

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ХОМЕНКО Сергій Вікторович

УДК 631.36

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ
ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОЧИСТКИ
НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

208 “Агроінженерія”

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

Керівник роботи
Савченко С.В.
к.т.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Хоменко Сергій Вікторович. Удосконалення технології та технічних засобів для післязбиральної очистки насіння зернових культур. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

Аналіз можливостей функціонування зерноочисних агрегатів дозволив виявити шляхи зростання їхньої ефективності за рахунок застосування раціональних функціональних схем (послідовних, фракційних) агрегату очищення; підвищення ефективності функціонування решітних сепараторів; оптимізації структур решітних модулів повітряно-решітної машини; створення нових високоефективних пневмосепаруючих систем, трієрних блоків та пневмосортувальних столів.

В роботі розроблено орієнтований граф функціонування зерноочисного агрегату, вибраних на підставі проведених досліджень та логіко-евристичного підходу, що включають до свого складу приватні технологічні операції машин попереднього очищення, пневмосепараторів, решітних машин, повітряно-решітних машин, трієрних блоків та трієрних блоків та трієрних блоків.

Розроблено адекватні структурні схеми та математичні моделі, що описують процес функціонування технологічних відділень зерноочисних агрегатів для насінневого очищення зернового матеріалу.

Ключові слова: очистка, насіння, сепаратор граф, зерноочисний агрегат, ефективність.

ANNOTATION

Sergey Viktorovich Khomenko. Improvement of technology and technical means for post-harvest cleaning of grain seeds. – Qualification work on the rights of the manuscript.

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

The analysis of the possibilities of functioning of grain cleaning units has made it possible to identify ways to increase their efficiency through the use of rational functional schemes (sequential, fractional) of the cleaning unit; increasing the efficiency of sieve separators; optimizing the structures of sieve modules of the air-sieve machine; creating new highly efficient pneumatic separating systems, triage units and pneumatic sorting tables.

The paper develops an oriented graph of the functioning of the grain cleaning unit, selected on the basis of the conducted research and the logical-heuristic approach, which includes private technological operations of preliminary cleaning machines, pneumatic separators, sieve machines, air-sieve machines, triage units and triage units and triage units.

Adequate structural diagrams and mathematical models describing the process of functioning of technological departments of grain cleaning units for seed cleaning of grain material have been developed.

Keywords: cleaning, seeds, separator graph, grain cleaning unit, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	10
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ РЕШІТНИХ МОДУЛІВ.....	19
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОЧИСТКИ НАСІННЯ.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Актуальність дослідження. Продовольча безпека та продовольча незалежність України – найважливіші стратегічні завдання, без яких неможливе існування держави. Продовольча безпека нашої країни – стан соціально-економічного розвитку країни, за якого забезпечується продовольча незалежність, гарантується фізична та економічна доступність для кожного громадянина країни харчової продукції, що відповідає обов'язковим вимогам, в обсягах не менших за раціональні норми споживання харчової продукції, необхідної для активного та здорового образу життя. Продовольча незалежність – самозабезпечення країни основними видами вітчизняної сільськогосподарської продукції, сировини та продовольства. У рамках «Доктрини продовольчої безпеки» затвердженої Указом Президента визначено показники продовольчої безпеки та індикатори їхньої оцінки. Індикатор продовольчої незалежності визначається як рівень самозабезпечення у відсотках, що розраховується як відношення обсягу вітчизняного виробництва сільськогосподарської продукції, сировини та продовольства до обсягу їх внутрішнього споживання та має граничні значення щодо: зерна – не менше 95 відсотків; насіння основних сільськогосподарських культур вітчизняної селекції – щонайменше 75 % тощо.

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) представленої в аналітичному звіті за 2020 рік про стан справ у галузі продовольчої безпеки та харчування у світі, не дивлячись на існуючі темпи зростання загального обсягу виробництва продуктів харчування, прогнозується зростання поширення недоїдання та кількості недоїдаючих більш ніж на 150 млн. 2030 р.

Вирішення завдань продовольчої безпеки неможливе без виробництва власного якісного насіння на сучасних зерноочисних агрегатах (ЗОА). Як правило, в даний час якісне насіння виходить за кілька проходів зернового матеріалу, що очищається через зерноочисний агрегат. При цьому в режимі

первинного очищення, агрегати типу ЗАВ-50, ЗАВ-40, ЗАВ-25, ЗАВ-20 та інші, відрізняються один від одного набором зерноочисних машин здатних забезпечити швидке очищення зернового матеріалу, що надходить з поля і подальше його доочищення (одно- чи дворазову). Підвищення кількості наступних операцій очищення веде до підвищення кількості взаємодії робочих органів із зерновим матеріалом, що у свою чергу призводить до додаткових витрат на очищення та появи додаткових мікро- та макроушкоджень у насіннєвому матеріалі, що знижують його якість і як наслідок, що знижує ефективність виробництва продукції рослинництва. У ряді джерел вказується прямий взаємозв'язок між наявністю мікро- та макроушкоджень у зерновому матеріалі та врожайністю. Так підвищення мікроушкоджень рахунок додаткового проходу насіннєвого матеріалу через агрегат, і навіть його травмування внаслідок перевалочних операцій, на кожні 10 % знижує врожайність на 1 ц/га. Ця проблема пов'язана з невисокою продуктивністю агрегатів при роботі в режимі насіннєвого очищення, а також наявністю «вузьких» елементів системи – елементів, що обмежують своєю продуктивністю загальну продуктивність всієї потокової лінії очищення. Використовуючи резерви з підвищення ефективності функціонування окремих робочих елементів зерноочисного агрегату, а також за рахунок використання різних просторових траєкторій переміщення зернового матеріалу всередині технологічного відділення (застосування послідовних та фракційних схем очищення) можна отримати якісний насіннєвий матеріал, що відповідає агровимогам з високою потенційною врожайністю. - та макроушкодженнями за один його прохід через відділення очищення зерноочисного агрегату.

Збільшення габаритів базових конструкцій, їхньої металоємності та енергонасиченості призводить до непропорційного зростання не тільки їх вартості, а й вартості їх використання. При цьому такі машини не вписуються в існуючі технологічні лінії та будівельну базу існуючих зерноочисних агрегатів, що призводить до неможливості їх використання під час реконструкції.

Вирішення завдань продовольчої безпеки неможливе без виробництва власного якісного насіння на сучасних зерноочисних агрегатах.

Необхідність та актуальність даного дослідження пов'язана зі зміною ланцюжків виробництва, переробки та збуту виробленої продукції рослинництва. По-перше більшість існуючих зерноочисних агрегатів перебувають за періодом терміну експлуатації, вимагають модернізації та морально застаріли, по-друге, дані агрегати, що базуються на будівельній частині агрегатів типу ЗАВ, були створені виходячи з цілісності підприємства, що виробляє продукцію рослинництва (колгоспи, радгоспи), проте Нині, крім підприємств даного типу власності, присутні такі форми виробничих одиниць як селянські (фермерські) господарства та агрохолдинги, що посилює внутрішню конкуренцію.

При існуючих формах господарювання та присутніх у них культурах землеробства, що надходить на післяжнивну обробку зерновий купу, виходячи з реалізованої господарством технології виробництва продукції рослинництва, має широку варіацію технологічних властивостей, що у свою чергу ускладнює вибір оптимального ресурсозберігаючого зерноочисного агрегату для його післязбиральної обробки.

Основним бар'єром є габаритні розміри. Уникнути цього можливо за рахунок розробки більш ефективних решітних модулів з розвиненою просторовою структурою, пневмосепараторів, що мають кілька зон сепарації, за рахунок створення решіт з підвищеною здатністю, що просіває, за рахунок раціонального просторового переміщення зернового матеріалу всередині технологічного відділення зерноочисника. Так само рішення цього неможливе без застосування математичних моделей, що описують цілісну систему приватних технологічних операцій з широкою ймовірністю властивостей вихідного зернового матеріалу, що надходить на очищення та засобів, що дозволяють проводити структурно-параметричну оптимізацію в автоматизованому режимі.

Проблема полягає в тому, що нові форми господарювання та зміни технологій виробництва продукції рослинництва не дозволяють ефективно використовувати створені для типових господарств системи післязбиральної обробки насіння зернових культур, що потребує нового підходу до обґрунтування оптимальних ресурсозберігаючих технологій, технологічних відділень, параметрів робочих органів та режимів функціонування зерноочисних агрегатів для післязбирального очищення насіння зернових культур із широкою варіацією технологічних властивостей вихідного зернового матеріалу при використанні структурного синтезу.

Для вирішення цієї проблеми недостатні розроблені методології експериментальних досліджень та математичні моделі, що дозволяють системно аналізувати багатовимірні процеси та проводити структурний синтез приватних технологічних операцій та їх підсистем, що забезпечують ефективну сепарацію зернових культур у технологічних відділеннях зерноочисних агрегатів, при широкій варіації технологічних властивостей вихідного зернового матеріалу. Існуючі математичні моделі не повною мірою відображають показники функціонування різних підмножин технологічних операцій та їх підсистем, що забезпечують вирішення поставленої проблеми.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування технологічних відділень для післязбирального очищення насіння зернових у зерноочисному агрегаті шляхом удосконалення ресурсозберігаючих машинних технологій та структурної оптимізації технологічних комплексів.

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

- Виконати аналіз можливостей підвищення ефективності функціонування зерноочисних агрегатів та машин;
- Виконати структурну оптимізацію технологічних відділень із розробкою функціональних схем зерноочисних агрегатів, їх орієнтованого графа,

структурної схеми розрахунку та математичних моделей, що описують процес функціонування технологічних відділень зерноочисних агрегатів.

Об'єкт дослідження: технології, технологічні відділення та його елементи, багатовимірний технологічний процес очищення насіння зернових культур.

Предмет дослідження: залежності функціонування технологічних відділень зерноочисних агрегатів для очищення насіння зернових культур при варіації підмножин приватних операцій технологічних відділень для післязбирального очищення насіння зерноочисними агрегатами.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко С.В., Хоменко С.В. Сучасні технології та технічні засоби для післязбирального очищення насіння зернових культур. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 135-141.

