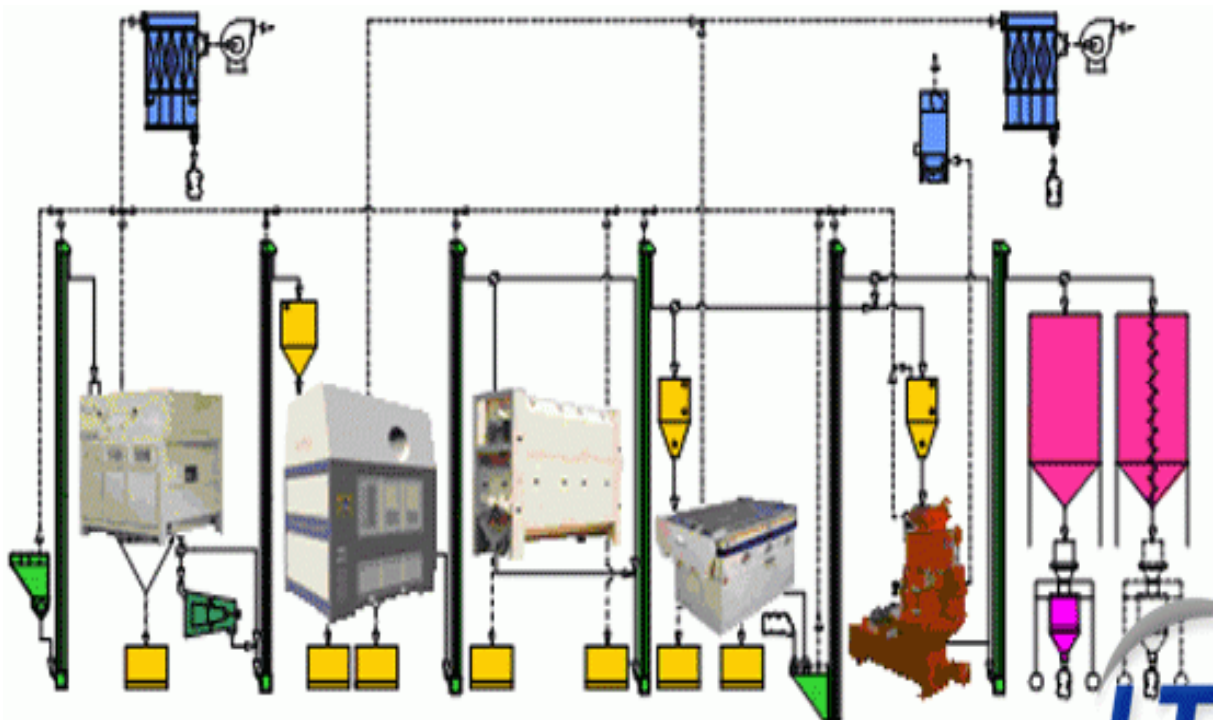


Є. В. МИХАЙЛОВ

Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України



Мелітополь – 2012 р.

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
М43
УДК 631.36:664.7

Рецензенти:

Академік підйомно-транспортної академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри „Механізації, енергетики і технічного сервісу“ Південної філії „Кримський агротехнологічний університет“ Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Сімферополь) **Л.Ф. Бабицький**.

Академік міжнародної академії аграрної освіти, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри „Ремонт машин“ Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь) **В.А. Дідур**.

Доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної та іноваційної роботи, завідувач кафедри „Теоретичної та прикладної механіки“ Херсонського державного аграрного університету, (м. Херсон) заслужений працівник освіти України **С.І. Пастушенко**

М43

Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України. - Мелітополь, видавничо - поліграфічний центр “Люкс,..- 2012р. - 258 с., табл. - 30, іл. - 43, бібліогр. - 94 - ISBN

У монографії приводиться світовий прогноз виробництва зерна, статистичні дані виробництва зерна в Україні та в господарствах півдня України. Представлені характеристики виробництва зерна й групувань господарств по збору зерна, метеорологічні умови і календарні терміни збирання і післязбиральної обробки зерна, розглядаються якість зерна і показники його оцінки. Дано аналіз засобів і технологій післязбиральної обробки зерна в господарствах, зокрема, на прикладі південних районів України. Розглянуто методологічні принципи обґрунтування параметрів технологічного устаткування післязбиральної обробки зерна. Аналізуються методи прогнозування, ймовірнісно-статистичні зв'язки зерноочисних машин і агрегатів. Представлено методику визначення основних параметрів технологічного устаткування, результати практичного застосування виконаних досліджень і оцінка економічної ефективності післязбиральної обробки зерна.

Для вчених, викладачів, студентів і інших категорій читачів, що мають відношення до діяльності агропромислового комплексу.

Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету, протокол № 7 від 25. 01. 2011 р.

ISBN
2012

© **Є.В. Михайлов**,

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Аналіз виробництва зерна.....	8
1.1. Світовий ринок.....	8
1.2. Світові прогнози	12
1.3. Виробництво зерна в Україні	19
1.4. Виробництво зерна у господарствах півдня України	25
1.4.1. Зернові культури і групування господарств по збору зерна	25
1.4.2. Метеорологічні умови, календарні терміни збирання і післязбиральної обробки зерна	27
1.4.3. Якість зерна і показники його оцінки	29
Розділ 2. Статистичні характеристики якості зернових матеріалів ...	32
2.1. Загальні відомості	32
2.2. Засміченість	41
2.3. Натура	51
2.4. Вологість	55
Розділ 3. Технічна оснащеність процесу післязбиральної обробки зерна	60
3.1. Технології післязбиральної обробки зерна	60
3.2. Засоби післязбиральної обробки зерна	71
3.3. Технічна оснащеність процесу післязбиральної обробки зерна в південних районах України	77
Розділ 4. Методологічні принципи обґрунтування параметрів технічної оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна	88
4.1. Багаторівнева модель системи технічної оснащеності	88
4.2. Використання методу імітаційного моделювання при обґрунтуванні параметрів технічної оснащеності	94
4.3. Моделі функціонування технічної оснащеності	99
4.4. Математичні моделі технологічних процесів об'єктів післязбиральної обробки зерна	104
Розділ 5. Прогнозування показників якості роботи зерноочисних машин	

і агрегатів	115
5.1. Методи прогнозування	115
5.2. Об'єкти прогнозування	123
5.3. Ймовірно-статистичні зв'язки зерноочисних машин і агрегатів ...	130
5.4. Математичні моделі прогнозу показників якості роботи зерноочисних машин і агрегатів	163
Розділ 6. Визначення основних параметрів технічної оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна	167
6.1. Аналіз методів розрахунку параметрів технічної оснащеності	167
6.2. Методика розрахунку параметрів устаткування потокових ліній з використанням імітаційного моделювання та ймовірно-статистичних методів.....	175
6.3. Приклад розрахунку параметрів устаткування потокових ліній модельованого зернокомплексу.....	188
Розділ 7. Практичне застосування виконаних досліджень і оцінка економічної ефективності післязбиральної обробки зерна	201
7.1. Практичне застосування виконаних досліджень	201
7.2. Оцінка економічної ефективності післязбиральної обробки зерна	204
Список використаних джерел	206
Додатки	217

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- ТО - технічна оснащеність
- ПЗОЗ - післязбиральна обробка зерна
- ПЗОН - післязбиральна обробка насіння
- НВО - науково-виробниче об'єднання
- ВО - виробниче об'єднання
- МВС - машино-випробувальна станція
- ГСКТБ - головне спеціалізоване конструкторсько-технологічне бюро
- АРК - Автономна Республіка Крим
- ТДАТУ - Таврійський державний агротехнологічний університет
- СПДАУ - Санкт-Петербурзький державний аграрний університет
- КСП - колективне сільськогосподарське підприємство
- ВАТ - відкрите акціонерне товариство
- ЗАВ - зерноочисний агрегат
- КЗС - зерноочисно-сушильний комплекс
- НМ - насіннеочисна машина
- ЗОМ - зерноочисна машина
- МПО - машина попереднього очищення
- ОВП - очисник вороху пересувний
- МПРО - машина первинного очищення
- МВТО - машина вторинного очищення
- БТ - блок трієрний
- СПС - стіл пневматичний сортувальний
- ЗМ - зерновий матеріал

ВСТУП

Післязбиральна обробка зерна - одна з найбільш трудомістких галузей сільськогосподарського виробництва. Впровадження потокової технології обробки зерна, що характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій, призвело до різкого зниження витрат праці і, разом з тим, показало найчастіше нераціональне застосування типових агрегатів і комплексів, використовуваних для різних господарських умов. Крім того, при пропонованих нечисленних розрахунках по обґрунтуванню параметрів процесу ПЗОЗ у більшості випадків не враховується статистична природа умов функціонування машин і агрегатів в умовах України й особливо в її найбільш зерновиробляючих південних районах.

Виконання технологічних операцій у визначені агротехнічні терміни в реальних умовах, як правило, порушується. Більш того, передбачувані показники якості функціонування машин і агрегатів не підтверджуються, що викликає необхідність установа ймовірнісних характеристик оцінки якості технічної оснащеності процесу ПЗОЗ.

Під технічною оснащеною ПЗОЗ мається на увазі сукупність технічних засобів, що забезпечують виконання технологічних процесів післязбиральної обробки зерна в конкретних зональних умовах.

У зв'язку з цим, виникають задачі удосконалювання методики побудови математичних моделей ЗОМ і устаткування ПЗОЗ як ймовірнісних систем, що можуть стати основою прогнозу показників якості їхньої роботи. Для рішення задачі обґрунтування основних параметрів машин і устаткування для ПЗОЗ у господарствах з використанням прогнозу показників якості їхньої роботи й обліком багаторі-

чних даних надходження зернових матеріалів на комплекс пропонується використовувати метод імітаційного моделювання, що дозволяє одержати гарні результати при досить великій кількості даних, що характеризують зональні умови.

У даній монографії приводяться: аналіз і прогнози світового виробництва зерна; характеристики виробництва зерна й угруповань господарств; метеорологічні умови і календарні терміни збирання і ПЗОЗ; розглядаються якість зерна і показники його оцінки. Дано аналіз засобів і технологій ПЗОЗ, зокрема - на прикладі південних районів України. Розглянуто методологічні принципи обґрунтування параметрів устаткування ПЗОЗ, що базуються на використанні методів ідентифікації та імітаційного моделювання. Аналізуються методи прогнозування, ймовірно-статистичні зв'язки зерноочисних машин і агрегатів. Представлено методика визначення основних параметрів технологічного устаткування ПЗОЗ і зокрема, з використанням методу імітаційного моделювання.

Приводяться результати практичного застосування виконаних досліджень і оцінка економічної ефективності післязбиральної обробки зерна.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА

1.1 Світовий ринок

Світовий ринок зерна умовно можна розподілити на ринок пшениці, грубого зерна та рису. Саме ці групи зерна становлять основу світового виробництва та торгівлі [1, 2].

Високі ціни на зерно протягом попереднього сезону вплинули

на розширення посівних площ під зерновими культурами, що призвело до збільшення виробництва. За попередніми прогнозами міністерства сільського господарства США (USDA), світове виробництво зерна в 2008/2009 маркетинговому році (МР) становитиме 2224,4 млн. т, що перевищує показник минулого сезону на 5,0%. Найбільший вклад у зростання світового виробництва зерна внесли країни Європейського Союзу, які збільшили виробництво на 54,6 млн. т проти минулого періоду, Російська Федерація (+ 24,1 млн), Україна (+ 21,5 млн). Проте в деяких країнах спостерігається зменшення виробництва зерна, зокрема, у США - на 11,6 млн.т, в Аргентині - на 9,6 млн. тонн.

Варто зазначити, що збільшення виробництва зерна не впливатиме на зростання торгівлі, а призведе до підвищення рівня його запасів. Так, передбачається, що обсяги світової торгівлі становитимуть 259,7 млн. т, а це менше на 4,2%, якщо порівняти з попереднім сезоном. При цьому перехідні залишки сформуються в обсязі 409,5 млн. т, або на 15,6% перевищуватимуть торішній показник.

Обсяги пропозиції зерна та його споживання збільшуються однаковими темпами. Світове виробництво пшениці в 2008/2009 МР становитиме 682,9 млн. т, що на 11,9% (72,7 млн. т) перевищує попередній сезон. Передбачається, що виробництво збільшиться: в США на 22%, ЄС - на 26, в країнах Чорноморського регіону - 29, Канаді - 43, Бразилії - 52, Австралії - на 53 відсотки.(Рис. 1.1)

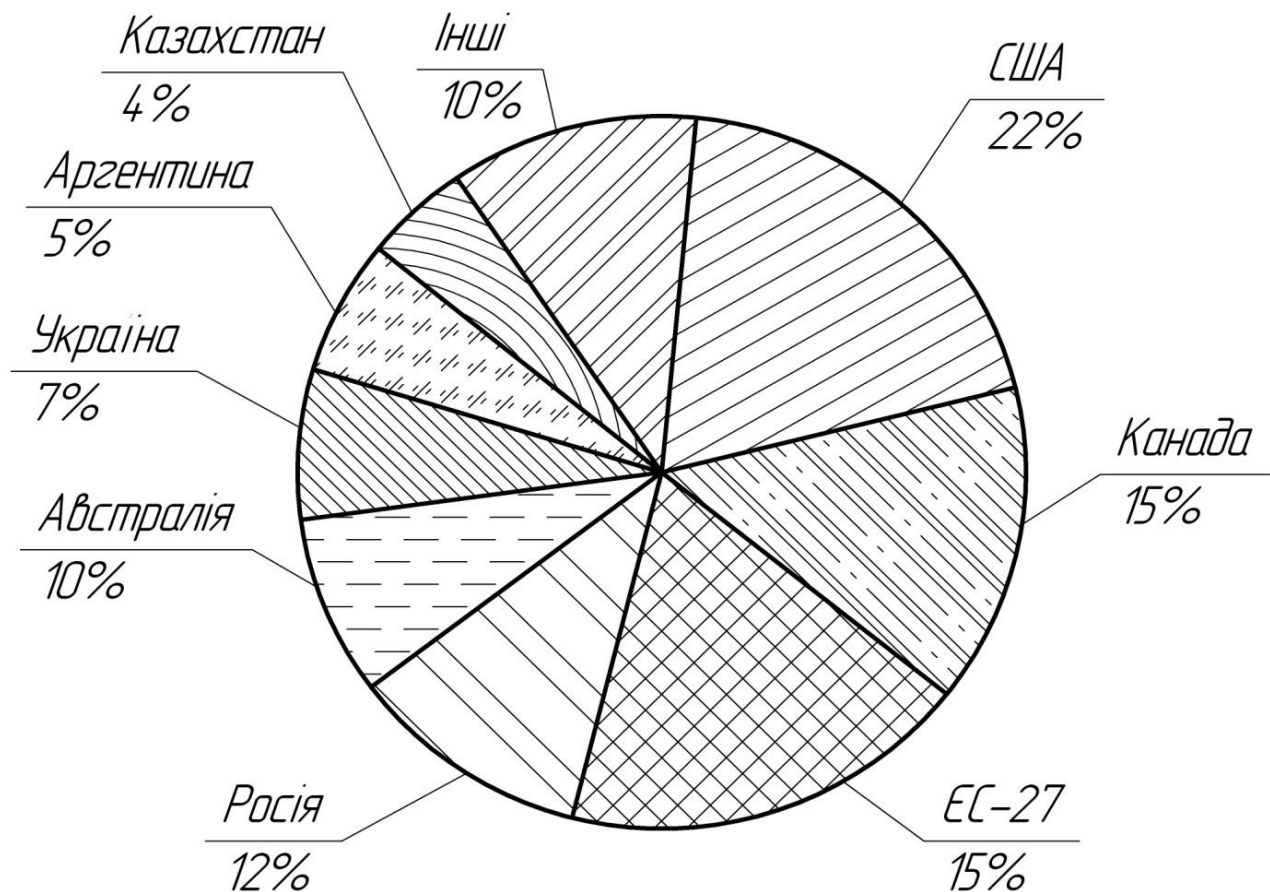


Рисунок 1.1 - Структура світового експорту пшениці

Разом з виробництвом зростатиме й споживання пшениці. Очікується, що її витрачання в світі підвищиться на 5,8% - до 653,9 млн. т. Це спричинено збільшенням використання пшениці на фуражні цілі в США і Європі й виробництвом біопалива в Європі, Канаді та інших країнах.

Збільшення виробництва та споживання пшениці призведе до підвищення світової торгівельної активності. Пшениця займає майже 50% у світовій структурі експорту зерна. Коливання обсягів торгівлі пшеницею невеликі, проте майже щороку спостерігається незначне, але стабільне їхнє зростання. Очікується, що обсяги торгівлі цим зерном на світовому ринку становитимуть 125,2 млн. т, тобто пе-

ревищать рівень попереднього сезону на 8,4 відсотки.

Країни Близького Сходу нарощуватимуть обсяги імпорту пшениці, бо тривала посуха вплинула на зниження врожайності і зернової культури. Передбачається, що Іран збільшить обсяг імпорту на 4,3 млн. т, Пакистан - 0,9, Ізраїль - на 0,7 млн. т. Проте інші імпортери минулих сезонів планують зменшити обсяги завезеного в країну зерна. Індія має наміри скоротити обсяги імпорту майже до нуля, порівняно з 8 млн. т, закупленими за останні два роки. Імпорт країн ЄС у зв'язку зі зростанням виробництва зменшиться на 0,9 млн. тонн.

Збільшення виробництва пшениці вплине також на підвищення експортної конкуренції. Очікується, що Австралія збільшить обсяги експорту пшениці до 13 млн. т (+ 5,5 млн.т), ЄС - до 19 (+ 6,8 млн), Україна - до 9 млн. т (+ 7,8 млн.т). У деяких країнах-експортерах хоч і спостерігатиметься зменшення обсягів експорту, однак вони матимуть суттєвий вплив на світову торгівлю. Обсяги експорту зменшаться в США до 27 млн. т (-7,4 млн. т), Казахстані — до 5,2 млн. т (-3,0 млн.), Аргентині — до 5,8 млн. т (- 4,4 млн т). Як наслідок, найбільшу питому вагу в структурі експорту пшениці матимуть Сполучені Штати - їхня частка становитиме 22%. Україна забезпечить 7% світового експорту пшениці. Частка Аргентини та Казахстану зменшиться, порівняно з попереднім періодом, на 4 та 2%, відповідно.

У новому МР очікується поповнення світових запасів пшениці, які на початок сезону були найнижчими за останні 30 років. Запаси цього зерна становитимуть 148,4 млн.т, що на 29 млн. т, або 24,3%,

більше проти торішнього періоду. Однак відношення запасів до споживання залишиться ще на низькому рівні.

Очікуване світове виробництво грубого зерна в 2008-2009 МР становитиме 1102,4 млн. т, що на 24,8 млн. т, або на 2,3%, перевищить показники минулого року. При цьому темпи виробництва зростатимуть швидше, ніж споживання. Прогнозується, що споживання в новому сезоні збільшиться на 1,9% - до 1080,1 млн. т. Це, своєю чергою, вплине на збільшення перехідних залишків зерна. Якщо на початок нового МР світові запаси грубого зерна становили 156,2 млн.т, то на кінець сезону передбачається їхнє зменшення на 14,3 відсотки.

Світовий експорт грубого зерна очікується обсягом 104,9 млн т. Це менше на 21,5 млн. т, або на 17,0%, ніж минулорічного сезону. Така перспектива пов'язана з майже повною зміною ситуації порівняно з 2007/2008 МР, коли значні обсяги експорту сорго та кукурудзи призвели до рекордної позначки в торгівлі фуражним зерном.

Головною причиною цих подій було те, що ЄС імпортував більшу, ніж звичайно, кількість фуражного зерна, переважно з Бразилії та Сполучених Штатів (Рис.1.2), щоб покрити наявний дефіцит,

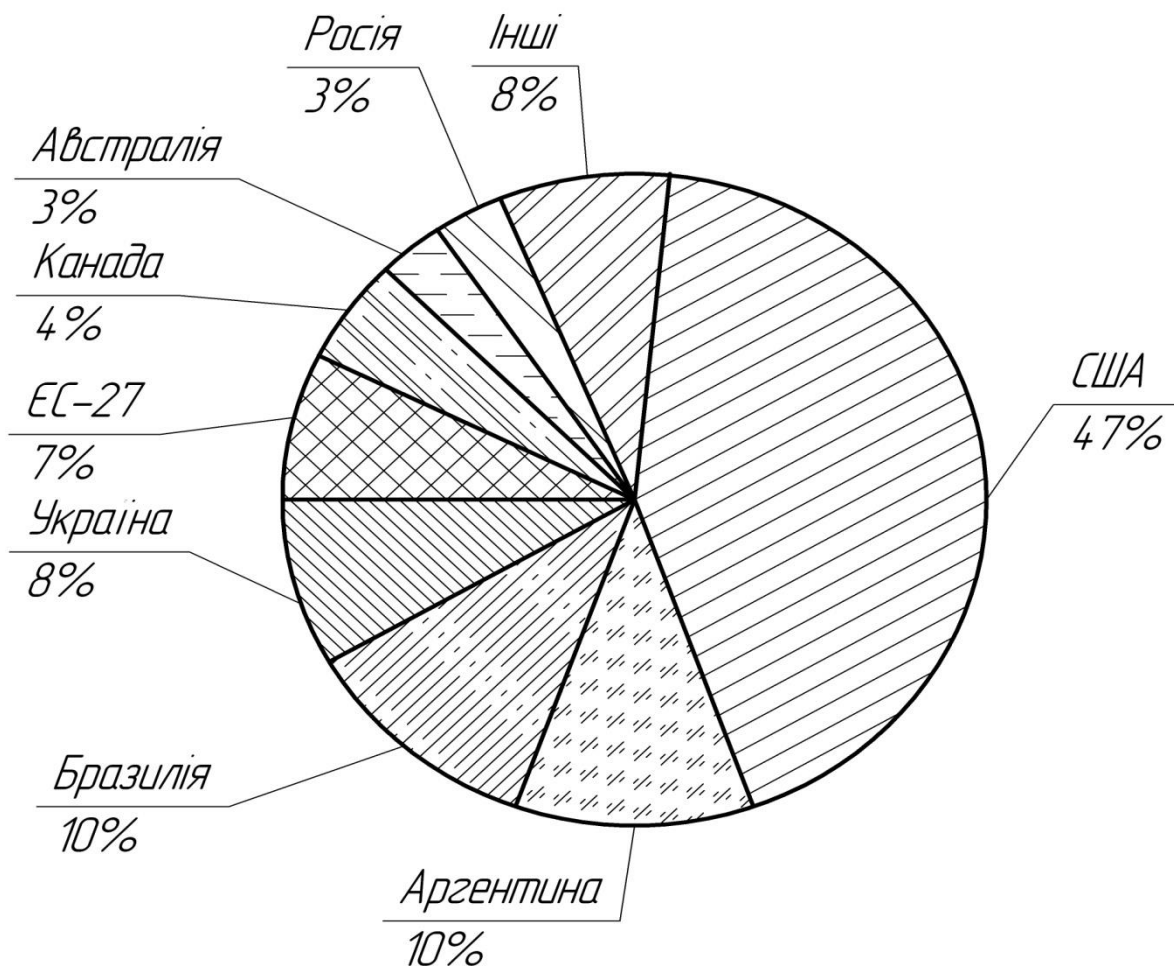


Рисунок 1.2 - Структура світового експорту грубого зерна

який виник через зменшення внутрішньої пропозиції пшениці. Збільшення виробництва зерна в цьому сезоні в ЄС зменшить потребу в імпорті.

1.2 Світові прогнози

Сільськогосподарські прогнози до 2019 року зроблено Департаментом головного економіста, Наглядною радою з питань світового сільського господарства, міністерством сільського господарства США, підготовлено міжвідомчою комісією з питань сільськогосподарських прогнозів. Прогнози розроблені по сільськогосподарським товарам, торгівлі сільськогосподарською продукцією, а також по зве-

деним показникам сектору, таким, як доходи від сільського господарства та ціни на продовольчі товари. Прогнози ґрунтуються на певних припущеннях відносно макроекономічних умов, політики, погоди та міжнародних подій без внутрішніх або зовнішніх потрясінь на світових сільськогосподарських ринках[2].

Світова фінансова криза в 2008-2009 роках мала далекосяжні серйозні наслідки для світової економіки та фінансової системи. В короткостроковій перспективі, разом зі скороченням світової економічної діяльності скоротилася світова торгівля вперше після 1982 року, а також знизилась і торгівля сільськогосподарською продукцією. Оскільки, наслідки носять більш довгостроковий характер, в світі формуються макроекономічні перспективи на наступне десятиліття та й надалі.

Значними факторами, що призвели до кризи були світові макроекономічні дисбаланси на торговому та фінансовому ринках. Серед цих дисбалансів були великий дефіцит поточного платіжного балансу США та профіцит в Китаї та Японії. Внесення поправок з метою усунення цих дисбалансів, поряд з іншими, буде мати вирішальне значення для стійкого відновлення, що впливає не тільки на перспективи економічного зростання по всьому світу, а й також призводить до перегляду валютних курсів.

З початку 2002 року, коливання у виробництві, торгівлі, та запасах сільськогосподарських товарів були надзвичайно великі. За цей період індекс середньомісячної світової ціни на пшеницю, рис, кукурудзу та сою збільшився на 237 %, потім знизився до 40 %, а в кінці 2009 року склав приблизно на 115 % вище рівня в січні 2002 року (Рис 1.3.).

Дол. США за бушель

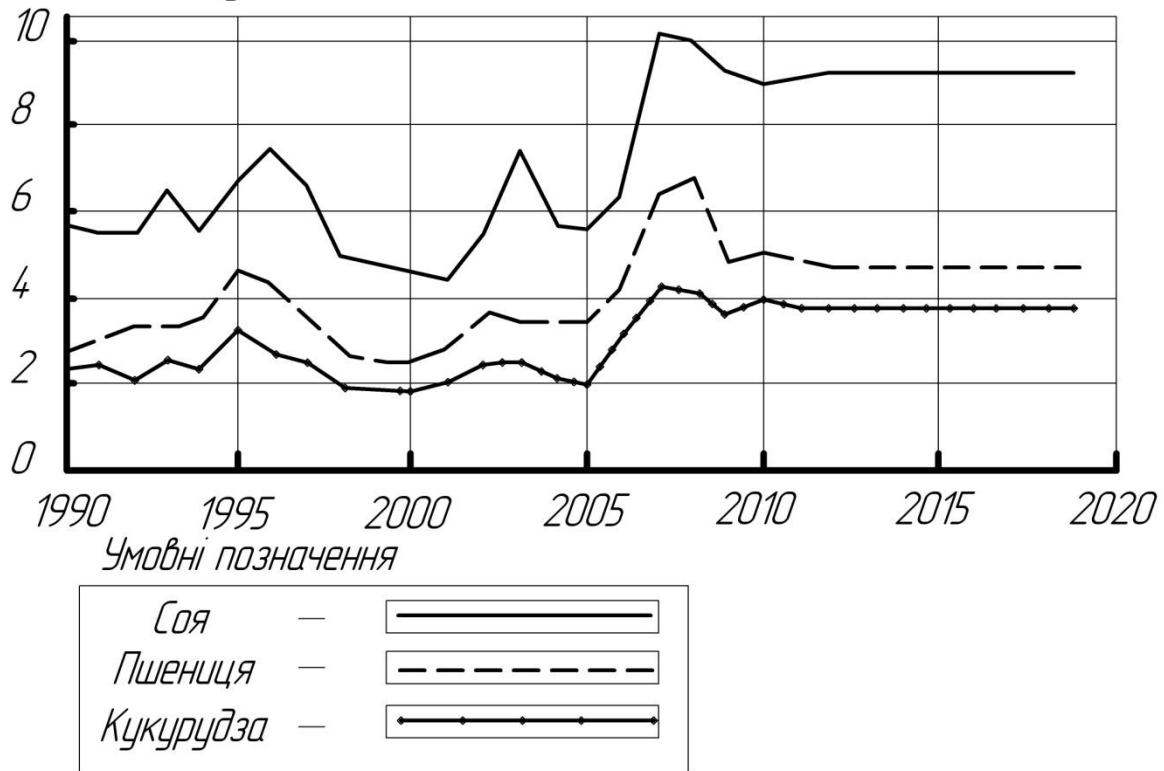


Рисунок 1.3 - Прогноз цін на кукурудзу, пшеницю та сою

У 2008 та 2009 роках, світове виробництво сільськогосподарської продукції відповіло на високі ціни та хороші погодні умови великими врожаями. Це супроводжувалося уповільненням світового економічного зростання, а потім і світовою рецесією. Протягом першої половини 2008 року, загальне світове використання масових товарів, включаючи сировину для виробництва біопалива, продовжує зростати, а світові запаси зернових та олійних культур збільшилися ще на 27 %. Як результат, ціни на продукцію рослинництва опустилися у порівнянні зі своїми максимальними рівнями.

Світове сільськогосподарського виробництва зростає у відповідь на високі ціни та вдосконалення технологій. Однак, обмежені можливості в багатьох країнах по розширенню посівних площ та упо-

вільнення світового зростання продуктивності стримують зростання виробництва.

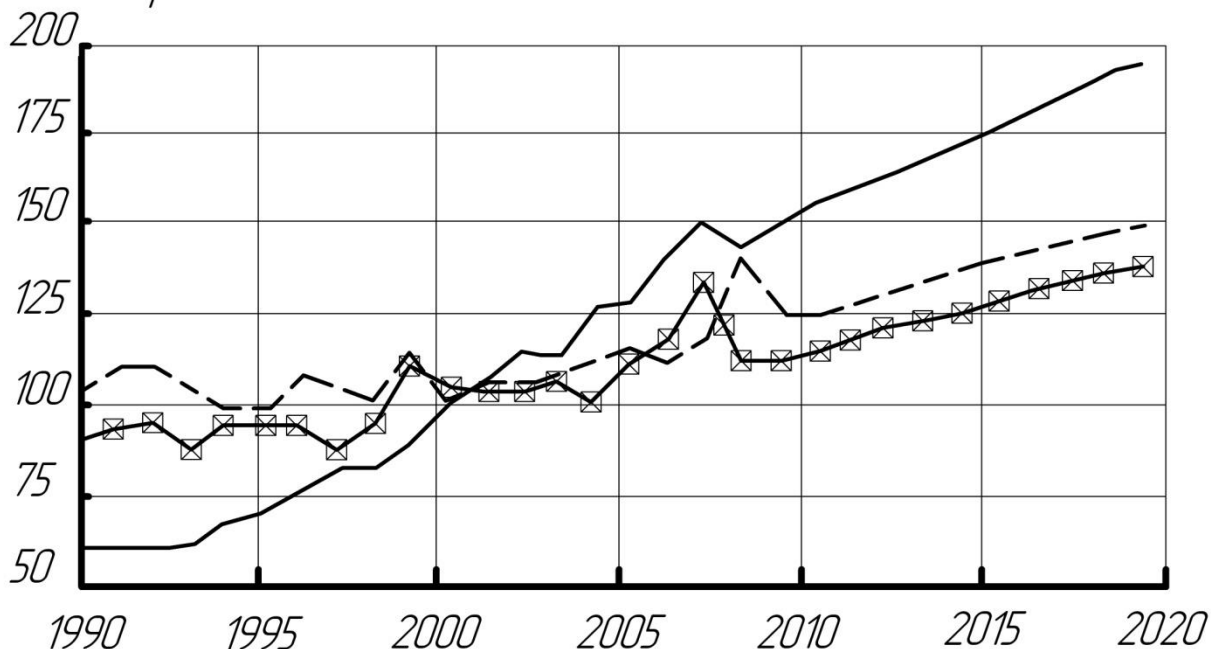
Традиційні експортери широкого спектру сільськогосподарської продукції, такі як Аргентина, Австралія, Канада, Європейський Союз (ЄС) та Сполучені Штати, залишаються важливими у світовій торгівлі, в найближчому десятилітті. Але країни, які здійснюють суттєве інвестування в свій сільськогосподарський сектор, та все частіше проводять політику стимулювання сільськогосподарського виробництва, включаючи Бразилію, Росію, Україну та Казахстан, очікують, що збільшиться їх присутність на експортних ринках по основній сільськогосподарській продукції.

Світова торгівля соєю та соєвими продуктами різко зросла на початку 1990-х років (Рис. 1.4.), та перевищила не лише пшеницю - традиційного лідера у торгівлі сільськогосподарською продукцією, а й взагалі кормове зерно (кукурудзу, ячмінь, сорго, жито, овес, просо та змішане зерно). Продовження стійкого зростання світового попиту на рослинні олії та білкові продукти, особливо в Китаї та інших країн Азії, також очікується, що торгівля соєю та соєвими продуктами, протягом наступного десятиліття, збережеться значно вищою за торгівлю пшеницею та кормовим зерном.

Виробництво пшениці, кормового зерна та олійних культур конкурують один з одним та з іншими зерновими культурами з обмежених сільськогосподарських угідь. Підвищення цін на рослинні олії, в результаті збільшення попиту на використання продовольчих товарів, а також для виробництва біодизельного палива та для інших про-

мислових потреб, призводять до залучення раніше не займаної під культури землі в Бразилії, Індонезії та Малайзії під виробництво сої та пальмової олії.

Млн. метричних тонн



1/соя та соєвий шрот в соєвому еквіваленті.

Умовні позначення

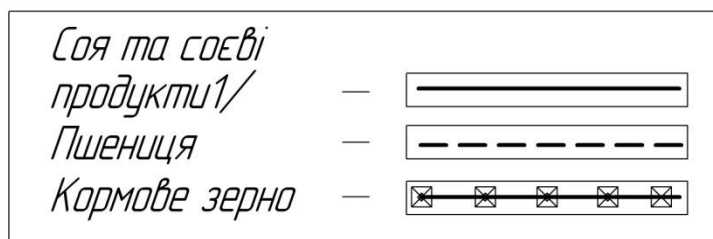


Рисунок 1.4. Світова торгівля пшеницею, кормовим зерном, соєю та соєвими продуктами

В більшості країн прогнозоване зростання загальних площ посівів під всі види сільськогосподарських культур підвищується менш, ніж на половину відсотка щороку. Найшвидше розширення площ можливе в країнах з резервом вільних земель та політикою, що дозволяє фермерам реагувати на підвищення цін. До таких країн відно-

сяться: Бразилія, Росія, Україна та інші країни Південної Америки та Східної Європи. Приблизно дві третини прогнозованого зростання світового виробництва отримано від зростання врожайності. Однак зростання врожайності сповільнилося протягом останніх декількох десятиліть й за прогнозами продовжуватиме робити це.

