з замкнутим циклом не створюють повітрообміну в приміщенні, практично виключають надходження запиленого повітря в навколишню атмосферу, менш

енергоємні при створенні необхідних тисків повітряного потоку і подач повітря, мають невеликі габаритні розміри, економічні щодо капітальних витрат, вимагають менших настановних площ, витрат часу і робочої сили на монтажні роботи.

Особливістю замкнутих пневмосистем є наявність всмоктувальної і нагнітальної ділянок, між якими розміщується зона зі статичним тиском $P_{sv}=0$. Положення цієї зони залежить від місця установки елементів пневмосистеми, що мають великий опір і її герметичності. Для зменшення виходу запиленого повітря необхідно зону, де $P_{sv} = 0$, розташовувати в місці розміщення пристрою виведення очищеного зерна.

Мета та завдання дослідження

Однією з умов отримання якісного продовольчого зерна є його досконала технологія післязбиральної обробки. Наявне обладнання для очищення зернових матеріалів та продуктів їх переробки за своїми експлуатаційними якостями (продуктивність, ефективність, надійність, енергоємність, металоємність, габаритні розміри, зручність обслуговування та санітарно-гігієнічні норми) не відповідає зростаючим вимогам. Метою даної роботи є підвищення ефективності функціонування насіннево-очищувальної машини шляхом удосконалення робочих органів її пневмосистеми. Наведений вище аналіз повітряних систем зерноочисних машин, їх робочих органів дозволяє вважати, що найбільш перспективними для первинного і вторинного очищення зерна є машини, забезпечені замкнутою повітряною системою, що містить два пневмосепаруючі канали, що обробляють зерновий матеріал до і після решіт і обслуговуються одним діаметральним вентилятором. При цьому кожен канал повинен бути забезпечений осадовою камерою для запобігання змішування домішок, що відокремлюються повітряним потоком.

Для очищення відпрацьованого повітря від легких домішок та пилу повітряна система повинна мати очищувач повітря з досить високим ефектом очищення ($E_0 \geq 90\%$) та низьким гідравлічним опором ($P_{SU} < 300 \text{ Па}$). Пристрої введення та виведення зерна повинні бути розташовані в зонах повітряного тракту пневмосистеми з негативним або нульовим тиском ($P_{SU} < 0$) для запобігання викиду пилу за межі машини. Конструкція діаметрального вентилятора повинна бути такою, щоб його можна було встановити поблизу першого пневмосепаруючого каналу з метою зменшення загального опору повітряного тракту повітряної системи, без збільшення габаритних розмірів машини.

Виходячи з вищевикладеного і відповідно до поставленої мети, були визначені такі завдання дослідження:

- дати аналіз робочого процесу зерно- і зерноочисних машин і визначити теоретичні передумови до вдосконалення їх основних робочих органів;
- визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри першого пневмосепаруючого каналу з урахуванням його призначення та величини зернового навантаження;
- провести виробничі випробування експериментальної зерноочисної машини СВМ-7 із замкненою повітряною системою, визначити якісні показники технологічного процесу, а також основні технічні показники.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ УСТАНОВКИ, МАШИНИ, МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКИ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

На підставі аналізу конструкцій та робочого процесу повітряних систем зерноочисних машин та їх елементів, а також з урахуванням теоретичних передумов намічено наступну програму експериментальних досліджень:

1. Дослідити робочий процес протиточного діаметрального вентилятора:

- вплив геометричних параметрів вхідної коробки на робочий процес вентилятора;

- зняти кількісні характеристики вентилятора при його роботі в нагнітальному каналі.

2. Дослідити робочий процес діаметрального вентилятора із всмоктуючим каналом клиноподібної форми в початковій частині основи корпусу:

- вплив геометричних параметрів всмоктуючого каналу клиноподібної форми на робочий процес вентилятора;

- зняти кількісні характеристики вентилятора при його роботі в нагнітальному каналі.

3. Визначити раціональні значення основних конструктивних параметрів і режимів технологічного процесу замкнутої повітряної системи зерноочисної машини:

- глибину першого пневмосепаруючого та додаткового каналів без подачі зернового матеріалу;

- положення та кількість регулювальних заслінок, що забезпечують незалежне регулювання швидкості в одному з пневмосепаруючих каналів;

- зняти кількісні характеристики протиточного діаметрального вентилятора, встановленого в замкнуту пневмосистему;

- дослідити вплив засміченості оброблюваного зернового матеріалу на технологічні показники робочого процесу повітряної системи.

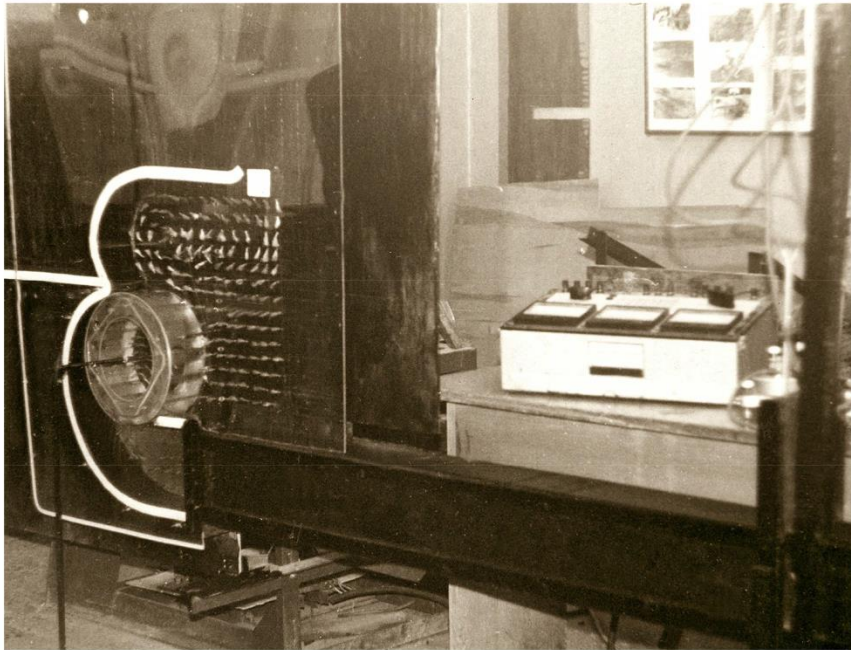
4. Дослідити експериментальну зерноочисну повітряно-решітну машину СВМ-7 для первинної та вторинної очистки зерна із замкнутою повітряною системою у виробничих умовах:

- визначити вплив засміченості оброблюваного зернового матеріалу на технологічні показники робочого процесу зерноочисної машини у виробництві.