2. Савченко С.В., Хоменко С.В. Експериментальний аспіраційний пневмоканал для очищення зернового вороху. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблений аспіраційний пневмоканал для очищення зернового вороху.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 15 рисунків та 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Нині виробництво продукції рослинництва включає різноманітні технологічні операції, що мають взаємопов'язані між собою та впливають як на якісні, так і на кількісні показники виробленого кінцевого продукту. Залежно від низки чинників (регіон виробництва продукції, агротехнології, що застосовуються, засоби механізації, що використовуються, наявність певної логістики тощо) вироблений продукт, що має набір властивостей, матиме різну собівартість, і, як наслідок, певну маржинальність і конкурентоспроможність. Системний підхід до вирішення цього питання виробництва дає змогу виокремлювати низку взаємопов'язаних технологічних операцій, представлених на рис. 1, кожна з яких складається з різних технологічних процесів, які, своєю чергою, можуть виконуватися з широкою ймовірністю технологічних параметрів. Кожен параметр технологічного процесу впливатиме на кінцевий результат виробництва з різним ступенем.



Рис. 1.1. Надсистема виробництва продукції рослинництва. Системи технологічних операцій: 1 – основної обробки ґрунту; 2 – поверхневої обробки; 3 – посіву (садіння); 4 – догляду за посівами; 5 – збирання; 6 – післязбирального обробки

Одним з елементів системи, що істотно впливає на отримання продукції рослинництва, є система післязбиральної обробки зернового матеріалу, що надходить з поля. Величезний багаторічний внесок у створенні науково-технологічної бази з формування різноманітних ресурсощадних структур зерноочисних машин та агрегатів був зроблений професором Ю. І. Єрмольєвим. Різноманіття, накопичене в результаті спільної роботи статистичної інформації

щодо функціонування систем післязбиральної обробки, машин, що входять до них, а також окремих елементів зерноочисних машин, дало змогу сформуванню системний підхід до процесу виробництва зерна та провести структурний синтез технологічних відділень зерноочисних агрегатів із широкою варіацією властивостей зернової купи, яка надходить на очищення. Необхідність і актуальність цього дослідження пов'язана зі зміною ланцюжків виробництва, переробки та збуту виробленої продукції рослинництва. По-перше, більшість наявних зерноочисних агрегатів перебувають поза періодом терміну експлуатації, потребують модернізації та морально застаріли, по-друге, ці агрегати, що базуються на будівельній частині агрегатів типу ЗАВ, було створено, виходячи з цілісності підприємства, яке виробляє продукцію рослинництва (колгосп, радгосп), проте наразі, окрім підприємств такого типу власності, є присутніми такі форми виробничих одиниць, як фермерські господарства та агрохолдинги, що посилює внутрішню конкуренцію. При цьому одні виробляють продукцію, виходячи з фактора доступності (використовують насіння, яке змогли собі дозволити, обробіток ведуть за допомогою знарядь і техніки, що є в наявності, тощо) під заставу майбутнього врожаю, інші, одразу орієнтуючись на зовнішні ринки, ведуть планування, що ґрунтується на глибокому аналізі, та виробляють посів, спираючись не на площу клітини поля, а на запланований врожай, кратний об'єму барж, які відвантажуються на експорт. За такого існуючого розмаїття форм господарювання та присутніх у них культур землеробства, зернова купа, що надходить на післязбиральну обробку, виходячи з технології виробництва продукції рослинництва, що реалізується господарством, має широку варіацію технологічних властивостей, що, своєю чергою, ускладнює вибір оптимального ресурсоощадного зерноочисного агрегату для її післязбирального обробітку.

Технічні системи збору інформації про якісні та кількісні показники виконання різних видів робіт, які активно розвиваються технологічних процесів дають змогу отримувати "чисті" дані з мінімальною помилкою із заданим

інтервалом часу. Це пов'язано з появою більш точних автоматизованих засобів вимірювання параметрів виконання технологічних процесів та умов їхнього виконання, з можливістю миттєвого автоматичного передавання в хмарні аналітичні інформаційні системи з формуванням цифрової тіні технологічного процесу. Системний підхід до дослідження процесу виробництва, як системи взаємопов'язаних чинників, дасть змогу виявляти лімітуючі фактори та вибудувувати довгострокові стратегії, спрямовані на програмування врожаю. Сукупність взаємопов'язаних математичних моделей, що описують технологічні процеси виробництва, і структурний синтез дадуть змогу створити новий науковий напрямок, який дасть змогу комплексно дослідити системи виробництва продукції рослинництва з широкою інваріантністю застосовуваних агротехнологій і засобів для їхньої реалізації з метою одержання продукції заданої якості та необхідного обсягу з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей.

Велика кількість учених та інженерів зробили свій внесок у розвиток і вдосконалення технологій і машин для післязбирального обробітку зернових культур. Роботи, виконані А. І. Бурковим, В. Д. Галкіним, А. М. Гієвським, В. М. Дринча, Ю. І. Єрмольєвим, В. Л. Злочевським, О. М. Зюліним, М. В. Кіреєвим, Б. О. Карповим, І. Є. Кожуховським, А. І. Косиловим, А. Я. Малісом, О. С. Матвєєвим, М. М. Московським, В. І. Оробінським, Г. Т. Павловським, В. Є. Саїтовим, С. Ф. Сороченком, М. П. Сичуговим, О. П. Тарасенком, З. Л. Тіліцем, В. Г. Чумаковим, I. Wessel і багатьма іншими вченими дають змогу глибоко вивчити та виявити основні шляхи вдосконалення цих машин і технологій.

Істотний вплив на якість насіння і подальшу врожайність чинять операції післязбиральної обробки, що включають очищення від домішок і за потреби сушіння. У більшості випадків доведення насіння до базисних кондицій з використанням поточних технологій очищення та сушіння передбачає дво-, а іноді й трициклове очищення та сушіння, що призводить до додаткових технологічних операцій транспортування та зберігання. Це підвищує

собівартість і термін виконання робіт з одночасним зниженням якості насінневого матеріалу за рахунок появи нових мікро- і макропошкоджень. На кількість циклів очищення впливають вихідні властивості насінневого матеріалу, що надходить на очищення, а саме склад і кількісна наявність домішок. При цьому фактори, що впливають на можливість отримання в зерноочисному агрегаті якісного насінневого матеріалу за один цикл очищення, комплексно не аналізувалися. Вихідна зернова купа, що надходить на очищення, має широкі варіації технологічних властивостей, які істотно впливають на ефективність роботи не тільки робочих органів машин, а й усієї системи одержання якісного насінневого матеріалу в цілому.

Вимоги, що висуваються до насінневого матеріалу за його чистотою, можливо реалізувати в зерноочисному агрегаті, що являє собою систему приватних технологічних операцій.

Основними параметрами, що характеризують широку варіацію технологічних властивостей зернового матеріалу, який надходить на очищення до зерноочисного агрегату, є вологість, кількість компонентів домішок, аеродинамічні властивості домішок і основної культури, розмірні характеристики домішок і основної культури. Залежно від району обробітку та культури більш значний вплив мають ті чи інші чинники.

У більшості випадків між вологістю і засміченістю спостерігається кореляційний зв'язок. При цьому коефіцієнт кореляції може досягати 0,7...0,8. Зернова купа, що має підвищену вологість і засміченість, зумовлює додаткові вимоги до попереднього її очищення.

Наявні в господарствах зерноочисні агрегати до 70-90 % перебувають за періодом терміну експлуатації, сильно зношені та потребують модернізації. Для модернізації наявних зерноочисних агрегатів потрібні десятки тисяч різноманітних насіннеочисних і зерноочисних машин, що випускаються як в Україні, так і в усьому світі. Ці машини не мають принципових відмінностей у принципі роботи і відрізняються геометричними параметрами, кінематичними

режимами і послідовністю виконання окремих приватних технологічних операцій.

Найбільш важливим напрямком розвитку є розробка системи ресурсозберігаючих технологій, що дають змогу одержувати якісний насінневий матеріал, який відповідає агровимогам за мінімальних витрат і високого розмаїття властивостей вихідного зернового матеріалу, що надходить. Ці агрегати мають задовольняти потреби наявних господарств, що мають різні форми власності та структуру сівозміни. Відсутність системного підходу до вибору оптимальної структури і складу технологічного відділення призвела до безструктурного розвитку і формування засобів для післязбирального обробітку, що своєю чергою призводить до підвищення собівартості робіт з післязбирального обробітку насінневого матеріалу і зниження рентабельності виробництва.

Розвиток технічних засобів для післязбирального обробітку насінневого матеріалу, а також їхніх систем не призвів до істотного поліпшення низки показників їхньої роботи, за запиту на зменшення часу збирання і післязбирального обробітку за рахунок інтенсифікації процесів, зниження витрат на роботи та собівартість насіння.

При цьому одним із чинників, що перешкоджає впровадженню нових високоінтенсивних машин у потокові лінії отримання насіння, є й досі досі працюють застарілі, але вельми надійні, насіннеочисні машини фірми "Petkus".

Більшість схем поточно-технологічних ліній з післязбиральної обробки зернового матеріалу здатні функціонувати за різними схемами, виключаючи з процесу певні машини. Наприклад, сушарка, якщо матеріал уже володіє кондиційною вологістю, або пневмосортувальний стіл, який має малу продуктивність, що знижує продуктивність усієї поточно-технологічної лінії отримання насіння та ін. Так само технологія збирання типу "Невейки" з використанням у технологічній лінії очищення клавішного сепаратора-

орієнтатора соломистих часток із подальшим їх подрібненням і використанням для виробництва підстилки у тваринницьких фермах або гофротари.