Млн. метричних тонн

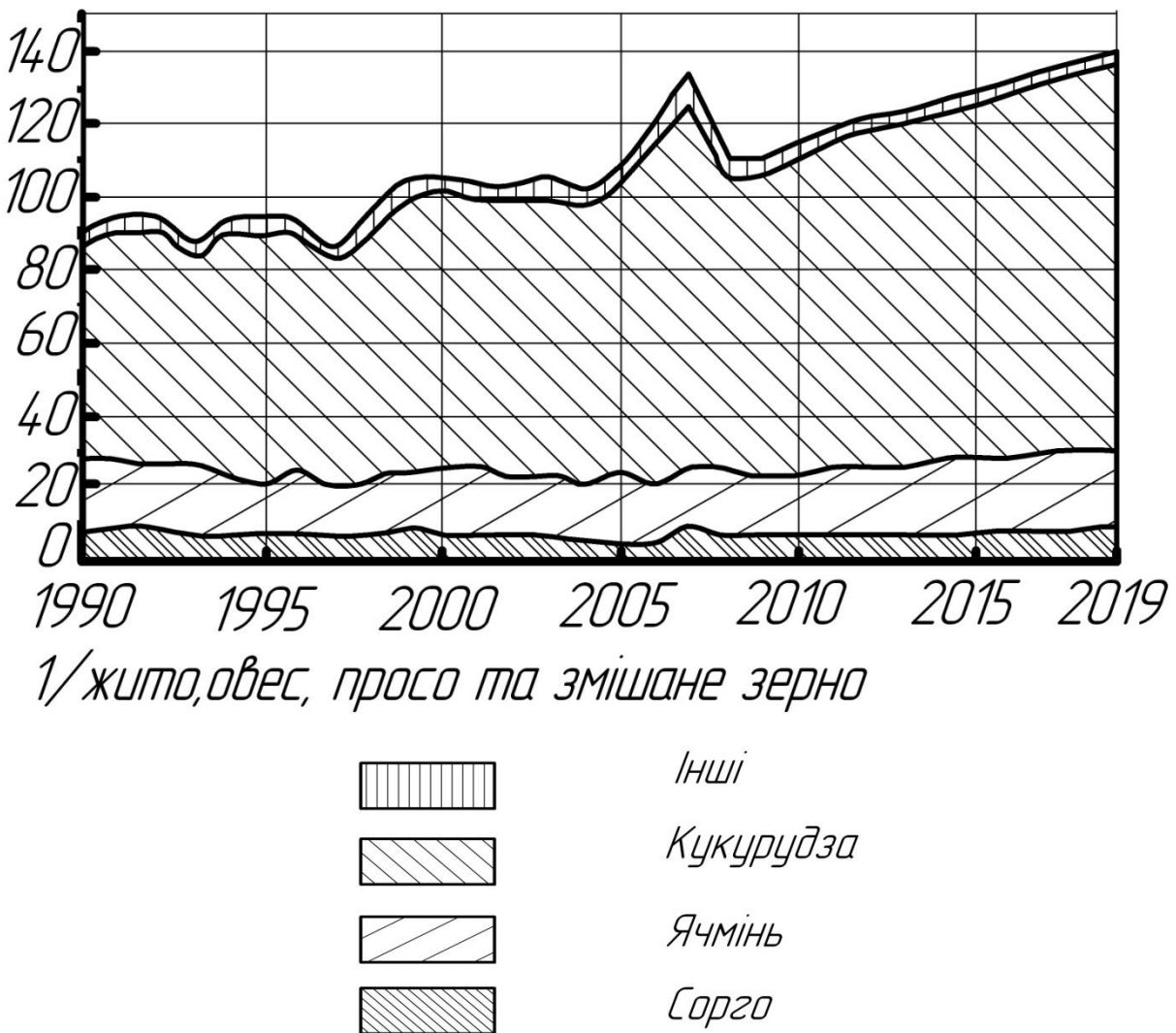
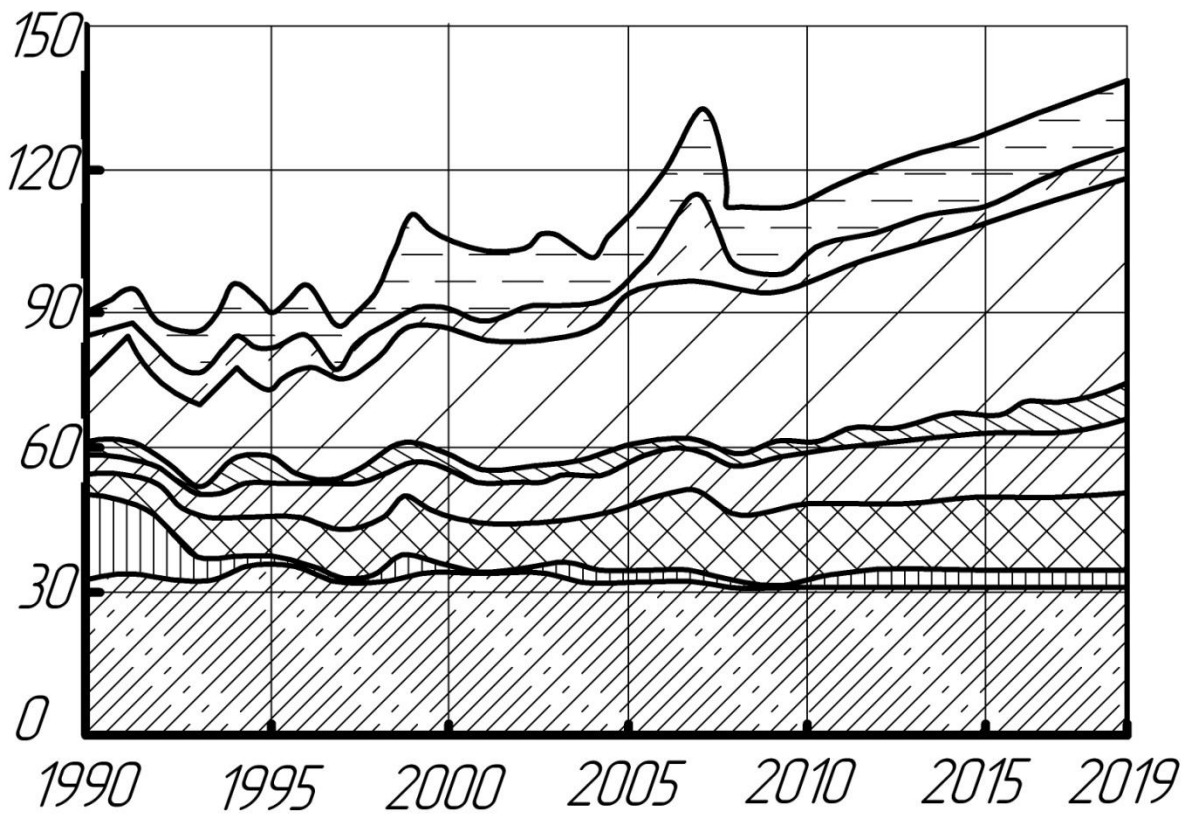


Рисунок 1.5 - Світова торгівля зерном низької якості

Об'єм світової торгівлі зерном низької якості розширюється майже на 25 мільйонів метричних тонн (22%) з 2010 по 2019 рік (Рис. 1.5.).

Млн. метричних тонн



1/ Без урахування торгівлі в межах ЄС.

2/ Колишній Радянський Союз та інші країни Європи: до 1999 року включали Чеську Республіку, Естонію, Угорщину, Латвію, Мальту, Польщу, Словаччину та Словенію.

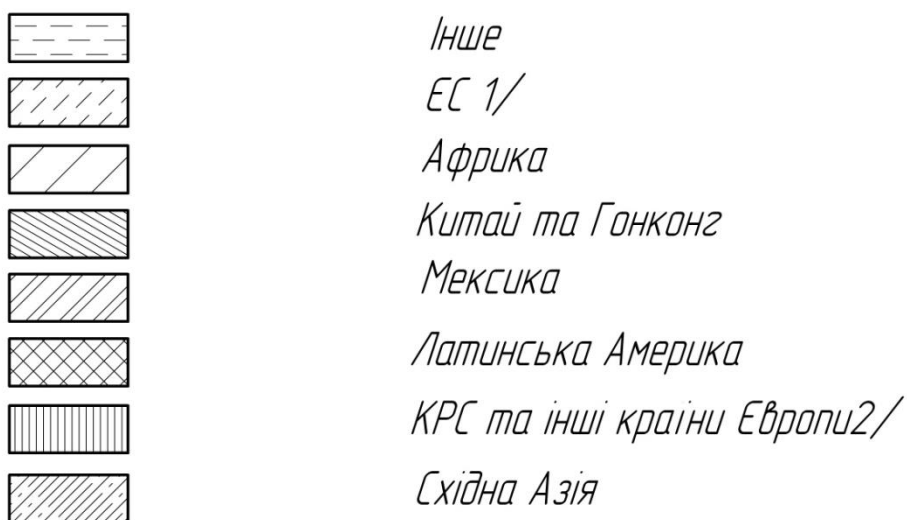


Рисунок 1.6 - Світовий імпорт зерна низької якості

Частка світового виробництва зерна низької якості, що використовується як корм для тварин має тенденцію до зниження з 66 % в минулому десятилітті до 60 % в кінці 2009 року, й згідно з прогнозами, залишиться безпосередньо нижчою 60 % протягом наступного десятиліття. Виробниче застосування, таке як для виробництва крохмалю, етанолу та солоду, набагато менше, ніж використання в якості кормів, але зростає вдвічі швидше. Частка зерна низької якості, що використовується в продовольстві піднялася незначною мірою протягом останнього десятиліття на одну третину, й за прогнозами, залишиться приблизно у такій частці.

Зростання імпорту зерна низької якості, тісно пов'язане з розширенням виробництва продукції тваринництва в регіонах, які не в змозі задовольнити свої власні потреби в кормі.

До основних швидко зростаючих ринків відносяться Північна Африка та Близький Схід, Китай, Мексика та Південно-Східна Азія. Японія та Південна Корея великі, але зрілі ринки імпорту для зерна низької якості (Рис.1.6.).

1.3 Виробництво зерна в Україні

Зерновий сезон в Україні вирізнявся рекордним урожаєм. Стрімке зростання цін на продовольчі товари призвело до суттєвого збільшення посівів сільськогосподарських культур, що разом зі сприятливими погодними умовами дало змогу отримати високу врожайність і, відповідно, валовий збір. [2]

У 2008 році валове збирання зерна в Україні становило 53,3 млн. т (з урахуванням кукурудзи). Проти попереднього року його ви-

робництво збільшилося в 1,8-рази. До того ж, 13,8 млн. т, або 25,9%, із зазначеного обсягу - це продовольче зерно.

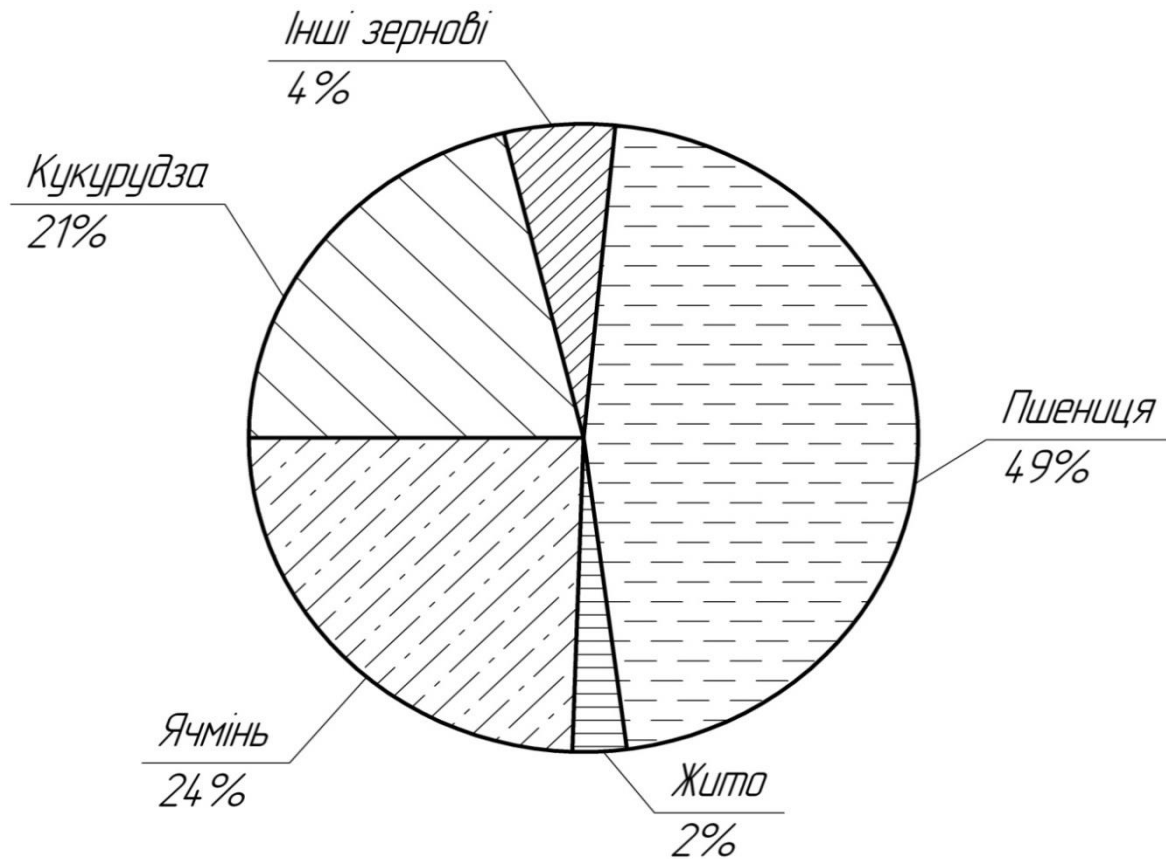


Рисунок 1.7 - Структура виробництва зерна врожаю 2008 року в Україні

Збільшення валового виробництва зерна обумовлено підвищенням урожайності зернових культур на 12,9 ц/га або в 1,6 рази, та збільшенням площі збирання на 1,9 млн. га, або на 14,4%. Зростання обсягів виробництва зерна було майже в усіх його видах. Урожай пшениці становив 25,9 млн. т, що в 1,9 рази більше, ніж попереднього року; ячменю зібрали 12,6 млн. т (в 2,1 рази більше); кукурудзи на зерно - 11,4млн.т (+ 1,5 рази); жита — 1,1 млн. т (+ 1,9 рази); вівса — 0,9 млн. т (+ 1,7 рази); проса — 220 тис. т (+ 2,6 рази); гречки — 240,6 тис. т (+ 10,7%). Лише врожай рису — 100,7 тис. т - виявився на 6,8% меншим, ніж 2007 року (Рис.1.7).

Переважну більшість зерна (а саме: 42,1 млн. т) виробили сільськогосподарські підприємства, що становить 79% загального валового збору. При цьому господарства населення додали до загального валу 11,2 млн. т, або 21%. Урожайність зернових культур в сільськогосподарських підприємствах була на рівні 35,5 ц/га, що перевищувало відповідний показник діяльності господарств населення на 3,6 ц з гектара (Рис. 1.8).

Слід додати, що високий урожай у 2008-2009 зерновому сезоні став можливий більшою мірою за рахунок сприятливих погодних умов. При цьому рівень технологічної ефективності виробництва потребує вдосконалення, про що свідчить невисока якість зібраного врожаю.

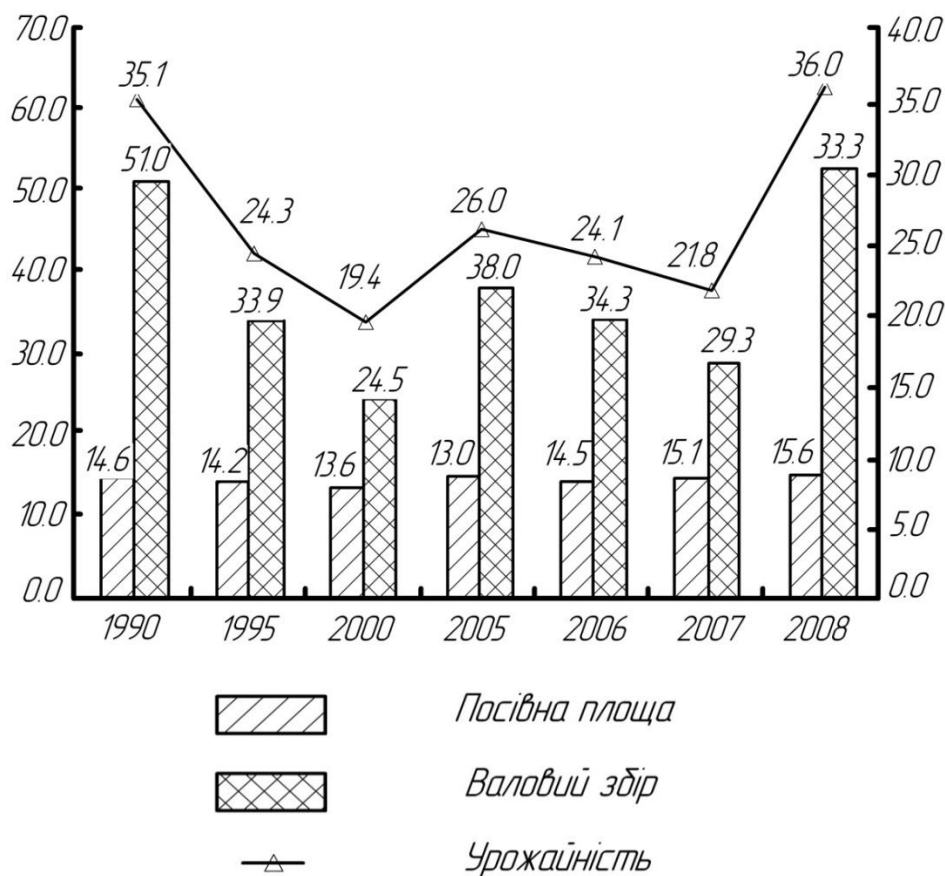


Рисунок 1.8 - Динаміка виробництва зерна в Україні за період 1990-2008 років

З урахуванням перехідних запасів на рівні 6,5 млн. т та прогнозованого імпорту (200 тис. т) загальна пропозиція зерна на внутрішньому ринку в 2008-2009 маркетинговому році становитиме 60,0 млн. т. При цьому для задоволення внутрішніх потреб нам потрібно 27,3 млн. т. З них для забезпечення продовольчого споживання достатньо 7 млн. т, для формування насінневого фонду - 3,1, задоволення потреб галузі тваринництва - 15, для нехарчової переробки — 1,7, до того ж, можливі втрати оцінюються близько 0,5 млн. т.

За повного забезпечення внутрішньої потреби та формування необхідних перехідних запасів можливий експорт зерна впродовж сезону становитиме 25,2 млн. т, що майже вдвічі перевищує обсяги нашого загального експорту за два останні сезони.

За умови зазначеного вище використання зерна його перехідні запаси на кінець 2008-2009 МР становитимуть близько 7,5 млн. тонн.

Зауважимо, що за шість місяців поточного сезону вже було використано 25,8 млн. т зерна, з яких на експорт надійшло 12,5 млн. тонн.

Слід зазначити, що в останньому сезоні проблема якості зерна постає дуже гостро. В умовах суттєво зростаючої пропозиції й зниження цін на світовому ринку саме якість зерна має вирішальне значення, бо ринку потрібне недороге, але якісне продовольче зерно.

Ще однією особливістю розгортання подій на світовому ринку зерна не на користь України може стати підтримка Росією власного

експорту зерна, тобто запровадження його субсидування. Своєю чергою Україна не матиме можливості вдатися до таких заходів, оскільки вони суперечитимуть умовам перебування нашої країни в Світовій організації торгівлі.

За таких обставин основний акцент у поточному сезоні українські експортери мають робити на пошук нових ринків збуту зерна.

Виходячи з ситуації, що склалася на внутрішньому та світовому ринках, перспективи виробників зерна у новому році є невтішними.

Розглянемо основні чинники впливу на суб'єктів зернового господарства в 2009 році.

По-перше, дефіцит грошових коштів. Наслідки кризи банківської системи, за прогнозами, триватимуть упродовж поточного року. Це проявлятиметься в подорожчанні кредитних ресурсів та відрізнятиметься виваженими підходами до умов їхнього надання. Якщо торік навесні кредит у банківській установі можна було взяти під 18...21 % річних, то за нинішніх умов ставки користування залученими коштами становитимуть близько 30 %. А за наявності пролонгованої кредиторської заборгованості попередніх періодів тягар позичених коштів може привести до збиткової діяльності. Тоді суб'єктам аграрного ринку треба виважено планувати власну фінансову діяльність.

По-друге, зменшення рівня державної підтримки. Прийнятий

наприкінці 2008 року основний фінансовий закон держави скорочує обсяги бюджетної підтримки виробництва зерна та інших видів сільськогосподарської продукції. Якщо торік Мінагрополітики України мало в своєму розпорядженні 9,1 млрд. грн, то цього року - лише 47,3% минулорічного рівня. Як наслідок, фінансування програм "Селекція в рослинництві" зменшиться втричі, "Здійснення фінансової підтримки підприємств агропромислового комплексу через механізм здешевлення кредитів" - у 4,5 рази, "Бюджетна тваринницька дотація та державна підтримка виробництва продукції рослинництва" - в 5,7 рази. А виділення державних коштів на часткову компенсацію вартості складної техніки вітчизняного виробництва взагалі не передбачається. Тобто сподіватися хоча б на торішній обсяг державної підтримки сільськогосподарських товаровиробників - не варто.

По-третє, зменшення внутрішнього попиту на продовольство. Зростання рівня безробіття, згортання низки соціальних програм розвитку, затримки у виплатах заробітної плати негативно впливатимуть на купівельну спроможність населення. Відтак, це може призвести до зменшення обсягів виробництва продовольства а відповідно, - до зменшення попиту на сільськогосподарську продукцію.

Виходячи з основних чинників розвитку ринку зерна в 2009 році, слід очікувати зменшення посівів ярових зернових культур у середньому на 10-15%, а в окремих регіонах цей показник може сягнути 20% торішніх посівних площ [2].

1.4 Виробництво зерна у господарствах півдня України

1.4.1 Зернові культури і групування господарств по збору зерна

Посівні площі сільськогосподарських культур України за період з 1985 по 1995 р. скоротилися з 32656 до 31008 тис. га [3].

Розподіл посівних площ під вирощувані культури представлено в такий спосіб, %:

- зернові культури	- 45
- технічні культури	- 11,5
- картопля й овоче-баштанні культури	- 6
- кормові культури	- 37,5

Розглянута проблема післязбиральної обробки зерна (ПЗОЗ) на прикладі південних областей України передбачає наявність досліджень на базі АРК, Херсонської, Миколаївської, Одеської, Запорізької областей і суміжних з ними південних районів Кіровоградської, Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей.

З 13526 га посівних площ, займаних під зернові на Україні, тільки на південні райони припадає 20,2 %. Це (тис. га):

- АРК	- 533;
- Херсонська область	- 755;
- Миколаївська область	- 698;
- Запорізька область	- 696.

Кожна з названих областей по посівних площах перевищує 4 разом узяті - Чернівецьку, Закарпатську, Івано-Франківську й Волинську області.

Валовий збір зернових культур за період з 1980р. по 1996 р. склав від 27 тис. т. (1996 р.) до 51212 т. і 51009 т. відповідно в 1989,

1990 р. [3, 4].

У роки найбільшого валового збору зерна на Україні середня врожайність у південному регіоні була, ц/га:

- АРК - 36,2;
- Херсонська область - 34,4;
- Миколаївська область - 34,8;
- Запорізька область - 38,0,

що становило більше 20% зернових зібраних на Україні.

Із усього валового збору зернових приблизно 20% припадає на кукурудзу, гречку, просо та ін. Питома вага інших культур у південній зоні становить, %: пшениці - 60; ячменя - 10; зернобобових - 6...7; вівса й жита - 3...4. Ці культури часто надходять на зернокомплекси майже одночасно.

Нами обстежено більше 100 господарств регіону в: Запорізькій області -26; Херсонській - 34; АРК - 21 і т.д. Особлива увага була приділена насінницьким господарствам (усього 44), деякі з яких у цей час перепрофілюються й перестають існувати як насінгоспи.

По сьогоденним даним валовий збір зерна по господарствах коливається від 1661 т до 14796 т. На розподілі, представленому на рис. 6.4, видно, що найбільша щільність розподілу припадає на господарства зі збором зерна від 4 до 11 тис. т. При цьому математичне очікування $m=8052$ т, а коефіцієнт варіації $V_s=8,64\%$.

Наведені дані не виключають наявності й більших виробників зерна. Наприклад, найбільше господарство "Дружба народів" Червоногвардійського району АРК, виробляє до 27000 т зерна на рік.

Найбільші по валовому збору зерна господарства розташовані в Херсонській області й менші - в АРК.

Профільюючою культурою є пшениця (55 – 93 % від всіх зернових), за винятком окремих господарств, що спеціалізуються на виробництві рису. Найбільше виробництво зерна по Україні (до 2 т на людину) доводиться на основні площі Херсонської, Миколаївської, Запорізької та південні райони Кіровоградської областей [4].

1.4.2 Метеорологічні умови, календарні строки збирання і післязбиральної обробки зерна

Регіональні умови в період збирання зернових характеризуються високою температурою повітря. Найтепліший місяць - липень - із температурою +21,5...30°C/3/. Мінімальна кількість опадів - 300...350 мм на рік відзначається на півдні Миколаївської, Херсонської та Одеської областей. У західній, центральній і північній частинах цих областей спостерігається 350...400 мм опадів, у т.ч. на півдні Запорізької області [5].

На півдні Донецької, Кіровоградської, Дніпропетровської, заході Одеської й півночі Запорізької областей випадає до 400...500 мм опадів на рік.

Метеорологічні умови пов'язані з календарними строками збирання зерна. Строки дозрівання культур змінюються й залежать від умов року.

Якщо черговість дозрівання культур у різні роки залишається колишньою, то це не впливає на вибір структури підприємства. Але навіть при такому припущенні, у практичній діяльності господарств не є можливим забезпечити запрограмовані строки надходження різних зернових культур на зернокомплекс. Це залежить від багатьох факторів - технологічної дисципліни, кадрів, стану й наявності збиральної техніки, транспортних засобів, строків сівби й т.п.

Так, у Криму строки збирання зернових в окремі роки настають від 11 червня до 10 липня, при цьому, найпоширеніша культура – пшениця - дозріває від 17 червня до 10 липня.

Найбільш пізні строки завершення збирання відзначені 3 серпня, а для пшениці - 30 липня, і навпаки, раніше всього збирання завершувалося 14 липня, а для пшениці - 6 липня.

У переважній більшості випадків збирання починається в другій половині червня й закінчується в третій декаді липня.

У Херсонській і Миколаївській областях збирання зернових починається в період з 19 червня до 4 липня, а пшениці - від 21 червня до 15 липня. Найбільш ранні строки завершення збирання спостерігалися з 5 по 8 липня. У роки з несприятливими умовами збирання зернових закінчувалося 5 серпня, а для пшениці - 28 липня.

В основному збирання в цих областях проходить у період з 25..30 червня по 20...25 липня.

У Запорізькій області перші партії свіжозібраного зерна надходять у період з 21 червня по 8 липня і пшениці - з 24 червня по 15 липня. Пізні строки завершення збирання відзначені 3 серпня, а для пшениці - 29 липня. У найбільш посушливі роки врожай був зібраний до 16 липня, а більш пізні строки завершення збирання відзначені 3 серпня, а для пшениці - 29 липня.

Найбільш характерний період збирання зернових визначають строки з перших чисел липня й до кінця місяця.

По черговості надходження культур на зернокомплекси першими, як правило, ідуть ячмінь озимий або горох, потім - пшениця озима, ярова, ячмінь яровий, жито й овес.

Практично у всіх господарствах відзначено одночасне надхо-

дження на зернокомплекси 2-х, 3-х культур, а для насінницьких 6-7 і більше культур і партій насіння, які в процесі обробки не повинні змішуватися.

Характерною рисою регіону є істотне розходження в строках збирання для господарств, розташованих в одній області.

Наприклад, у Херсонській області КСП "Правда" Каланчакського району збирано 10836 т зерна за 12 днів, а у Великолепетихському районі КСП "Інгулець" при валовому зборі 8080 т збирання провело за 28 днів.

У Запорізькій області КСП "ім. Кірова" Веселівського району збирано 8779 т зерна за 13 днів, а КСП "ім. Горького" Оріхівського району вдвічі менший обсяг - 4176 т - за 26 днів (1992 р.).

Перелічені вище особливості створюють істотні складності в підборі машин і устаткування, потреби в технологічних лініях, ємностях тимчасового прийому і зберігання зерна. Це приводить до необхідності підходити до проблеми післязбиральної обробки зерна в господарстві індивідуально або, щонайменше, вирішувати її стосовно до групувань адекватних господарств.

1.4.3 Якість зерна й показники його оцінки

При післязбиральній обробці найважливіші показники, що обумовлюють якісні й кількісні характеристики роботи технічних засобів - вологість, засміченість і натура зернової маси. Значною мірою вони визначають технологію обробки, а також типом і продуктивністю зерноочисного устаткування.

Після обробки якість продовольчого зерна повинна відповідати базисним кондиціям (таблиця 1.1.), а насіння - вимогам до їхніх посівних якостей (таблиця 1.2.).

Таблиця 1.1 - Базисні кондиції на зерно, продаване державі [6]

Культура	Вологість, %	Засміченість, %		Натура, г/л
		Бур'яниста домішка	Зернова домішка	
Жито	15	до 1 кл. вкл.	до 1 кл.	680
Пшениця озима	15	1	3	730
Пшениця ярова м'яка	15	1	2	730
Пшениця ярова й озима тверда	15	1	2	760
Овес	16	1	2	460
Ячмінь	15	2	2	570

Таблиця 1.2 – Вимоги до посівних якостей насіння зернових культур по класах [6]

Показники	Культура і норма для класу								
	Пшениця			Рож			Ячмінь, овес		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Чистота насіння (не менше) %	99,0	98,0	97,0	99,0	98,0	97,0	99,0	98,0	97,0
Склад насіння інших рослин (не більше) шт. на 1кг	10	40	200	10	80	200	10	80	300
В тому числі насіння бур'янів Не >шт. на 1кг	5	20	70	5	40	70	5	20	70
Схожість (не менше)	95 90	92 87	90 85	95	92	90	95	92	90
Вологість (не більше)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0

Примітка. В чисельнику показано схожість для насіння м'якої пшениці, а в знаменнику для твердої [6].

Обмежувальні кондиції на зерно, продаване державі:

- вологість - не більше 19 %;
- зернова домішка - не більше 15 % (у т.ч. пророслих зерен – до 5 %);
- бур'яниста домішка: пшениця й жито - 5%; інші зернові й бобові – до 8%.

Контролюють і оцінюють наступні показники:

- продовольче зерно - вологість, засміченість (бур'янистою й зерною домішками окремо), втрати повноцінного зерна у відходи;
- насіння - вологість, схожість, чистоту, зміст насіння культурних і бур'янистих рослин, втрати повноцінного зерна у відходи, травмування.

Для визначення зазначених показників відбирають середні зразки від вихідного і обробленого матеріалів, а також з фуражних і не зернових фракцій для визначення втрат повноцінного насіння у відходи. Зразки насіння відбирають із кузова автомашини при транспортуванні їх від комбайнів (вихідний матеріал) або при вивантаженні з бункерів накопичувачів (обробленого матеріалу, відходів та ін.).

Для технологічного контролю зразки відбирають від кожної партії насіння не рідше двох-трьох разів за зміну, а також після кожного налаштування машини.

Відбір і аналіз зразків насіння роблять відповідно до діючих стандартних методик [6, 7].

Аналіз якості зернових матеріалів у південному регіоні Ук-раїни наведений у розділі 1.4.

РОЗДІЛ 2

СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Загальні відомості

Одним з найважливіших параметрів технологічного процесу ПЗОЗ зерна є продуктивність ЗОМ і агрегатів.

Необхідна продуктивність машин (т/год) попереднього й первинного очищення, як найбільш навантажених у технологічних лініях, визначається виразом [8].

$$Q_H = \frac{G_A}{\hat{O} \times \hat{E} \times \hat{E}_1 \times \hat{E}_2}, \quad (2.1)$$

де, G_D - збір зерна за сезон, т; Φ - фонд робочого часу, ч; K - коефіцієнт еквівалентності, що залежить від оброблюваної культури; K_1 - коефіцієнт зміни продуктивності залежно від вологості зерна; K_2 - коефіцієнт зміни продуктивності залежно від засміченості зерна.

Для оцінки продуктивності машин введено поняття паспортної продуктивності [9, 10], під якою розуміють максимальну кількість певної продукції встановленої якості, що може бути отримана за одиницю робочого часу машини при раціональних технологічних і організаційних умовах переробки вихідного матеріалу з певними характеристиками.

Паспортну продуктивність зерноочисної машини визначають по пшениці нормальної вологості (20%), середньої засміченості (до 15%) і натурі зерна 760 р. [20].

Розрахункову продуктивність машин визначають залежно від виду оброблюваного ЗМ, його вологості й засміченості за формулою:

$$Q_D = \hat{E} \times \hat{E}_1 \times \hat{E}_2 \times Q_i, \quad (2.2)$$

де Q_n - паспортна продуктивність ЗОМ.

Відповідно до агротехнічних вимог[11]. ЗОМ повинні очищати вихідний ЗМ наступної якості:

- При попередньому очищенні - вологістю не більше 40 % і зі змістом бур'янистої домішки не більше 20 %, у тому числі соломистої - не більше 5% - При первинному очищенні - вологістю не більше 18 % і зі змістом бур'янистої домішки не більше 8 %.
- При вторинному очищенні - вологістю не більше 18 % і зі змістом бур'янистої домішки не більше 8%, у тому числі бур'янистої домішки до 3 %.

Відповідні вимоги пред'являються також до трієрування й сортування ЗМ.

При визначенні розрахункової продуктивності машин попереднього, первинного й вторинного очищення зерна користуються значеннями коефіцієнтів K , K_1 , K_2 , наведеними в таблицях 2.1. і 2.2 [6].

Таблиця 2.1 - Коефіцієнти еквівалентності K залежно від обробленої культури

Культура	K
Пшениця	1,0
Жито	0,9
Ячмінь	0,8
Овес	0,7
Гречка	0,7
Рис	0,5

Таблиця 2.2 - Коефіцієнти зміни продуктивності K_1 , K_2 залежно від вологості й засміченості матеріалу

Вологість, %	K_1	Засміченість, %	K_2
Попереднє очищення			
20	1,00	15	1,00
22	0,90	16	0,98
24	0,80	17	0,96
26	0,70	18	0,94
28	0,60	19	0,92
30	0,50	20	0,90
31	0,45	21	0,88
32	0,40	22	0,86
33	0,35	23	0,84
34	0,30	24	0,82
35	0,25	25	0,80
Первинне очищення			
15	1,00	8	1,00
16	0,95	10	0,96
17	0,90	12	0,92
18	0,85	14	0,88
19	0,80	16	0,84
20	0,75	18	0,80
Вторинне очищення			
15	1,00	5	1,00
16	0,95	6	0,98
17	0,90	7	0,96
18	0,85	8	0,94
19	0,80	9	0,92
20	0,75	10	0,90

Слід зауважити, що об'ємна щільність або натура ЗМ також враховується при технологічних розрахунках машин і обладнання. Викликає інтерес уточнення її значення для використання в регіональних умовах, зерна товарного і насінневого призначення, і встанов-

лення кореляційного зв'язку між натурою і засміченістю.

Вологість W , засміченість S і натура H зернового вороху формується в результаті впливу великої кількості факторів. Врахувати нестационарність розвитку процесів формування в часі можна за допомогою теорії імовірності і математичної статистики.

Проведений М.В. Кирєєвим та ін. [12, 13, 14, 15] аналіз умов формування вологості й засміченості показує, що вони мають властивості, відбиті в центральній граничній теоремі Ляпунова [16, 17]. Відповідно до цієї теореми, якщо значення незалежних випадкових величин будуть рівні в порівнянні з їхньою сумою, то при необмеженому зростанні числа цих величин розподіл їхньої суми ставатиме приблизно нормальним. І вологість W , і засміченість S , і натура H зернової купи формуються під впливом великої кількості випадкових факторів, незалежних або слабо залежних один від одного. Тому є підстава для розгляду досліджуваної величини, як суми багатьох незалежних випадкових величин, вплив кожної з яких на ці суми практично незначний.

З огляду на це, можна висунути гіпотезу, що вологість зернового вороху, що поступив на ЗАВ протягом i -го збирального сезону, розподілена за нормальним законом із щільністю ймовірності [8].

$$f(W) = \frac{1}{\sigma_w \times \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(W - m_w)^2}{2 \times \sigma_w^2} \right], \quad (2.3)$$

де $f(W)$ - щільність розподілу вологості зернового вороху; W - вологість зернового вороху, %; m_w - математичне очікування вологості зернового вороху, %; σ_w - середнє квадратичне відхилення вологості зернового вороху, %.

Аналогічно нормальний закон розподілу засміченості зернового вороху характеризується щільністю ймовірності

$$f(S) = \frac{1}{\sigma_s \times \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(S - m_s)^2}{2 \times \sigma_s^2} \right], \quad (2.4)$$

де $f(S)$ - щільність розподілу засміченості зернового вороху, %; S - засміченість зернового вороху, %; m_s - математичне очікування засміченості зернового вороху, %; σ_s - середнє квадратичне відхилення засміченості зернового вороху, %, і для натури

$$f(H) = \frac{1}{\sigma_H \times \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(H - m_H)^2}{2 \times \sigma_H^2} \right], \quad (2.5)$$

де $f(H)$ - щільність розподілу натури зернового вороху, %; H - натура зернового вороху, %; m_H - математичне очікування натури зернового вороху, %; σ_H - середнє квадратичне відхилення натури зернового вороху, %.

З огляду на значення отриманих даних по вологості вихідних ЗМ у південних районах України, які для пшениці, ячменя й вівса не перевищують 20м %, і те, що продуктивність ЗОМ при підвищенні вологості ЗМ до 20 % не змінюється (табл. 1.3), зупинимося на його засміченості й натурі. Особливий інтерес викликає вивчення ступеня кореляційних зв'язків між ними. За умови наявності високого значення коефіцієнта кореляції ($R = 0,8...0,9$) можливе прийняття гіпотези про використання натури ЗМ, як непрямого параметру для експрес-аналізу засміченості, про що додатково будуть представлені відомості в розділі 4.

Характеризуючи засміченість і натуру ЗМ двома випадковими величинами потрібно враховувати, що властивості системи декількох випадкових величин не вичерпуються властивостями декількох випадкових величин або її складових. Крім цього вони включають також взаємні зв'язки між випадковими величинами. Якщо розглядати натуру H і засміченість S як систему двох залежних випадко-

вих величин, кожна з яких розподілена нормально, то щільність розподілу двох залежних випадкових величин можна виразити рівнянням:

$$f(H; S) = \frac{1}{2\pi \times \sigma_H \times \sigma_S \times \sqrt{1-R^2}} \exp \left\{ \frac{1}{2(1-R^2)} \times \left[\frac{(H-m_H)^2}{\sigma_H^2} - \frac{2r \times (H-m_H) \times (S-m_S)}{\sigma_H \times \sigma_S} + \frac{(S-m_S)^2}{\sigma_S^2} \right] \right\}$$

де $f(H;S)$ - щільність розподілу вологості H і засміченості S зернового вороху; R - коефіцієнт кореляції.