Для вирішення завдань щодо дослідження різних параметрів схем діаметральних вентиляторів, замкнутої повітряної системи зерноочисної машини та електричного аналогового моделювання осадової камери спроектовано та виготовлено експериментальні установки, а також зерноочисну повітряно-решітну машину СВМ-7.

Як відомо, при встановленні діаметрального вентилятора в повітряну систему зерно- і зерноочисних машин важливу роль відіграє вхідна коробка (забірна частина), геометричні параметри якої впливають на його роботу. Для дослідження цього питання виготовлено експериментальну установку, загальний вигляд і схема якої представлені на рис. 3.1. На підставі 1 встановлена модель протиточного діаметрального вентилятора, вхідна коробка якого утворена стінкою 3 і суміжною стінкою 9 нагнітальної труби 8. Модель вентилятора мала корпус 10, виконаний по логарифмічній спіралі, і колесо 2 із зовнішнім діаметром $D_2 = 0,3$ м, числом лопаток криволінійного профілю $Z = 16$, з товщиною $\delta = 0,001$ м, довжиною хорди $l_x = 0,059$ м і кутом установки $\beta_2 = 1640$. Ширина моделі становила 0,1 м, а частота обертання колеса – 1060 хв^{-1} . Нагнітальна труба 8 на вихідному кінці мала змінні заслінки-діафрагми 6 дозволяли змінювати режим роботи вентиляторної установки діапазоні витрат повітря від нульової до максимальної продуктивності. Усередині нагнітальної труби, а також у всмоктувальному каналі 4 заміряли повний і статичний тиск повітря за допомогою трубки Піто-Прандтля 7 та мікроманометра 5.

а



б

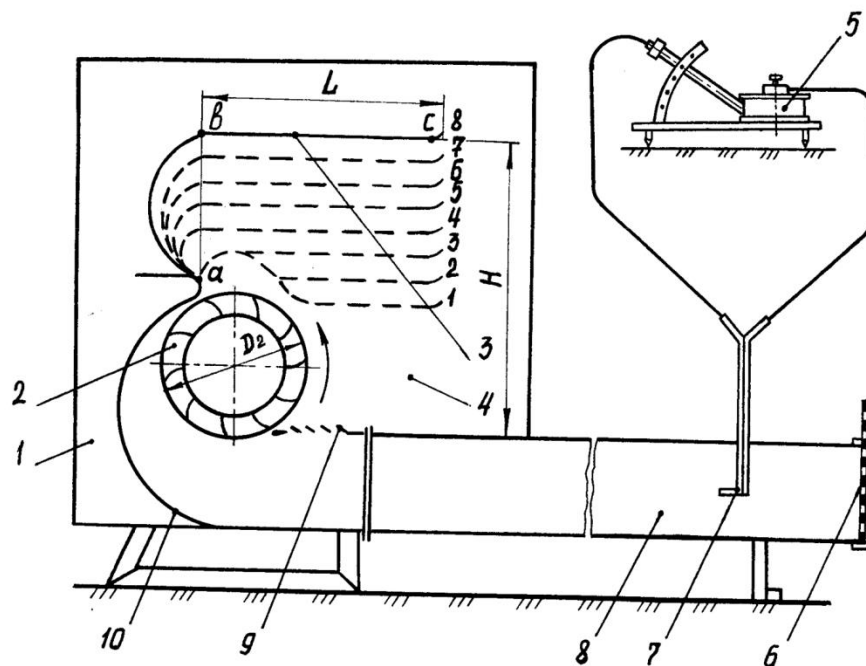


Рис. 2.1. Експериментальне встановлення протivotочного діаметрального вентилятора: а – загальний вигляд установки; б – схема повітряної системи установки.

Глибину входної коробки (параметр H) варіювали шляхом послідовної перестановки стінки 3. Змінювалася також і довжина стінки L стінки коробки.

Для візуального спостереження за характером перебігу повітря у проточній частині вентилятора одна з боковин виготовлена з оргскла, а на іншій шарнірно закріплені флюгерки-шовковинки.

Технологічний процес роботи установки наступний: колесо 2 протivotокового діаметрального вентилятора, що отримує обертання від електродвигуна через ремінну передачу, забирає повітря з вхідної коробки (каналу 4) і подає його в нагнітальну трубу 8 під кутом 360° . При цьому всмоктування та нагнітання відбувається в одній площині, але у протилежному напрямку, тобто протivotоково.

На підставі експериментальних досліджень моделі замкнутої пневмосистеми зерноочисної машини була спроектована та виготовлена зерноочисна повітряно-решітна машина СВМ-7, загальний вигляд та технологічна схема якої наведені на рисунку 2.2. Основні робочі органи машини – замкнута пневмосистема з шириною проточної частини 0,9 м та два решітні стани (запозичені від насінняочисної) машини СВУ-5А), закріплені на звареній рамі.

Замкнена пневмосистема складається з протиточного діаметрального вентилятора 9, пневмосепаруючих каналів 6 і 15, додаткового каналу 7, повітровідвідного 11 і повітропідвідного 17 каналів, осадової камери 12 і інерційного жалюзійного повітроочисника, пристосувань для виведення зерна 3 і 20, а також домішок 13 і 19. В інерційному жалюзійному очищувачі повітря 15 встановлена жалюзійна площа 14 для більш ефективного осадження легких, сміттєвих домішок.