На вибір технології отримання насінневого матеріалу впливають різні чинники, головним з яких є технологічні властивості зернового матеріалу, що надходить на очищення від комбайнів, а також вимоги до кінцевого продукту, вид культури, наявність складновідокремлюваних домішок, наявність засобів механізації та спеціалістів відповідної кваліфікації, а також наявність фінансової забезпеченості у виробника, яка дає змогу використовувати технології "повного" циклу виробництва та одержувати кінцевий продукт у задані строки із заданою якістю для отримання насіння, а також наявність фінансової забезпеченості у виробника, що дозволяє використовувати технології "повного" циклу виробництва й одержувати кінцевий продукт у задані строки із заданою якістю для досягнення

Операційна система післязбиральної обробки зернового матеріалу, що застосовується на зерновиробничих підприємствах АПК, має на увазі використання у своєму складі операцій із попередньої підготовки вихідного зернового матеріалу, доведення до кондиційної вологості, повітряно-решіткового очищення, трієрування, тимчасового міжопераційного і тривалого зберігання очищеного насінневого матеріалу.

Скорочена операційна технологія післязбиральної обробки насіння містить попереднє очищення зернового матеріалу, що надходить, із виділенням великої частини великих і легких домішок, вторинне очищення, яке передбачає виділення дрібної сміття, легких, великих і зернових домішок, і операцію зберігання отриманого насінневого матеріалу. Операційні технології повного циклу дають змогу отримувати більш якісний насінневий матеріал за рахунок великої кількості операцій очищення, що дають змогу виділити максимальну кількість важковідокремлюваних домішок, що відрізняються від основної культури за різними технологічними властивостями, а також проводити операції з боротьби з мікробним середовищем на поверхні насіння.

У більшості господарств нині для отримання насіннєвого матеріалу використовують зерноочисні агрегати для очищення зерна продовольчого призначення типу: ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-25, ЗАВ-40, ЗАВ-100 і різні їхні модифікації. Для отримання насіння першого або другого класу за використання цих агрегатів необхідно використовувати дво- і трициклове очищення, що своєю чергою формує втрати насіння (2...3 %), підвищує його мікро- і макропошкодження (15...30 %) і в підсумку знижує якість насіння та його потенційну врожайність (2...2,5 %).

Для формування даних технологій післязбиральної обробки та очищення використовують машини з різноманітним принципом дії, що дають змогу виділяти з основного матеріалу домішки, які відрізняються від насіння основної культури за різними ознаками: швидкістю витання, шириною, товщиною, довжиною, питомою вагою та коефіцієнтом поверхневого тертя, а також за оптичними властивостями. Компонування таких машин і їхні габарити різноманітні.

Висновки по розділу

Не дивлячись на те, що українські та зарубіжні машини мають відмінності в конструкціях, і ті, і інші в потоково-технологічних лініях для очищення насіння komponують у послідовні схеми без можливості ускладнення переміщення матеріалу всередині технологічного відділення очищення, що не дає змоги оптимізувати їх у процесі роботи, виходячи з широких варіацій властивостей початкового зернового матеріалу, що надходить на очищення, що, своєю чергою, призводить до неможливості зниження енергоємності та підвищення ресурсозбереження. Ці дані зумовлюють необхідність у подальшому розвитку схем функціонування технологічних відділень, а саме зерноочисних агрегатів, що мають у своєму складі зерноочисні машини з різними параметрами функціонування.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ РЕШІТНИХ МОДУЛІВ

Прийнявши за основу гіпотезу про можливе зростання ефективності очищення зернового вороху на решітних модулях різних просторових конфігурацій і раніше отримані результати ефективності функціонування решітного модуля з послідовно-паралельною компоновкою вирішує завдання порівняння функціонування решітних модулів різних конфігурацій.

Використовуючи логіко-евристичний підхід з метою мінімізації приватних технологічних операцій, а також проведений попередній аналіз, проведені пошукові дослідження, дозволив виділити ряд функціональних схем решітних модулів повітряно-решітних (решітних) машин, відображених кінцевим мультиграфом (рисунок 2.1), що включає . різних просторових конфігурацій зображені рисунку 2.2.

Критерієм оптимальності систем, що оптимізуються, при відомих або прогнозованих техніко-економічних показниках їх елементів (робочі органи) і системи в цілому можуть бути критерій E_{ϕ} [8] ефективності реалізації технологічного процесу (параметрична оптимізація) і наведені витрати $Z_{\text{пр}}$ на очищення одиниці маси зернового матеріалу, що визначаються за показниками функціонування всього агрегату та нормативними економічними показниками (структурна оптимізація).

Цільовою функцією при даному підході є – максимальне виділення із зернового матеріалу на решітному модулі компонентів, що відокремлюються при забезпеченні виділення з нього «ділових» фракцій (насіння, зерно продовольче, фуражні та ін. відходи) із заданими технологічними обмеженнями на їх якість.

Функція мети:

$$E_{\mp} = 1 - \frac{\sum_{\gamma=2}^I \alpha_{\gamma} \varepsilon_{\gamma}}{\sum_{\gamma=2}^I \alpha_{\gamma}} \rightarrow \max; I = 2, 3 \dots k, \quad (2.1)$$

де k – кількість компонентів, що виділяються із зернового матеріалу; α_{γ} – вміст компонента зернового вороху в матеріалі, що очищається; ε_{γ} – повнота виділення γ -го компонента у процесі сепарації в очищену фракцію.

Математичну модель процесу функціонування решітного модуля як замкнутої квазістатичної системи із заданою $K_{\delta M}$ -й функціональною схемою в загальному вигляді:

$$E_{\phi \delta M} = \{F_p, A_p, G_{\delta} [k_{\delta M}(x), T_{\delta M}(x)]\} \rightarrow \max, \quad (2.2)$$

$$A_p \subset \vec{A}_M, F_p \subset \vec{F}, x \in G_M(x, u). \quad (2.3)$$

Обмеження на технологічні показники кінцевого продукту – насіння:

$$e_c \leq [e_c], e_n \leq [e_n], \delta_p \leq [\delta_p], \quad (2.4)$$

де \vec{F} - вектор вхідних впливів на прийняту в зерноочисній машині систему операцій, з яких виділяються вхідні дії \vec{F}_p на решітний модуль.

$$F_p = [Q_p, a_{pj}, W, M(b_j), \sigma^2(b_j), f_Q(B_i), f_Q(H), f(l_i)]. \quad (2.5)$$

Активні засоби, що визначають ефективність функціонування решітної машини, визначалися вектором \vec{A}_M , а функціонування решітних модулів \vec{A}_p :

$$\vec{A}_p = [\alpha_{pi}, \beta_i, R_i, n_i, T_i, l_i, B_i, b_i, c, K_{\mu}(x)]. \quad (2.6)$$

Вихідні показники функціонування ґратних модулів зерноочисної машини визначаються вектором \vec{B}_p , незалежні аргументи якого випадкові е ймовірностатистичному сенсі величини

$$\vec{B}_p = \left\{ \begin{array}{l} E_{\phi}, \varepsilon_{bj\mu}, W, b_j, b_{nm}, b_c, \delta_{ci}, \delta_c, Q_o, Q_m, \\ Q_{ок}, \varepsilon_{jxi}, y_{njxi}, y_{nxi}, y_{jxi}, y_{xi}, b_{njxi}, b_{jxi} \end{array} \right\}. \quad (2.7)$$

Кожна вершина X_i кінцевого замкнутого графа $G(X,U)$ надає X_i –у приватну технологічну операцію множини $X = \{X_1, X_2, \dots, X_{22}\}$. У графі (рисунок 2.1) подано операції: X_1 – накопичення вихідного зернового матеріалу; X_2 – X_5 – розподіл зернового матеріалу за гратними модулями; X_6 – виділення із зернового матеріалу дрібної бур'яну фракції; X_7 – виділення із зернового матеріалу фуражних домішок X_8 – виділення із зернового матеріалу дрібної зернової фракції; X_9 – виділення із зернового матеріалу великих домішок.

Безліч дуг графа $U = \{U_{1,2}; U_{1,3}; \dots; U_{10,5}\}$, що з'єднують його вершини несуть інформацію про результати попередньої технологічної операції, відбиваючи внутрішній взаємозв'язок системи. При вирішенні завдань багатовимірної оптимізації функціональних схем решітних модулів необхідно створення банку вихідних даних – незалежних шляхів графа та методів оцінки вагомості дуг графа.