Маємо двовимірний закон нормального розподілу, що визначається п'ятьма параметрами: m_H ; m_S ; σ_H ; σ_S ; R .

Знаючи закон розподілу системи двох випадкових величин $f(H;S)$, можна визначити закони розподілу окремих величин, що входять у систему [16].

Сукупність характеристик зернової маси, навколишнього середовища, кількість і призначення зерна, що надходить на обробку, визначає необхідні технологію та структуру підприємства післязбиральної обробки зерна і є моделлю зони.

Ефективність функціонування машин для ПУОЗ значною мірою залежить від стану рослинної маси, що забирається, - вологості, засміченості, натури зернової купи і т.п.

Однією з найбільш складних і важковизначених характеристик зернової маси є її засміченість. Так, при аналізі насінного фонду до відходу відносять [18]:

- дрібні й щуплі насіння;
- роздавлені насіння;
- пророслі насіння з коренем і паростком розміром не менш половини довжини насіння;
- насіння, що загнили, що легко розпадаються при натисканні на них

- шпателем, тобто зі зміненим забарвленням і внутрішнім вмістом;
- біте й ушкоджене шкідниками насіння при втраті половини й більш половини насіння, у тому числі й при наявності зародка;
 - насіння бур'янистих рослин;
 - насіння інших культурних рослин у будь-якому стані (цілі, хилі, проключені, пророслі, ушкоджені);
 - сажкові мішечки та їхні складові, склероції ріжків та інших грибів, галли пшеничної нематоди;
 - живих шкідників насіння та їхніх живих личинок;
 - грудочки землі, камінчики, пісок, екскременти гризунів і комах, уламки насіння і стебел, суцвіття, що не містять насіння, квіткові плівки, плодові й насінневі оболонки, мертвих шкідників насіння і мертвих личинок.

Натура ЗМ тим вище, чим більше в ній вміст корисних речовин [18]. Високонатурне зерно гарно розвинене, у ньому відносно більший вміст ендосперму і менше оболонок. За інших рівних умов з високонатурного зерна отримують більший вихід борошна. Тому натура зерна, очищеного від домішок, служить одним з орієнтовних показників млинарських якостей зерна. Чим вище натура насіння, тим вище їхня життєздатність, енергія росту, стійкість і якість одержуваної продукції.

Вологість зернової купи складається із двох складових - вологості зерна й вологості інших складових купи (вегетативних частин, зволжених грудочок ґрунту, дрібних жаб (при збиранні рису) і т.д.) і, у першу чергу, впливає на біологічну схоронність зерна, як у період його післязбиральної обробки, так і при зберіганні.

Домішки можуть різко знизити величину натури, а підвищення вологості викликає зменшення щільності зерна і, відповідно, зменшення його натури.

Одне з основних завдань при зборі дослідних даних - це одержання на основі обмеженої вибірки представницької характеристики всієї генеральної сукупності. У зв'язку із цим необхідно встановити, який обсяг експериментальних робіт потрібно виконати для визначення параметрів зернової купи: по території й кількості господарств (1,2,3,...,k господарств); по кількості днів у збиральний сезон (1,2,3,...,m днів); по різних збиральних сезонах (1,2,3,...,n); по масиву зернової купи (відсоток обстежуваної зернової купи від загального надходження за сезон); крім того, необхідно мати достатню кількість дат по кожному з варіантів [12].

Дослідження В.М.Янко [19] показали, що для південної зони країни дисперсія вологості й засміченості по території зони в межах одного збирального сезону незначна в порівнянні з дисперсією вологості й засміченості в різні сезони, тобто можна при зборі дослідних даних обмежитися їхнім одержанням в одному господарстві.

Узагальнюючи сказане, можна вважати, що отримані експериментальні дані по якості ЗМ в одному типовому для району господарстві протягом усього збирального сезону і за якнайбільшу кількість збиральних сезонів вірно відбивають генеральну сукупність (W , S і H) у межах одного агрокліматичного району. При плануванні необхідного числа дат для кожної серії досвідів потрібно виходити з того, що генеральний параметр A (вологість W , засміченість S і натура H) може відрізнитися від знайденого вибіркового показника A не бі-

льше ніж на величину можливої максимальної погрішності A , обумовленої вибірковими даними, тобто

$$\bar{A} = \{(\tilde{A} - \Delta) / (\tilde{A} + \Delta)\}.$$

Величина погрішності визначається по формулі $\Delta = t m_A$, де t - критерій надійності; m_A - помилка репрезентативності вибіркового показника.

Якщо величини A і m_A виходять по вибіркових матеріалах, то критерій надійності t встановлюється залежно від відповідності результатів досліджень. Встановлено три пороги імовірності безпомилкових прогнозів, яким відповідають критерії надійності t і обсяги вибірок:

- звичайна відповідальність - $\beta_1 = 0,95$, $t_1 = 1,960$, $n_1 > 30$;
- підвищена відповідальність - $\beta_2 = 0,99$, $t_2 = 2,576$, $n_2 > 100$;
- висока відповідальність - $\beta_3 = 0,999$, $t_3 = 3,291$, $n_3 > 200$

Для досліджень, яким відповідає перший поріг ймовірності безпомилкових прогнозів, обсяг вибірки повинен бути більше 30, тобто протягом збирального сезону потрібно мати не менш 30 дат вологості W , засміченості S і натури N зернової купи. Для одержання «гарного» розподілу число дат бажано збільшити до 100...150 за сезон [12].

Оцінка умов і показників якості функціонування зерноочисних машин і агрегатів вироблялася в польових умовах на зернокомплексах у період післязбиральної обробки зерна по ОСТ 70.10.2-83.

Звернемося до інформаційно-технологічної моделі ЗОМ (агрегату), що враховує якісний склад зернових матеріалів (рис 2.1.).

На «вхід» моделі надходить вихідний матеріал з вологістю

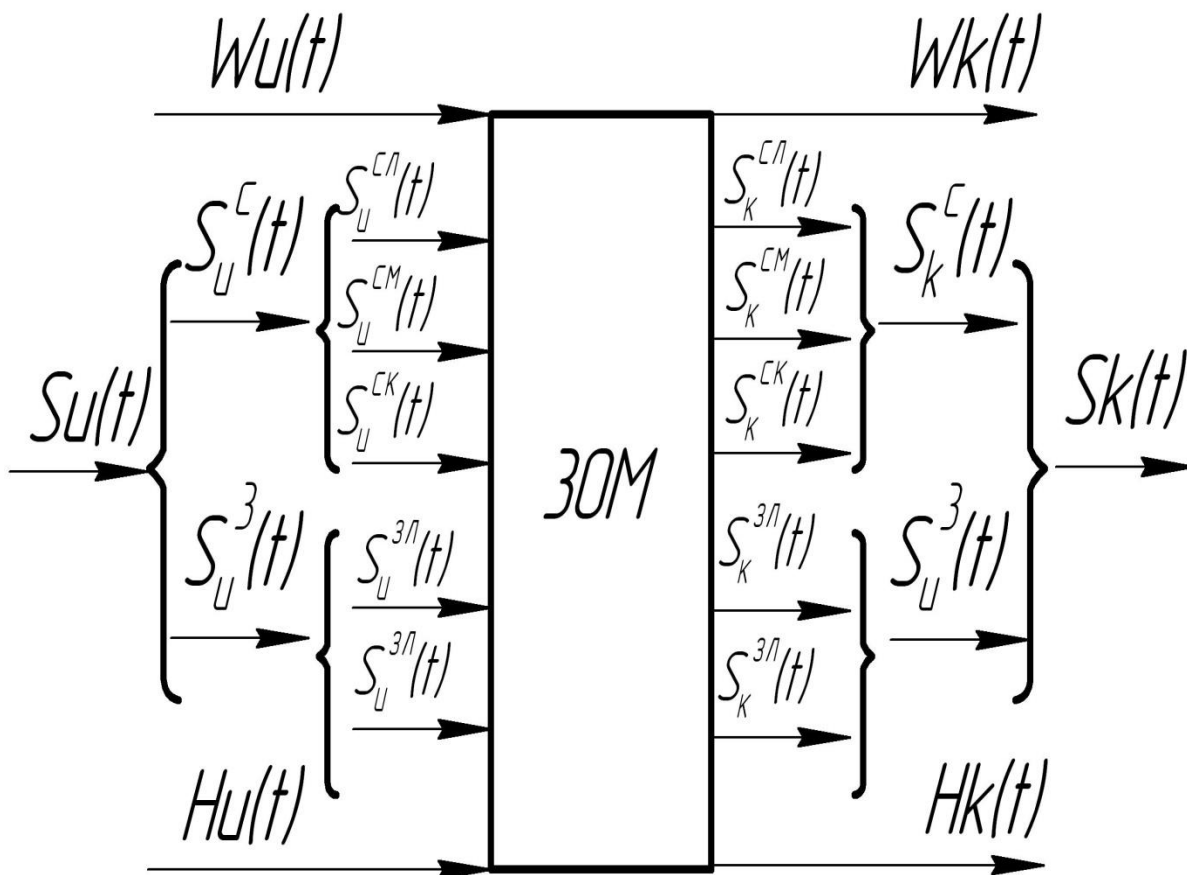
$W_{и}(t)$, засміченістю $S_{и}(t)$ і натурою $H_{и}(t)$. На «виході» - виходить кінцевий продукт із вологістю $W_{к}(t)$, засміченістю $S_{к}(t)$ і натурою $H_{к}(t)$.

Загальні засміченості вихідного й кінцевого продуктів - $S_{и}(t)$, $S_{к}(t)$ представлені складовими, відповідно: бур'янистої $S_{и}^c(t)$, $S_{к}^c(t)$; зернової $S_{и}^3(t)$, $S_{к}^3(t)$; легкої (повітровідокремлюємої) $S_{и}^{сл}(t)$, $S_{к}^{сл}(t)$; мінеральної $S_{и}^{см}(t)$, $S_{к}^{см}(t)$ і великої $S_{и}^{ск}(t)$, $S_{к}^{ск}(t)$; домішками. Окремо визначається забрудненість зерновою домішкою проходювою - $S_{и}^{зп}(t)$, $S_{к}^{зп}(t)$; і сходовою - $S_{и}^{зс}(t)$, $S_{к}^{зс}(t)$; фракцій. Під «проходом» будемо розуміти те, що пройшло через поверхню решітного класифікатора й під «сходом» - те, що залишилося на його поверхні відповідно до розмірів отворів решіт, прийнятих по ОСТ. 70.10.2-83.

Залежно від якісного складу зернового матеріалу визначається послідовність комплектування різних типів робочих органів ЗОМ та прогнозована якість обробки зерна.

2.2 Засміченість

Розглянемо якість вихідного зернового матеріалу по засміченості $Sh(0$ для найпоширеніших на півдні України культур - пшениці, ячменя, вівса, рису-зерна (рис. 1.2... 1.6, де n - кількість дослідів). Після загального аналізу названих культур більш докладно зупинимося на результатах аналізу найціннішого матеріалу - насінневого елітного фонду, одержуваного в умовах Кримської державної сільськогосподарської дослідної станції (п/о "Клепініно" Красногвардійського району АРК).



- $H_{и}(t), H_{к}(t)$ - натура;
- $W_{и}(t), W_{к}(t)$ - вологість;
- $S_{и}(t), S_{к}(t)$ - загальна засміченість;
- $S_{и}^c(t), S_{к}^c(t)$ - засміченість бур'янистою домішкою;
- $S_{и}^3(t), S_{к}^3(t)$ - засміченість зерною домішкою;
- $S_{и}^{cл}(t), S_{к}^{cл}(t)$ - засміченість легкою домішкою;
- $S_{и}^{cм}(t), S_{к}^{cм}(t)$ - засміченість мінеральною домішкою;
- $S_{и}^{cк}(t), S_{к}^{cк}(t)$ - засміченість великою домішкою;
- $S_{и}^{3п}(t), S_{к}^{3п}(t)$ - засміченість зерною домішкою прохідової фракції;
- $S_{и}^{3с}(t), S_{к}^{3с}(t)$ - засміченість зерною домішкою сходової фракції;

Рисунок 2.1. Інформаційно-технологічна модель ЗОМ з урахуванням якісного складу зернових матеріалів

Відомо [12], що якість вихідного зернового матеріалу по засміченості має ймовірно-статистичну природу. Так, на рис. 2.1 видно, що математичне очікування становить $m_{\pi}=12,52\%$ при мінімальному $\min_{\pi}=6,15\%$, максимальному $\max_{\pi}=21,22\%$ і коефіцієнті варіації $V_{\pi}=24,58\%$.

Такі дані отримані при збиранні насінневої пшениці в КСП «Колос» Мелітопольського району Запорізької області в 1994 р. При цьому засміченість зернового матеріалу приблизно до 40-го досліду характеризувалася підвищеною присутністю зернової домішки.

Це відбувалося внаслідок того, що найбільш характерною особливістю процесу збирання є тенденція екіпажів польових збиральних машин бачити кінцевим результатом своєї роботи кількість прибраного зернового матеріалу. Якість, як правило, відходить на другий план. Із цієї причини комбайни були зупинені, режими функціонування робочих органів були приведені в більше щадні і якість зернового матеріалу помітно змінилася.

Так, із другої частини рис. 2.2 (від 40-го досліду й далі) видно, що значення засміченості представлені математичним очікуванням $m_{\pi}'=3,61\%$; мінімальне значення $\min_{\pi}'=1,33\%$; максимальне $\max_{\pi}'=11,45\%$ при коефіцієнті варіації $V_{\pi}'=3,43\%$. Зважаючи на те, що зернові домішки становлять не менш 50% загальної засміченості свіжозібраного зернового матеріалу, ухвалення рішення про зупинку комбайнів і їхнє наступне регулювання було цілком обґрунтованим. Це дозволило в 3...4 рази зменшити втрати повноцінного зерна через його дроблення.

Засміченість ячменя (рис. 2.3) характеризується більшою рівністю: $m_{\pi}=6,07\%$; $\min_{\pi}=2,45\%$; $\max_{\pi}=8,55\%$ і $V_{\pi}=2,98\%$.

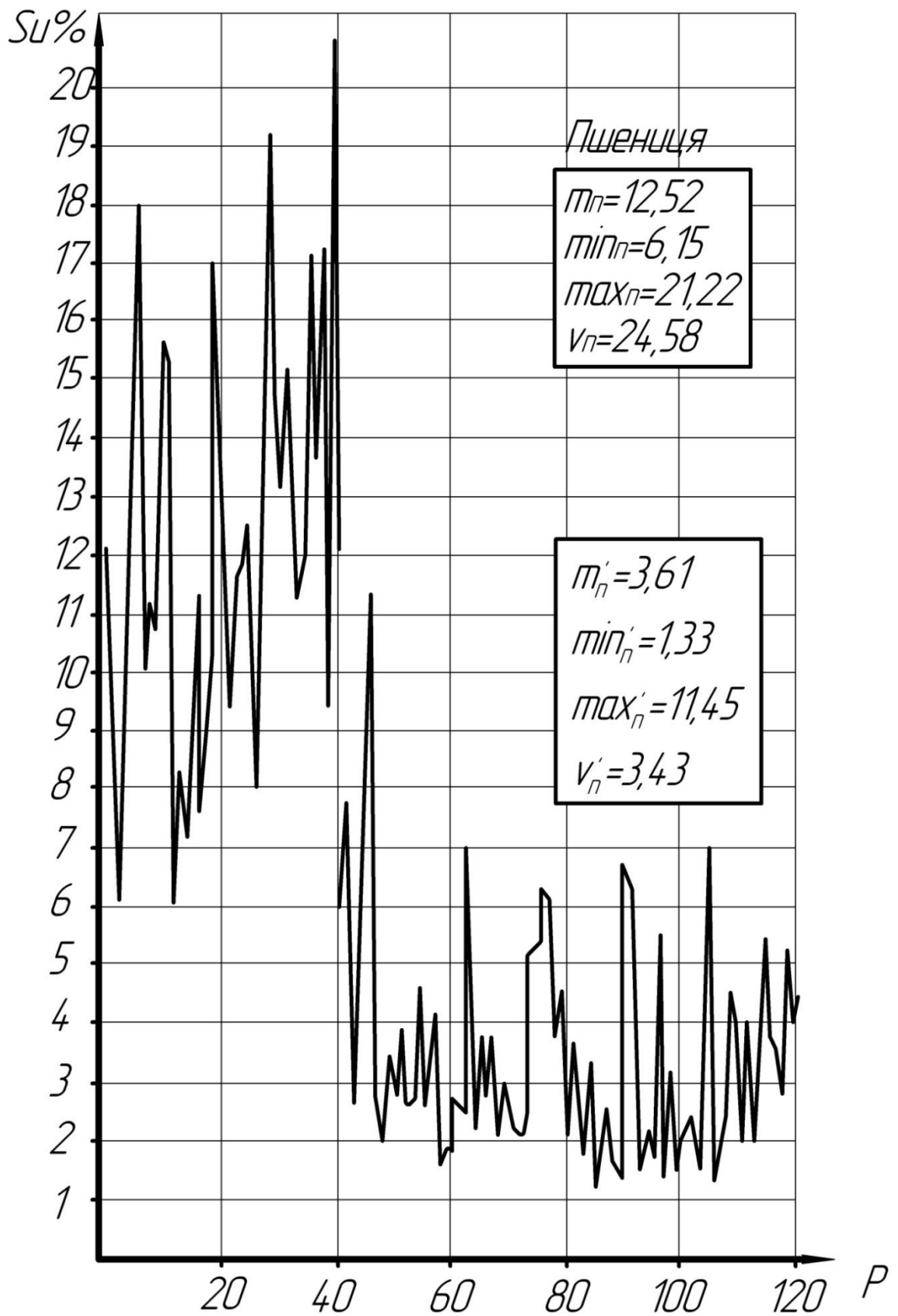


Рисунок 2.2 - Якість вихідного зернового матеріалу по засміченості $S_H(t)$

ності $S_H(t)$

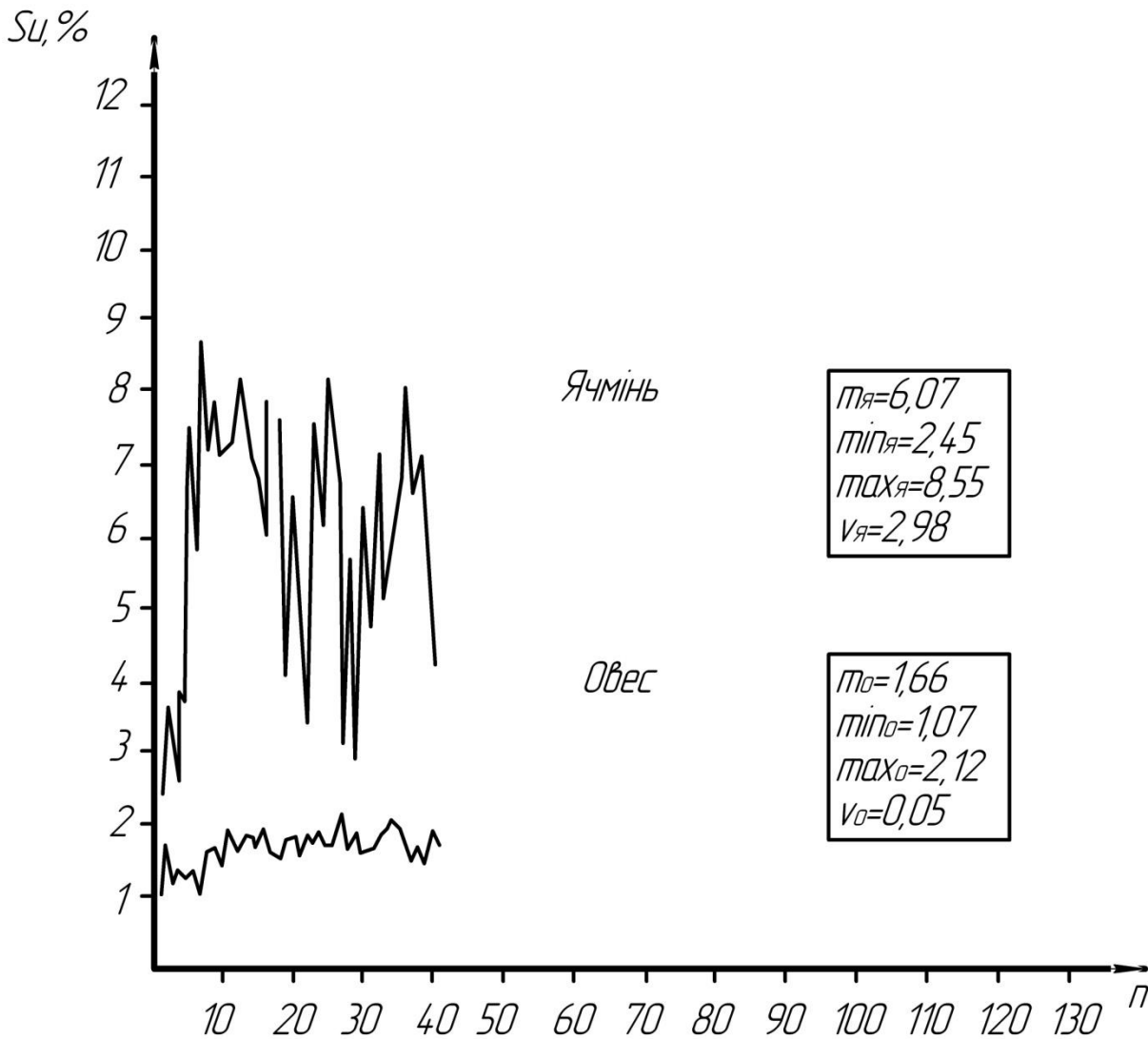


Рисунок 2.3 - Якість вихідного зернового матеріалу по засміченості $S_u(t)$

Ще більш стабільною по засміченості є засміченість вівса, і це пов'язане, ймовірно, з особливостями вирощування цієї культури. Посіви вівса були досить чисті й значення статистичних характеристик (рис. 2.3) становлять: $m_o=1,66\%$; $min_o=1,07\%$; $max_o=2,12\%$; $V_o=0,05\%$.

Варто думати, що найбільш прогнозовані показники ефективності функціонування ЗОМ і агрегатів можуть бути отримані при обробці ячменя й вівса та обліку реальних коефіцієнтів еквівалентності культур.

Однією з найбільш важких культур для післязбиральної обробки є рис. Це пов'язане з наявністю остей, підвищеною шорсткістю зерновок, їхньою формою й т.д.

Засміченість зернової купи рису вивчалася в умовах КСП "Україна" Джанкойського району і "Герої Сиваша" Красноперекопського району АРК.

Ділянка реалізації (рис. 2.4) при кількості дослідів $n=167$ показала значні коливання значень засміченості. При математичному очікуванні $m_p=7,28\%$ мінімальне значення становило $min_p=1,4\%$, максимальне $max_p=18,9\%$ і коефіцієнт варіації - $V_p=31,4\%$.

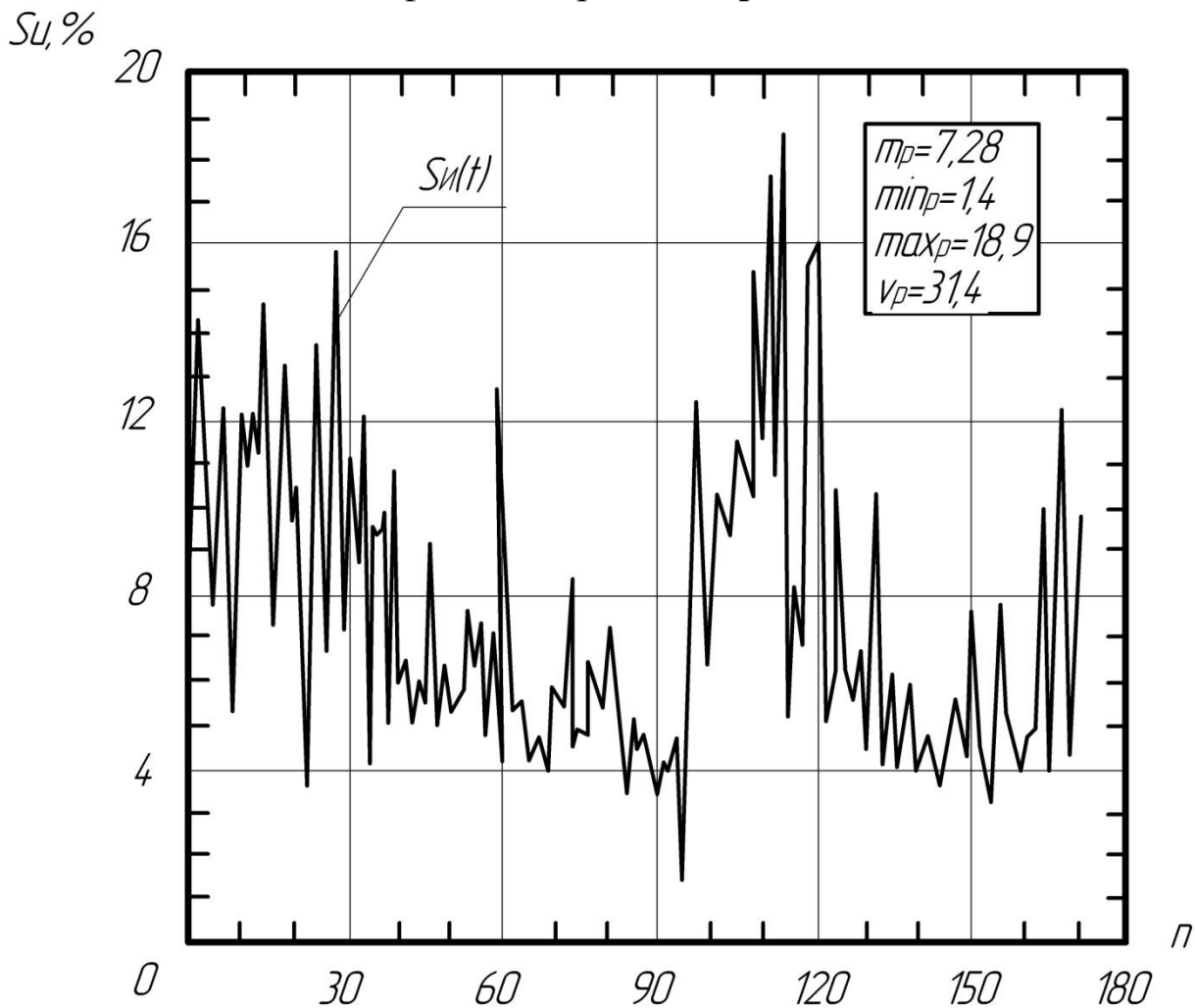


Рисунок 2.4 - Якість вихідного матеріалу рису-зерна по засміченості $S_u(t)$

В умовах північної частини Криму Кримська державна сільськогосподарська дослідна станція вирощує високоякісне насіння зернових культур елітного фонду, яке використовується для посівів у Херсонській, Миколаївській, Запорізькій, Дніпропетровській та інших областях південного регіону України.

Так, якість вихідного матеріалу по загальній засміченості $S_{и}$ пшениці елітного фонду, як еталонної культури, представлена на рис. 2.5...2.6. Математичне очікування $m_3=4,68\%$; мінімальне значення склало $min_3=1,37\%$; максимальне $max_3=12,61\%$ і коефіцієнт варіації $V_3=38,8\%$.

Закон розподілу загальної засміченості при кількості дослідів $n=107$ представлений логнормальною залежністю (рис. 2.6).

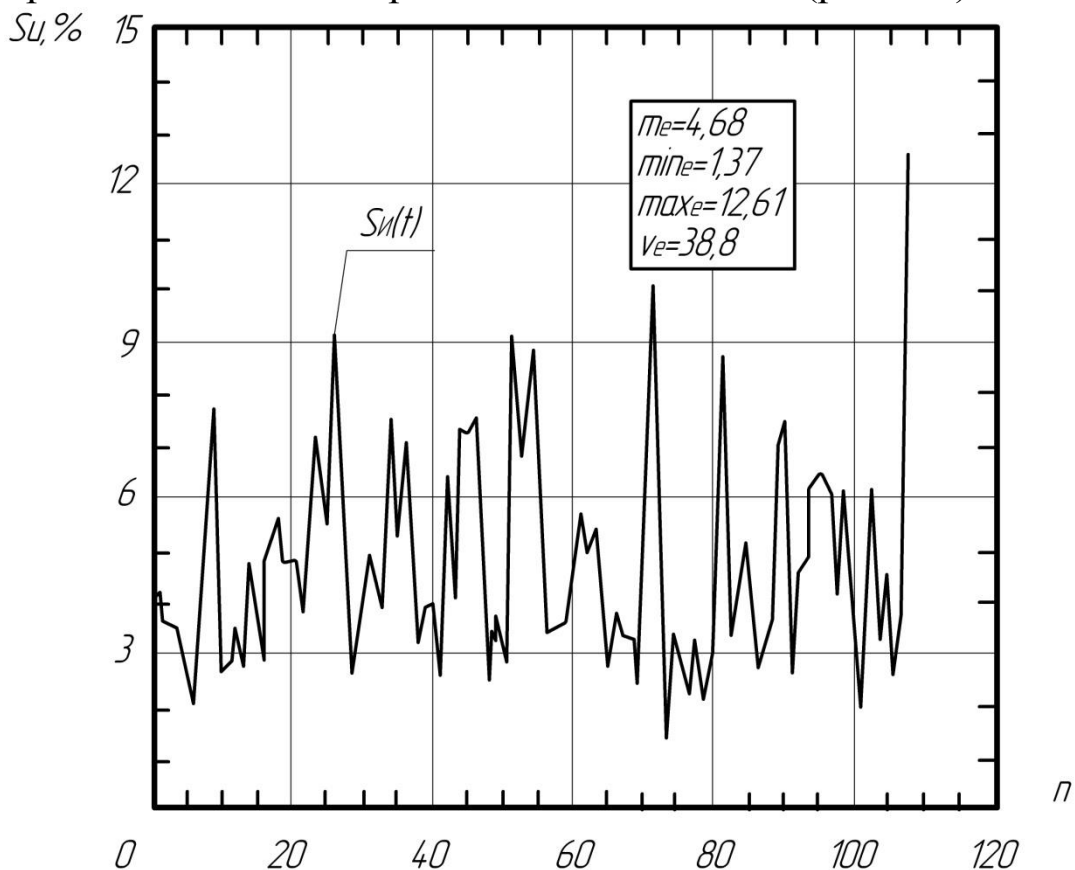


Рисунок 2.5 - Якість вихідного зернового матеріалу елітного фонду по засміченості $S_{и}(t)$

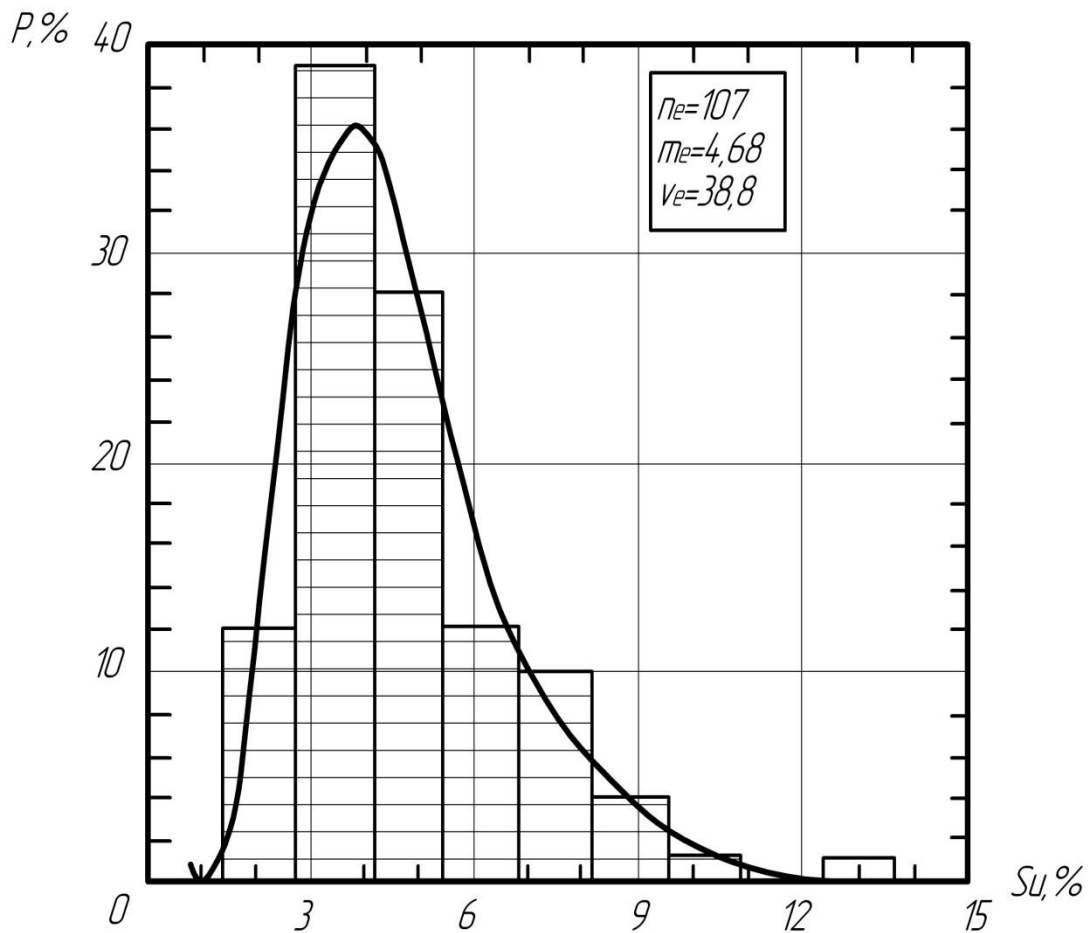


Рисунок 2.6 - Розподіл загальної засміченості $S_{и}$ вихідного матеріалу

З метою уточнення послідовності післязбиральної обробки зернового матеріалу (особливо насінневого фонду), важливо знати його стан і кількість фракцій. Із цією метою розглянемо статистичні характеристики фракцій відповідно до інформаційно-технологічної моделі ЗОМ (рис 2.1).

Кількість вихідного зернового матеріалу по засміченості зерновими домішками S_u^3 представлено: математичним очікуванням $m_{зп}=2,52\%$; мінімальним значенням $\min_{зп}=0,74\%$; максимальним $\max_{зп}=5,91\%$ і коефіцієнтом варіації $v_{зп}=13,6\%$. Закон розподілу вихідної фракції представлений логнормальною залежністю.

При порівнянні загальної засміченості ($m_3=4,68\%$) із фракцією зернової домішки ($m_{3п}=2,52\%$) видно, що більше 50 % загальної засміченості пов'язане із зерновою домішкою і причину її зменшення потрібно шукати в удосконаленні технологічних налагоджень і регулювань зернозбиральних комбайнів.

Аналіз вихідного зернового матеріалу по засміченості бур'янистими домішками $S_{и}^c$ показує: математичне очікування $m_{сп}=2,16\%$; мінімальне значення $\min_{сп}=0,32\%$; максимальне $\max_{сп}=7,14\%$ при коефіцієнті варіації $v_{сп}=24,8\%$. Закон розподілу носить явно виражений характер логнормальної залежності.

Якість вихідного зернового матеріалу по засміченості легкими домішками $S_{и}^{сн}$ представлено: математичним очікуванням $m_{лп}=0,78\%$; мінімальним значенням $\min_{лп}=0,06\%$; максимальним $\max_{лп}=2,55\%$; і коефіцієнтом варіації $V_{лп}=26,7\%$. Закон розподілу вихідної фракції представлений логнормальною залежністю.

У зв'язку з особливістю сухого й спекотного клімату в регіоні кількість легких домішок по масі невелика, але їхні фізико-механічні властивості створюють завжди навантаження на очищення зернозбиральних комбайнів і повітряно-решітні робочі органи ЗОМ.

Аналіз вихідного зернового матеріалу по засміченості дрібними домішками $S_{и}^{сп}$ надає відомості про наступні статистичні характеристики: - математичне очікування $m_{мп}=0,06\%$; мінімальне значення $\min_{мп}=0,02\%$; максимальне $\max_{мп}=0,23\%$; коефіцієнт варіації $V_{мп}=2,81\%$. На відміну від вище розглянутих фракцій закон розподі-

лу вихідного зернового матеріалу дрібними фракціями представлений експонентою. Це пов'язане з тим, що дрібні домішки більше піддаються самосортуванню в процесі збирання і меншою мірою ніж інші фракції (в основному вегетативного походження), визначають склад зернової купи.

Засміченість вихідного зернового матеріалу великими домішками $S_{и}^{кп}$ характеризується значною нестабільністю вхідних збурювань.

У процесі транспортування зернової купи з полів відбувається самосортування купи і, як правило, великі домішки зосереджуються на поверхні порцій матеріалу в транспортному засобі. Те ж відбувається в завальній ямі й, особливо, при утриманні зерна в буртах на зернокомплексі й перекиданні його по відкритих площадках пересувними ЗОМ, зерноавантажувачами та іншими транспортуючими пристроями.