Швидкості повітряного потоку в каналах 6 та 15 пневмосистеми регулюються заслінками 8 та 10. Під замкненою пневмосистемою розташована решітна частина машини. Вона складається з верхнього 2 і нижнього 1 решітних станів. Решітний стан 2 двоярусний, у верхньому ярусі решета Б1 та Б2, у нижньому Г1 та Г2. Нижній стан 1 одноярусний з решітками В1 та В2. Стани підвішені до рами на дерев'яних вертикальних підвісках. Решетні стани

коливаються завдяки дерев'яним шатунам ексцентриків приводного валу у взаємопротилежних напрямках. В результаті інерційні сили, що виникають під час роботи, врівноважуються. Для очищення решіт під ними встановлені щітки, що рухаються зворотно-поступально.

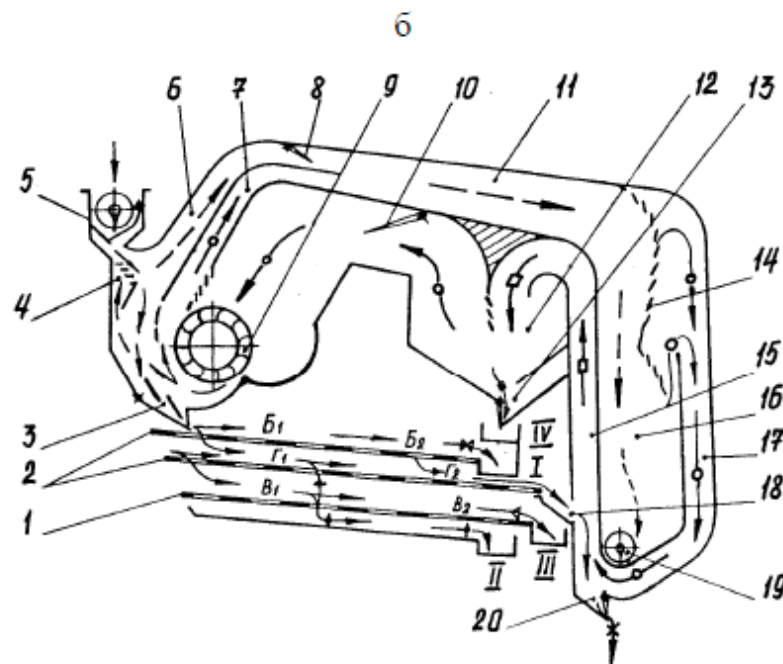


Рис.2.2. Експериментальна зерноочисна повітряно-решітна машина СВМ-7; а – загальний вигляд; б – технологічна схема: потік зернового матеріалу, що очищається; потік легких домішок; великі домішки; - роблене, щупле і бите зерно; зерно другого ґатунку; зерно першого ґатунку; дрібні домішки; повітряний потік.

Технологічний процес роботи машини відбувається в такий спосіб. Очищений зерновий матеріал через завантажувальний пристрій 5 надходить в перший пневмосепаруючий канал 6, попередньо зрідка очищаючись повітряним потоком на решітці завантажувального пристрою. У каналі 6 легкі домішки відокремлюються і по повітровідвідному каналу 11 відносяться потоком повітря, створюваним проточним діаметральним вентилятором 9, інерційно-жалюзійний очищувач повітря 16, де осаджуються і пристосуванням 19 виводяться за межі машини. Очищене від легких домішок повітря з інерційно-жалюзійного очищувача повітря 16 по повітропідвідному каналу 17 подається в пневмосепаруючий канал 15 другої аспірації. З пневмосепаруючого каналу 6 зерно, очищене від легких і сміттєвих домішок, пристосуванням 3 подається на решето Б1 верхнього решітного стану, де ділиться на приблизно дві рівні по масі, але різні по розмірів зерен частини. Найбільше зерно сходом з решета Б1 надходить на решето Б2, де відокремлюються великі сміттєві домішки, які з решета Б2 надходять у приймач I. Очищене велике зерно проходом через решето Б2 по скатній дошці надходить на кінець решета Г2. Менше велике зерно проходом через решето Б1 подається на сортувальні решета Г1 та Г2, через які проходять дрібне (щупле) зерно та дрібні домішки. Схід з решет Г1 і Г2 (остаточно очищене менш велике насіння) поєднуються з проходом через решето Б2 і надходять через завантажувальний пристрій 18 в пневмосепаруючий канал 15 другої аспірації. У каналі 15 із суміші зерна повітряним потоком виносяться биті, щуплі і дроблені зерна, які надходять в осадову камеру 12, осаджуються в ній і видаляються через пристосування 13 приймач IV. Очищене зерно першого сорту виводиться назовні пристосуванням 20, а повітря з осадової камери 12 знову надходить у вентилятор 9. Прохід через решета Г1 і Г2 потрапляє на підсвінні решета В1 і В2 нижнього решітного стану. Схід з решет В1 і В2 є очищеним зерном другого сорту, яке надходить у приймач III. Дрібні домішки (частинки мінерального та органічного походження, дрібне насіння бур'янів) проходом через решета В1 та В2 надходять до приймача II.

Рівномірність розподілу зернового матеріалу по ширині машини регулювали зміною зусилля стиснення розподільного клапана шнека завантажувального пристосування 5.

З метою дослідження впливу засміченості різних зернових культур на технологічні показники зерноочисної машини СВМ-7 вона була встановлена у виробничу потокову лінію.

На рисунку 2.3. представлено схему виробничої потокової лінії з експериментальною машиною СВМ-*

Виробнича потокова лінія складається з пандусу 1 для розвантаження транспортного засобу, завальної ями 2, норій 3, 5, 7, 10, 13 і 14, машини попереднього очищення зерна 4 (МПО-50), сушарки 6 (САУ-6), накопичувальних ємностей 8, 9 та 12, експериментальної машини 11 (СВМ-7).