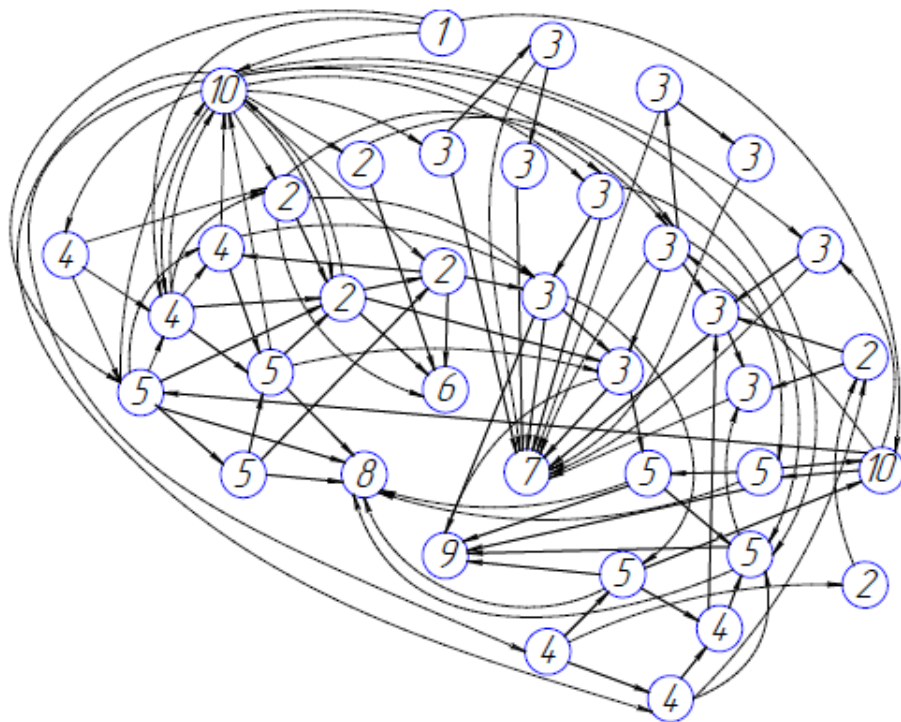
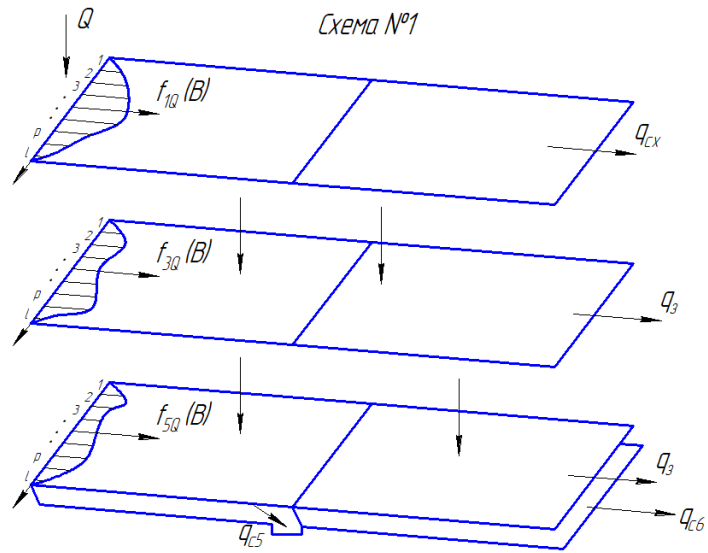
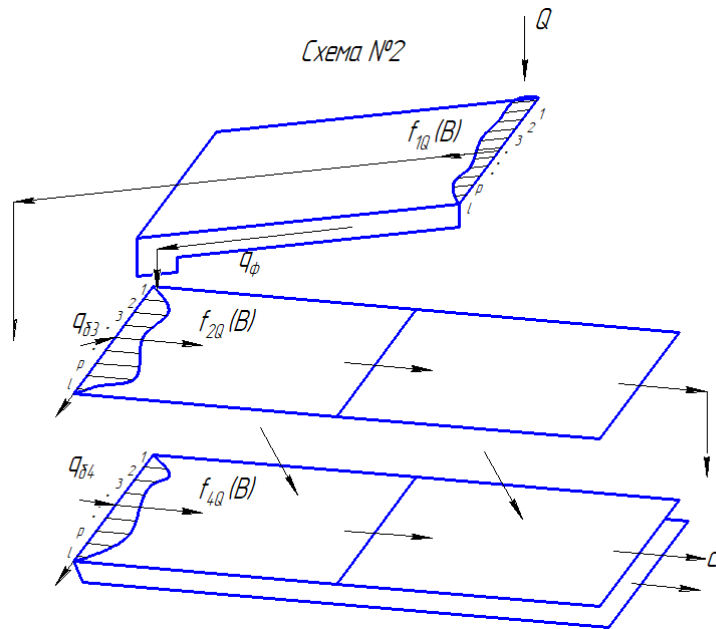


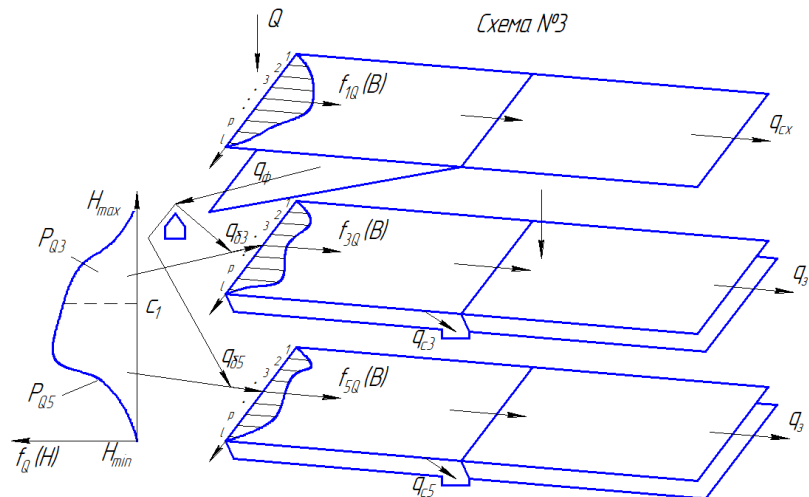
Рис. 2.1. Орієнтований граф функціональних схем гратних модулів



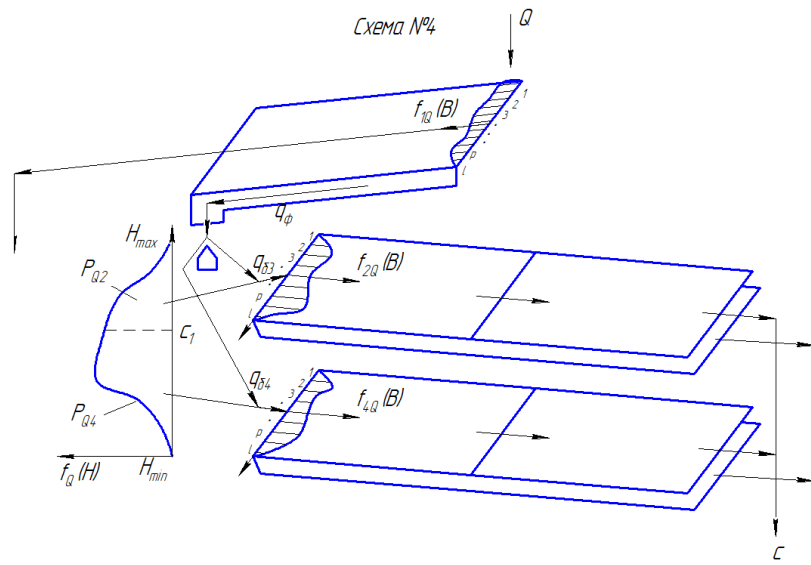
a)



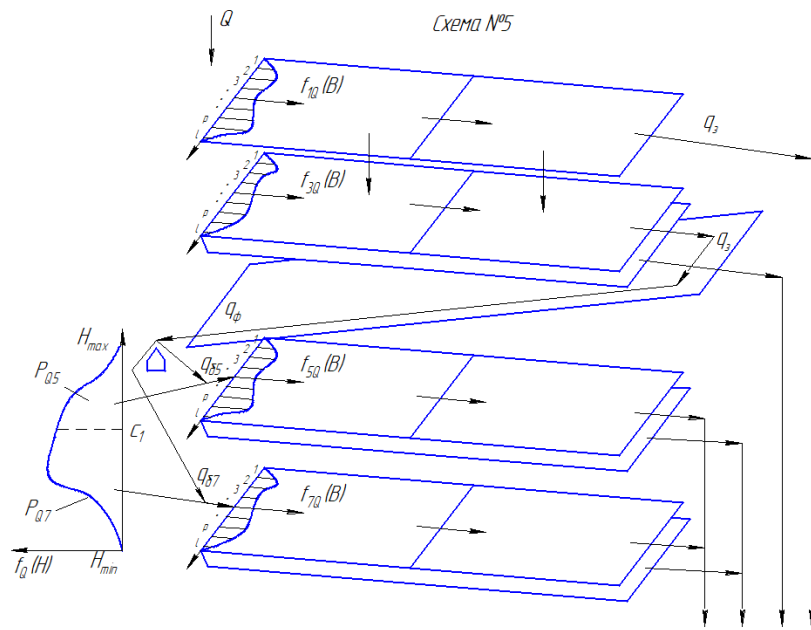
б)



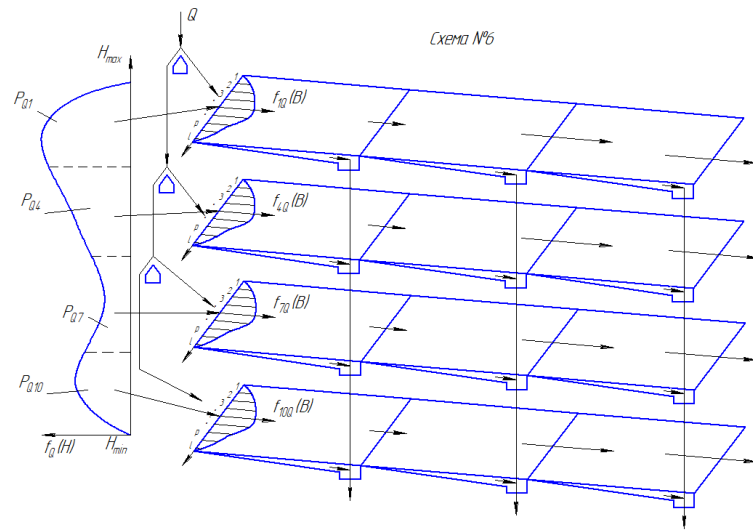
В)



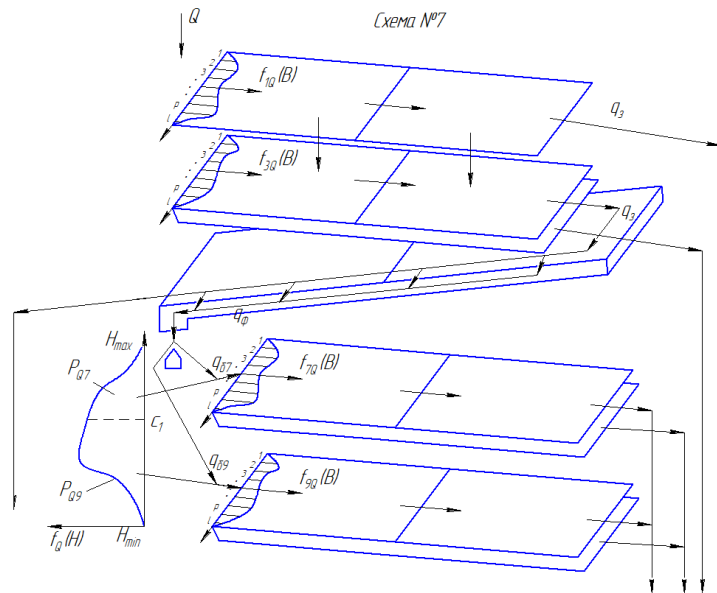
Г)