Якість вихідного зернового матеріалу по засміченості великими домішками представлено: математичним очікуванням $m_{кп}=1,32\%$; мінімальним значенням $\min_{кп}=0,09\%$; максимальним $\max_{кп}=5,89\%$ і коефіцієнтом варіації $V_{кп}=18,2\%$. Закон розподілу фракції великих домішок представлений логнормальною залежністю.

Розглянуті статистичні характеристики вихідного зернового матеріалу з обліком його фракційного складу визначають регіональні умови й не узгоджуються з результатами багатьох дослідників [12 13, 14], які вважають, що засміченість підкоряється закону нормального розподілу. Це, ймовірно, пов'язане з відсутністю необхідного

банку статистичних даних стосовно до умов півдня України й буде враховане нами при рішенні поставленого завдання.

Таким чином гіпотеза про розподіл засміченості вихідного ЗМ за нормальним законом є суперечливою й фактичний розподіл засміченості представлений логнормальною залежністю.

2.3. Натура

У підрозділі 1.4.3. наведені значення базисних кондицій на зерно, продаване державі. Відповідно до них зерно повинно мати натуру (г/л) для:

- пшениці м'яких сортів - 730;
- пшениці твердих сортів - 760;
- ячменя - 570;
- вівса - 460.

Зерно, продаване державі, проходить обробку в умовах господарств і, отже, має більше значення натури, ніж ЗМ, що надходить із полів. Відомо, що очищення зерна підвищує його натуру.

Крім того, різні культури мають свої значення натури, які пов'язані з регіональними особливостями їхнього вирощування.

У технічних характеристиках ЗОМ приводяться усереднені (для умов Центральної МІС колишнього СРСР) значення вихідного матеріалу, на якому машина повинна працювати. Наприклад, машина первинного очищення зерна ЗВС-20 відповідно до технічної характеристики повинна робити очищення зерна пшениці засміченістю до 15 % при продуктивності 20 т/год. За нашими даними (розділ 5.3) в умовах

насінницького господарства КСП «Колос» Мелітопольського району Запорізької області продуктивність цієї машини при меншому значенні засміченості (математичне очікування $t = 6,52 \%$) склала не більше 15 т/год.

Менше значення засміченості може сприяти підвищенню якості очищення ЗМ. Фактичні показники якості ЗОМ не підтверджують паспортні дані.

Натура зерна, очищеного від домішок, служить одним з орієнтовних борошномельних показників якості зерна, а домішки можуть різко знизити величину його натури.

Чим вище натура, тим більше в зерні втримується корисних речовин. Високонатурне зерно гарно розвинене, у ньому більший вміст ендосперму й менше оболонки. За інших рівних умов з високонатурного зерна отримують більш якісні насіння й вихід борошна.

Розглянемо якість вихідного ЗМ по натурі $N_n(t)$ для найпоширеніших на півдні України культур - пшениці, ячменя, вівса (рис. 2.7... 2.9). Після загального аналізу названих культур зупинимося на пшениці елітного фонду.

Якість вихідного ЗМ пшениці по натурі представлено наступними статистичними даними: математичне очікування становить $m_n = 760,2$ г/л; мінімальне й максимальне значення, відповідно, $\min_n = 676,0$ г/л; $\max_n = 809,0$ г/л; коефіцієнт варіації $V_n = 7,23\%$.

Натура ячменя характеризується значеннями: $m_y = 655,9$ г/л; $\min_y = 643,0$ г/л; $\max_y = 678,0$ г/л; $V_y = 5,94 \%$.

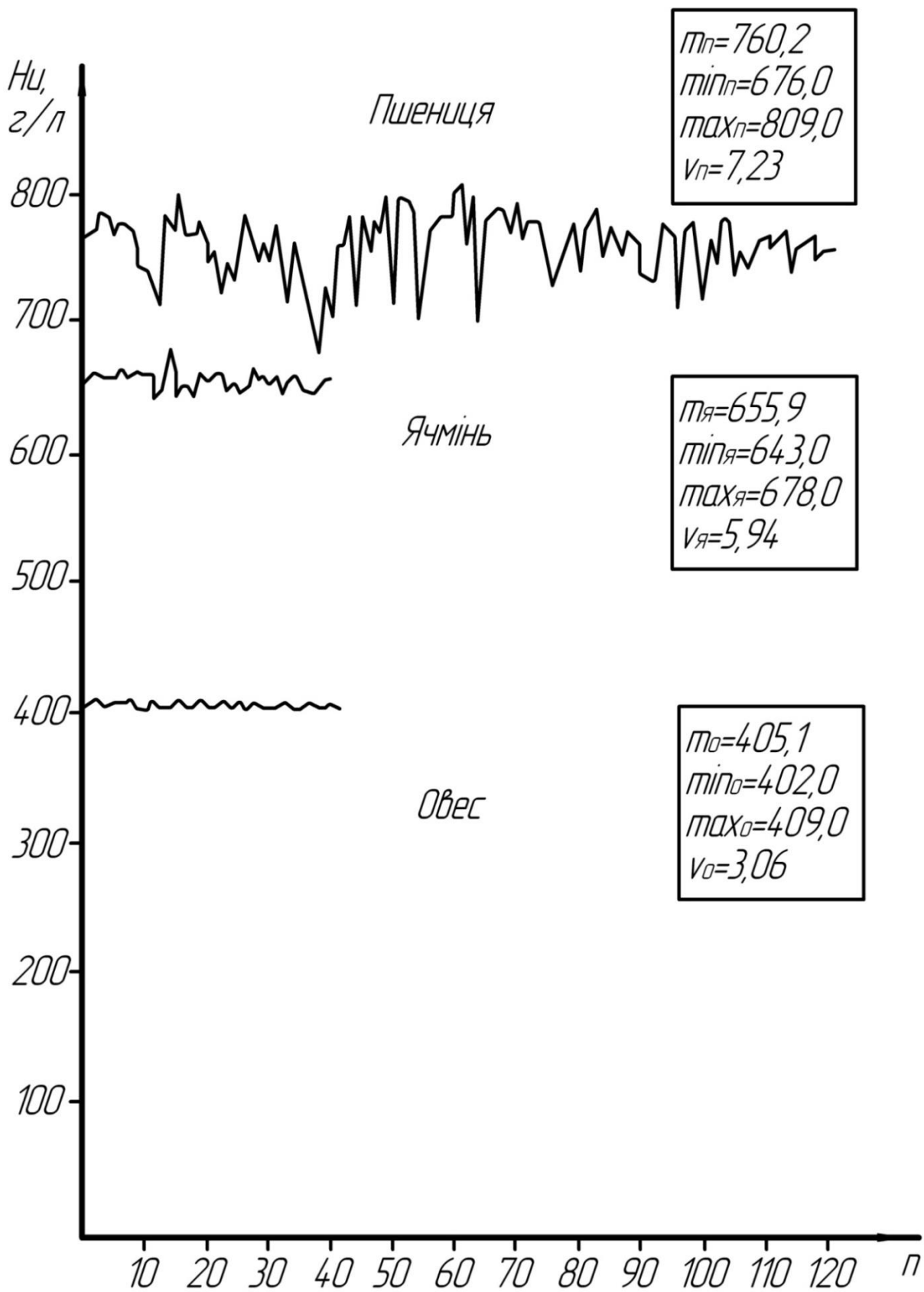


Рисунок 2.7 - Якість вихідного зернового матеріалу по натурі

$H_n(t)$

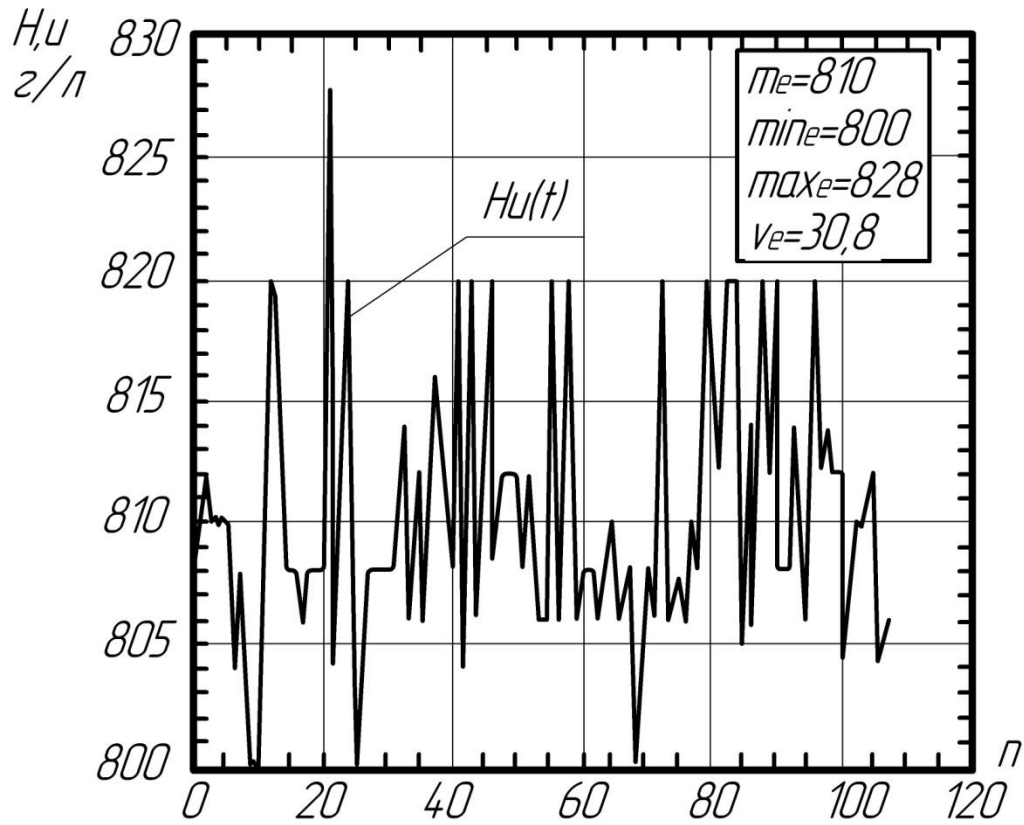


Рисунок 2.8 - Натура $N_n(t)$ вихідного зернового матеріалу

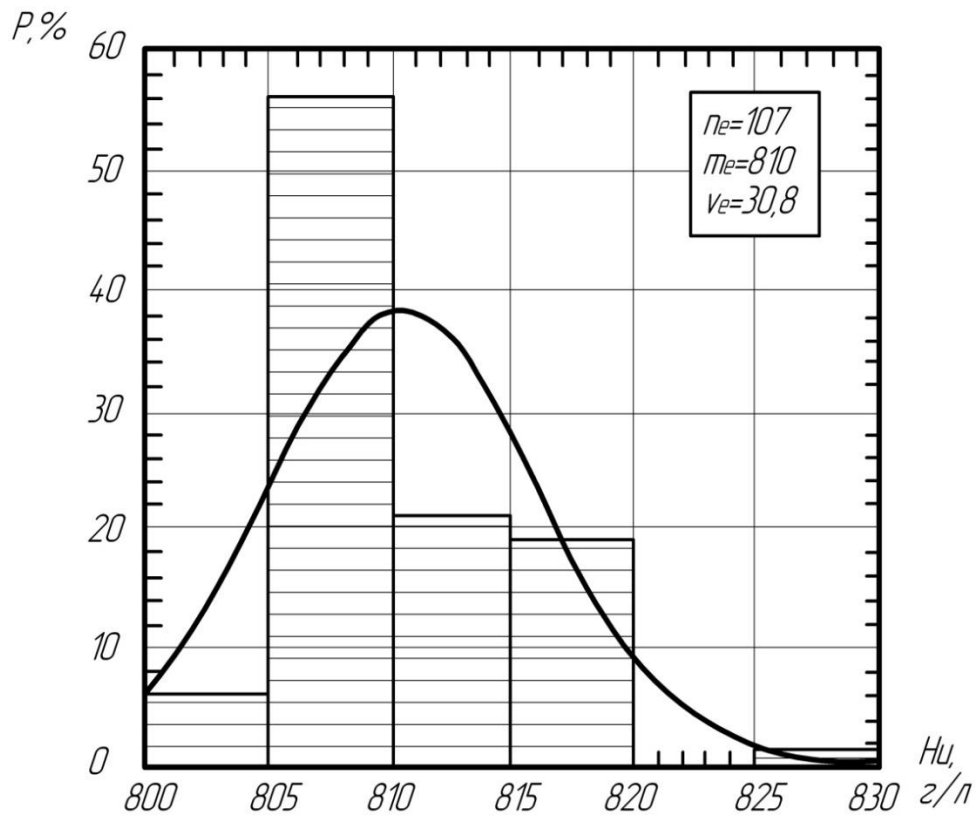


Рисунок 2.9 - Розподіл натури N_n вихідного зернового матеріалу

Найбільш стабільними, є статистичні характеристики вівса: $m_o=405,1$ г/л; $\min_o=402,0$ г/л; $\max_o=409,0$ г/л; $V_o=3,06$ %.

Якість вихідного зернового матеріалу пшениці елітного фонду по натурі в умовах елітного господарства представлена рис. 2.8. Математичне очікування становить $m_{п}^{\circ}=810$ г/л; $\min_{п}^{\circ}=800$ г/л; $\max_{п}^{\circ}=828$ г/л і коефіцієнт варіації $V_{п}^{\circ}=30,8\%$.

Закон розподілу натури вихідного ЗМ представлений логнормальною залежністю.

У зв'язку із цими особливостями й досвідом роботи УТК при збиранні зволоженого (якщо такий є) матеріалу, здійснюваної після атмосферних опадів з умовою зняття повітряним потоком поверхневої вологи із зерносоломистої маси, такі показники якості матеріалу, що поступає на зернокомплекси, можуть бути регіонально визначені наступними статистичними характеристиками:

Якість вихідного матеріалу з урахуванням вологості $W_{и}(t)$ представлена на рис. 2.10., де для базової культури пшениці характеристики наступні: $m_{п}=15,43$ %; $\min_{п}=10,50$ %; $\max_{п}=18,18$ %; $V_{п}=1,11$ %.

2.4 Вологість

Як ми вже відзначали в п.п. 1.4.2. регіональні умови в період збирання зернових характеризуються високою температурою повітря [5]. Разом з тим "пікові" опади вологи в період дозрівання зернових створюють умови наявності поверхневої вологи на матеріалах, що збирають, і не визначають загальну (сумарну) вологість зерносоломистої купи, що враховується в процесі визначення показників якості

функціонування збирально-транспортного комплексу (ЗТК) і комплексу ПУОЗ.

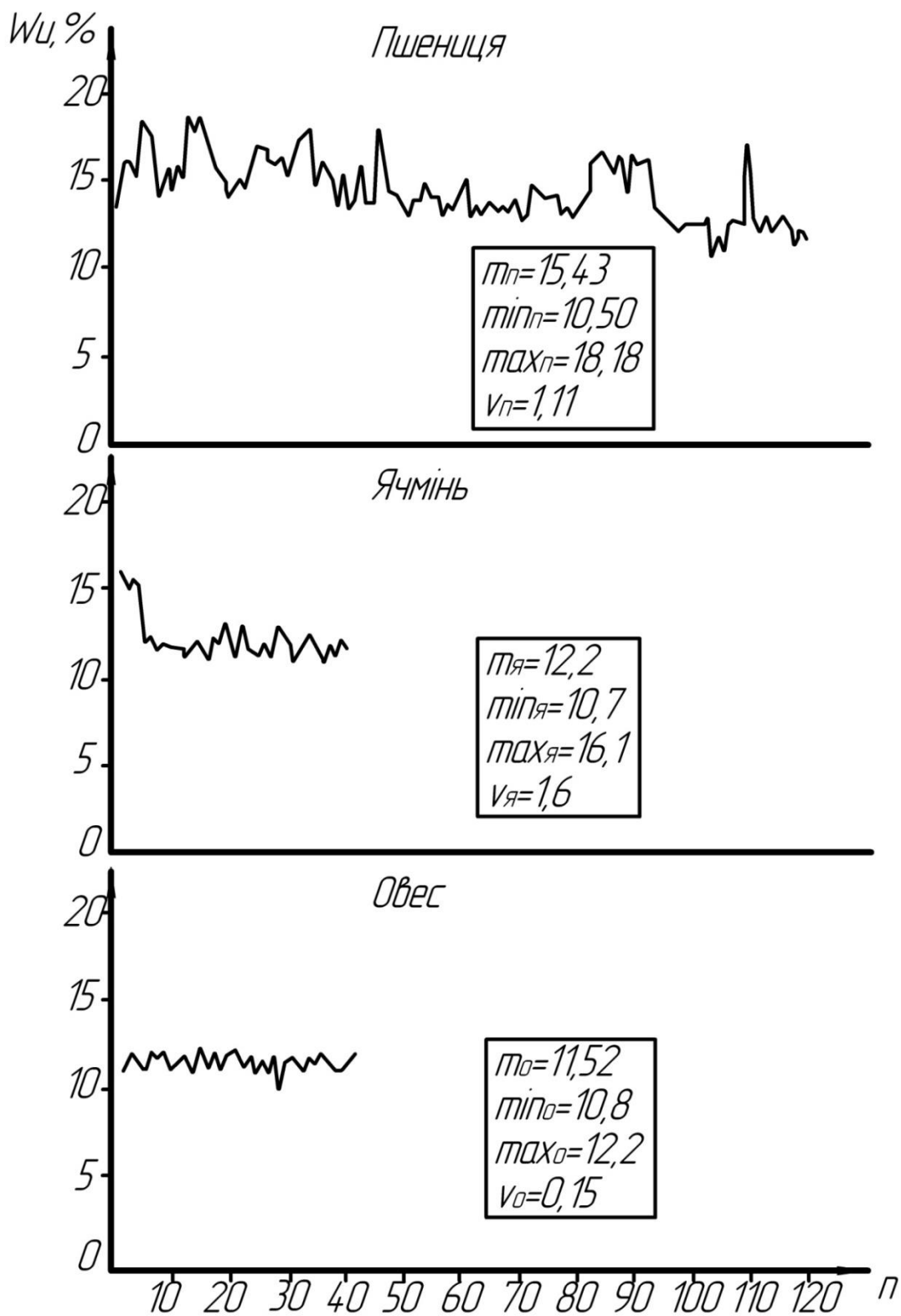


Рисунок 2.10 - Якість вихідного матеріалу по вологості $W_{и}(t)$.

Вологість ячменя характеризується стабільними статистичними даними при: $m_{\text{я}}=12,2\%$; $\min_{\text{я}}=10,7\%$; $\max_{\text{я}}=16,1\%$; $V_{\text{я}}=1,6\%$.

При ПЗОЗ вівса найменше проблем пов'язано з невеликими партіями матеріалу, що поступає на зернокомплекси і це підтверджується значеннями його вологості: $m_o=11,52\%$; $\min_o=10,8\%$; $\max_o=12,2\%$ при $V_o=0,15\%$.

Умови, що визначають характеристики насінневого елітного господарства, представлені наступними даними (рис. 2.11, 2.12): $\min_{\text{п}}^{\text{э}}=9,8\%$ і $\max_{\text{п}}^{\text{э}}=13,1\%$ при математичному очікуванні $m_{\text{п}}^{\text{э}}=11,49\%$ і $V_{\text{п}}^{\text{э}}=0,60\%$.

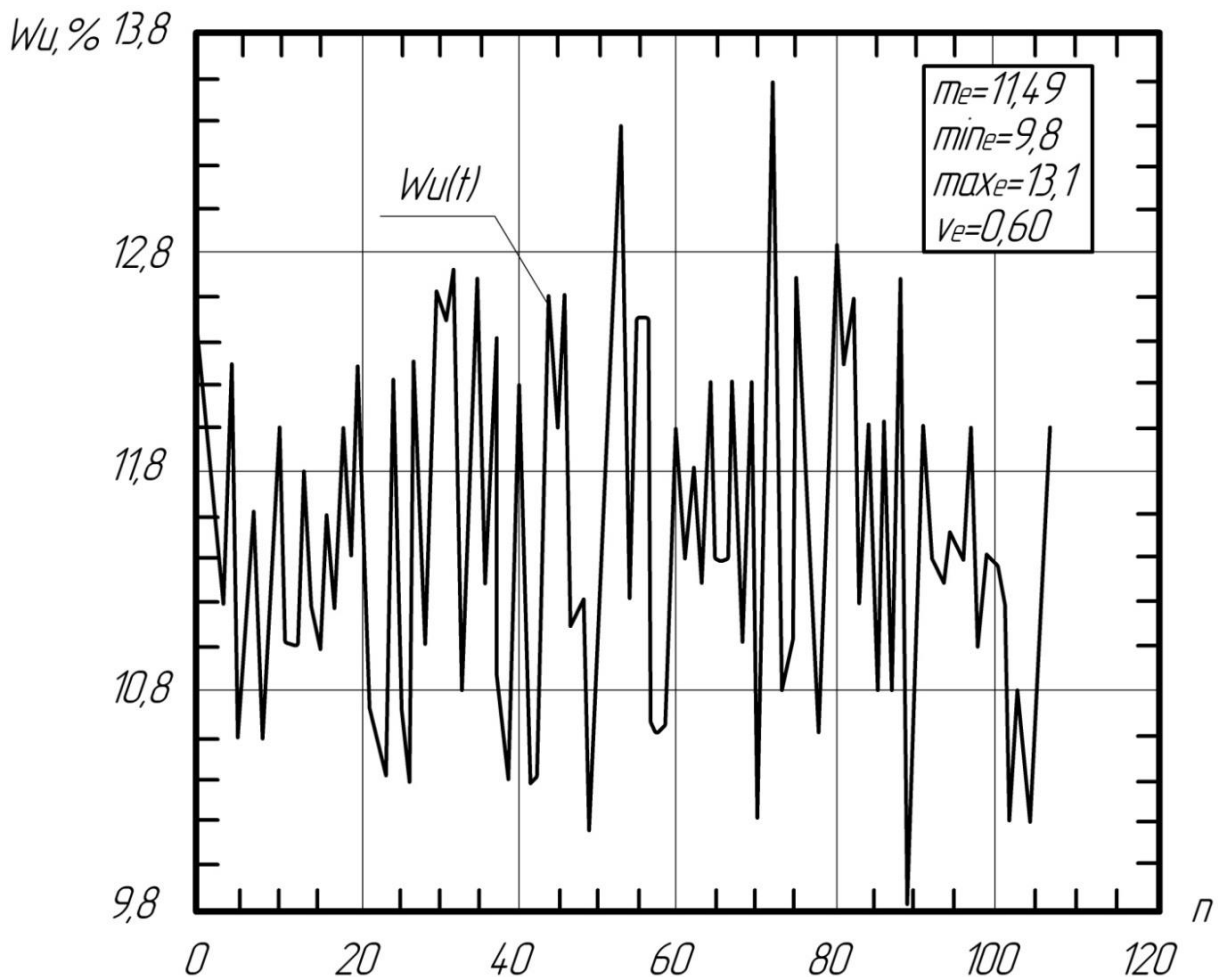


Рисунок 2.11 - Вологість $W_u(t)$ зернового матеріалу

Закон розподілу вологості вихідного зернового матеріалу представлений нормальною залежністю.

Сукупність значень досліджуваної ознаки (при максимальній вологості $\max_{\pi} = 18,18 \%$) для регіональних умов дозволяють виключити вологість, як фактор, що впливає на зміну продуктивності ЗОМ.

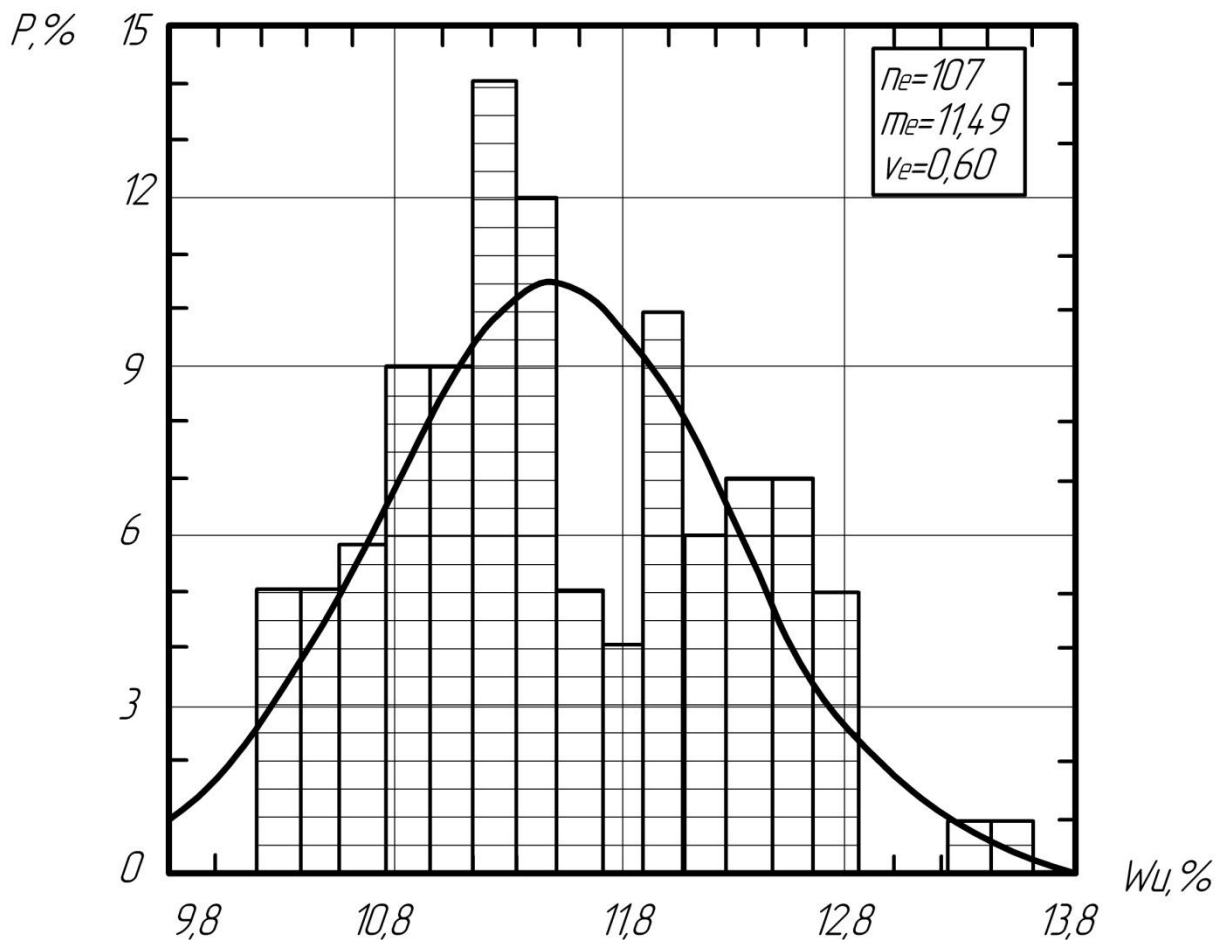


Рисунок 2.12 - Розподіл вологості $W_u(t)$ вихідного зернового матеріалу

Для розглянутих характеристик ЗМ - засміченості, натури й вологості, і перевірки гіпотези про найпростіший потік визначали параметр потоку. Для цього вибирали проміжок часу збирального сезону, на якому потік буде стаціонарним, а потім перевіряли узгодже-

ність теоретичного й емпіричного розподілів. Проміжок часу, на якому потік стаціонарний, визначали за допомогою методики, запропонованої А.К. Митропольським для статистично контрольованих процесів. Сутність методики полягає в з'ясуванні, чи є ряд дослідних даних статистично однорідним, тобто чи сумісні ці дані з гіпотезою і чи представляють вони часткову сукупність значень досліджуваної ознаки, взяту з однієї й тієї ж сукупності /10/.

Відзначені характеристики й властивості ЗМ використовуються для розрахунку й моделювання технологічних параметрів зернокомплексів ПЗОЗ у господарствах.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІЧНА ОСНАЩЕНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ЗЕРНА

3.1. Технології післязбиральної обробки зерна

У загальному виробничому процесі обробки, збирання і післязбиральній обробці зернових культур основні витрати (у залежності від кліматичних умов - 30...40 %) приходяться на післязбиральну обробку зерна, особливо насіння. Основне завдання ПУОЗ полягає у своєчасному і без втрат доведенні зерна до встановлених кондицій за чистотою, вологістю та іншим показникам. Це завдання в умовах господарств може бути успішно вирішене при обґрунтованому підборі необхідної кількості технологічних ліній і машин; визначенні їхньої продуктивності й місткості приймальних ємностей і відділень тимчасового зберігання насіння; створенні умов біологічної збереженості зерна.

В історії механізації процесів післязбиральної обробки зерна в умовах СРСР В. П. Єлізаров і В. М. Дьогтев виділяють три етапи [19, 21].

Перший етап - обробка зерна на окремих машинах. У дореволюційній Росії й у перші роки Радянської влади такими машинами були віялки, сортувальники й трієри, як правило, з ручним приводом. Машин було недостатньо, і вироблялися вони за кордоном.

Індустріалізація й соціалістичні перетворення в селі створили передумови для розробки й впровадження в сільськогосподарське ви-

робництво вітчизняної техніки. Першою вітчизняною зерноочисною машиною була "Союзнаркозем", створена в 1934 році у Вимі під керівництвом Н.Н. Ульріха. Продуктивність машини становила 6...8 т/год насіння і до 10 т/год товарного зерна. За технологічною схемою вона перевершувала найбільшу зроблену в той час імпортовану машину "Петкус-Гогенгейм" фірми "Ребер".

Першою вітчизняною стаціонарною сушаркою, виготовленою промисловістю для застосування в колгоспах і радгоспах, була сушильна установка, спроектована у ВІСХОМі. Технологічні характеристики цієї сушарки були на рівні кращих імпортованих і вітчизняних зразків [22].

При гострому дефіциті сільськогосподарської техніки й недостатності кваліфікованих кадрів найбільше поширення аж до 60-х років одержали прості за схемою й зручні в експлуатації пересувні ЗОМ типу ВІМ-2, ВІМ-СМ-1, ВІМ-СМ-1Р, ВІМ-СМ-2 та ін., і непересувні зерносушарки, масове виробництво яких було налагоджено в 30-х роках.

Другий етап - будівництво в господарствах стаціонарних пунктів для очищення й сушіння зерна. Перші пункти були побудовані вже на початку 50-х років. Основною частиною цих пунктів стала потокова лінія, складена з машин, що випускаються промисловістю. Лінія встановлювалася в спеціально побудованому або переустаткованому для цієї мети приміщенні. Застосування потокової технології ПУОЗ на стаціонарних пунктах дозволило скоротити витрати на очищення, сушіння й відпустку зерна до 8 разів у порівнянні з витра-

тами при обробці на розрізних машинах [22].

В 1961 році в країні була прийнята нова організація насінництва, що знайшла відображення в системі машин для потокової технології ПУО насінневого й продовольчого зерна в колгоспах і радгоспах. При цьому, у кожному господарстві з посівними площами до 3 тис.га, передбачався універсальний пункт ПУОЗ, до складу якого входили дві потокові лінії: одна для насінневого зерна, інша - для продовольчого й фуражного. Типорозмірний ряд передбачав лінії для обробки насінневого зерна продуктивністю 1,25; 2,5 і 5 т/год і лінії для продовольчого й фуражного зерна продуктивністю 5, 10 і 20 т/год. Був організований випуск комплектів зерноочисного (типу ЗП) і зерноочисно-сушильного (типу ЗПС) устаткування продуктивністю 10 і 20 т/год.

Третій етап - промислове виготовлення комплектів устаткування високої заводської готовності - створення сімейства зерноочисних агрегатів (типу ЗАВ) і зерноочисно-сушильних комплексів (типу КЗС), перемкнення витрат праці на будівництво комплексів із сільського господарства в промисловість.

Було встановлено, що для нормального функціонування будь-якого зернокомплексу необхідні ємності прийому й тимчасового зберігання зерна, які дозволяють створити умови резервування зерна у випадку ненадходження його від комбайнів і необхідності розміщення чистого зерна та інших його фракцій до відвантаження їх в автомобілі.

ГСКТБ із комплексу машин для післязбиральної обробки зерна

(м. Воронеж) був розроблений і в 1967 році надійшов у господарства базовий агрегат сімейства зерноочисних і зерноочисно-сушильних комплексів ЗАВ-20. Надалі на основі агрегату ЗАВ-20 були розроблені й поставлені на виробництво зерноочисні агрегати ЗАВ-10, ЗАВ-40, ЗАВ-25, ЗАВ-50 і ЗАВ-100; зерноочисно-сушильні комплекси КЗС-10Ш, КЗС-10Б, КЗС-20Ш, КЗС-20Б, КЗС-40, КЗС-25Ш, КЗС-25Б и КЗС-50. З метою доведення зерна до насінневих кондицій випущені насіннеочисні приставки СПЛ-5, СП-10А і насіннеочисно-сушильні пункти по типовому проекту 812-10,812-57,812-58.

Крім того, у господарства надійшли агрегати ЗАР-5, КЗР-5, АЗС-30; насіннеочисно-сушильні лінії КІС-0,5 і КІС-2 для обробки насіння трав.

Комплексна механізація прийому, обробки й відвантаження зерна і застосування високопродуктивного обладнання дозволили скоротити витрати праці на зерноочисних агрегатах до 0,03...0,12 люд.-год./т і на зерноочисно-сушильних комплексах до 0,14...0,55 люд.-год./т залежно від їхніх типорозмірів.

В "Системі машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва на 1981-1990 р.г." [12] передбачено розробка й поставка господарствам машин і обладнання для виконання наступних основних операцій ПУОЗ і насіння: зважування автомобілів, їхнє розвантаження, попереднє очищення, вторинне очищення, сортування, протравлення, зважування, затарювання й зашиття мішків, транспортування зерна, централізоване керування процесом.