Конструкція виробничої потокової лінії дозволяла проводити відбір проб із фракційних виходів, не порушуючи технологічного процесу.

Технологічний процес протікав так. Транспортний засіб з вихідним зерновим матеріалом в'їжджало на пандус 1 і розвантажувало зерно в завальну яму 2, з якої норією 3 зерновий матеріал подавався в машину попереднього очищення 4. У ній зерновий матеріал піддавався очищенню від великих і легких сміттєвих домішок, потім попередньо очищене зерно подавалося норією 5 в сушарку 6, де піддавалося сушінню, вивантажувалося в накопичувальну ємність для 8 охолодження. З накопичувальної ємності 8 зерно за допомогою норії 10 завантажувалося в експериментальну машину СВМ-7, де очищалося, і норією 13 подавалося в накопичувальну ємність 12. Інші фракції зернового матеріалу, виділені пневмосистемою і решітними станами, направлялися норією 14 на 10 накопичувальні ємності 9 і 12 розвантажувалися за допомогою двопоточних норій 13 і 14 кузов транспортно засобу. Очищене зерно відвозилося на склад, а інші фракції накопичувальної ємності 9 використовувалися за призначенням.

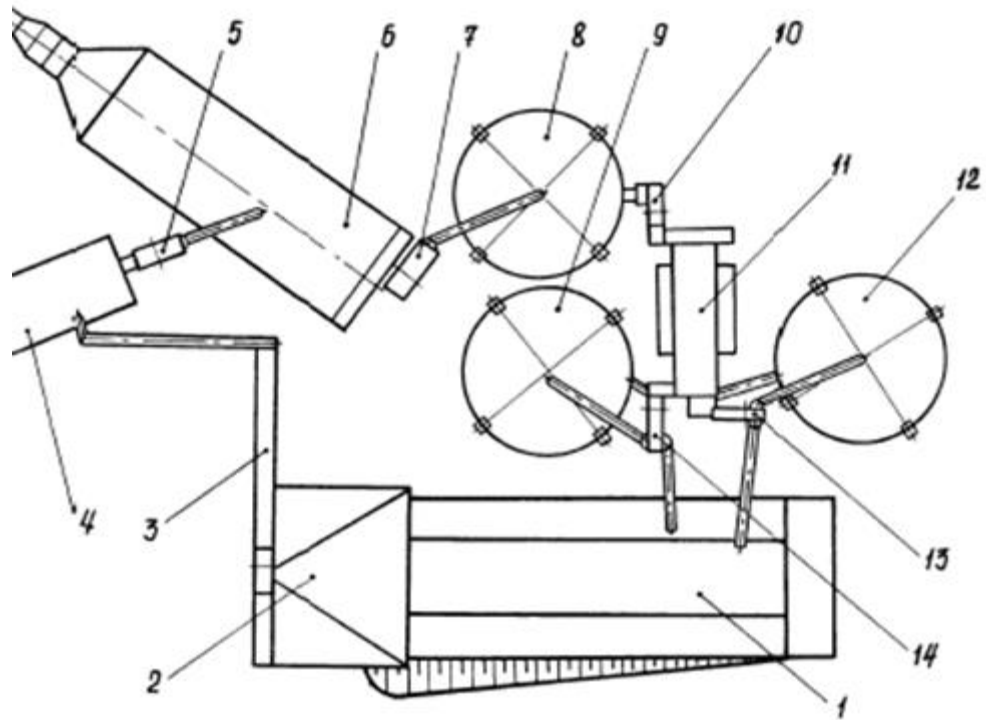


Рис. 2.3. Схема виробничої потокової лінії з експериментальною машиною СВМ-7.

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи розроблена програма, експериментальні установки, машини, методика досліджень та обробки отриманих даних.

РОЗДІЛ 3

ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МАШИНИ

СВМ-7

Експериментальна зерноочисна повітряно-решітна машина СВМ-7 випробовувалась у виробничій лінії. При перевірці роботи експериментальної зерноочисної машини ставилося завдання визначити вплив засміченості оброблюваного зернового матеріалу двох сільськогосподарських культур на технологічні показники робочого процесу досліджуваної машини у виробничій потоковій лінії з очищення зерна за різної пропускної спроможності та дати енергетичну оцінку.

Вихідний зерновий матеріал, що надходив на очищення, містив більшу або меншу кількість різних домішок. Ефективність функціонування машини оцінювали на очищенні зернових культур жита та вівса.

Зернова суміш жита сорту «В'ятка 2» мала вологість 14,3 %, містила 93,2 % повноцінних зерен основної культури, 4,2 % зернових домішок (подрібнених, щуплих та битих зерен основної культури) та 2,6 % легких бур'янів (дрібних частинок соломи, плівок, насіння бур'янів, мінеральних та органічних домішок). Зернова суміш вівса сорту «Сельма» мала вологість 14,8 %, містила 95,4 % повноцінних зерен основної культури, 2,54 % зернових домішок (подрібнених, щуплих та битих зерен основної культури) та 2,06 % легких бур'янів (дрібних частинок соломи, плівок, насіння бур'янів, мінеральних та органічних домішок). На рисунку 3.1 наведено криві розподіли компонентів зернових сумішей жита та вівса за швидкістю витання.