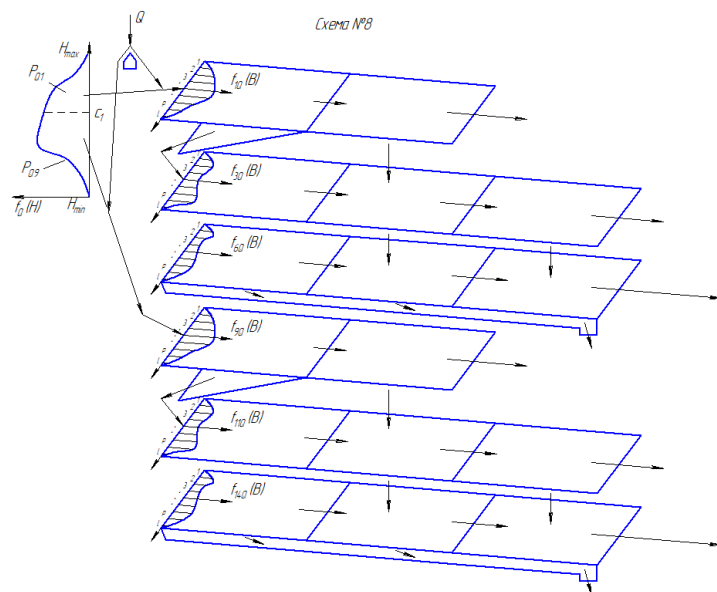
Д)



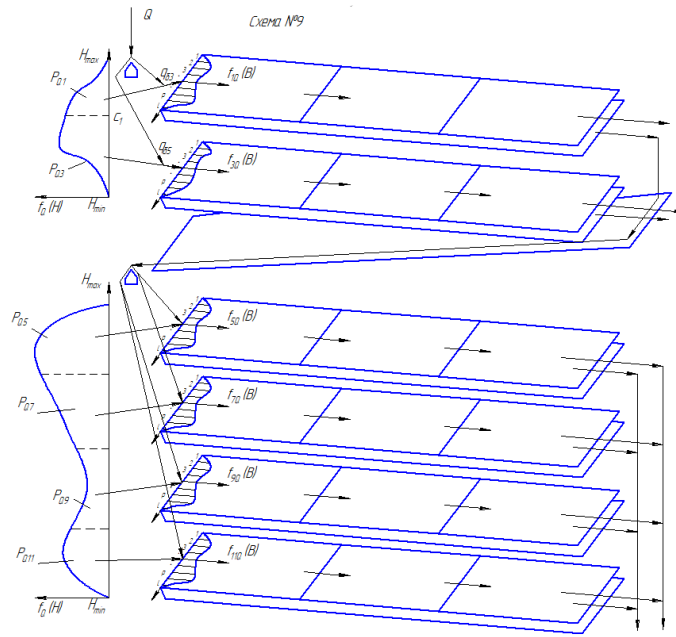
е)



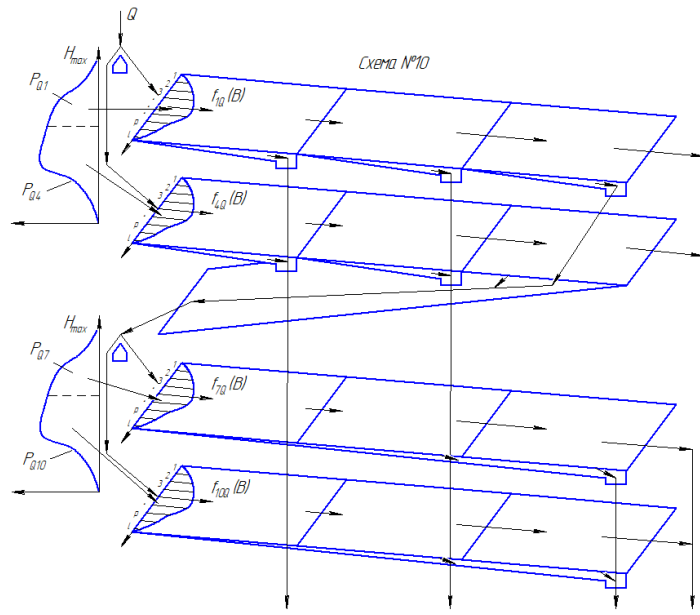
ж)



3)



i)



к)

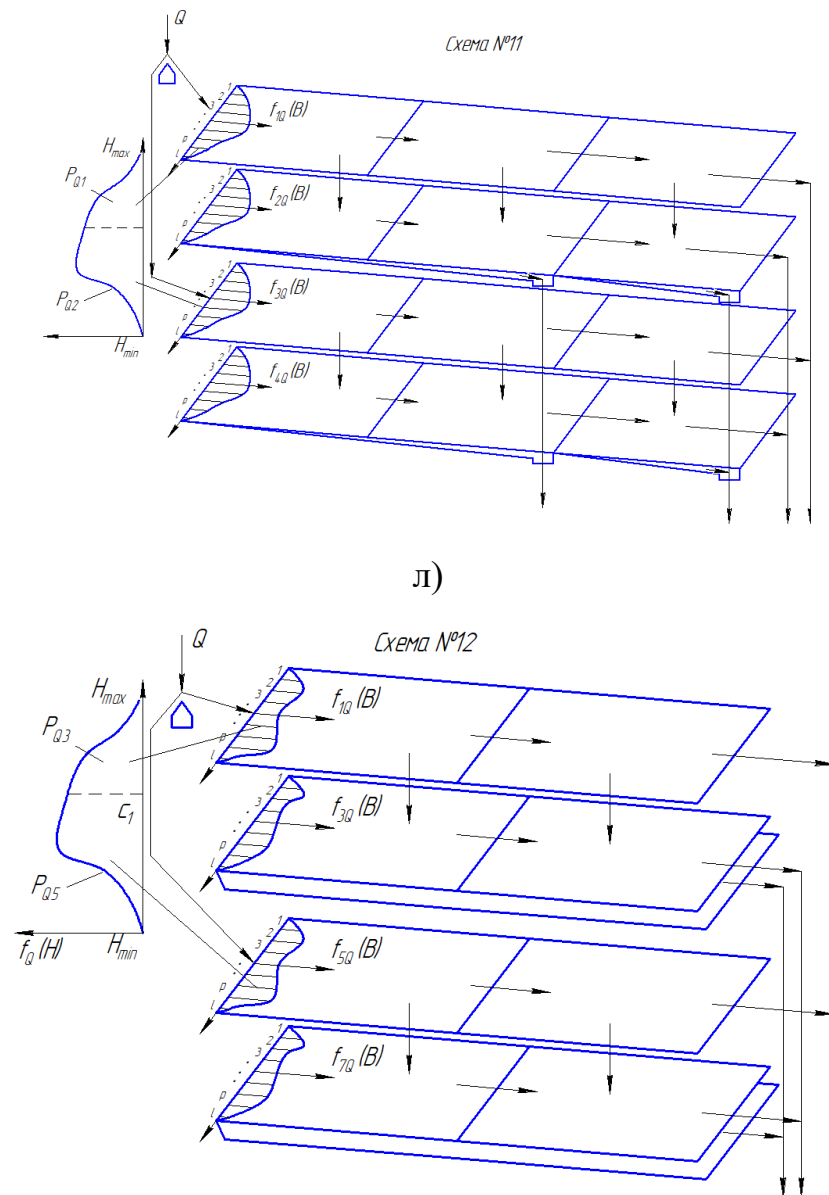


Рис. 2.2. Розрахункові схеми ґратних модулів типу: а) Petkus A12; б, г) Clipper Prelude, МЗС-25/10/5; в) Petkus A09; д) Petkus U12, Petkus U15; е) МВР-6, ОЗС-50/25/10, СВУ-60; ж) Cimbrria; з) Petkus V12; Petkus V15; і) Petkus M12, Petkus M15; к) прототип; л) ОЗФ-80/40/20; м) ЗВС-20А, МПУ-70, ОВС-50

Топологію графа $G(x,u)$ описали матрицею незалежних шляхів графа, що визначає функціональні схеми всіх досліджуваних систем приватних технологічних операцій (таблиця 2.1) та матрицею $A = \|Y_i\|$ суміжності ваг графа, що визначає взаємозв'язок вершин графа (таблиця 2.2).