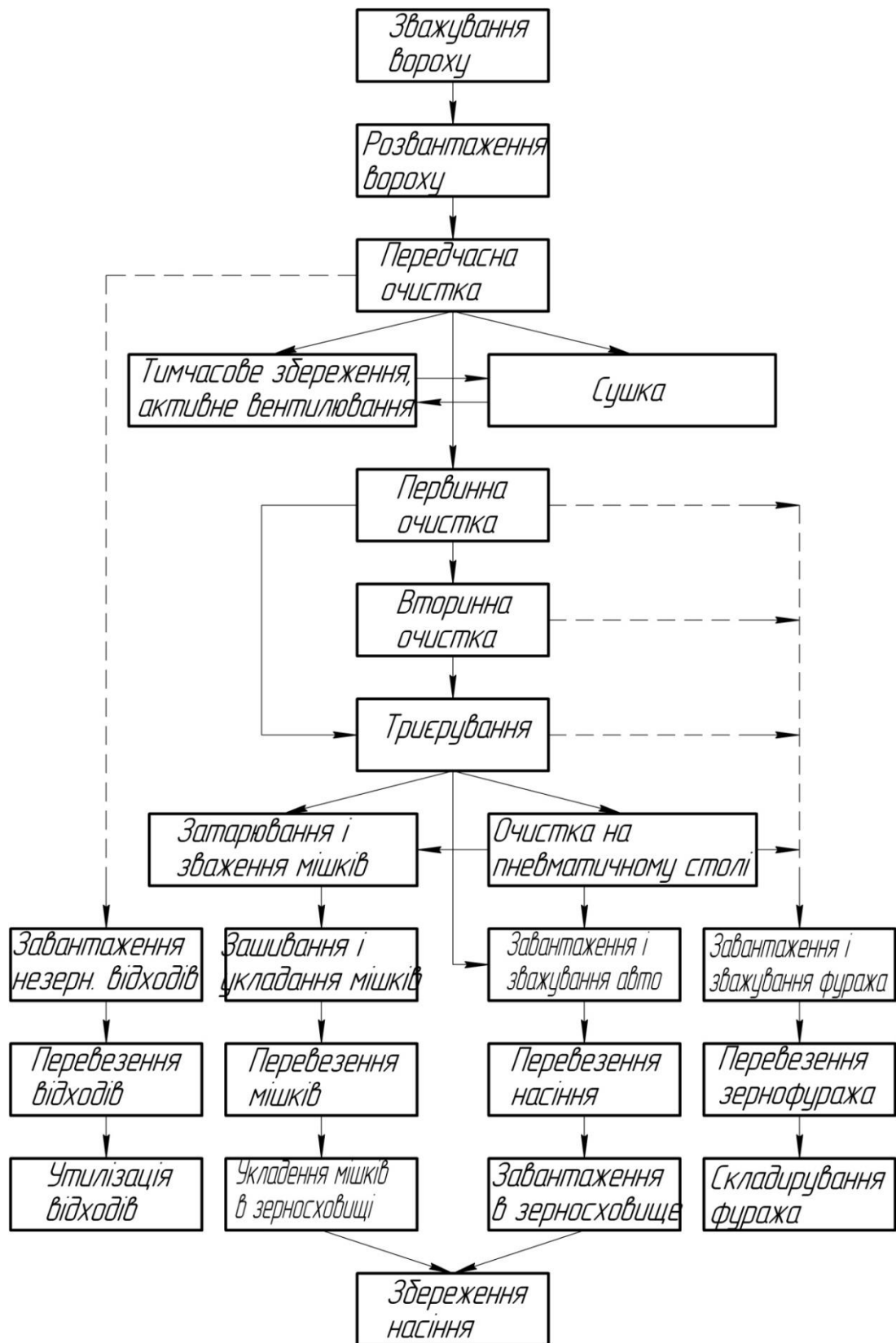


Рисунок 3.1 - Схема можливих варіантів послідовності основних технологічних процесів післязбиральної обробки й складування насіння

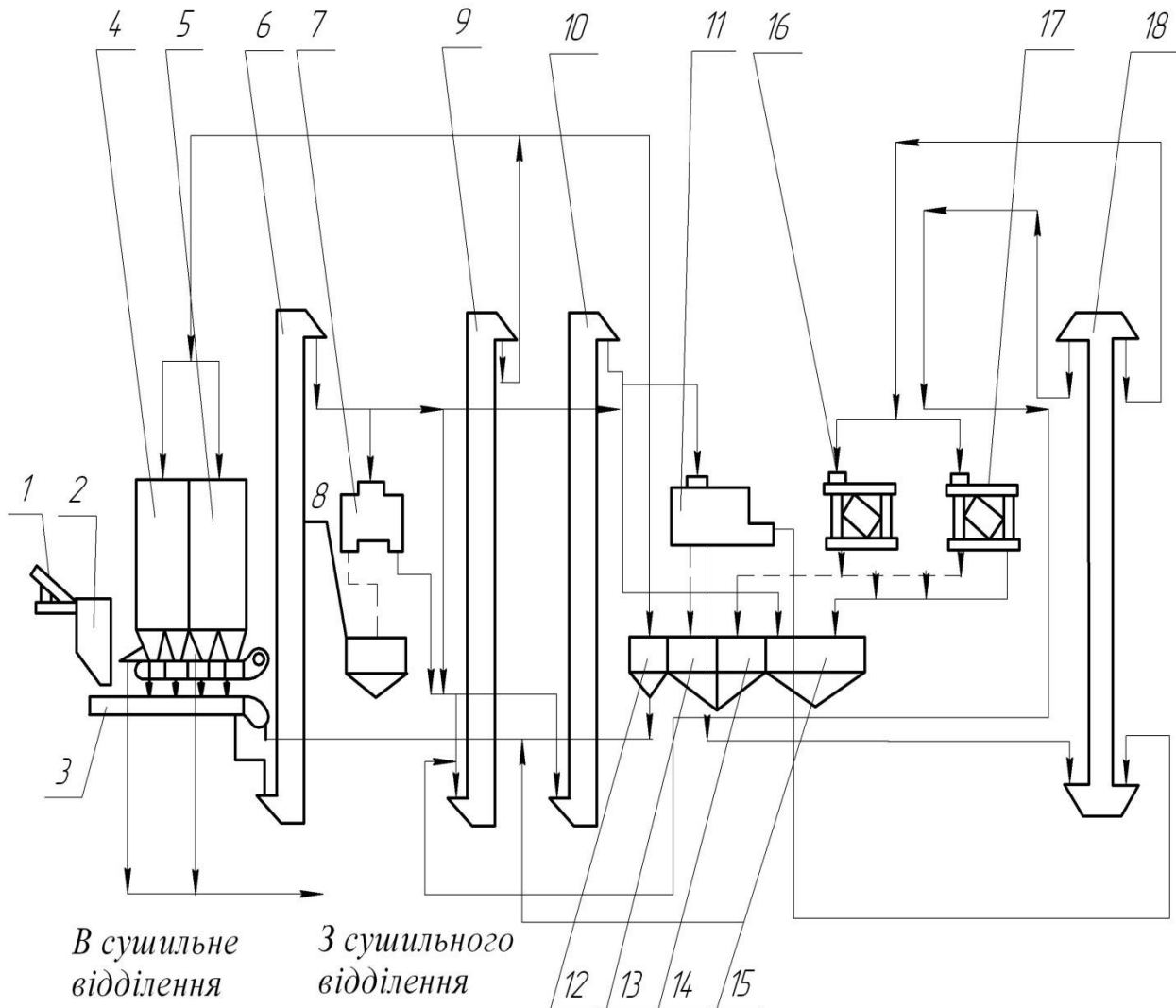
Схема можливих варіантів послідовності основних технологічних процесів післязбиральної обробки й складування насіння, рекомендована для різних кліматичних зон, представлена на рис. 3.1. [7]. При обробітку насінневого матеріалу в сухих зонах виключається сушіння.

У державах СНД та інших країнах проводилися й ведуться роботи з обґрунтування й впровадження у виробництво некомбайнових способів збирання з обробкою хлібної маси на стаціонарі. Такі технології передбачають значне скорочення кількості польових операцій і спрощення польових машин з перенесенням виконання складних процесів обробки хлібної маси на стаціонарні й напівстаціонарні зернопункти. У цей час розроблено кілька варіантів агропромислових технологій збирання зернових з обробкою на стаціонарі [24]:

1. Трифазний спосіб збирання зернових (розроблений ВІМ і ГСКБ ВО "Ростсільмаш,, м. Ростов - на-Дону).
2. Збирання зернових у Нечорноземній зоні з підсушуванням маси на стаціонарі перед обмолотом "Гігрокомплекс" (технологія розроблена ВІМ, ЛатвНДІМЕСГ, СибІМЕ, ЦНДІМЕСГ).
3. Кубанська індустріальна безвідхідна технологія збирання зернових (розроблена Кубанським СГІ, колгоспом ім. Калініна Канівського району Краснодарського краю).
4. Збирання зернових за схемою "Невейка" (розроблені ВІМ, СКФ ВІМ, ВНІПТІМЕСГ, УНІМЕСГ, СибІМЕ, ГСКБ "Таганрогський комбайновий завод,, м. Таганрог).
5. Збирання зернових з обробкою маси на стаціонарі (розроблені

НПО "Казсільгоспмеханізація", ВІМ, ГСКБ ВО "Ростсільмаш", м. Ростов - на-Дону).

6. Збирання зернових методом очусу рослин на корені (розроблені ТДАТА, м. Мелітополь) [24, 25] і ін.



1 - автомобіленавантажувач; 2 - прийомний бункер-дозатор; 3 - транспортер; 4 і 5 - бункери тимчасові зберігання зерна; 6,9,10 і 18 - норії; 7 - машина попереднього очищення; 11 - машина первинного очищення; 12 - бункер попередньо очищеного зерна; 8,13 і 14 - бункери відходів; 15 - бункер чистого зерна; 16 і 17 - трієрні блоки

Рисунок 3.2 - Технологічна схема зерноочисного агрегату ЗАВ- 25

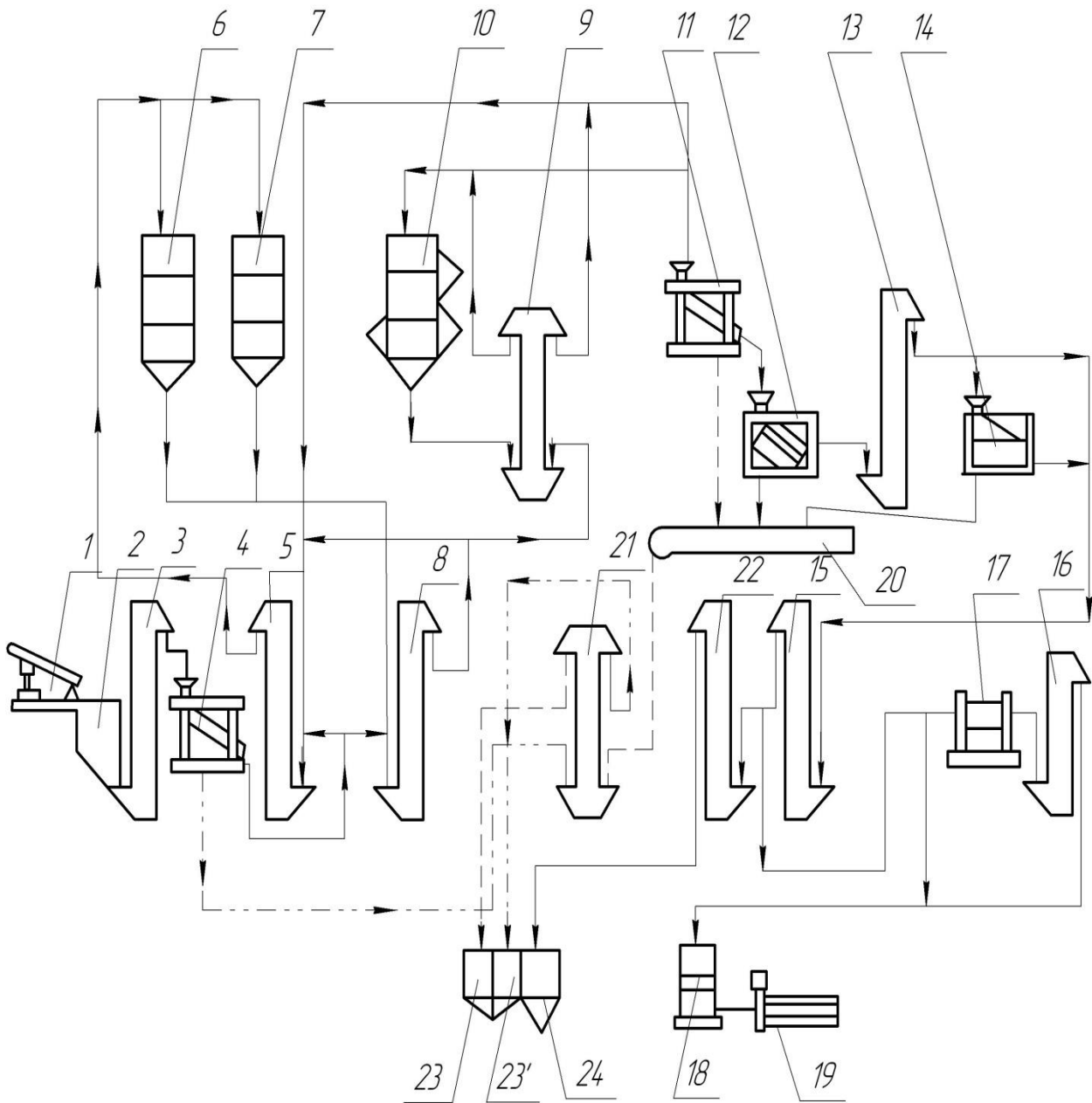
Технології збирання зернових з обробкою маси на стаціонарі передбачають додатково сепарацію й домелення, інші операції виконуються на відомих зернокомплексах типу ЗАВ, КЗС і ін. [25].

Найбільш характерні для використання в господарствах зернокомплекси наступні.

Зерноочисний агрегат ЗАВ-25 (рис. 3.2) складається з відділення прийому, тимчасового зберігання й попереднього очищення зерна ОП-50 і очисного відділення 03-25. На відміну від відомих агрегатів типу ЗАВ має додаткову машину попереднього очищення МПО-50 продуктивністю 50 т/год і аеровані ємності тимчасового зберігання зерна, обладнані аерожолобами [20].

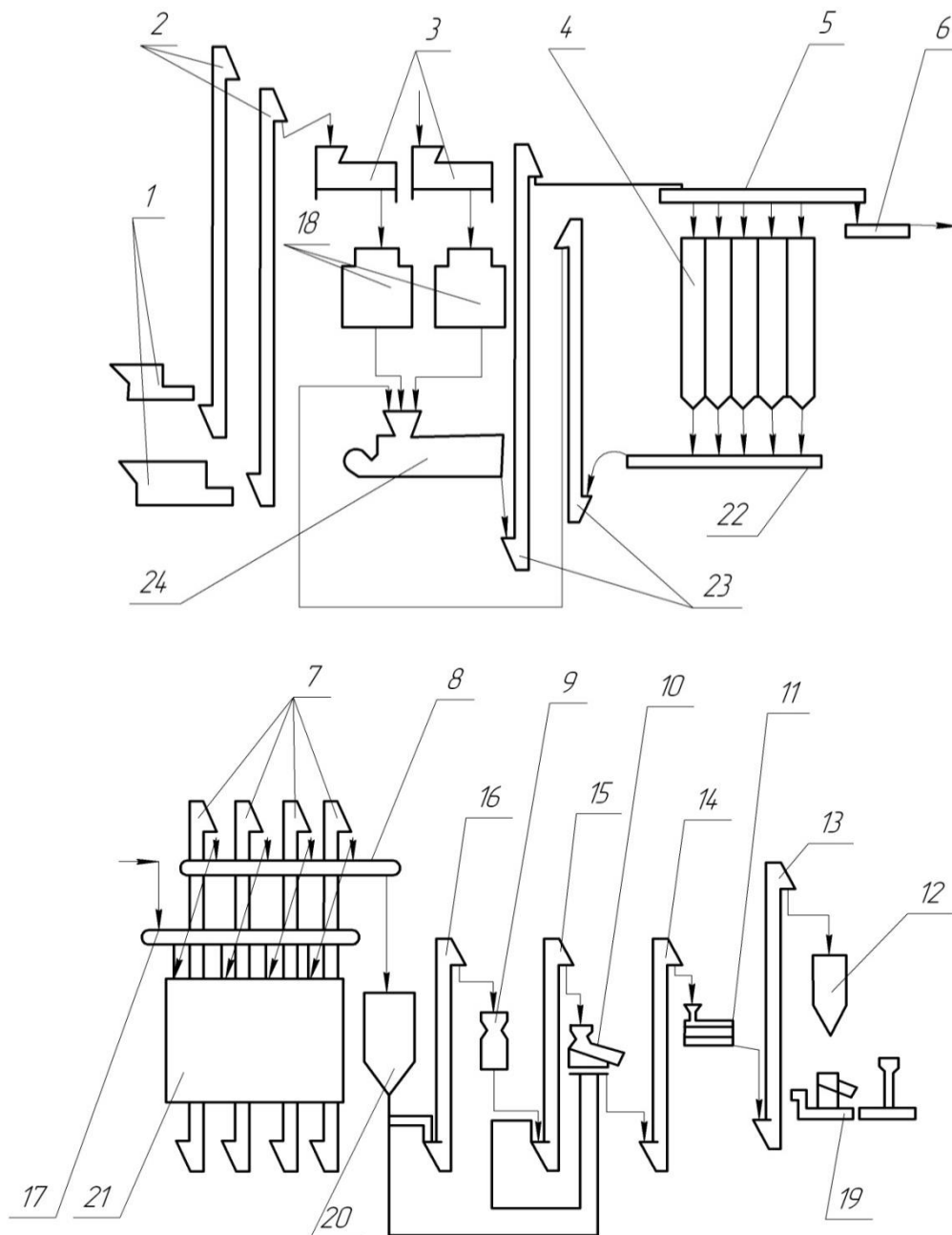
Насіннеочисно-сушильний пункт по типовому проекту 812-10 (рис. 3.3) містить у собі такі додаткові процеси й операції, як активне вентилявання, очищення й сортування за щільністю, протравлення, зважування порцій зерна, захиття мішків та ін.

Зерноочисно-сушильний комплекс "F-D-A" (рис. 3.4) японської фірми "Koneko" [28] передбачає прийом, очищення, сушіння й проміжне зберігання зерна. Сушіння зерна проводиться у дві стадії: у самостійній переносній установці й у стаціонарній шахтній зерносушарці. Керування роботою комплексу здійснюється в автоматичному й ручному режимах. Продуктивність норій в 4...6 разів вище, ніж продуктивність машин основних ліній, що дозволяє одночасно з очищенням завантажувати бункери тимчасового зберігання зерна.



1 - автомобілепідйомник; 2 - завальна яма; 3,5,8,9,13,15,16,21 і 22 - норії; 4 - машина попереднього очищення; 6 і 7 - бункери активного вентилявання; 10 - шахтна зерносушарка; 11 - машина вторинного очищення; 12 - трієр; 14 - пневматичний сортувальний стіл; 17 - протравлювач; 18 - автоматичні порціонні ваги; 19 - мішкозашивочна машина; 20 - транспортер відходів; 24 - бункер чистого зерна.

Рисунок 3.3 - Технологічна схема насіннеочисно-сушильного комплексу по типовому проекту 812-10



1 - приймач зерна; 2,7,13,14,15,16,23 - норія; 3,18 - відповідно віддільники великих і дрібних домішок; 4 - бункери тимчасового зберігання; 5,6,8,17,22 - горизонтальний транспортер; 9 - очисник; 10 - вібраційний сепаратор; - 11 - машина остаточного очищення; 12 - автоматичні ваги; 19 - мішкоупаковочна машина; 20 - компенсуюча ємність ; 21 - шахтна зерносушарка; 24 - машина попередньої просушки

Рисунок 3.4 - Технологічна схема зерноочисно-сушильного комплексу F-D-A System120 фірми "Koneko"

Питанням удосконалення технології післязбиральної обробки насіння присвячені нормативні документи й роботи Н.Н. Ульріха, А.М. Уварова, В.І. Алейнікова, В.І. Аніскіна та В.П. Єлізарова, Б.А. Карпова і П.М. Шибаєва, Л.І. Кроппа, Б.В. Ходановича, Ю.М. Яблокова, П.П. Колишева, М.В. Кіреєва, С.М. Григор'єва і Ю.К. Ковальчука, Е.М. Зиміна, Р.Н. Волика, В.В. Носкова, Д.В. Кривенко, Г.Т. Павловського, Г.А. Рівного, Г.І. Боровика, В.Д. Бабченко, А.С. Матвєєва, П.В. Яговкіна та ін., Г.І. Гозмана, А.Н. Зюліна та ін. [6, 12, 26, 28, 29,31,32].

Загальні питання післязбиральної обробки зерна розглянуті в роботах І.Е. Кожуховського, Г. П. Павловського, В.Д. Олейникова, М.Г. Голика, В.Н. Делідовича, Б.Е. Мірошника, В.А. Кубишева, А.Т. Чижикова, В.Д. Бабченко, Е.А. Мошкова, А.Е. Іванова, І.І. Мітрофанова, Ф.М. Ерка, Е.Л. Ревякіна, А.В. Авдєєва, М.Ф. Машковця, У.М. Полуектова, В.А. Германова, Л.Н. Фай, С.А. Аристова, Г. Бауманса, В.Е. Круглени та інших закордонних вчених [26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 33, 34, 35 та ін..].

За кордоном все більше поширення знаходять потокові технологічні лінії для ПУОЗ, що представляють собою найпростіші системи (для дрібних фермерських господарств) у вигляді приймача зерна і, в основному, вентиляованих сховищ, до складних підприємств і заводів, що спеціалізуються на комплексній обробці й переробці зерна.

Слід зазначити, що у вітчизняному аграрному секторі експлуатується значна кількість ЗАВ і КЗС минулого покоління, тому їхня модернізація повинна передбачати, в першу чергу, оснащеність ПУОЗ механізованими зерносховищами, машинами й обладнанням для розвитку насінництва та ін.

На Україні житомирським ВАТ “Вібросепаратор,, здійснюється реконструкція існуючих агрегатів ЗАВ-20, ЗАВ-40 та будівництво зерноочисних комплексів КЗ-25, КЗ-50.

Створення й реконструкцію потокових ліній варто здійснювати з урахуванням призначення й потужності господарств, що виробляють зерно.

3.2. Засоби післязбиральної обробки зерна

Зерновий ворох, що надходить на післязбиральну обробку, являє собою суміш зерна (насіння) основної культури, насіння інших рослин (культурних і бур'янистих), мінеральних (грудочки землі, пісок і т.п.) та органічних (полова, частки рослин) домішок.

Засоби післязбиральної обробки зерна представляють набір устаткування, де основними є зерноочисні машини, установки активного вентилявання й сушіння зерна. До іншого устаткування ставляться різні ємності для тимчасового прийому і зберігання зерна, зерноавантажувачі й зернометачі, транспортуючі пристрої, ваги, автомобілепідйомники та ін. Зернокомплекси оснащуються стаціонарними і пересувними механізмами.

Технічний рівень технологічних ліній у цілому і якість обробки матеріалу визначають зерноочисні машини: попереднього, первинного, вторинного очищення; трієри і пневматичні сортувальні столи.

Робота ЗОМ заснована на використанні одного або декількох способів поділу зернових сумішей.

Поділ зернових матеріалів може виконуватися на решітних і трієрних поверхнях - по геометричних розмірах; у пневмосепарато-

рах і повітряних каналах - по аеродинамічних властивостях; з комплексу аеродинамічних властивостей і щільності - у сепараторах із псевдозрідженим шаром; за формою й станом поверхні - на фрикційних робочих органах (гірках, гвинтових сепараторах - змійках, фрикційних трієрах). Поділ виконується також по пружності, кольору, електропровідності, діелектричній проникності та іншим властивостям.

Найбільш представницька група ЗОМ - повітряно-решітні сепаратори.

На підставі аналізу літературних джерел можна класифікувати решета по конструктивному оформленню, способу використання й типу привода [36].

За конструктивним оформленням решета можна розділити на циліндричного, конічні, транспортерного типу, з активними елементами, із гнучкими елементами, просторові, плоскі штамповані та ін.

Решета за способом виготовлення бувають пробивні, ткані, плетені, рубчасті, складальні.

За типом привода - хитні, обертові, вібраційні, гіраційні, вібровідцентрові.

Пневмосепаруючі системи, які використовуються у повітряно-решітних машинах бувають нагнітальних, усмоктувальних, нагнітально-усмоктувальних і замкнутого типів з вертикальними, похилими або кільцевими пневматичними каналами. Вони оснащені осадовими камерами, інерційними запалами-віддільниками, циклонами. Сепарація в повітряному потоці відбувається під діями двох груп зовнішніх

сил: аеродинамічних і масових - сил ваги й сил інерції в основному поступального спрямування.

Машини попереднього очищення зерна являють собою сполучення потужної аспіраційної системи, призначеної для виділення легких домішок, і решітних очисників для просівання основного матеріалу й скидання грубих, великих домішок.

Машини первинного очищення містять у собі аспіраційну очистку від легких домішок і добре розвинену решітну очисну частину. Вона дозволяє відокремити від основної культури вегетативні домішки - частини колосків, дрібну соломку, головки осоту, суцвіття бур'янів і т.п.

Машини вторинного очищення, як і машини первинного очищення, мають у своєму складі аспіраційну частину й решета. Відмінність від машин первинної очистки полягає в тому, що вихідний матеріал аспірується, як до решітного очищення, так і після нього, а на решітну поверхню дається менше навантаження.

Трієрне очищення дозволяє виділити домішки, що відрізняються від основної культури довжиною. Для цього використовують трієри, що виділяють із пшениці та ін. культур короткі (зерно бите поперець, насіння бур'ян-кукіль, гречишку) і довгі (овес, вівсюг і т.п.) домішки.

Пневматичні сортувальні столи роблять поділ матеріалів за щільністю, що дозволяє виділити найціннішу насінневу фракцію.

У державах СНД в основному використовуються машини і устаткування, розроблені в Росії, Україні й Німеччині.

Основні характеристики агрегатів, комплексів і пунктів для обробки зерна наведені в додатках А, В, З, К а технічні характеристики ЗОМ та обладнання у додатках А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, Л.

Так, розроблені: машина попереднього очищення МПО-100, машини вторинного очищення СВУ-10 і МВО-20, пневматичний сортувальний стіл продуктивністю 9 т/год та ін. /ГСКБ “Зерноочистка,, м. Воронеж, Росія)

Найбільшими підприємствами у світі є "Петкус Вута" (Німеччина) та “Кімбрія Хайд,, (Австрія), що спеціалізується на виробництві техніки для обробки зерна й насіння, характеризується високими показниками якості поділу зернових матеріалів.

У процесі післязбиральної обробки й зберігання зібраного врожаю в окремих випадках, щоб уникнути самозігрівання й псування зерна, необхідно робити його сушіння й активне вентилявання. Вентиляційні установки поділяються на пересувні, підлогові, переносні й стаціонарні.

У господарствах використовуються бункери БВ-25, БВ-40 і відділення прийому зерна ОП-50 російського виробництва й німецькі бункери ДО-878, ДО-878А та ін. На базі БВ-25 і БВ-40 використовуються відділення вентиляваних бункерів ОБВ-160.

Для сушіння зерна використовують стаціонарні й пересувні сушарки -шахтного, барабанного, конвеєрного, стрічкового, карусельного, ящикового, платформного й лоткового типів: СЗШ-8, СЗШ-16, СЗШ-16Р, ЗСПЖ-8, СЗСБ-4, СЗСБ-8, СЗСБ-2,5, Т-685, СЯ-16×8, СП-18, СЛ-0,3×2 та ін.

Обладнання для сушіння та зберігання зерна випускається ВАТ “Карлівський машинобудівний завод,, (Україна, м. Карлівка) та підприємством “Агро-Союз,,

Для інтенсифікації процесу поділу зернових матеріалів проводиться значна робота з удосконалення плоских решіт. Так, пропонується виконувати решета не гладкими, а з поздовжніми виступами й з розміщенням довгастих отворів у западинах між ними. При цьому збільшується ймовірність влучення зерен в отвори за рахунок орієнтації їхньою довгою віссю уздовж отвору. Передбачається також досягти підвищення продуктивності решіт виконанням отворів решета з похилими крайками.

З метою інтенсифікації процесу сепарації на плоских решетах застосовують вібраційні коливання, а також обертають решета навколо вертикальної осі.

Пропоновані рішення по вдосконаленню робочого процесу плоских решіт дають можливість підвищити їхню продуктивність, але одночасно значно ускладнюють конструкцію й металоємність зерноочисних машин.

За кордоном пропонуються багаторешітні машини з розташуванням решіт одне під одним. Питома продуктивність таких багаторешітних машин приблизно така ж, як у плоских решіт, але сама машина виходить більш компактною.

До числа перспективних робочих органів відносяться циліндричні решета із внутрішньою робочою поверхнею.

Створено нові перспективні робочі органи для сепарування зе-

рнових матеріалів: вертикальні циліндричні вібровідцентрові решета й пневмодцентрові кільцеві повітряні канали з сходяче-прискореним повітряним потоком [45, 51].

Конструктивно-технологічною особливістю таких сепараторів є уніфікований очисний блок. Застосовуючи кілька таких блоків для паралельної й послідовної роботи, можна забезпечувати різні технологічні варіанти обробки зерна при продуктивності 25...100 т/год [45].

У пневмосепараторах поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові й коріолісові сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку - вихрові джерела й стоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів: пневмогравітаційні, пневмоінерційні, відцентровопневматичні й пневмодцентрові [44, 45, 46, і інші].

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес у спокійному або киплячому режимах. Вони бувають нагнітальної, нагнітально-всмоктувальної дії, з нерухою або вібруючою опорною повітродіальною перегородкою, з ділильними пристроями (ножами, екранами, порогами і т.п.) і без них (А.С. СРСР № 442836, 806161, 829212 та ін.).

В останні роки створені вітчизняні робочі органи скальператорного типу / [36,37,38,39,40,41,42,43, 49, 50,]. - решета із зовнішньою робочою поверхнею й горизонтальною віссю обертання. Решета прості за конструкцією, не мають вібруючих вузлів і деталей, мають невелику метало-енергоємність і практично не травмують зерно.

Подальшому вдосконаленню технологічних процесів і робочих органів ЗОМ присвячені роботи Н.П. Сичугова і А.І. Буркова, Н.М. Чумакова, Ю.М. Гармаша, В.М. Дринчі, П.Н. Лапшина і Ю.А. Бахарева, І.І. Макарова, Я. Героба й К. Фрешера, Л.Г. Жмая, Х.Х. Валієва, Ф.Н. Ерка, С.А. Вайнруба, В.І. Резніченко і Ю.М. Помагаєва, Б.Т. Тарасова та ін., В.Н. Мінаєва й Х. Регге, В.П. Яговкина й В.А. Дурченкова, А.В. Миронова, А.П. Тарасенко та ін.

3.3. Технічна оснащеність процесу післязбирального обробітку зерна в південних районах України

Протягом чотирьох останніх десятиліть на Україні в КСП, радгоспах, агрофірмах, фермерських і орендарських господарствах використовуються агрегати, зерноочисно-сушильні комплекси, насіннеочисні приставки, відділення вентиляованих бункерів, пересувні зерноочисні, навантажувальні машини та інше обладнання для післязбиральної обробки й зберігання зерна, розроблені в Росії й Німеччині.

На Україні в УНИИМЭСХі (з 1975 року і далі) під керівництвом Е.С. Гончарова [51] розроблені вібровідцентрові зернові сепаратори, що підвищують продуктивність праці в 2...3 рази в порівнянні з існуючими ЗОМ. У Харківському державному агротехнічному університеті під керівництвом П.М. Заїки створені засоби сепарації важковідокремлюваних насінних сумішей, що підвищують продуктивність праці в селекції й первинному насінництві в 1,7...5 разів [52].

УНДІМЕСГом разом із ГСКБ по жнивварках м. Бердянська й Таврійською державною агротехнічною академією (ТДАТА) м. Мелітополя розроблено універсальний сепаратор для домолоту, очищення

і сепарації купи насіння трав і зернових культур.

У ТДАТА разом зі СПГАУ (м. Санкт-Петербург) створені робочі органи скальператорного типу, що підвищують продуктивність праці більш ніж в 2 рази й здатні працювати на зерно-соломистій не сипучій купі (А.С. СРСР №1586788; пат. України №.61469).

Роботи зі створення робочих органів і технологічних схем ЗОМ проводяться й іншими науковими колективами держави.

В умовах розпаду СРСР основні заводи-виготовлювачі техніки для ПУОЗ виявилися за межами України за винятком ВАТ Житомирський завод "Вібросепаратор", що випускає наступну техніку й обладнання для оснащення зернотоків, елеваторів, млинів і хлібоприймальних підприємств:

- сепаратори вібровідцентрові зерноочисні - призначені для очищення зерна й насіння зернових, круп'яних і бобових культур від бур'янистих і зернових домішок:

- А1-БЦСМ-100 - продуктивність 100 т/год;

- Р8-БЦСМ-50 - продуктивність 50 т/год;

- Р8-БЦСМ-25 - продуктивність 25 т/год;

- комплекти обладнання для реконструкції зерноочисних агрегатів ЗАВ-40 і ЗАВ-20:

- Р8-УЗКМ-50 - продуктивність 50 т/год;

- Р8-УЗКМ-25 - продуктивність 25 т/год;

- сепаратори вібровідцентрові для насіння кукурудзи:

- Р8-УЦСМ-1 - продуктивність 12 т/год;

- Р8-УЦСМ-2 - продуктивність 30 т/год;

- скальператори барабанні А1-Б32-0, призначені для поперед-

ньої очистки зерна. Продуктивність - 100 т/год;

- конвеєри стрічкові пересувні Р8-УКЛ-1, призначені для транспортування насипних вантажів нагору під кутом 20°. Продуктивність - 100 т/год;

- пристрою вертикальної подачі зерна двухпоточні 2НПЗ.

Продуктивність - 40 т/год;

- вентилятори радіальні пилові вибухозахищені:

- ВРПВ-3.15 - продуктивність 1850 м³/год, тиск 1494 Па;

- ВРПВ-4.1 - продуктивність 3780 м³/год, тиск 2525 Па;

- ВРПВ-6.3.1 - продуктивність 6680 м³/год, тиск 1581 Па;

- ВРПВ-8.1 - продуктивність 15000 м³/год, тиск 2630 Па;

- вентилятори відцентрові пилові:

- ВЦП-3 - продуктивність 2000 м³/год, тиск 1020 Па;

- ВЦП-5 - продуктивність 6000 м³/год, тиск 1550 Па;

- ВЦП-6 - продуктивність 8300 м³/год, тиск 1820 Па;

- ВЦП-8 - продуктивність 15000 м³/год, тиск 1620 Па;

- вентилятори високого тиску ВВД. Продуктивність 1200 м³/год, тиск 10000 Па.

Обладнання для зерноочистки та обробітку зерна розроблено та випускається на Україні: Могильов-Подільським машинобудівним заводом; Хорольським механічним заводом; Луганським підприємством “Алмаз,,; Карлівським машинобудівним заводом та іншими підприємствами.

Аналіз технічної оснащеності в галузі ПУОЗ, виконаний на базі більш ніж 150 господарств півдня України (АРК, Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська й ін. області), виявив наступний стан га-

лузі:

1. Більш ніж в 95% господарств відсутня потокова технологія обробки зерна, яку неможливо застосувати через відсутність достатньої кількості ЗОМ і іншого обладнання.

2. Продуктивність існуючих поточкових технологічних ліній забезпечує обробку в середньому 50...60% надходженого за добу від комбайнів матеріалу. В окремих господарствах ця цифра опускається до 20...25% і, отже, інша частина свіжозібраного зерна перебуває на відкритих площадках у буртах (за рідкісним винятком - під навісами) чекаючи наступної обробки.

3. У ряді господарств більше 50% зернового матеріалу обробляється на розрізних (пересувних) ЗОМ, при цьому витрати праці збільшуються в 4...8 разів у порівнянні з використанням потокової технології /18/.

4. Питомі рівні технічної оснащеності й енергооснащеності сусідніх господарств одного району (області), що мають приблизно однакові валові збори зерна, відрізняються в 2...3 рази, а витрати праці - до 5 разів.

Додаткове використання автотранспорту для переміщення зернових потоків по зернотокам при перевалочному методі обробки приводить до перевитрати дорогого рідкого палива.

5. Найбільше гостро стоїть проблема післязбиральної обробки насіння. Існуючі в кожному районі спеціалізовані насінницькі господарства перепрофілюються. Наприклад, за станом на 1992 р. тільки в Херсонській області з 19 насінгоспів залишилося 11. Аналогічна тенденція відзначається й в інших південних областях.

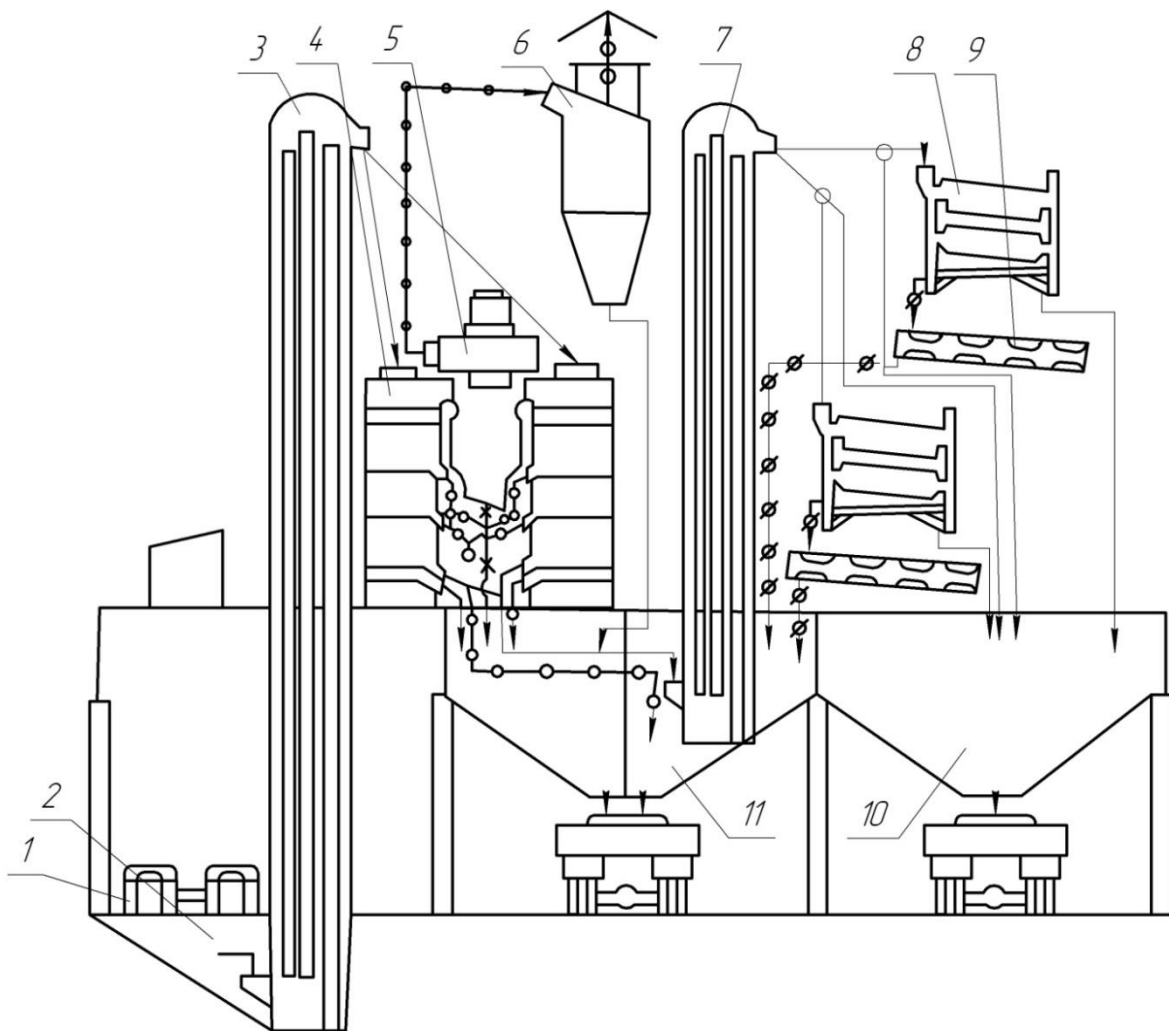
Лише в 3...5 % досліджених господарствах регіону є спеціальне насіннеочисне обладнання й більш ніж в 80 % не існують або не використовуються лабораторії по визначенню якості зернових матеріалів. Особливо низький рівень контролю якості функціонування пересувних ЗОМ.