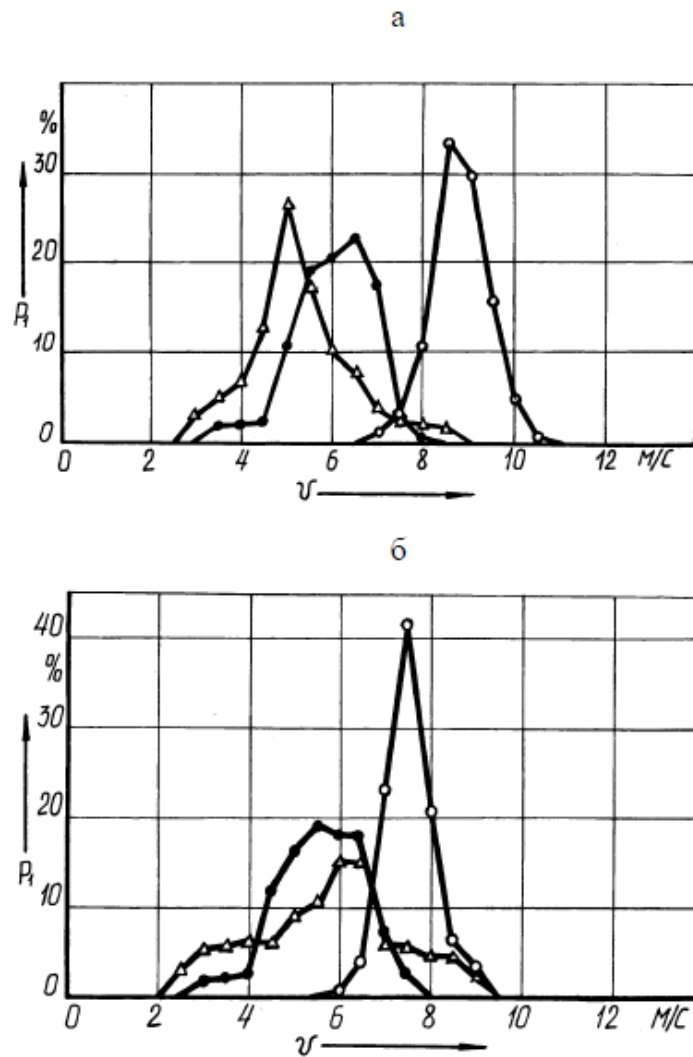


Рис. 3.1. Криві розподілу компонентів зернових сумішей жита (а) та вівса (б) за швидкістю витання: повноцінні зерна; подрібнені, щуплі та биті зерна; легкі та сміттєві домішки.

Аналіз кривих розподілу компонентів показує, що деякі легкі засмічені домішки мають однакову швидкість витання із зернами основної культури. Крім того, в зернові суміші входять дрібні та неповноцінні зерна основних культур. Ці зерна за аеродинамічними властивостями мало відрізняються від легких засмічених домішок, що входять до складу зернових сумішей. Розподіл швидкостей витання оброблених сумішей, як правило, близький до нормального закону розподілу.

Наведені на рисунку 3.1,а криві можна виразити поліномом шостого порядку, відповідно, для повноцінних зерен, зернових і легких сміттєвих домішок:

$$P_z = -0,0198v^6 + 0,660v^5 - 8,403v^4 + 50,893v^3 - 150,01v^2 + 202,31v - 95,515 \quad (3.1)$$

$$P_d = -0,0013v^6 + 0,06v^5 - 1,037v^4 + 8,2402v^3 - 30,468v^2 + 49,9v - 26,806 \quad (3.2)$$

$$P_n = -0,0006v^6 + 0,0232v^5 - 0,3126v^4 + 1,66v^3 - 2,516v^2 + 0,3611v + 1,4918 \quad (3.3)$$

при кореляційному відношенні N дорівнює, відповідно, 0,967, 0,970 та 0,846.

Як видно з рисунку 3.1,а, швидкість витання зерен жита змінюється від 6,5 до 11 м/с, а легких домішок - від 2,5 до 9 м/с. Отже, частина частинок (9,15%) легких бур'янів, що мають швидкість витання більше 6,5 м/с, не може бути відокремлена від насіння жита. Крім того, швидкість витання подрібнених, щуплих і битих зерен основної культури становить діапазон від 3 до 8,5 м/с, що утруднює відокремлення легких засмічених домішок від зернової домішки. При швидкості повітряного потоку понад 6,5 м/с частина частинок (20,55 %) зернових домішок може бути відокремлена від насіння жита. До того ж, оскільки крива легких бур'янів повністю перекриває криву зернових домішок, їх поділ повітряним потоком практично неможливий. Найбільш оптимальний робочий режим повітряної системи експериментальної зерноочисної машини можна створити, на наш погляд, при швидкості повітряного потоку в першому пневмосепаруючому каналі 4,5 м/с, а в другому каналі орієнтовно 7,4 м/с, виходячи з того, що після очищення вихідного зернового матеріалу в першому каналі та на решітному стані, на введенні у другий пневмосепаруючий канал, залишиться лише деяка частина домішок. Вибрана орієнтовна швидкість у другому каналі обумовлюється максимально допустимими втратами повноцінного зерна (3 %) у відходи, які висувають агрономи до машин вторинного очищення зерна.

Наведені на рисунку 3.1,б криві можна виразити, як і в попередньому випадку, поліномом шостого порядку, відповідно, для повноцінного зерна, зернових і легких сміттєвих домішок:

$$P_3 = -0,0581v^6 + 1,7301v^5 - 19,791v^4 + 108,8v^3 - 295,45v^2 + 372,5v - 167,72 \quad (3.4)$$

$$P_d = -0,0008v^6 + 0,0356v^5 - 0,6157v^4 + 4,8483v^3 - 17,488v^2 + 28,369v - 15,055 \quad (3.5)$$

$$P_n = -0,0003v^6 + 0,016v^5 - 0,3231v^4 + 3,112v^3 - 14,643v^2 + 31,947v - 20,731 \quad (3.6)$$

при кореляційному відношенні N дорівнює, відповідно, 0,974, 0,972 та 0,854.