Продовження таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа												
	3-3	3-5	3-5	3-5	3-5	3-6	3-6	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7
1								x					
2								x					
3								x	x				
4								x	x	x	x		
5								x	x	x	x		
6		x	x	x	x			x	x	x	x		
7								x	x	x	x		
8								x	x	x	x		
9	x							x	x	x	x	x	x
10		x	x					x	x	x	x	x	x
11								x	x				
12						x	x						

Продовження таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа												
	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-7	3-9	3-9	3-9	3-9	4-2	4-2	4-2
1							x				x		
2							x						
3							x	x					
4							x	x					
5							x	x			x		
6													
7							x	x					
8							x	x			x	x	
9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
10	x	x					x	x					
11							x	x			x	x	x
12							x	x			x	x	

Продовження таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа												
	4-2	4-3	4-3	4-4	4-4	4-4	4-4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-10	5-2
1								x					
2		x						x					
3								x				x	
4													
5								x					x
6													
7								x				x	x
8		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
9													
10													
11	x			x	x			x	x				
12								x	x				

Продовження таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа												
	5-2	5-3	5-3	5-4	5-4	5-5	5-5	5-5	5-5	5-8	5-8	5-8	5-8
1		x		x		x	x			x	x		
2		x		x						x			
3		x								x			
4										x			
5										x			
6										x	x	x	x
7	x						x			x	x		
8		x	x	x	x					x	x	x	x
9							x	x	x	x	x		
10										x	x		
11		x	x							x	x		
12		x	x							x	x		

Продовження таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа												
	5-9	5-9	5-9	5-9	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	10-2	10-2	10-2
1													
2													
3											x	x	
4					x								
5													
6	x	x	x	x							x	x	x
7					x								
8													
9					x	x	x	x	x	x			
10					x	x					x	x	
11													
12													

Закінчення таблиці 2.1

Номер схеми	Дуги графа								
	10-2	10-3	10-3	10-3	10-3	10-4	10-4	10-5	10-5
1									
2									
3									
4		x	x						
5		x	x					x	x
6	x								
7		x	x						
8						x	x		
9		x	x	x	x				
10		x	x						
11						x	x		
12						x	x		

Висновки по розділу

Аналіз просторової структури решітних модулів дозволив виділити характерні ознаки їх класифікації. Перший, наявність решета - фракціонера (рисунок 2.2 а, б, в, д, ж, з, л, м), що дозволяє розділяти потоки за розмірами частинок, і знижувати питоме навантаження на наступні решіт. Так само для потоків, що знову утворилися, встановлювати решітні полотна, які більш ефективно виділяють з них домішки. Наявність решета фракціонера істотно знижує питому навантаження на решето для виділення великих домішок, що йдуть за ним, тим самим підвищуючи продуктивність машини, обмежену втратами зернового матеріалу, рахунок зменшення ймовірності попадання цілого зерна у фракцію великі відходи, що йде сходом. Другий, паралельне компонування решітних модулів (рисунок 2.2 в, г, д, е, ж, з, і, до, л, м). Використання дільників потоків дозволяє створювати функціональні схеми з паралельним компонуванням решітних модулів, що знижують питому навантаження на решето, тим самим виявляючи ефект тонкошарової сепарації, при якій процес виділення домішок відбувається більш ефективно. Третій, послідовне розташування решіт в ярусі і ярусів решіт (рисунок 2.2 д, ж, з, і, до, л), що дозволяє збільшити довжину сепарації тим самим збільшити ймовірність виділення домішок.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОЧИСТКИ НАСІННЯ

3.1. Експериментальний аспіраційний пневмоканал для очищення зернового вороху

Для дослідження процесу пневмосепарації зернового вороху з широкою ймовірністю технологічних властивостей у вертикальному аспіраційному каналі було виготовлено експериментальну установку. Загальний вигляд і технологічна схема експериментальної установки наведені на рисунках 1 і 2. Модель експериментального аспіраційного пневмоканалу має ширину $B=0,45$ м і натуральні розміри в довжину та у висоту.



Рис.3.1. Загальний вигляд експериментального аспіраційного пневмоканалу

Робочий процес експериментального аспіраційного пневмоканалу для очищення зернового вороху протікає таким чином. Повітряний потік, що всмоктується вентилятором 1 повітряний потік надходить у повітропровід нагнітального вентилятора 4. Регулювання характеристики повітряного потоку в пневмосепараторі здійснюється за допомогою дефлектора 2. Початковий зерновий матеріал рівномірно надходить із бункера накопичувача 1 у вертикальний пневмоканал 7. Далі зерновий матеріал проходить ділянку "кишені" пневмоканалу 5 і потім виводиться з пневмосепаратора за допомогою

пристрою виведення 3. Легка фракція і запилене повітря потрапляє у відстійну камеру 8. Легка фракція, проходячи під осаджувач 9, за рахунок інерційно-гравітаційних сил осідає. гравітаційних сил осідає і виводиться за допомогою пристрою виведення "легкої" фракції 11. Запилене повітря виводиться з пневмосепаратора за допомогою пиловловлювача 10.

Конструкція експериментального стенда давала змогу незалежно один від одного змінювати кут установки дефлектора, витрату повітря через вентилятор, подачу гетерогенного сипучого середовища.

Характеристика повітряного потоку в перерізах А-А і Б-Б (рис. 3.2) представлена на рис. 3.3 (а, б).

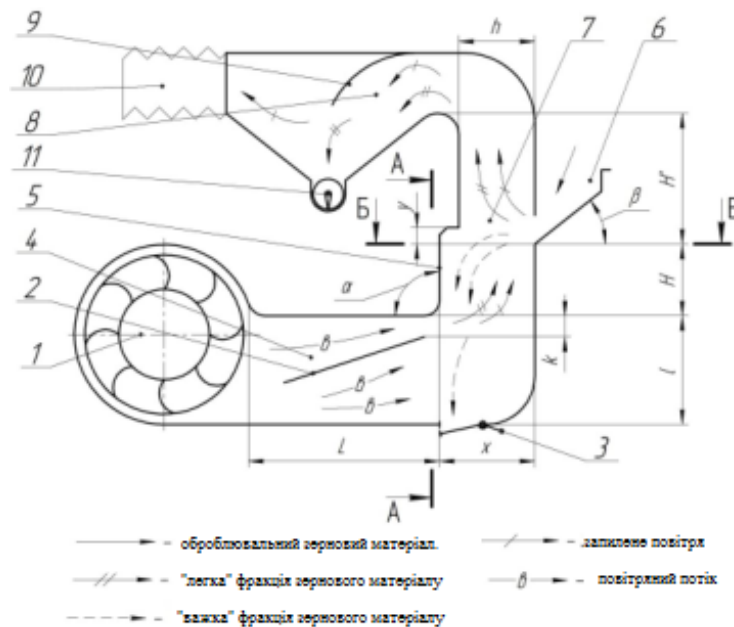


Рис. 3.2. Технологічна схема розробленого аспіраційного пневмокала: 1 – вентилятор; 2 – дефлектор; 3 – пристосування для виводу; 4 – повітряпровід вентилятора; 5 – карман; 6 – пристосування для вводу (бункер); 7 – вертикальний пневмоканал; 8 – камера для відстоювання; 9 – заслінка для осідання; 10 – пиловловлювач.

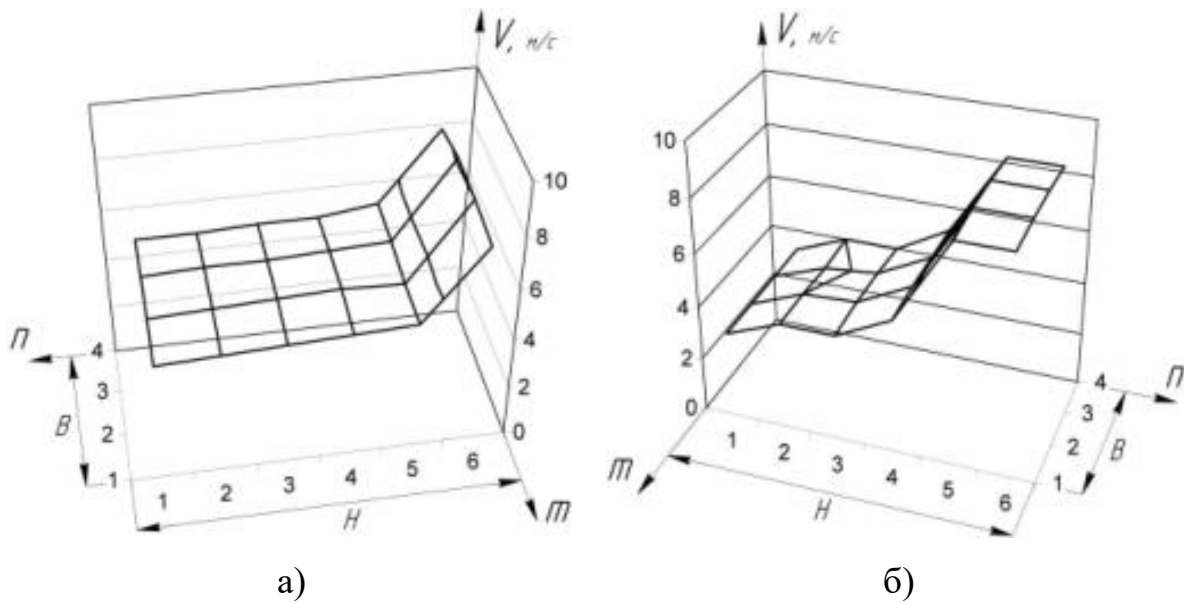


Рис. 3.3. Характеристика повітряного потоку в перерізах пневмосепаратора:
а) переріз А-А; б) переріз Б-Б.

Результати лабораторних досліджень процесу пневмосепарації зернового вороху за широкої ймовірності технологічних властивостей оброблялися й аналізувалися з урахуванням загальноприйнятих методик відповідно до відповідно до ДСТУ, з використанням набору спеціального обладнання.

Програма досліджень з використанням даного лабораторного стенду давала змогу визначати: основні аеродинамічні характеристики вихідного зернового вороху; ефективність сепарації зернового матеріалу залежно від швидкості та напрямку введення матеріалу в пневмоканал, структури та швидкості повітряного потоку; ефективність сепарації зернового матеріалу залежно від нерівномірності надходження зернового матеріалу по ширині каналу; ефективність сепарації зернового матеріалу залежно від вмісту і властивостей сипучого середовища, що надходить у пневмосепаратор; проводити аналіз траєкторій руху компонентів сипучого середовища, що сепарується, залежно від властивостей середовища, параметрів повітряного потоку і параметрів самого каналу.

3.2 Стендові дослідження технологічних відділень очищення зерноочисних агрегатів

Для визначення показників виконання технологічного процесу очищення насінневого матеріалу на зерноочисних агрегатах з різним складом зерноочисних машин було проведено стендові дослідження.

Зерноочисний агрегат №1 (рисунок 3.4), включав у своєму складі зерноочисну машину Petkus M12 (рисунок 3.5, а) та два трієрні блоки Petkus ZA73 (рисунок 3.5, б).