Машина, що випускають на Україні Житомирським заводом "Вібросепаратор", призначені для первинного очищення зерна і функціонально не можуть замінити машини, призначені для обробки висококласного насіння.

6. Зростає фізичне зношування існуючого парку машин, різко знижене надходження запасних частин до них, практично немає поставок у господарства вітчизняної насіннеочисної техніки. Для ПЗОН використовується техніка, вироблена в Росії, Німеччині, Голландії й інших державах.

7. Припинено будівництво нових зернотоків, хоча проводиться подальша реконструкція існуючих зерноочисних агрегатів ЗАВ-40 і ЗАВ-20 комплектами обладнання Р8-УЗКМ-50 і Р8-УЗКМ-25, що збільшує продуктивність агрегатів в 1.6...2.2 рази (рис. 3.5). У деяких господарствах використовуються й будуються навіси над відкритими площадками для зерна, що частково охороняє матеріал від впливу погодних умов, але не дозволяє робити потокову технологію ПУОЗ.

8. Розробка проектів для будівництва й реконструкції зернотоків проводиться без обліку фактичної продуктивності ЗОМ і достатніх інформаційних і методично-розрахункових баз для конкретного господарства і реальних зональних умов.



1 - автомобіленавантажувач; 2 - завальна яма; 3 - норія завантажувальна 2НПЗ-20; 4 - вібровідцентровий зерновий сепаратор Р8-БЦС-50; 5 - вентилятор; 6 - пиловіддільник ЦОЛ-6; 7 - норія проміжна 2НПЗ-20; 8 - блок трієрний ЗАВ 10.90.000; 9 - шнек відходів ЗАВ 40.09.000; 10 - бункер чистого зерна; 11 - секція зернових відходів; 12 - секція незернових відходів.

Рисунок 3.5 - Схема технологічного процесу реконструйованого зерноочисного агрегату ЗАВ-40

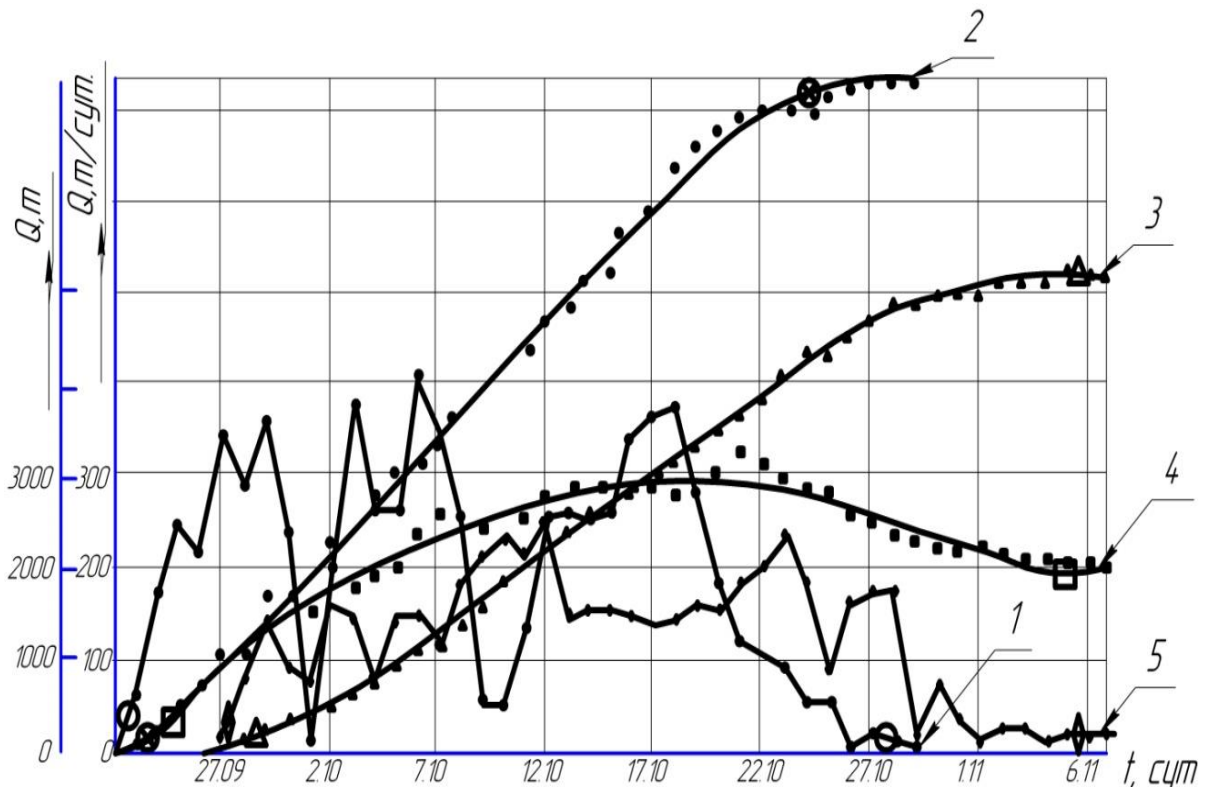
Експертне опитування фахівців галузі в господарствах (зав. зернотоком, агрономів-насінників, головних агрономів, головних інженерів, керівників господарств) показало їхню недостатню підготовленість до рішення завдань по обґрунтуванню параметрів технічної оснащеності ПУОЗ.

9. Відсутність потокової технології ПУОЗ у господарствах і низька технологічна дисципліна обслуговуючого персоналу призводять до підвищеного травматизму людей, порушення екологічних норм і розкрадання ЗМ.

10. Аграрні ВНЗ дають інженерні знання студентам по машинах і технологіях різних галузей рослинництва, але в навчальних програмах немає методичної бази для того, щоб випускник такого ВНЗ зміг вирішити завдання з обґрунтування раціонального набору машин і обладнання для післязбиральної обробки зерна, особливо насінневого призначення, стосовно конкретних умов господарства.

Найбільш характерну схему ПУОЗ у господарствах регіону можна розглянути на наступному прикладі (КСП "Україна" Джанкойського району АР Крим).

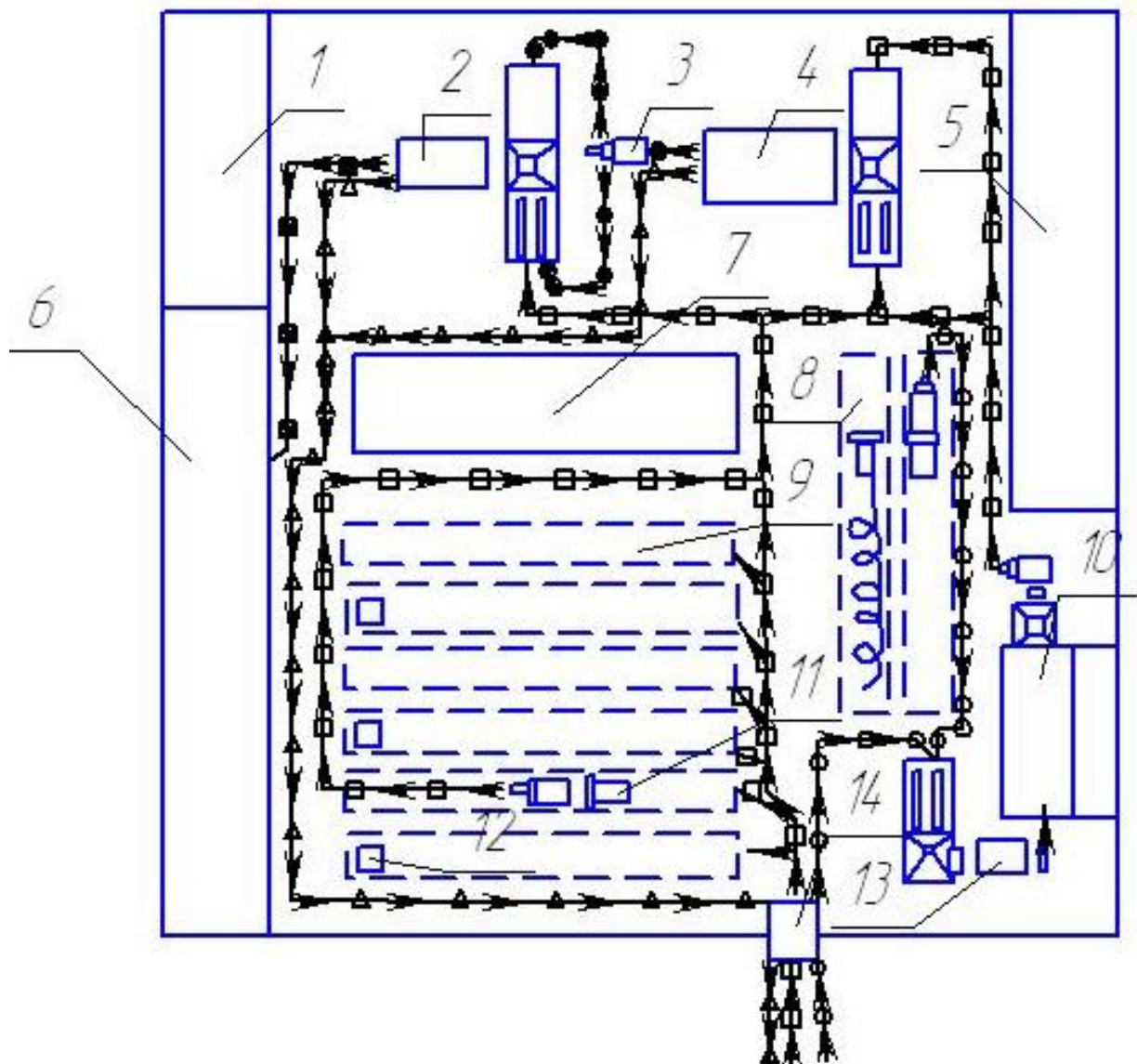
У господарстві, в період збирання рису-зерна, на зернотік надходить більше 7000 т. зерна (рис. 3.6). Період збирання врожаю становить 34 дня, при цьому добове надходження зерна коливається від 50 до 420 т. Паралельно здійснюється транспортування очищеного зерна на елеватор - понад 5000 т. за сезон.



- 1 – середньодобове надходження вороху на комплекс
- 2 – надходження вороху на комплекс за збиральний період
- 3 – вивезення зерна до елеватору за збиральний період
- 4 – накопичення необробленого вороху на комплекс за збиральний період
- 5 – середньодобове вивезення зерна на елеватор

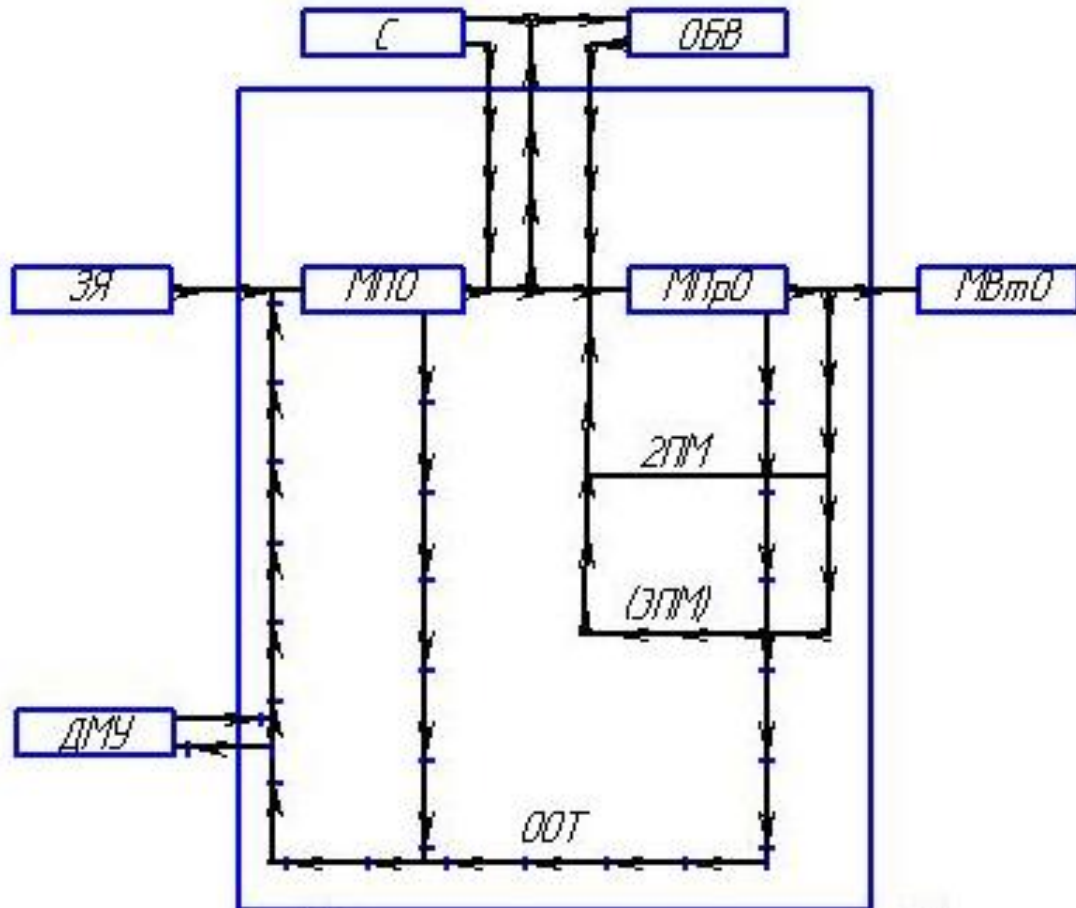
Рисунок 3.6 - Статистичні характеристики надходження зернового вороху рису на зернокомплекс КСП "Україна" Джанкойського району АРК

На території зернотоку розміщені (рис. 3.7) два агрегати - ЗАР-5 і ЗАВ-40; відділення прийому й попереднього очищення з ворохоочисником ВР-65; відділення вентиляованих бункерів ОБВ-100; пересувна зерносушарка СЗПЖ-8; три ворохоочисника пересувних ОВП-20А; зерноавантажувачі ЗПС-100; сім майданчиків для розміщення зерна в буртах і складські приміщення. Для транспортування зернових потоків по зернотоку й вивозу відходів використовуються три автомобілі ЗИЛ-ММЗ 555.



1 - навіс для очищення насінників трав; 2 - рисоочисний комплекс ЗАР-5; 3 - автомобіль ЗИЛ-ММЗ 555; 4 - зерноочисний агрегат ЗАВ-40; 5 - навіс для зберігання зерна просапних культур; 6 - склад для зберігання насінневого фонду зерна; 7 - склад для зберігання насінневого фонду рису; 8 - площадка для вологого вороху; 9 - площадка для вороху кондиційної вологості; 10 – відділення вентиляювання бункерів ОБВ-100; 11 - зерноавантажувач ЗПЗ -100; 12 - ворохоочисник ОВП-25; 13 - ворохоочисник ВР-65; 14 - вагова.

Рис. 3.7. Схема технологічна післязбиральної обробки рису в КСП "Україна" Джанкойського району АРК



ЗЯ – завальна яма; МПО, МПрО, МВТО - машини відповідно попереднього, первинного і вторинного очищення зерна; ДМУ – до-молочувальний устрій; С – сушарка; ОБВ – відділення вентиляювання бункерів; 2ПМ – 2-й пропуск матеріалу через ЗОМ; 3ПМ – 3-й пропуск матеріалу через ЗОМ; ООТ – обробка відходів.

Рис. 3.8. Схема структурна післязбиральної обробки рису в КСП "Україна" Джанкойського району АРК

За попереднім підрахунком добова продуктивність зерноочисних машин, Q_c , т/добу, дорівнюватиме

$$Q_c = (Q_{ЗАР-5} + Q_{ЗАВ-40} + 3 \cdot Q_{ОВП-20А}) \cdot K_{Э} \cdot K_K \cdot T, \quad (3.1)$$

де $Q_{ЗАР-5}$, $Q_{ЗАВ-40}$, $Q_{ОВП-20А}$, - паспортні продуктивності, відповідно ЗАР-5, ЗАВ-40, ОВП-20А, т/год;

K_e - коефіцієнт використання експлуатаційного часу, $K_e=0,8$;

K_k - коефіцієнт еквівалентності, що використовується при обробці відповідної культури, для рису $K_k=0,5...0,6$;

T - середня тривалість зміни, $T=10$ год.

$$Q_c = (20 + 40 + 3 \cdot 20) 0,8 \cdot 0,5 \cdot 10 = 480 \text{ т/добу}$$

Отже, навіть при "пікових" надходженнях зернового матеріалу від комбайнів (420 т/добу) на зернотік весь потік повинен оброблятися на протязі зміни.

Фактично (рис. 3.8) за період збирання на зернокомплексі накопичується близько 3000 т. свіжозібраного неочищеного зерна.

Нераціональне обґрунтування парку машин і технології ПЗОЗ призводять до 2-3 кратного пропуску матеріалу через ЗОМ (рис. 3.8) та іншим небажаним наслідкам, перелік яких наведений вище.

Розглянута схема характеризує стан ПЗОЗ при збиранні однієї культури - рису-зерна. Відповідно, при одночасному збиранні декількох культур (пшениці, ячменя, жита, вівса, озимих і ярих) ситуація на зернокомплексі буде ще складнішою.

В умовах зношування існуючого парку машин, відсутності поставок спеціального насіннеочисного обладнання, необхідних інформаційної й методико-розрахункової баз для розробки проектів, призначених для будівництва й реконструкції зернотоків конкретних господарств у реальних зональних умовах, а також при жорсткості енергетичної кризи на Україні проблема ПЗОЗ набуває істотної актуальності.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОЇ ОСНАЩЕНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

4.1 Багаторівнева модель системи технічної оснащення

До переліку найважливіших технологічних вимог, пропонованих до ПУОЗ входять потоковість (критерій мінімуму витрат), якість оброблюваної продукції й показник втрат зерна. При раціональному обґрунтуванні основних параметрів ЗОМ і агрегатів можуть бути правильно організовані технологічні процеси, що відповідають цим вимогам. При цьому враховується складний характер взаємодії збиральної техніки (надходження вихідного матеріалу на зернокомплекси), транспортних засобів і машин для ПУОЗ, погодних умов і характеристик зернових матеріалів - засміченості, вологості, натури та ін.

Вищезгадані особливості передбачають необхідність у системному підході й використанні імовірнісних методів системного аналізу, зокрема, імітаційного моделювання - одного з найбільш потужних і універсальних методів вивчення процесу функціонування об'єктів складної структури [53].

Суть системного підходу полягає в тім, що дослідники вивчають поведінку системи в цілому, а не зосереджують свою увагу на окремих її елементах.

У цьому випадку розглядається факт, що навіть якщо кожний елемент або підсистема мають оптимальні конструктивні або функціональні характеристики, то поведінка всієї системи може виявитися

нераціональною через взаємодію між елементами й підсистемами. Системний підхід при вивченні поведінки більших (складних) систем викладений у роботі Н.П.Бусленко [54].

Аналіз механізованих процесів у рослинництві й тваринництві, проведений С.В.Кардашевським, Л.В.Погорелим та ін. [55], дозволяє сформулювати основні характерні риси складних систем стосовно комплексів сільськогосподарських машин, використаних для здійснення цих процесів [21]:

- наявність ієрархічної структури - принципова можливість розчленування системи на взаємодіючі між собою елементи й підсистеми, що виконують різні технологічні, організаційні й виробничі функції;
- стохастичний характер процесів функціонування підсистем і елементів, що полягає в їхній взаємодії з постійно й випадковим чином змінюючимися факторами, зовнішнього середовища й внутрішніх збурювань;
- наявність загального для системи цілеспрямованого завдання й конкуруючих цілей функціонування підсистем при накладенні обмежень технічного, технологічного й економічного характеру;
- систематична схильність системи керування шляхом спрямованого впливу обслуговуючого персоналу на досягнення певних показників ефективності.

Для комплексів ПУОЗ у різній мірі характерні всі викладені риси, що дозволяє розглядати процеси їхнього функціонування, як процеси складних систем.

Для обліку взаємозв'язку системи доцільно завдання розділити на рівні залежно від об'єкта досліджень (рис.4.1).

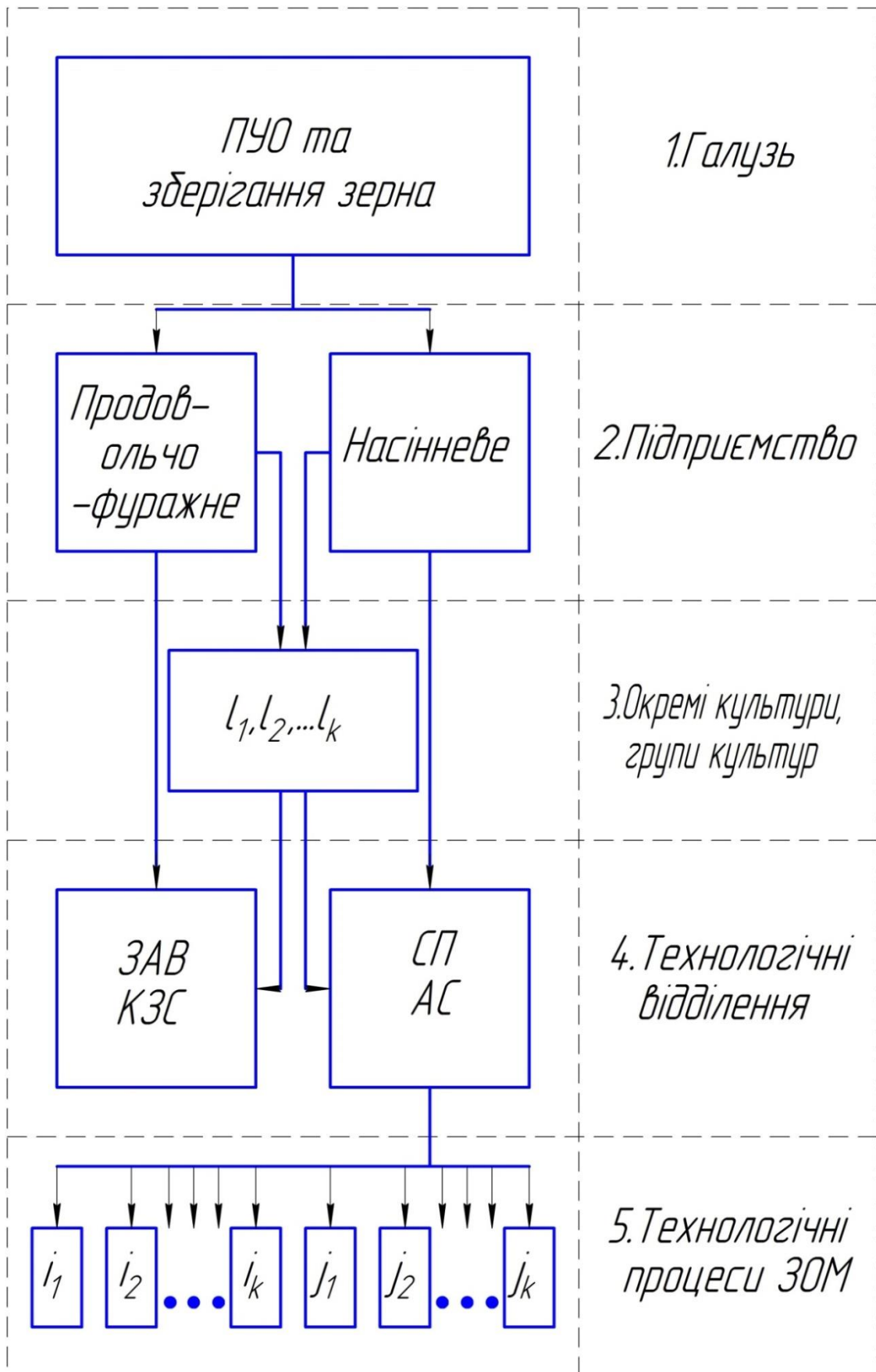


Рисунок 4.1 - Багаторівнева система ПУОЗ

В умовах господарств доводиться вирішувати ряд завдань, які ставляться до всієї галузі післязбиральної обробки зерна, його зберігання й становлять перший рівень. Другий рівень - підприємство може бути насінницьким, продовольчо-фуражного призначення або комбінованим. В основному методики розрахунку параметрів ТО ПУОЗ базуються на загальному валовому зборі зерна, що передбачає наявність третього рівня - переліку окремих культур, груп культур, сортів, репродукцій. Четвертий рівень технологічні відділення - агрегати й комплекси (ЗАВ, КЗС і т.п.), а також насіннеочисні приставки або спеціалізовані насіннеочисні лінії (СП, АС та ін.). З огляду на ймовірно-статистичну природу функціонування ЗОМ у конкретних природно-кліматичних умовах регіону, у даній системі розглядається п'ятий рівень - технологічні процеси ЗОМ.

Набір технічних засобів для ПУОЗ не є градаційною сумою машин і обладнання, що задовольняє потреби будь-якого господарства, хоча в попередні роки багато фахівців галузі вважали, що впровадження агрегатів ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-40 та ін. у виробництво вирішує проблеми ПУОЗ.

Строки реалізації процесу ПУОЗ значною мірою залежать від погодних умов. Для збирального сезону кожного року формується свій конкретний графік виконання робіт. Склад засобів ТО може змінюватися залежно від умов року збирання, що ще раз підтверджує необхідність обліку імовірнісної природи умов формування строків ПУОЗ.

У роботах Е.Г.Єнікєєва і П.Л.Пашичева [56, 57] структура й склад засобів ТО обґрунтовані в результаті виконання наступного ряду формалізованих процедур:

- імовірнісна процедура формування строків проведення механізованих робіт галузі для ряду років (розмір ряду повинен забезпечувати задану вірогідність оціночних показників, обумовлених у наступних процедурах);
- оптимізація складу й структури засобів ТО рослинництва для кожного з варіантів графіків виконання робіт, сформованих на попередньому етапі розрахунку;
- побудова щільності розподілу оціночних показників, отриманих у результаті оптимізації ряду графіків виконання робіт з обґрунтування структури й складу засобів ТО.

Цілі, методи й засоби рішення ієрархічної схеми завдання обґрунтування рівня ТО можуть бути розроблені інакше, чим це представлено на рисунку 4.1. Так, пропонується знайти трохи відмінні схеми, побудовані за технологічним і територіальним принципами, які охоплюють більш високі рівні (технічну оснащеність природно-економічної зони, району, регіону і т.д.) та побудовані за технологічним і територіальним принципами.

Для вирішення завдань на кожному рівні використовуються показники якості, що відображають ефективність функціонування машин і агрегатів [56,57].

Основні положення ефективного функціонування робочих процесів сільськогосподарських машин і їхніх систем керування ро-

зроблені А.Б. Лур'є [58].

Як основний показник ефективності сільськогосподарських агрегатів варто вважати умову:

$$E \in E_{\text{доп}}, \quad (4.1)$$

де $E = Y - U_n$ - випадковий вектор відхилень функції результатів роботи агрегату Y від деякої заданої функції U_n , що показує, як він повинен працювати;

$E_{\text{доп}}$ - припустима область відхилень.

Здатність агрегату виконувати задані операції на рівні не нижче заданого протягом певного проміжку часу визначає оцінку ефективності його функціонування.

При вирішенні завдань на всіх рівнях, крім показників ефективності функціонування засобів ТО, важливе значення має показник приведених витрат на одиницю продукції.

При дослідженні будь-якої складної системи Н.П.Бусленко [59] пропонує два способи:

- обробка даних натурального експерименту;
- метод моделювання процесу функціонування систем.

Експериментальне дослідження при цьому повинне дотримувати наступних умов:

- система допускає зміну режимів функціонування, необхідних для вирішення завдання;
- існує можливість фіксації всієї необхідної інформації при припустимих витратах;
- фіксація й обробка цієї інформації в реальному масштабі

часу дозволяє нагромадити достатній обсяг даних;

- зміна режимів функціонування устаткування при проведенні експериментів не веде до значних втрат, аварій і інших небажаних наслідків.

Найбільш доцільним, на наш погляд, є сполучення експериментального й математичного методів моделювання.

Розглянута багаторівнева система ТО ПУОЗ передбачає використання імовірнісних методів системного аналізу, зокрема, імітаційного моделювання - одного з найбільш потужних і універсальних методів вивчення процесу функціонування об'єктів складної структури [53], що дозволяє вирішувати завдання обґрунтування параметрів ТО ПУОЗ.

4.2 Використання методу імітаційного моделювання при обґрунтуванні параметрів технічної оснащеності

Процеси збирання й післязбиральної обробки зерна можна розглядати у вигляді процесу функціонування складної системи, що відноситься до класу систем масового обслуговування.

Випадкові векторні функції часу впливу на систему представлені у вигляді

$$F(t) = [f_1(t), f_2(t), \dots, f_u(t)], \quad (4.2)$$

де $f_1(t), f_2(t), \dots, f_u(t)$ - скалярні функції зміни характеристик маси, яку збирають, що допускають можливість впливу на продуктивність машин функції зміни втрат урожаю $d(t)$ залежно від часу досягнення біологічної спілості й функції $c(t)$, що приймає значення 1 у світлий час і дорівнює 0 в іншому випадку.

В функцію $d(t)$ можуть включатися як фізичні втрати, пов'язані із самоопаданням і впливом робочих органів збиральних машин на культури, так і втрати, пов'язані з біологічним збереженням врожаю.

За вимогу або заявку в моделі приймається обсяг маси, яку збирають, що вміщається в бункер збиральної машини або транспортного засобу.

Як обслуговуючі прилади в моделі розглядаються транспортні засоби й машинні технології процесу ПУОЗ.

Якщо продуктивність машин залежить від характеристик оброблюваного матеріалу, то час обслуговування на приладі, що імітує цю машину, визначається [21].

$$\tau_{ij}^k = \frac{m_j}{q_k(P_j)} + \xi_k \quad (4.3)$$

де m_j - маса j -ї вимоги, кг.;

$q_k(P_j)$ - функція регресії, що виражає залежність продуктивності машини від характеристик оброблюваного матеріалу, кг/с;

P_j - вектор параметрів j -тої вимоги (характеристики оброблюваного матеріалу);

ξ_k - випадкова складова часу обслуговування, с.

Для машин і обладнання, продуктивність яких не залежить від оброблюваних матеріалів, час обслуговування вимог на відповідних їм приладах визначається розподілом випадкової величини часу обслуговування.

Строк зберігання свіжозібраного зернового матеріалу обмежений. Це обмеження задається функцією часу припустимого збері-

гання без обробки $T_{\text{доп}(P)}$.

Ефективність функціонування комплексу машин і устаткування для ПУОЗ визначимо наступними показниками:

$$e_1 = 1 - \frac{G_{\text{рп}}}{G} \quad (4.4)$$

де e_1 - неприпустимість скупчення зерна на резервній площадці;

G - загальна кількість оброблюваного матеріалу, доставлена транспортними засобами на післязбиральну обробку, т;

$G_{\text{рп}}$ - кількість матеріалу, що одержав відмову в прийомі на обробку в технологічну лінію через її перевантаження, т;

$$e_2 = 1 - \frac{G_{\text{св}}}{G} \quad (4.5)$$

де e_2 - необхідність запобігання втрат зерна через його несвоєчасну обробку;

$G_{\text{св}}$ - кількість матеріалу, оброблене протягом заданого строку, т.

У момент прибуття транспортного засобу з порцією оброблюваного матеріалу показник e_1 представляє ймовірність того, що в прийомному пристрої буде досить місця для розміщення цієї порції.

Час зберігання оброблюваного матеріалу обмежено й регламентується показником e_2 . Якщо час зберігання перевищує припустимий (особливо це стосується процесів збирання рису - зерна в південних районах України), може наступити самозігрівання й псування зерна. У цьому випадку фіксується технологічна відмова, пов'язана з перевищенням часу зберігання оброблюваного матеріалу.

Використання математичних моделей для обґрунтування параметрів ТО ПУОЗ містить у собі наступні етапи [15].

1. Збір і обробка даних для побудови моделей зовнішніх збувань (функцій $F(t)$, $c(t)$, $d(t)$).

Необхідний систематичний збір даних на зональних машиновипробувальних станціях, що визначає умови функціонування розглянутих систем.

2. Побудова регресійних залежностей продуктивності машин для ПУОЗ, характерних для розглянутої зони.

3. Трансляцію моделей - розробку моделюючого алгоритму й програми для ЕОМ.

У цій ситуації варто віддати перевагу спеціалізованим мовам моделювання, таким, як, наприклад, моделювання систем масового обслуговування, що дозволяє полегшити процеси розробки й використання програм.

4. Планування машинних експериментів з розробленими моделями. Вони можуть бути використані для вирішення завдань аналізу впливу різних факторів на процес функціонування зернокомплексу і вирішення завдань синтезу - обґрунтування значень параметрів машин і устаткування.

Кожний варіант комплексу представлений певним набором параметрів [21]:

- розрахунковою продуктивністю машин і устаткування для ПУОЗ, т/год;
- місткістю прийомного пристрою зернокомплексу, m^3 ;
- місткістю міжопераційних накопичувачів, m^3 .

Ефективність функціонування комплексу визначається сукупністю показників

$$E_k = (e_1, e_2, e_{ПЗ}) \quad (4.6)$$

де e_1, e_2 - показники ефективності функціонування комплексу (див. формули (4.4) і (4.5));

$e_{ПЗ}$ - показник наведених витрат, грн/т. Кожний варіант комплексу характеризується вектором

$$E_k(A_i) = (e_1(A_i), e_2(A_i), e_{ПЗ}(A_i)), \quad (4.7)$$

де A_i - варіант комплексу.

Для ухвалення рішення про вибір варіанта комплексу скористаємося критерієм, що представлений у вигляді функції від вектора показників ефективності функціонування

$$E_9 = f(e_1, e_2, e_{ПЗ}) \quad (4.8)$$

У теорії більших систем розроблений цілий ряд методів побудови інтегральних критеріїв [21]. Для вирішення нашої системи скористаємося методом, заснованим на тім, що один з показників ефективності приймається в якості узагальненого, а всі інші враховуються у вигляді обмежень.

Показник наведених витрат $e_{ПЗ}$ приймемо, як узагальнений критерій, а показники ефективності функціонування e_1, e_2 - як обмеження.

Поставлене завдання є завданням математичного програмування (співвиконавець В.М.Дегтев).

У літературі по статистичному моделюванню [60] приводяться різні методи рішення аналогічних завдань: метод найкращої проби, градієнтні методи та ін. Для поставленого завдання, на наш погляд,

найбільш доцільним є використання ітераційної процедури покомпонентної оптимізації И.П.Бусленко [59].

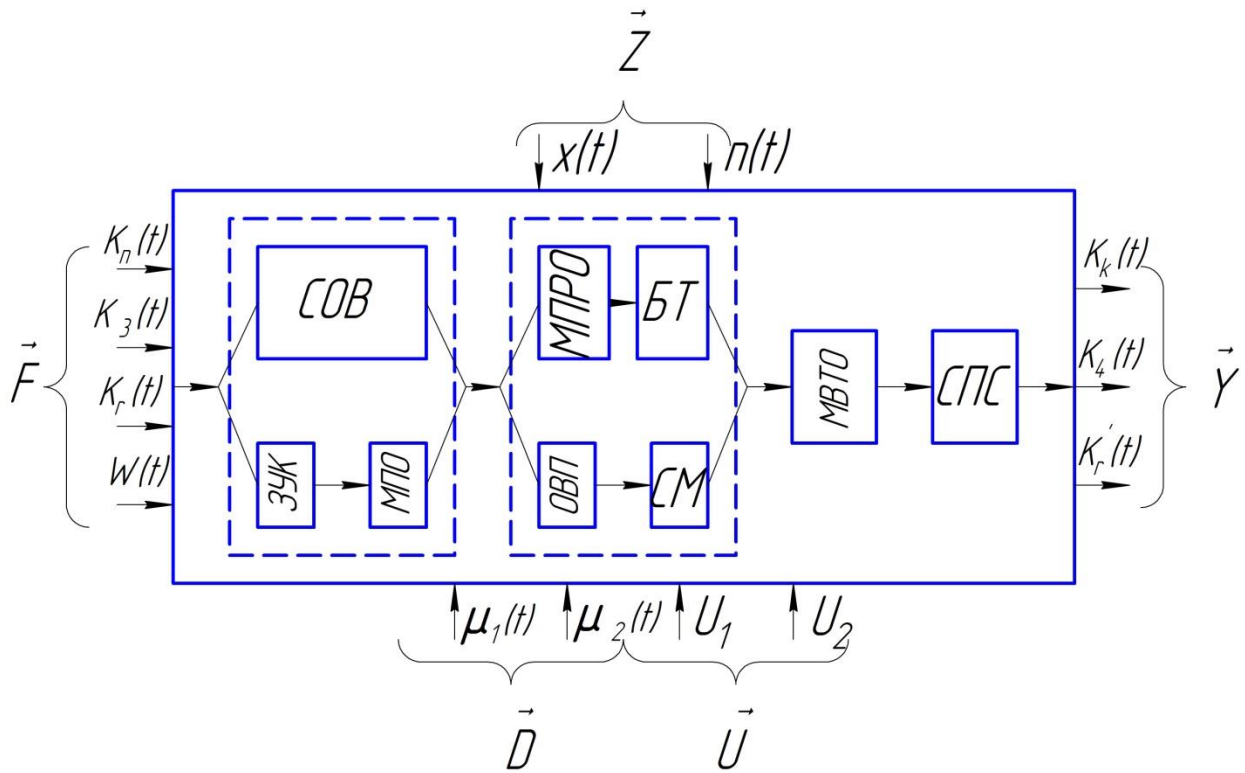
Після того, як моделююча програма розроблена, складається план реалізації експериментів і проводяться розрахунки по обґрунтуванню параметрів комплексу для післязбиральної обробки зерна для регіональних умов.