Як очевидно з рисунку 3.1,б, швидкість витання зерен вівса змінюється від 5,5 до 9,5 м/с, а легких домішок - від 2 до 9,5 м/с; отже, частина частинок (54,01%) легких бур'янів, що мають швидкість витання більше 5,5 м/с, не може бути відокремлена від насіння вівса. Крім того, швидкість витання подрібнених, щуплих і битих зерен основної культури становить діапазон від 2,5 до 8 м/с, що ускладнює відокремлення легких засмічених домішок від зернової домішки. До того ж, оскільки крива легких бур'янів повністю перекриває криву зернових домішок, їх поділ повітряним потоком практично неможливий. Найбільш оптимальний робочий режим повітряної системи експериментальної зерноочисної машини можна створити, на наш погляд, при швидкості повітряного потоку першому пневмосепаруючому каналі 4,0 м/с, а у другому каналі орієнтовно 6,3 м/с, виходячи з того, що після очищення вихідного зернового матеріалу в першому каналі та на решітному стані, на введенні у другий пневмосепаруючий канал, залишиться лише деяка частина домішок. Вибрана орієнтовна швидкість у другому каналі, так само як і в попередньому випадку, обумовлюється максимально допустимими втратами повноцінного зерна (3 %) у відходи відповідно до агроимогам до машин вторинного очищення зерна.

Таким чином, якісні показники роботи пневмосепаруючих каналів значною мірою залежать від розподілу компонентів зернового матеріалу за швидкістю витання, і тому при остаточному виборі робочої швидкості на каналах необхідно враховувати втрати повноцінного та фуражного зерна, а також чистоту кінцевого матеріалу.

Перевірка функціонування замкнутої пневмосистеми машини СВМ-7 проводилася при обробці зернових сумішей жита (первинне очищення) та вівса (вторинне очищення) згідно з агровимогами [9].

Залежності ефекту очищення E , втрат Π_3 повноцінного зерна та коефіцієнта варіації g швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах від подачі G зернового матеріалу зображені на рисунках.

На рисунку 3.2 представлені залежності ефекту очищення, втрат повноцінного зерна та коефіцієнта варіації швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах від подачі зернової суміші жита сорту «В'ятка 2». Ці залежності можна уявити рівняннями регресії:

$$E_1 = - 0,07G^3 + 0,666G^2 - 4,342G + 55,4 \quad (3.7)$$

$$E_2 = - 0,058G^4 + 0,928G^3 - 5,267G^2 + 13,897G + 6,7 \quad (3.8)$$

$$\Pi_{3,1} = - 0,0006G^3 + 0,0026G^2 - 0,0089G + 0,243 \quad (3.9)$$

$$\Pi_{3,2} = - 0,0005G^5 + 0,0086G^4 - 0,0578G^3 + 0,17G^2 - 0,2087G + 0,2256 \quad (3.10)$$

$$\gamma_1 = 0,0035G^2 - 0,022G + 0,313 \quad (3.11)$$

$$\gamma_2 = 0,0023G^2 - 0,0145G + 0,0981 \quad (3.12)$$

при кореляційному відношенні N відповідно дорівнює: 0,978; 0,970; 0,981; 0,963; 0,992 та 0,986.

Аналіз залежностей показує, що зі збільшенням подачі G з 2,28 до 8,21 т/год ефект очищення E_1 у першому пневмосепаруючому каналі знижується з 52,2 до 34,3%, а в другому каналі зі зростанням G ефект очищення E_2 підвищується 16,2% до 24,3%. Це пов'язано зі зниженням ефективності роботи першого каналу, так як зерновий матеріал, що надходить у другий канал, містить більшу кількість домішок, що легко видаляються. Більший ефект очищення в першому пневмосепаруючому каналі в порівнянні з другим каналом при малих подачах визначається більшою інтенсивністю впливу повітряного потоку на зерновий матеріал, що очищається, в результаті ефективної спільної роботи пневможивильного пристрою і пневмосепаруючого каналу, а також через більшу

кількість легко видаляються повітряним потоком домішок.

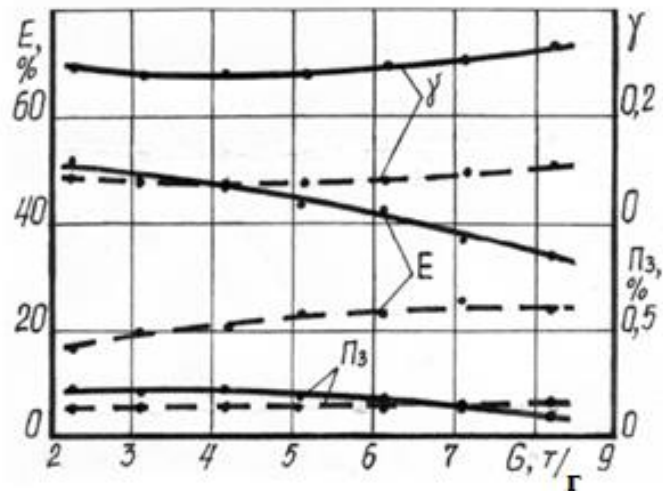


Рис. 3.2. Залежність ефекту очищення, втрат повноцінного зерна та коефіцієнта варіації швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах від подачі зернової суміші жита сорту «В'ятка 2»

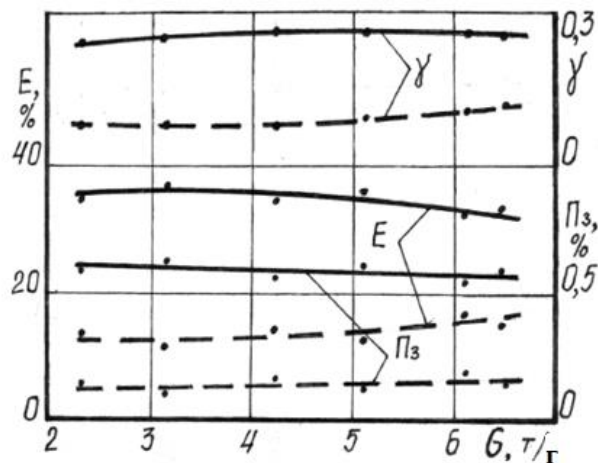


Рис. 3.3. Залежність ефекту очищення, втрат повноцінного зерна та коефіцієнта варіації швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах від подачі зернової суміші вівса сорту «Сельма»

Втрати повноцінного зерна $\Pi_{3,1}$ у першому пневмосепаруючому каналі при подачах G від 2,28 до 6,14 т/год дещо вище, ніж у другому каналі, і становлять $\Pi_{3,1}=0,237\%$ при $G=2,28$ т/год, а при $G=6,14$ т/год $\Pi_{3,1}=0,195\%$. За подальшого збільшення подачі зернового матеріалу з 6,14 до 8,21 т/год втрати зерна зменшуються до $\Pi_{3,1}=0,11\%$.