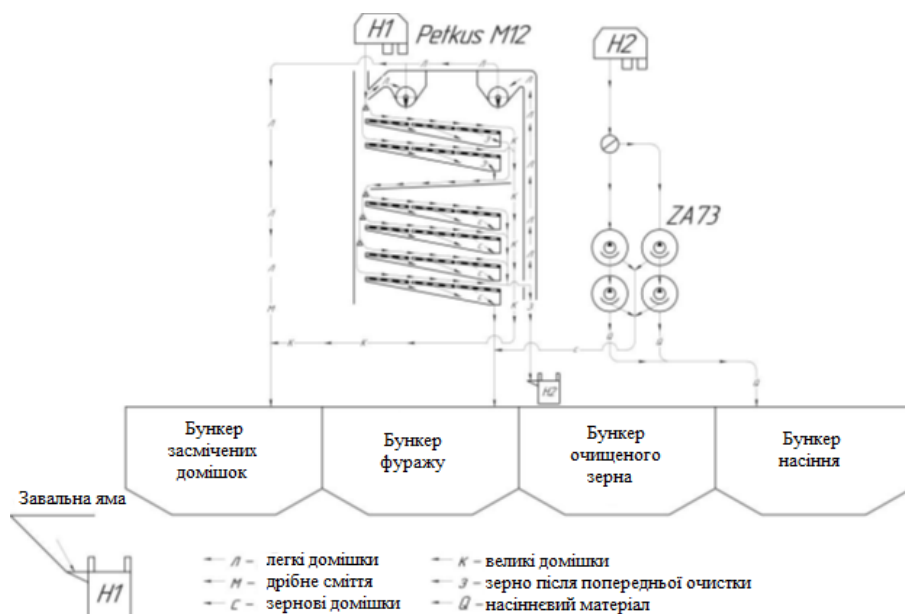


Рис. 3.4. Функціональна схема зерноочисного агрегату №1



а)



б)

Рис. 3.5. Машини, що входять до складу зерноочисного агрегату: а) зерноочисна машина Petkus M12; б) трієрний блок Petkus ZA73

Зерноочисний агрегат №2 (рисунок 3.6), включав у своєму складі зерноочисну машину Petkus M15 (рисунок 5.10, а), два трієрні блоки Petkus ZA73 (рисунок 3.7, б) і пневмосотувальний стіл Petkus G30 (рисунок 3.7).

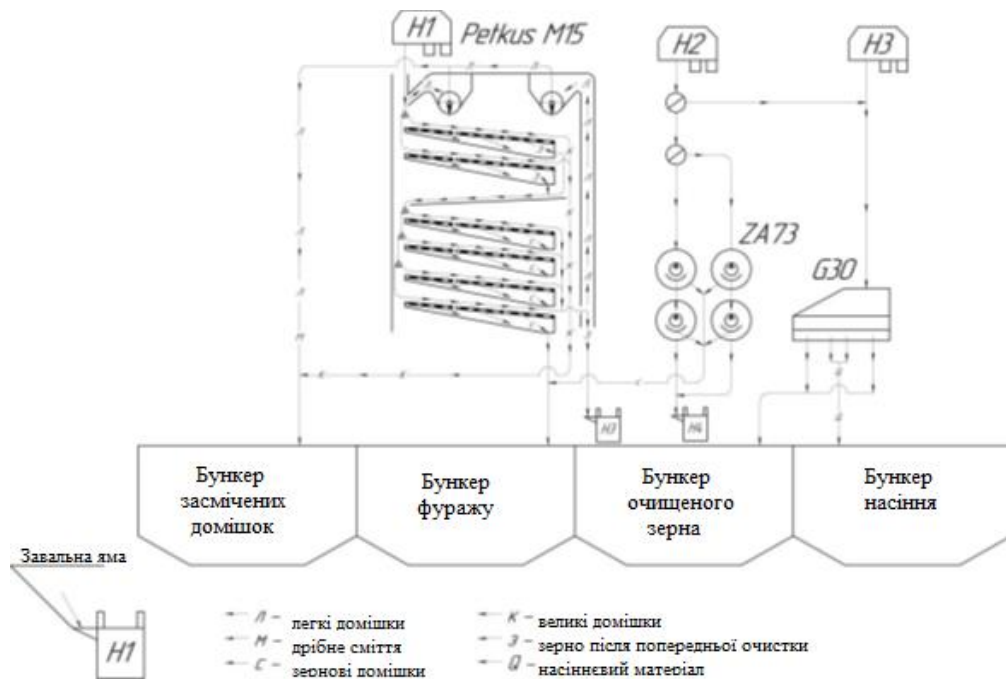
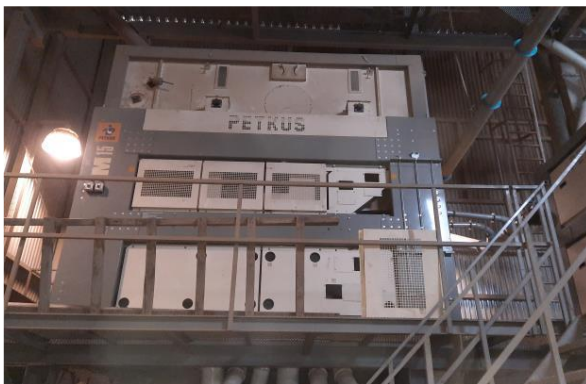


Рис. 3.6. Функціональна схема зерноочисного агрегату №2



а)



б)

Рис. 3.7. Машини, що входять до складу зерноочисного агрегату: а) зерноочисна машина Petkus M15; б) трієрний блок Petkus ZA73 та пневмосотувальний стіл Petkus G30

Зерноочисний агрегат №3 (рис. 3.8), включав у своєму складі зерноочисну машину Petkus A12 (рис. 3.9, а) та два трієрні блоки БТМ-800-8Б (рис. 3.9, б).

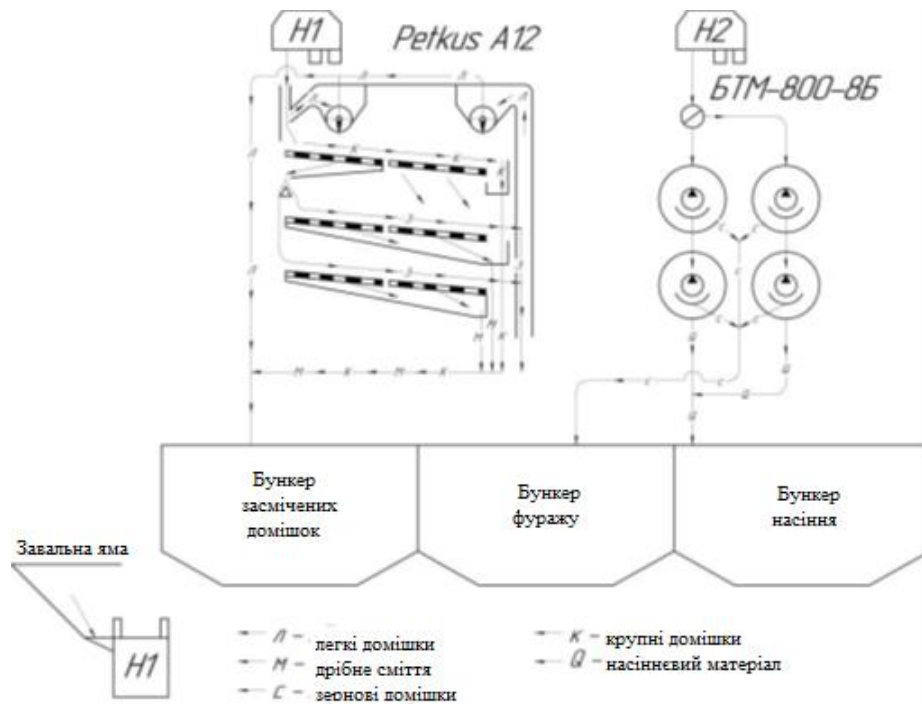


Рис. 3.8. Функціональна схема зерноочисного агрегату №3



Рис. 3.9. Зерноочисний агрегат (а), зерноочисна машина Petkus A12 (б), трієрні блоки БТМ-800-8Б (в)

Дослідження процесу функціонування агрегатів проводились за одноцикловими послідовними схемами. Зерно надходило безпосередньо з поля після прямого комбайнування за допомогою транспортних засобів потрапляло в завальні ями агрегатів, криті (рисунок 3.10, а) і не криті (рисунок 3.10, б), далі за допомогою норій і транспортерів подавалося в повітряно-решітну зерноочисну машину, трієрні блоки та на пневмосортувальний стіл (тільки у агрегаті №2).



Рис. 3.10. Завальні ями агрегатів: а) крита (агрегат №1 та №3); б) відкрита (агрегат №2)

Налаштування машин проводилося відповідно до інструкцій з експлуатації. Дослідження проводились відповідно до ДСТУ 33735-2016 [4], відбірка проб проводилася відповідно до ДСТУ 12036-85 [8], оцінка їх показників відповідно до ДСТУ 30483-97, повторність дослідів триразова. Вихідний зерновий матеріал – пшениця з різним вмістом домішок (таблиця 3.1, рисунок 3.11).