4.3 Моделі функціонування технічної оснащення

У технологічній моделі функціонування системи ПУОЗ (рис. 4.2) показники якості роботи устаткування тісно взаємозалежні з ймовірностями знаходження на припустимих рівнях: умов роботи, технологічного стану системи й внутрішньої перешкоди.

Для заданої технологічної моделі функціонування ТО ПУОЗ введені індекси машин, які служать для обробки матеріалу "Невейка" у відділенні, складеному із молотильно-сепаруючого пристрою, зернозбирального комбайна (ЗУК) і машини попереднього очищення (МПО) або з експериментального молотильно-сепаруючого блоку (СОВ).

Наступна обробка такого матеріалу або купи, що надходить від комбайна з полів, може вироблятися на стаціонарному комплексі типу ЗАВ, до складу якого входять машина первинного очищення (МПрО) і трієрний блок (БТ). В інших випадках матеріал може оброблятися на ворохоочисниках (ОВП) і насіннеочисній машині (СМ). Насінневий матеріал передбачається додатково пропустити через машину вторинного очищення (МВТО) і пневмостіл (СПС).



- \vec{D} – вектор – функція стану системи
- \vec{D} – вектор – функція умов роботи
- \vec{D} – вектор – функція показників роботи
- \vec{D} – вектор – функція управління
- \vec{D} – вектор – функція внутрішніх процесів (перешкод)

Рисунок 4.2 - Технологічна модель системи ПУОЗ

Розроблена модель функціонування ТО ПУОЗ показує необхідність визначення технологічних допусків показників якості роботи ЗОМ в умовах їхнього нормального функціонування, що повинно бути враховане при розробці методів розрахунку параметрів ТО процесу ПУОЗ.

Розглянемо модель функціонування окремо працюючої ЗОМ, представлені у вигляді однієї системи (рис. 4.3).

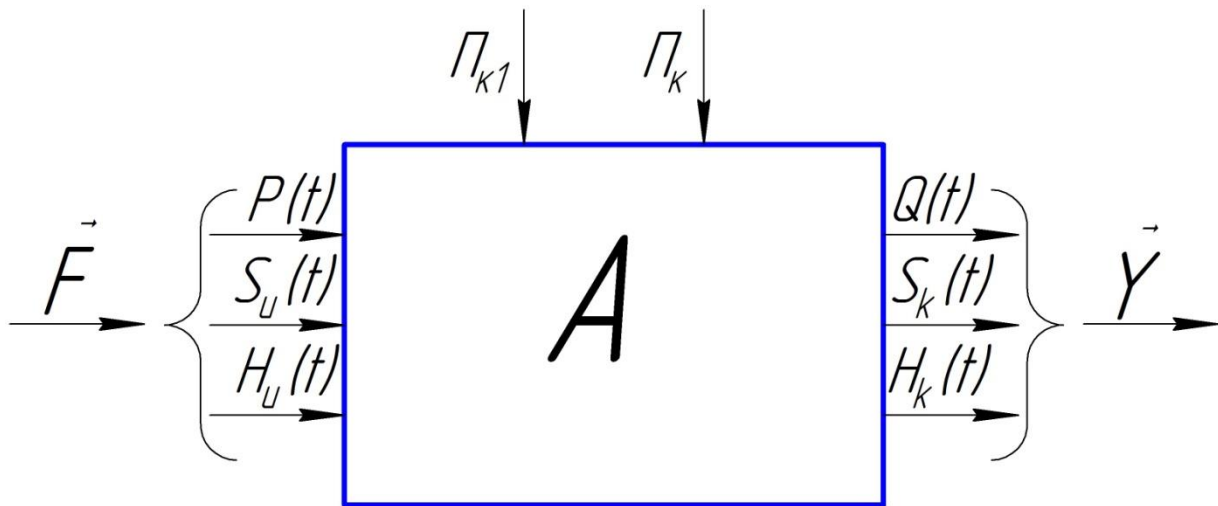


Рисунок 4.3 - Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді однієї системи

На вході моделі діє вектор - функція \vec{F} умов роботи, складовими якої є подача $P(t)$, вихідна засміченість $S_u(t)$, натура зерна $H_u(t)$. Як зазначено в розділі 1, вологість W вихідного зернового матеріалу в південних районах України практично не впливає на показники функціонування ЗОМ (за винятком рису - зерна). Втрати повноцінного зерна Π у відходи і ефект очищення E_o фіксувалися в полі заданого допуску.

Вихідні параметри представлені вектором-функцією \vec{Y} показників якості роботи машини. Це продуктивність $Q(t)$, кінцева засміченість $S_k(t)$ і натура очищеного матеріалу $H_k(t)$.

Керуючими впливами в моделі прийняті: конструктивно-технологічні параметри Π_{k1} (геометричні розміри й тип решітних отворів, параметри повітряних потоків, ступінь відкриття живильних заслінок і т.п.) кінематичні параметри Π_k решіт, що коливаються, деків пневмостолів, барабанів трієрів та ін.

Для оцінки якості розрахункова схема моделі функціонування ЗОМ доповнюється вектором

$$y_n = \{Q_n(t), S_{kn}(t), H_K(t)\}, \quad (4.9)$$

регламентуючим роботу ворохоочисника. Відхилення вектора \bar{y} від вектора \bar{y}_u визначає точність роботи ЗОМ [60], причому відхилення

$$E_T = \bar{y} - \bar{y}_u, \quad (4.10)$$

утворить у загальному випадку вектор

$$E_T = \{e_T^1(t), e_T^2(t), \dots, e_T^i(t), \dots, e_T^l(t)\} \quad (4.11)$$

Вектор \bar{y}_u можна розглядати, як вихідний вектор якоїсь ідеальної машини, що забезпечує її функціонування без помилок ($E_T = 0$) відповідно до встановлених для неї технологічних, експлуатаційних, енергетичних та інших вимогам [60].

Розглянемо модель функціонування ЗОМ, представлену у вигляді трьох підсистем (рис. 4.4), кожна з яких має один вихід $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$, і три входи $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$.

Оператор A_i ($i=Q, S_k, H_k$) визначає властивості кожної з підсистем і характеризує перетворення вхідних впливів $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ у вихідні. Вхідний процес $F(t)$ ЗОМ перетвориться за допомогою оператора A_j у вихідний процес $y(t)$ так [61]:

$$y(t) = A_i [F(t)] \quad (4.12)$$

Встановлено, що процеси $F(t)$ і $y(t)$ є випадковими й задаються безліччю їхніх реалізацій, тобто

$$\left. \begin{aligned} \vec{F}(t) &= \{P(t), S_k(t), H_u(t)\} \\ \vec{y}(t) &= \{Q(t), S_k(t), H_k(t)\} \end{aligned} \right\} \quad (4.13)$$

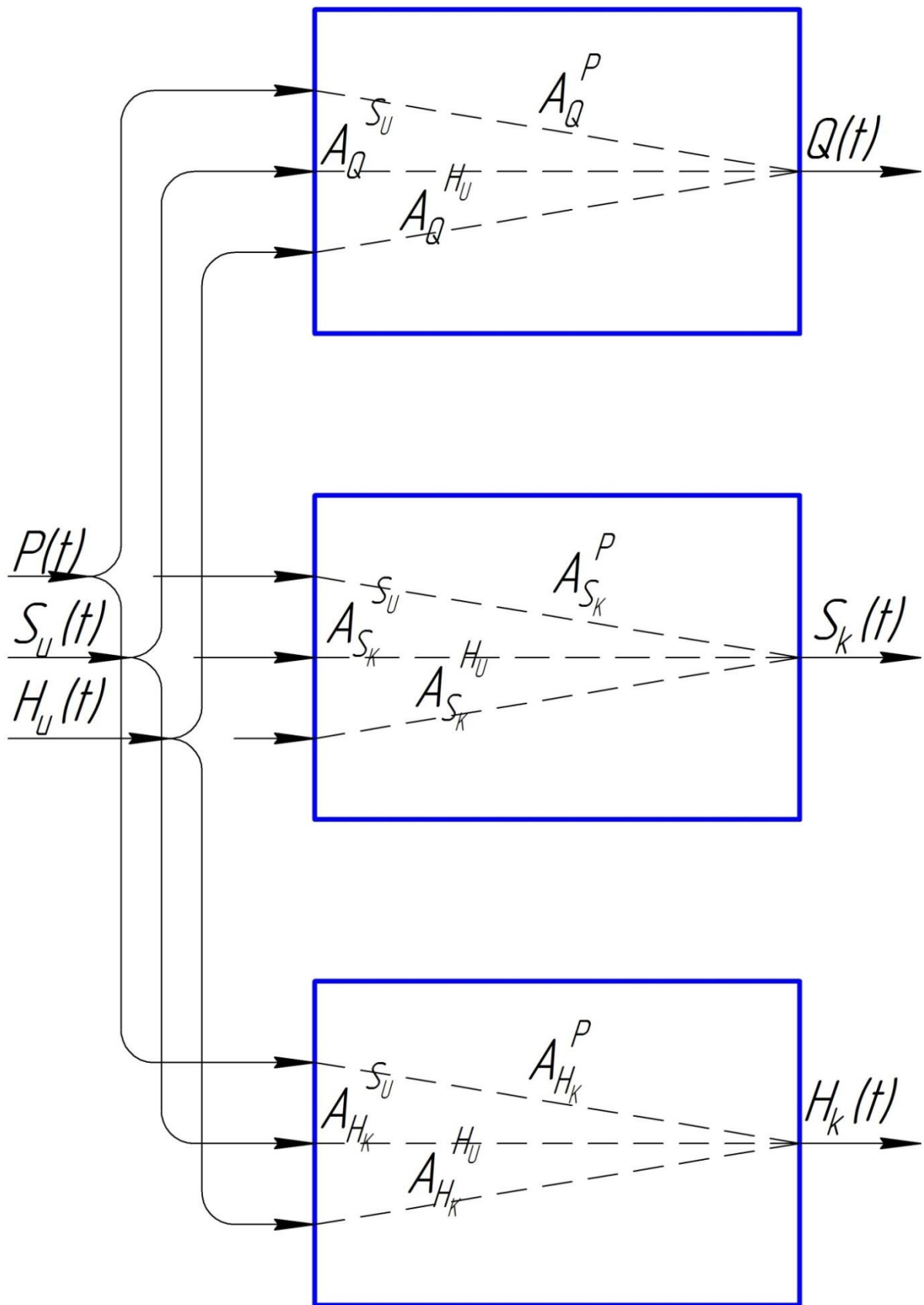


Рисунок 4.4 – Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді трьох систем

Відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ N 21878-76, оператор системи визначає установку, за якою кожної реалізації вхідного сигналу ставиться в однозначну або взаємнооднозначну відповідність реалізації вихідного сигналу [61]. Для кожної моделі, представленої на рис. 3.3, при такому визначенні оператора можна записати наступні співвідношення:

$$\begin{aligned}
 Q(t) &= A_Q^P [P(t) + A_Q^{Su} [S_u(t)] + A_Q^{Hu} [H_u(t)] \\
 S_k(t) &= A_{Sk}^P [p(t) + A_{Sk}^{Su} [S_u(t)] + A_{Sk}^{Hu} [H_u(t)] \\
 H_k(t) &= A_{Hk}^P [p(t) + A_{Hk}^{Su} [S_u(t)] + A_{Hk}^{Hu} [H_u(t)]
 \end{aligned}
 \tag{4.14}$$

Із цього виразу (4.14) видно, що оператори A_Q^i , A_{Sk}^i , A_{Hk}^i встановлюють відповідність між вхідними впливами $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ і вихідними змінними $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$.

Побудова лінійних моделей об'єктів ТО ПУОЗ деякою мірою спотворює фізичну сутність явищ, що відбуваються в системі, але, проте, це дозволяє вирішувати складні завдання проектування технологічних об'єктів і проводити якісну й кількісну оцінку їхніх вихідних координат.

4.4 Математичні моделі технологічних процесів об'єктів післязбиральної обробки зерна

Аналітичний метод побудови математичних моделей ЗОМ зводиться практично до опису їхніх робочих органів і навіть елементів цих органів. При цьому виникає складне завдання через наявність численних внутрішніх і зовнішніх сил, що діють на зерновий матеріал при різних етапах проходження його по робочих органах. Так, не враховується стохастична природа умов функціонування машин, і одер-

жати прогноз показників якості роботи досліджуваних об'єктів в умовах їхнього нормального функціонування є неможливим.

У зв'язку із цим побудова моделей здійснюється методом ідентифікації - ототожненні моделі об'єкту - оригіналу за відомими "вхідними" і "вихідними" даними /49/.

Побудова математичної моделі технологічного процесу об'єкта ПУОЗ (зерноочисної машини або агрегату) методом ідентифікації передбачає наступне. При сталих режимах роботи (з урахуванням культури, її призначення, якості вихідного матеріалу, виконання допусків на показники функціонування ЗОМ та ін.), синхронно виходять реалізації вхідних і вихідних змінних. За цими реалізаціями визначаються оцінки оператором А. Близькість оцінки оператора А до його істинного значення визначає відповідність реального об'єкта і моделі.

Кількісною оцінкою може бути дисперсійна міра ідентичності моделі [61]:

$$\xi_D = \frac{D_y^1}{D_y}, \quad (4.15)$$

де D_y - дисперсія вихідної змінної;

D_y^1 - частина дисперсії D_y ; яка обумовлена вхідними змінними $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ або дисперсія прогнозу.

Для ідентифікації статичних моделей використовується регресійний аналіз. Для ідентифікації динамічних моделей використовуються відомі співвідношення в тимчасовій і частотній областях (кореляційні функції, спектральні щільності, амплітудно-частотні характеристики, передаточні функції і т.ін.) [60].

Сукупність названих двох типів моделей дає досить вичерпні характеристики при дослідженні робочих органів з метою їх оптимізації, для прогнозу показників якості роботи машин, для складання технічних завдань на проектування й ін.

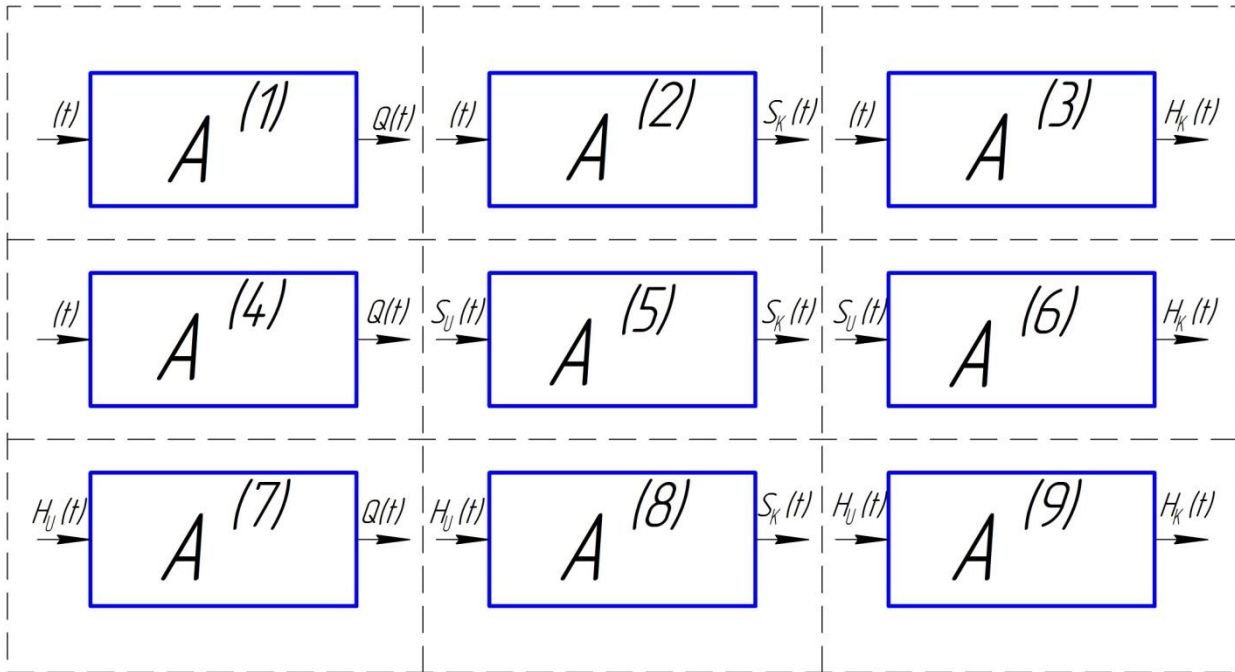


Рисунок 4.5 - Одномірні розрахункові моделі

Представимо багатомірну модель об'єктів у вигляді одномірних моделей (рис. 4.5), використовуючи для цього принцип суперпозиції. Оператор А (рис. 4.3) можна представити при цьому сукупністю приватних операторів для випадку, коли на "вході" і "виході" по три змінних - відповідно: $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ і $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$ (рис. 5.1., 5.2., 5.3., 5.4., 5.5.):

$$A = \{A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}, A^{(7)}, A^{(8)}, A^{(9)}\} \quad (4.16)$$

У випадку, якщо на "вході" $P(t)$ і $S_u(t)$, а на "виході" три - $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$ (рис. 5.2.), то отримаємо вираз:

$$A_0 = \{A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, A_0^{(4)}, A_0^{(5)}, A_0^{(6)}\} \quad (4.17)$$

Завдання побудови моделі регресії технологічного процесу будь-якої сільськогосподарської машини зводиться до визначення оцінки умовного математичного очікування $m_{y/f}$ вихідної реалізації $y(t)$ відносно фіксованих рівнів вхідної реалізації $f(t)$ [60].

Умовне математичне очікування $m_{y/f} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{y(t_1)}{f} \right]$ випадкового процесу $y(t)$ щодо фіксованого значення іншого процесу $F(t) = f$ у фіксований момент часу t_1 визначається виразом:

$$m_{y/f} = \int_{-\infty}^{\infty} (yf(y)f; t_1) dy \quad (4.18)$$

Цей вираз являє собою функцію-регресію - залежність умовного математичного очікування реалізації випадкового вхідного процесу $y(t)$ від значень реалізації випадкового вихідного процесу $f(t)$. Рівняння регресії можуть бути лінійними й нелінійними.

Оскільки для рішення нашого завдання не висувається програма досліджень по обґрунтуванню раціональних або оптимальних значень конструктивних, кінематичних та інших параметрів робочих органів сільськогосподарських машин, а розглядається прогнозове завдання з визначення показників якості роботи об'єкта, то зупинимося на лінійній регресії.

Рівняння лінійної регресії реалізації $y(t)$ стаціонарного випадко-

вого процесу щодо значення f_i реалізації $f(t)$ іншого випадкового процесу має вигляд:

$$m_{y/f} = m_y + \frac{S_y R_{yf}}{S_f} (f - m_f), \quad (4.19)$$

де m_y й m_f - середні значення вхідних і вихідних процесів;

S_y і S_f - середньоквадратичне відхилення;

R_{yf} - значення коефіцієнта кореляції.

Якщо представити $\frac{S_y R_{yf}}{S_f} = b$ і $m_y - b m_f = a$, тоді

$$m_{y/f} = a + b f, \quad (4.20)$$

де a й b - коефіцієнти лінійної регресії.

Вираз (4.20) аналогічно представлено в розділі 5 за формулою 5.10.

Значення коефіцієнтів a й b обчислюється відомими методами [17] (наприклад, методом найменших квадратів).

Використовуючи принцип суперпозицій, багатомірну математичну модель об'єкта можна представити як сукупність його одномірних моделей.

Таким чином, регресійну модель технологічного процесу досліджуваного об'єкта із трьома вхідними й вихідними змінними, з урахуванням виразу (4.16), можна представити у вигляді:

$$\left. \begin{aligned}
 m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ}P \\
 m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k}P \\
 m_{H_k/P} &= a_{PH_k} + b_{PS_k}P \\
 m_{Q/S_u} &= a_{S_uQ} + b_{S_uQ}S_u \\
 m_{S_k/S_u} &= a_{S_uS_k} + b_{S_uS_k}S_u \\
 m_{H_k/S_u} &= a_{S_uH_k} + b_{S_uH_k}S_u \\
 m_{Q/H_u} &= a_{H_uQ} + b_{H_uQ}H_u \\
 m_{S_k/H_u} &= a_{H_uS_k} + b_{H_uS_k}H_u \\
 m_{H_k/H_u} &= a_{H_uH_k} + b_{H_uH_k}H_u
 \end{aligned} \right\} \quad (4.21)$$

Для об'єкта із двома вхідними й трьома вихідними змінними регресійну модель, з урахуванням виразу (4.17), можна представити так:

$$\left. \begin{aligned}
 m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ}P \\
 m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k}P \\
 m_{\Pi/P} &= a_{P\Pi} + b_{P\Pi}P \\
 m_{Q/S_u} &= a_{S_uQ} + b_{S_uQ}S_u \\
 m_{S_k/S_u} &= a_{S_uS_k} + b_{S_uS_k}S_u \\
 m_{\Pi/S_k} &= a_{S_k\Pi} + b_{S_k\Pi}S_u
 \end{aligned} \right\} \quad (4.22)$$

Отримані математичні моделі застосовувані до об'єктів, дослідженими нами в умовах нормального функціонування при випробуваннях їх у південному регіоні України. Це повнокомплексна насінне-очисна лінія; зерноочисний агрегат ЗАВ-40 (одна лінія з додатково

встановленою машиною ЗВС-20); машина первинного очищення ЗВС-20; ворохоочисник скальператорного типу; лінія для обробки вороху на стаціонарі.

При використанні виразів (4.21, 4.22) для математичного опису технологічних процесів об'єктів ПУОЗ недостатньо мати тільки сукупність рівнянь регресії. Необхідно знати наскільки достовірним буде прогноз показників якості по кожному з рівнянь і при цьому виникає завдання визначення ступеню ідентичності одномірних моделей. Вона визначається зі співвідношення [61]:

$$\xi_D = \frac{D\left\{m_{y/f}\right\}}{D_y} \quad (4.23)$$

де $D\left\{m_{y/f}\right\}$ - дисперсія умовного математичного очікування (функції регресії щодо фіксованих рівнів вхідного вектора;

D_y - дисперсія вихідного процесу.

Вираз (4.23) визначає частку повної регресії вихідного процесу, обумовленого впливом вектора \vec{F} вхідних впливів моделі й може бути названий дисперсією прогнозу $D_{пр}$.

Повна дисперсія D_y вихідної випадкової величини складається із двох складових: дисперсії прогнозу $D_{пр}$ і залишкової дисперсії $D_{ост}$

$$\begin{aligned} D_y &= D_{пр} + D_{ост}, \\ D_{ост} &= M\left[D_{y/f}\right] \end{aligned} \quad (4.24)$$

Залишкова дисперсія $D_{ост}$ враховує частину загальної дисперсії

вихідного процесу, що обумовлено вхідними впливами, які не враховуються. Тоді

$$\xi_D = \frac{D_{\text{ПП}}}{D_y} = 1 - \left(\frac{D_{\text{ОСТ}}}{D_y} \right) = 1 - \xi, \quad (4.25)$$

де ξ - погрішність моделі або ступінь ідентичності моделі реальному об'єкту.

Зі співвідношень (4.23) і (4.24) видно, що ступінь ідентичності ξ_D моделі чисельно дорівнює значенню коефіцієнта кореляції R_{yf} .

Для лінійних моделей приймається наступне співвідношення:

$$\xi_D = R_{yf}^2, \quad (4.26)$$

де R_{yf} - коефіцієнт кореляції між вхідним збурюванням f і вихідним показником Y .

Відповідно до рекомендацій [61] ступінь ідентичності моделей повинна бути не менш 0,65...0,70, що можливо для одномірних моделей, у яких найчастіше ступінь статистичного зв'язку між вхідними і вихідними змінними досить висока (коефіцієнт кореляції не нижче 0,75...0,80). Ступінь ідентичності моделей, у яких коефіцієнт кореляції становить $R_{yf} = 0,5...0,6$, невисока. Такі моделі можуть характеризувати технологічні процеси приблизно.

При побудові математичних моделей технологічних процесів з декількома вхідними змінними (наприклад, трьома) і однією вихідною рівняння регресії має вигляд:

$$m_{y/f} = a_0 + a_1 f_1 + a_2 f_2 + a_3 f_3 \quad (4.27)$$

Або, з урахуванням прийнятих умовних позначок і у вигляді, зручно-

му для введення в машинний імітаційний експеримент, одержимо систему рівнянь відповідно для: повнокомплектної насіннеочисної лінії; зерноочисного агрегату ЗАВ-40 (одна лінія з додатково встановленою машиною ЗВС-20); машини первинного очищення ЗВС-20; ворохоочисника скальператорного типу; лінії для обробки вороху на стаціонарі:

$$Q_1 = a_0^1 + a_1^1 P_1 + a_2^1 S_{u1} + a_3^1 H_{u1} \quad (4.28)$$

$$Q_2 = a_0^2 + a_1^2 P_2 + a_2^2 S_{u2} + a_3^2 H_{u2} \quad (4.29)$$

$$Q_3 = a_0^3 + a_1^3 P_3 + a_2^3 S_{u3} + a_3^3 H_{u3} \quad (4.30)$$

$$Q_4 = a_0^4 + a_1^4 P_4 + a_2^4 S_{u4} \quad (4.31)$$

$$Q_5 = a_0^5 + a_1^5 P_5 + a_2^5 S_{u5} + a_3^5 H_{u5} \quad (4.32)$$

де, для зерноочисних машин і агрегатів:

- Q_1, Q_2, \dots, Q_5 - продуктивність;
- P_1, P_2, \dots, P_5 - подача вихідного матеріалу;
- $S_{u1}, S_{u2}, \dots, S_{u5}$ - вихідна засміченість зерна;
- $H_{u1}, H_{u2}, H_{u3}, H_{u5}$ - вихідна натура зерна.

Точність математичної моделі пропонується характеризувати середньоквадратичним відхиленням S_r величини, що розраховується, вихідного фактора від експериментального значення за формулою 5.14:

$$S_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i^r - Y_i^e)^2 \quad (4.33)$$

де Y_i^r - розраховане й Y_i^e - експериментальне значення вихідного фактору Y для i -того виміру.

Співвідношення обчисленого середньоквадратичного відхилення S_r та експериментального значення S , характеризує адекват-

ність моделі. Нажаль, коректне вирішення питання про адекватність у випадку пасивного (тобто не планованого експерименту) є неможливим. При $S_r/S < 0,5$ з високим ступенем вірогідності можна говорити про адекватність моделі. При співвідношенні S_r/S рівному або більше 1, модель неадекватна. Найбільш цікавий проміжний випадок при пасивному експерименті залишається невизначеним.

Математичні моделі, представлені у виразах 4.28...4.32, відбивають залежність вихідного параметра від вхідних факторів при заданих останніх у природному виді. У цьому випадку всі вихідні параметри беруться в тих розмірностях, які використовувалися при вимірах.

Для визначення значимості кожного вхідного фактору в значення функції відгуку доцільно представляти рівняння регресії в нормованому виді (див. вираз 4.11), що дозволяє за значеннями коефіцієнтів регресії b_i визначати значимість кожного з них.

Таким чином, викладені методологічні принципи обґрунтування параметрів ТО ПУОЗ передбачають наступне:

1. Розгляд багаторівневої системи ПУОЗ.

При цьому передбачається використання імовірнісних методів системного аналізу, зокрема, імітаційного моделювання, що дозволяє вирішувати завдання обґрунтування ТО ПУОЗ.

2. Використання методу імітаційного моделювання. При цьому передбачають збір і обробку даних для побудови моделей зовнішніх збуджень; побудова регресійних залежностей продуктивності машин для ПУОЗ, характерних для розглянутої зони; розробку моделюючого алгоритму й програми для ЕОМ; планування машинних експериме-

нтів з розробленими моделями.

3. Розробку моделей функціонування системи ПУОЗ і ЗОМ, побудову математичних моделей технологічних процесів об'єктів, досліджуваних в умовах нормального функціонування, і використання їх при проведенні машинного експерименту.

РОЗДІЛ 5

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ

5.1 Методи прогнозування

Відомі різні прикладні методиками прогнозування еволюції систем, їхньої структури й властивості. Всі вони прямо або побічно базуються на трьох основних гносеологічних категоріях: практиці, логіці, інтуїції [62]. Відповідно до цього відомі три групи методів прогнозування: логіко-евристичні, системно-статистичні й системно-аналітичні.

Логіко-евристичне прогнозування відноситься до самих «недорогих» і, можливо, найшвидших. Таке прогнозування базується на використанні вже відомої інформації шляхом її логічного аналізу й у тих місцях, де логічні "ланцюжки" розриваються, застосовуються різні гіпотези.

Системно-статистичне прогнозування включає статистичний аналіз системи й, на цій основі - екстраполяцію встановлених статистичних закономірностей.

При наявності необхідної статистичної інформації таке прогнозування може забезпечувати високу надійність прогнозів.

Системно-аналітичне прогнозування базується на побудові й аналізі моделей системи, тобто сюди входять методи математичного й фізичного моделювання систем. Таке прогнозування дозволяє передбачати поведінку системи в наперед заданих умовах, що дає

можливість одержувати різноманітні й детальні прогнози, однак надійність таких прогнозів неможливо досить обґрунтувати без наявності необхідної статистичної інформації /53/.

Запропонуємо визначення прогнозу [63].

Прогноз - науково обґрунтоване судження про можливі стани об'єкта в майбутньому або про альтернативні способи й строки досягнення цих станів. Вплив випадкових факторів на розвиток систем визначає імовірнісний характер прогнозів, тому потрібно забезпечити певний ступінь їхньої вірогідності.

Якщо вірогідність прогнозу є повною, то він має властивості пророкування. Прогноз-пророкування відповідає формулі: буде так і тільки так.

Прогноз-передбачення передбачає виявлення можливих варіантів розвитку системи й відповідних їм умов. Він відповідає логічній формулі: буде так, якщо відбудеться це.

Прогноз-план визначає не тільки можливі стани системи (результати діяльності), але й спосіб досягнення поставленої мети. До нього застосовна логічна формула: якщо необхідно це, то варто зробити так.

Прогноз і план є результатом інтелектуальної діяльності фахівців і засобом керування виробництвом. Однак, прогноз виступає в ролі інструмента пізнання найбільш імовірних шляхів розвитку системи, а план - як засіб регулювання відносин для досягнення поставленої мети. Тісний взаємозв'язок прогнозування й планування обумовлює розподіл прогнозів на оперативні, короткострокові й перспекти-

вні (середньо- і довгострокові). Стосовно специфіки сільськогосподарського виробництва доцільно виділити оперативні прогнози на строк до одного місяця, короткострокові - на компанію (посівна, збиральна), сезон і рік, перспективні - на строк більше року.

Потребу у виробничих потужностях пропонується прогнозувати не за нормативним навантаженням, а за обсягом робіт, що доводиться на машину, виходячи з технологій сільськогосподарського виробництва. Однак, обсяг робіт у фізичних одиницях або в умовних еталонних гектарах залежить від природно-виробничих умов, що враховуються багатьма факторами. Їхня спільна дія відбивається у витратах енергії, які зручно представляти в кількості витраченого умовного палива [63].

Таким чином, прогностичним параметром може служити наробіток, визначений через витрату палива.

Помилковий вибір прогностичних параметрів веде до помилкового прогнозу й , як наслідок, до більших втрат засобів.

Компонентний метод прогнозування передбачає розчленування системи (об'єкта) на частини, складання незалежного прогнозу для розвитку кожного з компонентів з наступним їхнім узагальненням і складанням прогнозу по системі в цілому. Цей метод застосовуємо для системи з відносно слабкою взаємодією компонентів між собою.

Метод моделювання припускає складання прогнозу на підставі результатів дослідження моделі систем. Для цього можна використати натуральні моделі (типове господарство, виробнича ділянка, тех-

нічний засіб і т.п.), фізичні моделі, побудовані на основі теорії подоби, а також математичні моделі.

Побудова динамічних моделей дозволяє досліджувати процеси і явища в часі, виявляти тимчасові закономірності й тенденції, а тому має велике значення в прогнозуванні [73].

Таким чином, використовуючи натурне й математичне моделювання, можна з достатньою вірогідністю прогнозувати майбутній стан технічних засобів за результатами оцінки нинішнього їхнього стану.

У спеціальній літературі приводяться методи прогнозування залишкового ресурсу при невідомому наробітку від початку експлуатації, прогнозування з урахуванням випадкової зміни параметрів [64].

У наведеному прикладі метод моделювання сполучається з екстраполяцією відповідно до заданої закономірності. Аналогічно можна прогнозувати динаміку показників ефективності нової техніки.

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків у виробництві й побудова на його основі математичних моделей є важливою умовою керованого розвитку. Однак біологічна сутність сільського господарства, вплив великої кількості факторів імовірнісної природи визначає переважне використання статистичних методів у прогнозуванні. При цьому логічний аналіз дозволяє виявити протиріччя, встановити причинно-наслідкові зв'язки й сформулювати безліч істотних факторів, а математична модель будується на основі обробки статистичної інформації, використанні багатфакторного регресійного й кореляційного

аналізів, побудові тимчасових рядів та інших емпіричних залежностей [54].

На підставі аналізу математичних моделей можна не тільки скласти пасивний прогноз подальшого зниження показників машиновикористання, але й установити найбільш ефективні фактори керування ними, що досить важливо для перспективного розвитку виробництва.

З огляду на специфіку сільськогосподарського виробництва використання техніки має чітко виражений сезонний характер з різною інтенсивністю робіт протягом року. Незважаючи на значні коливання строків проведення робіт у різні роки через метеорологічні й інші причини, багаторічні спостереження свідчать про статистичну стійкість і можливість розробки сезонних моделей. Такі моделі можуть бути виражені у вигляді тимчасових рядів.

На підставі сезонних моделей можна прогнозувати річний виробіток, по місяцях і періодам, пікові періоди, потребу в паливі, завантаження обслуговуючих і ремонтних ланок, вирішувати інші завдання виробництва. Недолік тимчасових рядів - громіздкість, однак, впровадження обчислювальної техніки знімає ці незручності.

Для аналізу виробництва й прогнозування широко використовуються так звані виробничі функції (ВФ). Це рівняння або система рівнянь, що пов'язують змінні величини витрат (ресурсів) з результатами виробництва (кількістю продукції, продуктивністю праці й т.п.) [64].

Моделі ВФ розробляють на основі експериментальних статис-

тичних даних з використанням методів регресійного й дисперсійного аналізу.

Тому що всі зазначені завдання взаємопов'язані, спочатку необхідно обґрунтувати загальну методику їхнього вирішення, виявити етапи робіт, необхідні вихідні дані, а потім розробити приватні методи досліджень по кожному етапу. Нижче викладена загальна методика прогнозування й обґрунтування машинних технологій і технічних засобів в області механізації сільськогосподарського виробництва й коротко описані приватні методики виконання етапів робіт [65].

Вихідні дані по відомих машинних технологіях і окремих машинах одержують із господарств, протоколів МВС, наукових звітів, статей, монографій та інших джерел. Визначаються цілі, які повинні бути досягнуті при розробці й використанні машинних технологій і технічних засобів (у дужках наведені відповідним цілям показники):

1. підвищення якості роботи (показники якості виконання виробничого процесу);
2. зниження матеріалоємності (матеріалоємність);
3. зниження енергоємності (енергоємність);
4. підвищення уніфікації (коефіцієнт застосовності);
5. підвищення експлуатаційної технологічності (монтажопридатність, питома трудомісткість технічного обслуговування);
6. підвищення надійності (наробіток на відмову, середній час відновлення працездатності);
7. поліпшення умов праці (показники рівня запиленості, шуму, вібрації, температури, концентрації шкідливих речовин);

8. зниження витрат праці (питомі витрати праці, чисельність обслуговуючого персоналу, витрати ручної праці);

9. зниження витрат засобів (питомі капіталовкладення, експлуатаційні витрати, наведені витрати).