Втрати повноцінного зерна $P_{3,2}$ у другому пневмосепаруючому каналі при подачах G від 2,28 до 6,14 т/год нижче, ніж у першому каналі, і становлять $P_{3,2}=0,137\%$, при $G=2,28$ т/год, а за $G=6,14$ т/год $P_{3,2}=0,12\%$. За подальшого збільшення навантаження з 6,14 до 8,21 т/год втрати зерна збільшуються до 0,172%. Це зумовлюється великими швидкостями повітряного потоку у другому каналі. У сумі втрати зерна на всю пневмосистему не перевищували 0,382%, що задовольняє вимогу машин первинного очищення зерна.

Погіршення якісних показників роботи першого пневмосепаруючого каналу пояснюється збільшенням щільності потоку зернового матеріалу при збільшенні подачі G . При цьому зменшується тривалість взаємодії повітряного потоку на частинки, що виділяються, посилюється взаємодія один на одного окремих зернівок і частинок домішок, підвищується швидкість в міжзерновому просторі, змінюється структура повітря. У першому каналі зі зростанням подачі зернового матеріалу швидкість повітряного потоку біля стінки каналу, з боку введення, зменшується, а у протилежної стінки – збільшується, про що свідчить закономірність зміни коефіцієнта g_1 : у першому каналі зі зростанням подачі G з 2,28 до 8,21 т/год. поступове збільшення γ_1 з 0,259 до 0,330. Більш високий коефіцієнт варіації швидкості повітряного потоку в першому каналі обумовлюється невеликою довжиною її прямолінійної ділянки та наявності канал, вище введення зернового матеріалу, зони злиття повітряних потоків від пневможиваючого пристрою і, власне, самого першого каналу.

У другому каналі при великих подачах зерновий матеріал, що очищається, накопичується біля стінки, протилежної живильному вікну. Тому найбільша швидкість повітряного потоку спостерігається у середній частині каналу. Коефіцієнт γ_2 мінімальний (0,073) при подачі 4,18 т/год, а при $G=8,21$ т/год він максимальний і дорівнює 0,109. Однак, незважаючи на зростання γ_2 , швидкість повітряного потоку зберігається приблизно постійною в обох каналах по всьому діапазоні зміни подачі зернової суміші.

На малюнку 3.3. представлені залежності ефекту очищення, втрат повноцінного зерна та коефіцієнта варіації швидкості повітряного потоку в пневмосепаруючих каналах від подачі зернової суміші вівса сорту «Сельма». Ці залежності можна уявити рівняннями регресії:

$$E_1 = 0,293G^5 + 5,083G^4 + 33,087G^3 - 100,08G^2 + 138,02G - 31,44 \quad (3.13)$$

$$E_2 = -0,337G^5 + 5,833G^4 - 37,93G^3 + 114,41G^2 + 156,93G + 88,96 \quad (3.14)$$

$$\Pi_{3,1} = 0,0072G^5 - 0,128G^4 + 0,845G^3 - 2,589G^2 + 3,595G - 1,15 \quad (3.15)$$

$$\Pi_{3,2} = -0,0072G^5 + 0,126G^4 - 0,820G^3 + 2,480G^2 - 3,397G + 1,77 \quad (3.16)$$

$$\gamma_1 = -0,0025G^2 + 0,0211G + 0,222 \quad (3.17)$$

$$\gamma_2 = 0,0018G^2 - 0,005G + 0,084 \quad (3.18)$$

при кореляційному відношенні N відповідно дорівнює 0,999; 0,999; 0,999; 0,999; 0,956 та 0,987.

Аналіз залежностей показує, що зі збільшенням подачі G від 2,32 до 6,46 т/год ефект очищення E_1 у першому пневмосепаруючому каналі знижується з 34,8 до 33,6%, а в другому каналі зі зростанням G ефект очищення підвищується з 14,12 до 15,24%. Нижча ефективність роботи другого каналу пояснюється тим, що зерновий матеріал після обробки в першому каналі та на решітному стані містить у своєму складі в основному важковіддільні домішки. Підвищення E_2 у другому каналі зі збільшенням G пов'язане зі зниженням ефективності роботи першого каналу, оскільки зерновий матеріал, що надходить у перший канал, містить більшу кількість легких домішок, які взаємно стикаються та зумовлюють винесення повноцінних зерен, що витають. Зі збільшенням подачі G від 2,32 до 6,46 т/год втрати $\Pi_{3,1}$ повноцінного зерна в першому каналі знижуються з 0,58 до 0,56%, тобто залишаються приблизно на одному рівні. Втрати зерна $\Pi_{3,2}$ у другому каналі при подачах від 2,32 до 6,46 т/год поступово підвищуються від 0,15 до 0,18%, що обумовлюється великими швидкостями повітряного потоку в другому пневмосепаруючому каналі.

У сумі втрати зерна на всю пневмосистему не перевищують 0,75%, що цілком задовольняє агропромисловість до насінноочисних машин.