Таблиця 3.1 - Характеристики вихідного зернового вороху

Номер агрегату	№1	№2	№3
Сорт пшениці	Безостая 100	Юка	Алексеич
Маса 1000 зерен, г.	38,3	39,5	34,4
Склад зернового вороху, %			
Зерно	93,5	93,7	94,4
Соломисті домішки	0,3	0,3	0,2
Великі домішки	0,6	0,4	0,8
Щупле зерно	2,3	2,8	2,6
Дрібне сміття	1,3	0,9	0,8
Подрібнене зерно	1,5	1,7	1,5
Насіння бур'янів	0,3	0,3	0,2
Органічні легкі домішки	0,2	0,3	0,3



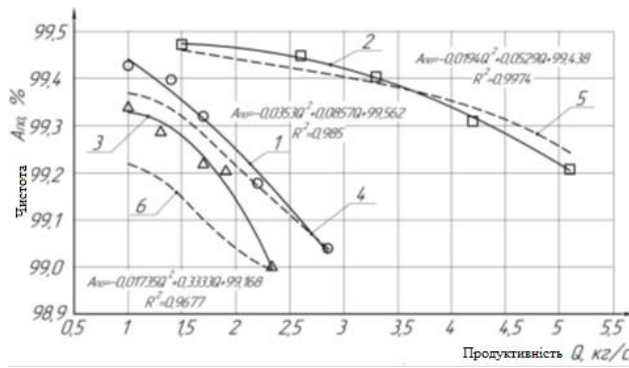
а)

б)

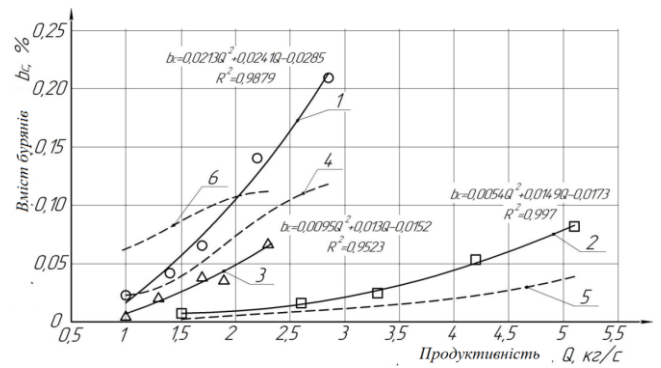
в)

Рис. 3.11. Вихідна зернова купа у агрегаті №1 (а), агрегаті №2 (б), агрегаті №3 (в)

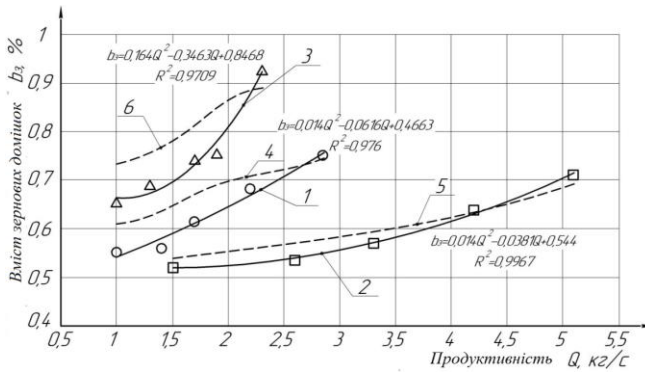
Результати функціонування агрегатів представлені на рис. 3.12.



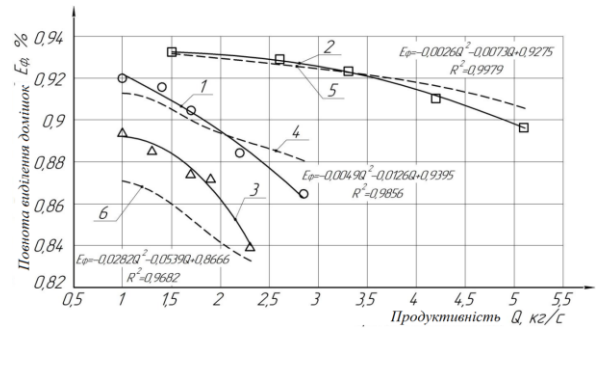
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.12. Показники функціонування агрегатів залежно від подачі та компонування

Висновки по розділу

Аналіз результатів стендових досліджень функціонування зерноочисних агрегатів показав, що чистота зернового матеріалу $A_{\text{до}}$ у агрегаті №1 становила 99,04...99,43% при подачі 1...2,85 кг/с, агрегат №2 складала 99,21...99,47 % при подачі 1,5...5,1 кг/с, агрегат №3 99,01...99,34 при подачі 1...2,3 кг/с (рисунок 3.12, а). Вміст бур'янів b_c в очищеному зерні становив 0,02...0,21 % у агрегаті №1, 0,01...0,08 % у агрегаті №2, 0,01...0,07 % у агрегаті №3 (рисунок 3.12, б). Вміст зернових домішок b_z в очищеному зерні становив 0,55...0,75 % агрегаті №1, 0,52...0,71 % агрегаті №2, 0,65...0,93 % агрегаті №3 (рисунок 3.12, в). Повнота виділення домішок E_{ϕ} становила 0,86...0,92% у агрегаті №1, 0,89-0,93% у агрегаті №2, 0,83-0,89% у агрегаті №3. Вихід насіння становив у агрегаті №1 – 96%, агрегаті №2 – 87...87%, агрегаті №3 – 96%. В результаті досліджень, зерноочисні агрегати, що функціонують у режимі насінневого очищення, показали високу ефективність виділення домішок із вихідного зернового матеріалу з доведенням чистоти до заданого агрономіями відповідно до ДСТУ 52325-2005 показника 99 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз можливостей функціонування зерноочисних агрегатів дозволив виявити шляхи зростання їхньої ефективності за рахунок застосування раціональних функціональних схем (послідовних, фракційних) відділення очищення агрегату; підвищення ефективності функціонування решітних сепараторів; оптимізації структур решітних модулів повітряно-решітної машини; створення нових високоефективних пневмосепаруючих систем, трієрних блоків та пневмосортувальних столів.

Розроблено орієнтований граф функціонування зерноочисного агрегату, вибраних на підставі проведених досліджень та логіко-евристичного підходу, що включають до свого складу приватні технологічні операції машин попереднього очищення, пневмосепараторів, решітних машин, повітряно-решітних машин, трієрних блоків та трієрних блоків та трієрних блоків.

Розроблено адекватні структурні схеми та математичні моделі, що описують процес функціонування технологічних відділень зерноочисних агрегатів для насінневого очищення зернового матеріалу.

Проведене моделювання функціонування зерноочисних агрегатів та аналіз отриманих результатів показав, що незважаючи на високу засміченість вихідного зернового матеріалу бур'янами та зерновими домішками схеми функціонування зерноочисних агрегатів №1–14, №16–18, №20–42, за дотримання всіх агрономічних показників, показали продуктивність 5 кг/с; схеми №43–46 – продуктивність 2,5 кг/с; схеми №47–50 – 3 кг/с; схема №15 – 4,2 кг/с; схема №19 – 5,0 кг/с; схема №43 – 2,5 кг/с. Продуктивність схем №15, №19, №43, №51 обмежувалася чистотою зернового матеріалу після очищення не менше 99 %, що задається агрономічними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику: монографія /Є.В. Михайлов, С.В. Кюрчев, О.С. Колодій, Н.О. Задосна, В.О. Верхованцева, Л.М. Чернишова, Н.О. Паляничка. Видавничо-поліграфічний центр FORWARD PRESS, м. Мелітополь, 2019. – 203 с
2. Михайлов Є.В., Кольцов М.П., Білокопитов О.О., До питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків. Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. т 5.: с. 182-192.
3. Пат. № 78533U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор із замкненою повітряною системою / Є. В. Михайлов, О. О.Білокопитов.– № u2012 09994; заявл.20.08.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6.
4. Михайлов Є.В. Методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна (на прикладі півдня України): автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.11 – Мелітополь, 2014. 36 с
5. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України /Є.В. Михайлов// Монографія. Мелітополь: Люкс. 2012. 214 с
6. Степаненко С. П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка : зб. наук. пр. Серія : Механізація сільськогосподарського виробництва. Харків, 2008. Вип. 75. Т 1. С. 59-65.
7. Степаненко С. П. Техніко-технологічні основи вдосконалення сепарації зерна і насіння. Праці Таврійського державного агротехнічного університету. Мелітополь, 2009. Вип. 9. Т. 1. С. 66-74.
8. Швидя В. О., Степаненко С. П., Котов Б. І. Результати експериментальних досліджень пневмосепарації зерна у пневмовідцентровому сепараторі з удосконаленим експериментальним диском. Збірник наукових праць

Кіровоградського національного технічного університету. Серія : Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Кіровоград, 2010. Вип. 23. С.250-256.

9. Степаненко С. П., Прилуцький А. Н., Попадюк І. С. Механікотехнологічне обґрунтування операцій технологічного процесу пневмовихрового сепарувального пристрою. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 258. С. 70-82.

10. Грабар І. Г. Правильність прийняття рішень при випробуваннях зернових комбайнів, іншої техніки і новітніх технологій у сільськогосподарському виробництві при застосуванні розрахункових моделей для мінімального травмування зерна / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янку, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 49–53.

11. Грабар І. Г. Вплив вологості зерна при збиранні та післязбиральній очистці зернового вороху озимого жита на його травмування і насіннєві якості / І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'янку, С. М. Герук // Зб. наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. – 2010. – Вип. 5. – С. 60–62.

12. Дерев'янку Д. А. Визначення оптимальної вологості зерна під час обмолоту та післязбиральної підготовки насіння / Д. А. Дерев'янку // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 12. – С. 24–25.

13. Дерев'янку Д. А. Вплив травмування і пошкоджень мікроорганізмами жита озимого при збиранні, післязбиральній обробці та посіві / Д. А. Дерев'янку // Вісн. аграр. науки. – 2011. – № 10. – С. 45–48.

14. Михайлов Є.В. Шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику/Є.В. Михайлов, Н.О. Задосна//. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: Мелітополь, 2015. Вип. 5, т. 2. С. 41-49.

15. Іваненко Ф.В., Сінченко В.М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. – Київ: КНЕУ, 2005. – 221 С.

16. Аналіз пневмосепаруючих систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації /Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Задосна Н.О.// Праці таврійського державного агротехнологічного університету: Вип.12.т.5.: – Мелітополь, 2012. С. 50–60.

17. Обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепаратора попередньої очистки олійної сировини соняшнику / Є.В. Михайлов, Н.О. 185 Задосна, Г.В. Теслюк, М.О. Рубцов // Вісник ДДАЕУ. Дніпропетровськ, 2015. №4 (38). С. 91-95.

18. Задосна Н.О. Передумови визначення параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна /Н.О. Задосна// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 4. С. 167-172.

19. Савченко С.В., **Хоменко С.В.** Сучасні технології та технічні засоби для післязбирального очищення насіння зернових культур. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики.* 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 135-140.

20. Савченко С.В., **Хоменко С.В.** Експериментальний аспіраційний пневмоканал для очищення зернового вороху. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”.* 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.