При цьому, як і при очищенні суміші жита коефіцієнт γ_1 варіації швидкості в першому каналі має більше значення, ніж у другому каналі: він у першому каналі змінюється в межах 0,242 ... 0,267, а в другому каналі γ_2 - в межах 0,081 ... 0,118.

Таким чином, випробування показали, що замкнута пневмосистема має досить рівномірний повітряний потік у зонах сепарування та забезпечує пропускну здатність до 9...10 т/год (у перерахунку на насіння пшениці) на первинному та 7...8 т/год на вторинному очищенні. Потужність на привід вентилятора на очищенні насіння жита склала $2,5 \pm 0,1$ кВт, а на очищенні насіння вівса - $2,3 \pm 0,1$ кВт, що в перекладі на питому енергоємність становить, відповідно, 0,360 і 0,330 кВт год /т. Рівень шуму у пульта керування машини СВМ-7 вбирається у 84 ± 1 Дб за шкалою А.

Висновки по розділу

Порівняльна оцінка машини СВМ-7 з машиною вторинного очищення зерна СВУ-5А показала, що вони забезпечують приблизно однакову якість роботи та забезпечують перший та другий клас чистоти насіння. Однак у машини СВМ-7 в 1,36 рази менше споживана потужність і на 4,91% металомісткість. Зниження метало- та енергоємності досягнуто завдяки застосуванню замкнутої пневмосистеми з проточним діаметральним вентилятором.

ВИСНОВКИ

Розроблено діаметральний вентилятор з всмоктуючим каналом клиноподібної форми в початковій частині основи корпусу та робочим колесом $D_2 = 0,3$ м. Експериментально визначено раціональну глибину всмоктуючого каналу $D_h = 0,05$ м ($0,17 D_2$). При цьому показники вентилятора вищі, ніж у вихідної схеми діаметрального вентилятора: максимальна витрата повітря Q_{\max} на 6,63%, номінальний тиск на 8,83%, коефіцієнт корисної дії h_{\max} на 2,4%, рівень шуму нижче L_{\max} на 3 61%. Теоретично визначено та експериментально підтверджено формули для розрахунку глибини та коефіцієнта стиснення повітряного струменя всмоктувальним каналом вентилятора.

Розроблена замкнута система, повітреочисні канали, а також загрузочні і вигрузні пристрої, пристрої регулювання.

Визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри замкнутої пневмосистеми: глибина першого пневмосепаруючого каналу $H = 0,09 \dots 0,105$ м та глибина додаткового каналу $h = 0,070 \dots 0,080$ м.

Проведені виробничі випробування насіння очисної машини СВМ-7 із розробленою замкненою пневмосистемою підтвердили ефективність її функціонування та значимість розв'язуваної задачі. Порівняно з аналогічною машиною СВУ-5А продуктивністю на вторинному очищенні 6 т/год, машина СВМ-7 має велику продуктивність (на первинному очищенні до 9...10 т/год та 7...8 т/год на вторинному очищенні), у 1,36 рази менше споживаної потужності та на 4,91% металомісткості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна служба статистики України (2019). Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство. Електронний ресурс: https://ukrstat.org/uk/operativ/menu/menu_u/cg.htm.
2. Трубилин, Е. И., Федоренко, Н. Ф., Тлишев, А. И. (2009). Механизация послеуборочной обработки зерна и семян. Учебное пособие для студентов сельскохозяйственных вузов. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет. 96 с.
3. Шафоростов, В. Д., Припоров, И. Е. (2014). Усовершенствование универсального семяочистительного комплекса. Международный научноисследовательский журнал. № 8-1 (27). С. 71-73.
4. Шафоростов, В. Д., Тюрин, А. А., Перетягин, Е. А. (2005). Основные направления совершенствования технологии подготовки семенного материала высших репродукций. Науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. Вып. № 2 (133). С. 58-63.
5. Припоров, И. Е. (2012). Параметры усовершенствованного процесса разделения компонентов вороха семян крупноплодного подсолнечника в воздушно-решетных зерноочистительных машинах: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01. Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар. 149 с.
6. Дринча В. М. (2006). Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК». 384 с. 35.
7. Федоренко, В. Ф., Ревякин, Е. Л. (2006). Зерноочистка – состояние и перспективы. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 204 с. 36.
8. Макаров, П. И., Юнусов, Г. С., Казанков, И. И., Казанков, С. И., Богданов, Г. В., Гайнанов, Х. С., Маслова, Н. Ф. (2007). Механизация послеуборочной обработки зерна. Йошкар-Ола: МарГУ. 284 с.

9. Адамчук, В. В., Прилуцький, А. Н., Заришняк, А. С., Степаненко, С. П. (2014). Концепція комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна в сільськогосподарських підприємствах України. В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». Вип. 99. С. 40-56.
10. Бурков, А. И., Глушков, А. Л., Саитов, В. Е. (2008). Машина для пневмофракционной технологии обработки зернового вороха. Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 11. С. 3-6.
11. Войтюк, Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. (2008). Сільськогосподарські машини. К.: Каравела. 551 с.
12. Ольшанський, В. П., Бредихін, В. В., Лук'яненко, В. М., Півень, М. В., Сліпченко, М. В., Харченко, С. О. (2017). Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт. 803 с.
13. Вобликов, Е.М., Буханцов, В.А., Маратов, Б.К., Прокопец, А.С. (2001). Послеуборочная обработка и хранение зерна. М: Март. 229 с.
14. Бредихін, В. В. (2003). Обґрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих сумішей за густиною насіння. Автореф. дис. канд. техн. наук. Харків. 20 с.
15. Петренко, Н. Н., Марченко, И. В., Марченко, К. Н. (2003). Анализ процесса сепарации зерна на решете в среде пульсирующего воздушного потока. Зб. наук. праць Кіровоградського державного технічного університету. Кіровоград: КДТУ. Вип. 33. С. 141-143.
16. Тищенко, Л. Н. (2004). Интенсификация сепарирования зерна. Харьков: Основа. 224 с.