Наведений перелік цілей і показників можна уточнити й доповнити. Далі виділяються напрямки для одержання кінцевих результатів, що дозволяють відповісти на наступні питання[73].:

1. як ефективно застосувати діючі машинні технології й систему машин (наявний потенціал у господарствах - машини й обладнання), які машини для цього необхідні й у якій кількості?;

2. що найімовірніше відбудеться в майбутньому за умови збереження сучасних тенденцій (пошуковий прогноз)?;

3. якими шляхами можна досягти нормативного прогнозу?;

4. які машинні технології найбільш перспективні на найближчі роки й т.д?.

При цьому визначають технічний рівень машинних технологій і комплексів машин, з'ясовують, наскільки машинні технології відповідають вимогам і, насамперед, показникам якості роботи. За оцінками технічного рівня обґрунтовують найбільш кращі альтернативи з можливих стосовно до всіх типів господарств зони.

При розробці наукових прогнозів, як правило, залучаються різні методи. Характерні завдання прогнозування й методи, що застосовуються для їхнього вирішення, наведені в таблиці 5.1. [64].

Таблиця 5.1 – Завдання і методи прогнозування

Завдання прогнозування	Метод прогнозування
Планування науково-технічного прогресу в машиновикористанні	Експертна оцінка, екстраполяція, моделювання ВФ
Розвиток технологій механізованого виробництва сільськогосподарського	Те ж
Прогнозування капітальних вкладень на розвиток матеріально-технічної бази	Експертна оцінка, моделювання ВФ
Виявлення динаміки трудових ресурсів і їхньої структури	Експертна оцінка, аналіз причинно-наслідкових зв'язків
Прогнозування техніко-економічних показників нової техніки й комплексів машин	Імітаційне моделювання, екстраполяція інтегральних кривих ефективності
Завантаження технічних засобів, робочої сили, визначення запасів палива	Сезонна модель, математичне програмування
Прогнозування терміну служби технічних засобів	Математичне моделювання, екстраполяція
Прогнозування працездатності технічних засобів	Те ж
Визначення способів досягнення заданого рівня енергозбереження	Нормативний метод, аналіз причинно-наслідкових зв'язків

Для прогнозування техніко-економічних показників комплексів машин і окремих агрегатів успішно використовується імітаційне моделювання на ЕОМ. Імітаційна модель дозволяє здійснювати машинний експеримент і визначати властивості модельованої системи в різних умовах, з огляду на взаємодії факторів, у тому числі й випадко-

вих. За допомогою цього методу можна прогнозувати експлуатаційні властивості техніки в типових і екстремальних ситуаціях, визначати статистичні характеристики показників (математичне очікування, дисперсію, імовірність появи події й ін.). Можливості застосування моделювання для прогнозування в машиновикористанні розкриті в роботах Л.В. Погорелого, В.И. Липковича, Л.Д. Пасечної і Н.И. Шабанова, С.П. Лаврентьєва і А.С. Лаврентьєва, Н.Ф. Мякишева, А.В. Сокирко й А.Ф. Самійленко, Г.В. Лукіних, А.А. Вайсмана і Р.Ф. Курбанова, Ю.И. Єрмольєва, В.Т. Смірнова, А.А. Ківа, В.М. Рабштина, В.И. Сотнікова [66, 67, 68, і ін].

5.2 Об'єкти прогнозування

При обґрунтуванні параметрів ТО ПУОЗ використовуються багаторічні значення виробництва зерна в господарствах і середньодобова продуктивність зерноочисних машин і агрегатів. Але у реальних умовах часто має місце непогодженість типу агрегату або моделі машини потребам господарства. Це відбувається внаслідок того, що зерноочисні машини являють собою складні багатомірні динамічні системи із вхідними й вихідними процесами у вигляді випадкових функцій часу. Тим часом, в основі всіх, майже без винятку, методик випробувань полягають статичні моделі машин. Цим і можна пояснити те, що в ряді випадків машини, рекомендовані до виробництва за результатами випробувань, виявляються недостатньо надійними в умовах нормальної експлуатації.

При постановці мети - розробки методики розрахунку параметрів технічної оснащеності процесу ПУОЗ і якості роботи агрегатів з урахуванням імовірнісної природи умов їхнього функціонування вирішується завдання вивчення ймовірно-статистичних зв'язків досліджуваних систем і розробки математичних моделей прогнозу якості функціонування машин і агрегатів.

У ГОСТ 23.2.484-78. "Методика прогнозування показників технічного рівня тракторів і сільськогосподарських машин" пропонується використовувати методи екстраполяції й експертних оцінок. Це являє собою етап рішення окремих завдань прогнозування, але не враховує зв'язки характеристик окремих технічних засобів. Методи моделювання при цьому необґрунтовано виключені.

Встановлено [67], що недостатня тимчасова глибина обґрунтувань і дефіцит прогнозної інформації приводять до невірних оцінок, а прийняті на їхній основі планові рішення - до диспропорцій, усунення яких викликає в результаті значні витрати на їхнє усунення.

Без прогнозу неможливо досягти ясності в ієрархії цілей, виявити повне коло витрат, установити комплекс погоджених у часі підцілей для досягнення кінцевого результату.

Прогноз розвитку зерноочисних машин і агрегатів вимагає системного аналізу, що дозволяє істотно зменшити суб'єктивність рішень і одержати кількісні оцінки шляхом: формалізації завдань; побудови їхніх математичних моделей; виявлення необхідної інформації.

ції; аналізу й інтерпретації отриманих результатів рішень на базі цих моделей.

Особливу наукову цінність мають методи математичного моделювання, які, однак, для цілей прогнозування розроблені ще недостатньо. Для вирішення поставленого завдання використовується метод ідентифікації, що полягає у пошуку за відомими "входу" і "виходу" математичної моделі об'єкта, еквівалентної реальному об'єкту. Стосовно вирішення проблем в області механізації сільськогосподарського виробництва цей метод одержав подальший розвиток у реалізації програм наукових досліджень, виконаних ученими Санкт-Петербурзького державного аграрного університету А.Б. Лур'є, Е. И. Давідсоном, В.Г. Єнікеєвим і їхніми учнями [58, 69, 70, 61, і ін.].

Машина, агрегат працюють в умовах випадкових впливів у ймовірносно-статистичному змісті. При цьому вхідні впливи переробляються в якісні технологічні або енергетичні вихідні показники. Виходить математичне зв'язування, що може ідентично замінити машину, тобто замість машини - математична модель, що адекватно описує роботу машини в реальних умовах її функціонування. Отримані результати використовуються для вивчення ймовірносно-статистичних зв'язків досліджуваних систем і розробки математичних моделей прогнозу якості функціонування машин і агрегатів.

Як об'єкти дослідження були прийняті зерноочисні машини й агрегати, моделі функціонування яких представлені на рис. 5.1... 5.5.:

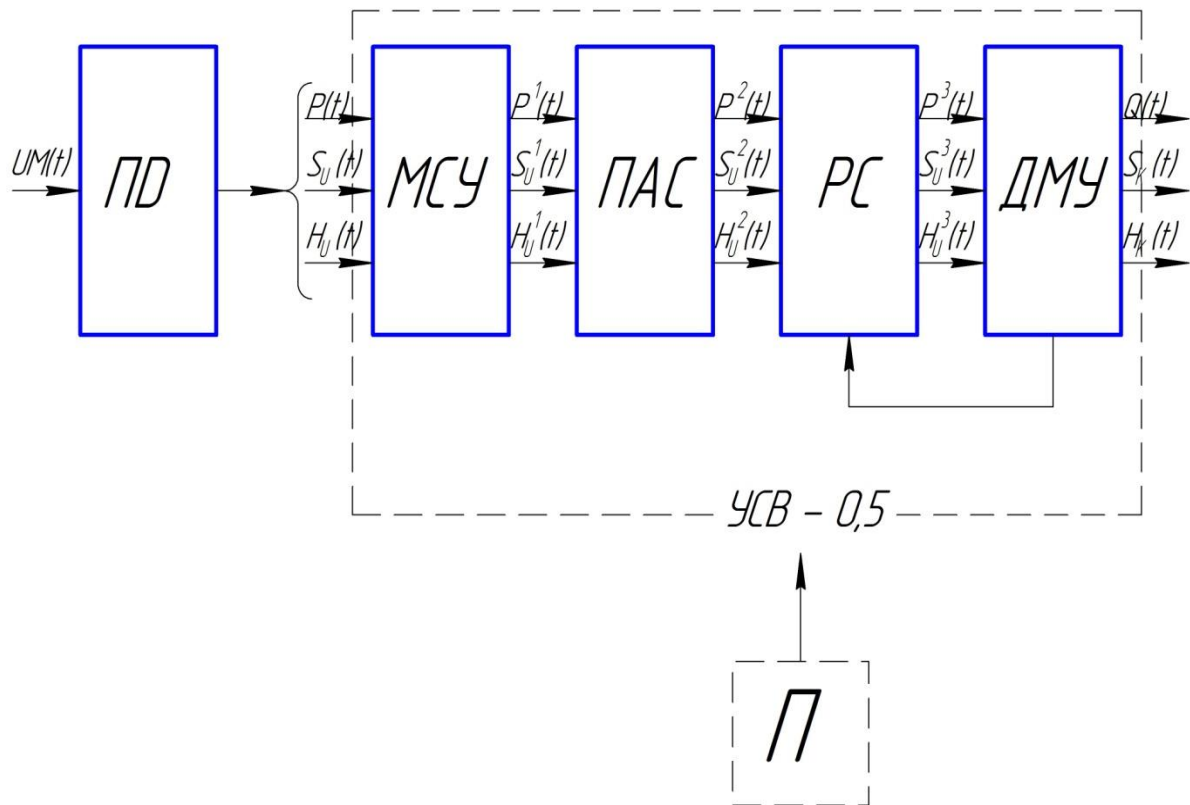


Рисунок 5.1 - Модель функціонування об'єкту післязбирального обробітку зерна - лінії для обробітку вороху на стаціонарі.

На рисунку 5.1 - лінія для обробки купи насінників трав і злакових культур на стаціонарі, що включає: ПД - живильник-дозатор; МСУ - молотильно-сепаруючий пристрій; ПАС - пневмо-сепаруючу і аспіраційну системи; РС - решітний сепаратор; ДМУ - домолочуючий пристрій;

Рис. 5.2 - ворохоочисник скальператорного типу;

Рис. 5.3 - машина первинного очищення зерна ЗВС-20;

Рис. 5.4 - зерноочисний агрегат ЗАВ-40 (одна лінія з додатково встановленою машиною ЗВС-20);

Як вхідні впливи для всіх моделей приймаються подача $P(t)$, вихідні засміченість $S_{и}(t)$ і натура $H_{и}(t)$ зерна. Вихідні змінні - продуктивність $Q(t)$, кінцеві засміченість $S_{к}(t)$, натура $H_{к}(t)$ і для моделі во-

рохоочисника - втрати зерна у відходи $\Pi(t)$.

В моделях функціонування, представлених на рисунках 5.1і 5.5 показано багатостадійні динамічні системи, що складаються з окремих моделей машин, де вхід наступної моделі є виходом попередньої. Це відноситься до

$$P^1(t), P^2(t), \dots, P^4(t)$$

$$S_{\text{н}}^1(t), S_{\text{н}}^2(t), \dots, S_{\text{н}}^4(t)$$

$$H_{\text{н}}^1(t), H_{\text{н}}^2(t), \dots, H_{\text{н}}^4(t)$$

Вологість вихідного зернового матеріалу (за винятком рису) у південних районах України практично не впливає на показники якості роботи машин і тому не приймається як вхідний вплив. Враховувалася ймовірність знаходження на припустимих рівнях втрат зерна у відходи $n(t)$ і якості поділу матеріалу $t(i)$.

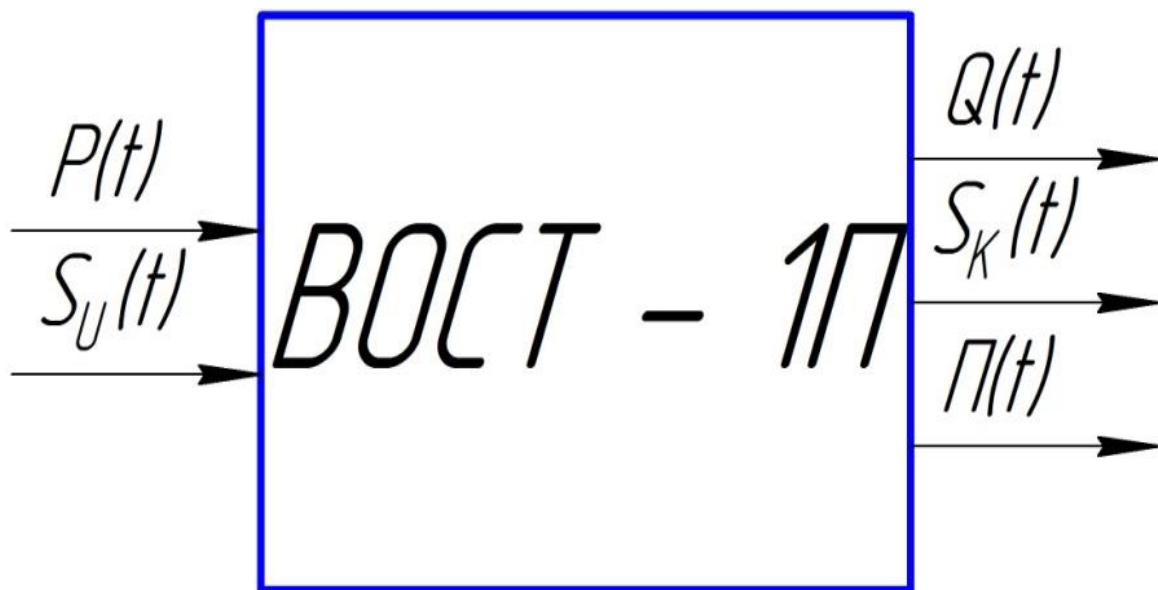


Рисунок 5.2 - Модель функціонування об'єкту післязбирального обробітку зерна – ворохоочисника скальператорного типу

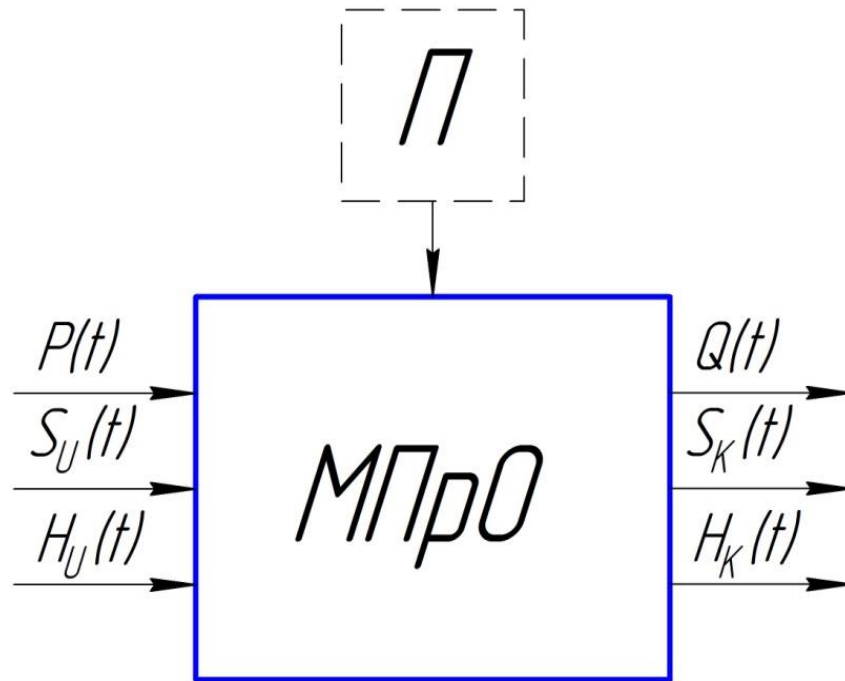


Рисунок 5.3 - Модель функціонування об'єкту післязбирального обробтку зерна - машини первинного очищення зерна ЗВС-20

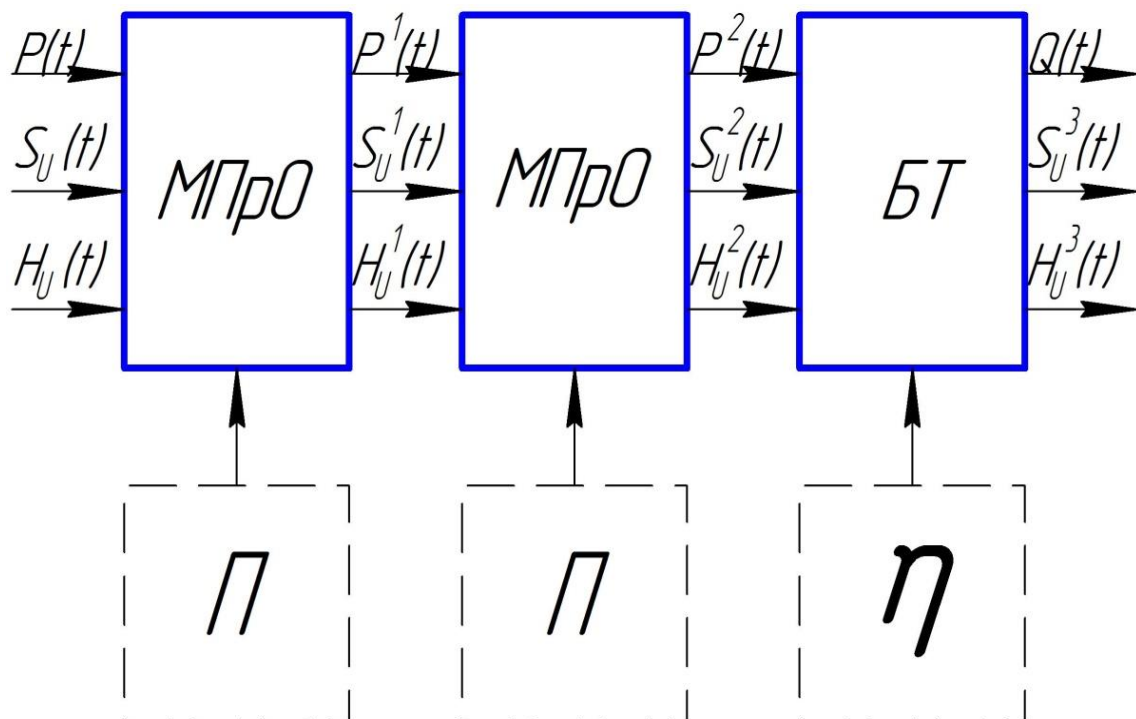


Рисунок 5.4 - Модель функціонування об'єкту післязбирального обробітку зерна - зерноочисного агрегату ЗВ-40 (з додаткової МПрО)

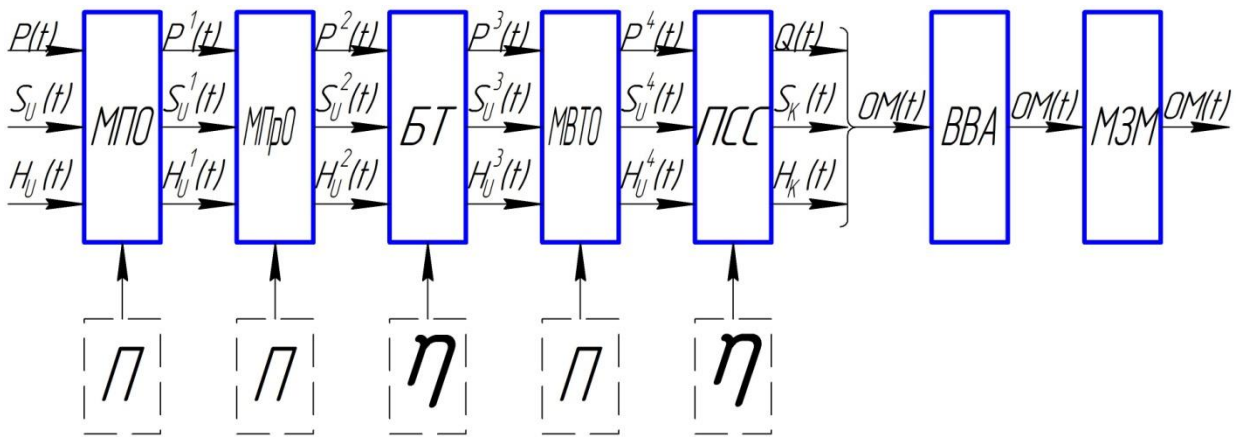


Рисунок 5.5 - Модель функціонування об'єкту післязбирального обробітку зерна - повнокомплектної насіннеочисної лінії

Повнокомплектна насіннеочисна лінія (Рис.5.5) в себе включає МПО - машину попереднього очищення; МПрО - машину первинного очищення; БТ - блоки трієрні; МВТО - машину вторинного очищення; ПСС - пневматичний сортувальний стіл; ВВА - ваговибійний апарат; МЗМ - мішкозашивочну машину.

Дослідження проводилися в регіональних умовах у період збирання врожаю зернових на півдні України.

Вихідним матеріалом для проведення дослідів був вступний від комбайнів зерновий ворох. Методика експериментів приймалася наступною.

Машини й агрегати розміщалися в стаціонарних технологічних лініях. Експериментальний ворохоочисник скальператорного типу встановлювався в технологічній лінії паралельно серійній ворохоочисній машині.

Для одержання реалізації вхідних і вихідних процесів машин синхронно, з інтервалом квантування $\Delta t = 10 \dots 12$ хв., відбиралися проби для визначення $P(t)$, $S_{и}(t)$, $H_{и}(t)$ і $Q(t)$, $S_{к}(t)$, $H_{к}(t)$, $\Pi(t)$.

Методика обробки інформації передбачала первинний перегляд отриманої інформації й виключення випадкових викидів і грубих помилок запису. Безперервні записи приводилися до дискретного виду, придатного для введення в комп'ютер.

Обчислювалися статистичні характеристики процесів, взаємо-кореляційні функції й умовні ймовірнісні характеристики у вигляді моделей регресії технологічного процесу, що дозволяло вивчити ймовірнісно-статистичні зв'язки досліджуваних об'єктів і одержати математичні моделі прогнозу якості функціонування машин і агрегатів.

5.3 Ймовірнісно-статистичні зв'язки зерноочисних машин і агрегатів

5.3.1 Варіаційний аналіз

Статистичні дослідження проводилися на вибірках обсягом 100 у випадку повнокомплектної насінноочисної лінії й 50 в інших випадках. При цьому визначалися наступні статистичні характеристики процесів:

- середнє значення m

$$m = \frac{1}{n} \sum X_i; \quad (5.1.)$$

- виправлена дисперсія D

$$D = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - m)^2; \quad (5.2.)$$

- середньоквадратичне відхилення S

$$S = \sqrt{D}; \quad (5.3.)$$

- коефіцієнт асиметрії A_s

$$A_s = \frac{\sum (X_i - m)^3}{n \cdot S^3}; \quad (5.4.)$$

- ексцес E

$$E = \frac{\sum (X_i - m)^4}{n \cdot S^4} - 3; \quad (5.5.)$$

-коefficient варіації за середньоквадратичним відхиленням V_s

$$V_s = \frac{S}{m}; \quad (5.6.)$$

- coefficient варіації за розмахом V_a

$$V_a = \frac{X_2 - X_1}{m}, \quad (5.7.)$$

де n - обсяг вибірки,

X_1 і X_2 - максимальне й мінімальне значення для даної вибірки.

Перевірка гіпотези на виконання закону нормального розподілу проводилася шляхом порівняння обчислених значень критерію Пірсона (P) з його критичною величиною для 5 %-ого рівня значимості. Результати розрахунку для різних режимів випробувань представлені в таблицях 5.2... 5.6:

табл. 5.2. - для повнокомплектної насіннєчисної лінії;

табл 5.3. - для зерночисного агрегату ЗАВ-40 (одна лінія з додатково встановленою машиною ЗВС-20);

табл. 5.4. - для машини первинного очищення зерна ЗВС-20 (розрахунки проводяться за умови паралельної роботи двох машин при обробці товарного зерна);

табл. 5.5. - для ворохоочисника скальператорного типу;

табл. 5.6. - для лінії обробки вороху на стаціонарі.

Таблиця 5.2

Статистичні характеристики для повнокомплектної насінночисної лінії (для 5 % рівня значимості критичне значення $P=9,5$)

Показник	m	x ₂	x ₁	D	s	A _s	E	P	Гістограма
P(t)	4,7 (4,64)	5,5 (5,2)	4,1 (4,12)	0,1 (0,07)	0,3 (0,27)	0,25 (0,45)	-0,67 (-0,67)	16,7 (27,4)	
S_н(t)	4,7 (4,51)	10,1 (9,23)	1,4 (1,37)	3,3 (2,74)	1,8 (1,66)	0,73 (0,57)	0,17 (-0,35)	18,8 (12,5)	
H_н(t)	810,7 (810,3)	828 (820)	800 (800)	20,3 (22,9)	4,5 (4,8)	0,63 (0,50)	0,31 (-0,76)	немає (88,3)	
Q(t)	4,7 (4,67)	5,0 (4,81)	4,6 (4,56)	0,003 (0,0018)	0,05 (0,042)	1,9 (- 0,24)	7,60 (0,05)	немає (7,28)	
S_к(t)	0,573	0,95	0,28	0,023	0,15	0,54	-0,21	19,9	
H_к(t)	841,3 (840,5)	866 (847)	832 (832)	20,5 (70)	4,5 (2,7)	2,1 (-0,55)	9,40 (0,40)	немає (7,28)	

Таблиця 5.3.

Статистичні характеристики для зерноочисного агрегату ЗАВ-40 (для 5 % рівня значимості критичне значення $P=7,8$)

Показник	m	x_2	x_2	D	S	A_s	E	P	Гістограма
$P(t)$	2,6	3,0	2,0	0,1	0,3	-0,60	-0,86	25,6	
$S_{H(t)}$	11,3	19,2	6,1	10,4	3,2	0,35	-0,77	8,8	
$H_{H(t)}$	757,2 (760,8)	788,0 (788)	687,0 (721)	631,0 (358,0)	24,8 (18,9)	-0,85 (-1,08)	-0,27 (-0,54)	22,0 (18,0)	
$Q(t)$	2,6	2,84	2,36	0,01	0,1	-0,15	-1,09	6,8	
$S_{H(t)}$	0,59	0,93	0,33	0,018	0,14	0,20	-0,45	7,1	
$H_{H(t)}$	808,0 (807,7)	815 (811)	803 (803)	5,1 (3,8)	2,4 (1,9)	0,22 (-0,18)	-0,13 (-0,99)	5,5 (6,5)	

Таблиця 5.4.

Статистичні характеристики для машини первинного очищення зерна ЗВС-20 (для 5 % рівня значимості критичне значення $P=9,5$)

Показник	m	x ₁	x ₂	D	S	A _s	E	P	Гістограма
P(t)	8,7	9,9	6,8	0,7	0,84	-0,55	-0,96	16,8	
S_{Ит}(t)	11,3	19,2	6,1	10,4	3,23	0,35	-0,77	8,8	
Н_{Ит}(t)	757,2 (757,8)	788 (788)	678 (710)	613,0 (419,0)	24,80 (20,50)	-0,85 (-0,48)	-0,27 (-1,05)	22,0 (12,1)	
Q(t)	8,25	8,9	7,4	0,143	0,38	-0,18	-1,03	5,0	
S_{ИР}(t)	6,3	12,0	2,0	4,3	2,10	0,23	-0,63	2,9	
Н_{ИР}(t)	775,0	782,0	724,0	545,0	3,30	-0,35	-0,76	6,2	

Таблиця 5.5.

Статистичні характеристики для ворохоочисника скальператорного типу (для 5 % рівня значимості критичне значення $P = 7,8$)

Показник	m	x ₂	x ₁	D	S	A _s	E	P	Гістограма
P(t)	5,7	6,3	5,0	0,12	0,34	-0,02	-1,0	9,8	
S_И(t)	1,8	2,9	0,5	0,43	0,66	-0,04	-1,4	10,2	
Q(t)	5,6	6,0	5,2	0,04	0,19	0,32	-0,88	16,3	
S_К(t)	0,3	0,75	0,08	0,022	0,15	0,73	-0,36	7,4	
n(t)	0,04	0,09	0,01	0,0005	0,02	0,48	-1,07	21,1	

Таблиця 5.6.

Статистичні характеристики для лінії обробки вороху на стаціонарі (для 5 % рівня значимості критичне значення $P=9,5$)

Показник	m	x_2	x_1	D	S	A_s	E	P	Гістограма
$P(t)$	0,112	0,15	0,08	0,00024	0,0154	0,15	-0,56	1,84	
$S_H(t)$	81,45	93	72	21,5	4,64	0,10	-0,52	5,25	
$H_H(t)$	308,2	327	284	79,0	8,9	0,1	-0,34	11,9	
$Q(t)$	0,108	0,12	0,0055	0,074	0,25	-0,80	13,5	немає	
$S_H(t)$	32,5	42,0	24,0	15,2	3,9	-0,27	-0,81	4,88	
$H_H(t)$	637	681	601	361	19,0	0,74	0,43	20,0	

Коефіцієнти варіації зведені в табл. 5.7.

Варіаційні дослідження показали, що окремі виміри, не більше трьох для однієї вибірки, випадають із загальної групи. У цьому випадку рекомендується виключати з масивів відповідні дані або замінити їхніми середньо-вибірковими величинами. У дійсній роботі корегування відбувалося шляхом заміни викидів з повторним проведенням варіаційного аналізу виправлених масивів. Значення нових розрахованих параметрів, що ставляться до змінених виборок, наведені в тих же таблицях у круглих дужках.

5.3.1.1. Повнокомплектна насіннєочисна лінія

З гістограм табл.5.2. видно, що половина масивів має розриви. У цьому випадку питання про перевірку гіпотези на нормальний розподіл відпадає. Розраховані значення критерію Пірсона для іншої половини масивів лежать у межах від 16.7 до 19.9, що істотно перевищує критичне значення 9.5. Звідси потрібно зробити висновок - всі шість виборок з розглянутої серії випробувань не підкоряються нормальному закону. У всіх випадках коефіцієнти асиметрії більше нуля. Це свідчить про зрушення результатів вимірів у бік менших значень, що найбільше проявляється у вибірках для $S_{и}(t)$, $H_{и}(t)$, $P(t)$, $H_{к}(t)$, $Q(t)$. Велике позитивне значення ексцесу для виборок $H_{к}(t)$ і $Q(t)$, що дорівнюють, відповідно, 9.4 і 7.6 указує на їх гостроверхність.

Масиви $H_{и}(t)$, $H_{к}(t)$ і $Q(t)$ містять явні викиди. Корегування цих масивів не вплинуло помітно на статистичні характеристики, за винятком ексцесу й коефіцієнта асиметрії. Критерії Пірсона для виправ-

лених масивів $P(t)$ і $H_k(t)$ виявилися більше критичного, тому нові вибірки по колишньому не підкорялися нормальному закону. Усунення двох викидів у масиві $Q(t)$ призвело до формування гістограми без розривів із критерієм Пірсона 7.28, сильному зменшенню ексцесу (до 0.05), зміні коефіцієнта асиметрії до -0.24 і незначній зміні інших параметрів.

Статистичні параметри для всіх досліджуваних виборок з гістограмами без розривів відрізняються достатньою стійкістю. Виключення будь-яких 2-3 або додавання такої ж кількості випадкових величин у межах розкиду даних практично не впливало на величини, що розраховуються. Проілюструємо сказане на прикладі вибірки $S_{и}(t)$. Результати трьох вимірів, що відповідають максимальним значенням і включеним у правий сьомий за рахунком інтервал на гістограмі (див. табл. 5.2.), були вилучені й замінені трьома середньовибірковими значеннями, рівними 4.7. Статистичні параметри для зміненої вибірки наведені в дужках тієї ж таблиці. З неї видно, що при такому сильному впливі на вибірку статистичні характеристики, за винятком ексцесу, не зазнали істотних змін.

5.3.1.2. Зерноочисний агрегат ЗАВ-40

Вибірki для вхідних факторів $P(t)$, $S_{и}(t)$, $H_{и}(t)$ (табл. 5.3.) у сильному ступені асиметричні, причому максимум у перших двох зрушить убік більших, а в останньої - убік менших величин. Вхідні фактори мають більшу симетрію. Величина критерію Пірсона для вхідних факторів набагато перевищує критичне значення, що виключає

можливість підпорядкування вибірок нормальному закону розподілу. Разом із чим всі три вибірки для вхідних величин розподілені за нормальним законом.

Для всіх вибірок характерно негативне значення ексцесу, що вказує на відхилення розподілу від нормального у бік плосковерхості.

Після виконання варіаційного аналізу масиви $H_{и}(t)$ і $H_{к}(t)$, що мають найбільш витягнуті хвости, корегувалися. Корекція полягала в тому, що з масиву $H_{и}(t)$ вилучалися два варіанти з максимальними значеннями. На їхнє місце було введено по два варіанти із середньо-виборочними величинами. Результати варіаційного аналізу скорегованих масивів виділені дужками в тій же таблиці, звідки видно, що більша частина параметрів, за винятком ексцесу для вибірки $H_{к}(t)$ не зазнала істотних змін.

5.3.1.3. Машина первинного очищення зерна ЗВС-20

Всі вибірки мають помітну асиметрію (табл. 5.4.). Максимуми для вибірок $P(t)$ і $H_{и}(t)$ зрушають у бік більших, а для вибірки $S_{и}(t)$ - у бік менших величин. Вхідні параметри мають більшу симетрію. Виключення становить масив $Q(t)$ з максимумом, зрушеним вправо.

Величина ексцесів скрізь негативна, що характерно для плосковерхих розподілів.

Розраховані значення критерію Пірсона для вхідних факторів більше критичної величини 7,8, тому говорити про виконання нормального закону не доводиться, і, навпаки, обчислені значення критерію у випадку вихідних факторів значно менше критичної величини. От-

же, вибірки $Q(t)$, $S_k(t)$ і $H_k(t)$ підкоряються нормальному закону.

Однак, вимір у масиві $H_{II}(\Gamma)$, дорівнюючий 678, явно випадає із загальної сукупності. Заміна його середньо-вибірковим призвела до зростання абсолютного значення ексцесу й зниженню критерію Пірсона.

5.3. 1.4 Ворохоочисник скальператорного типу

Вихідні фактори на відміну від вхідних мають явно виражену асиметрію (табл. 4.5.). Ексцеси скрізь негативні. Нормальному закону розподілу підкорюється тільки вибірка $S_k(t)$. З метою перевірки стійкості статистичних параметрів до випадкових помилок проведені розрахунки на масиві $Q(t)$, у якому мінімальна варіанта 5.2 була замінена на середньо-вибіркове 5.6. Для скорегованої вибірки отримані наступні результати: $m=5.65$, $X_2=6.0$, $X_1=5.3$, $D=0.04$, $S=0.19$, $A_s=0.12$, $E=-0.88$, $P=13.7$. З порівняння наведених даних з табличними (табл. 5.5.) видно, що коефіцієнт асиметрії й ексцес сильно змінилися. Значення критерію Пірсона незначно зменшилося. Інші параметри збереглися на колишньому рівні.

5.3.1.5 Лінія для обробки вороху на стаціонарі

Нормальному розподілу підкоряються три параметри - вихідний $S_k(t)$ і вхідні $P(t)$ та $S_{II}(t)$ (табл. 5.6.). Асиметрія й ексцес у порівнянні з раніше обговореними варіантами відносно невеликі. Гістограма вибірки $Q(t)$ містить "провал", тому перевірка на нормальність її розподілу не має сенсу.

Масив $H_k(t)$ містить, видимо, помилковий результат, який дорівнює 234. Дані таблиці для цього масиву ставляться до вибірки обсягу 49 без зазначеного викиду. Заміна викиду на середнє вибіркоче з наступним розрахунком для вибірки обсягу 50 практично не змінила статистичних параметрів.

5.3.1.6 Висновок за варіаційним аналізом

Досліджені масиви досить різноманітні за своєю структурою. У табл. 5.7. представлені середньо-вибіркочві дані й коефіцієнти варіації V_a і V_s у відсотках для кожної вибірки. Половина масивів: $P(t)$, $S_{и}(t)$, $Q(t)$ - для повнокомплектної насіннеочисної лінії; $P(t)$, $S_{и}(t)$, $S_k(t)$ - для зерноочисного агрегату ЗАВ-40; $P(t)$, $S_{и}(t)$, $S_k(t)$ - для машини первинного очищення зерна ЗВС-20; $S_{и}(t)$, $S_k(t)$, $\Pi(\Gamma)$ - ворхоочисника скальператорного типу; $S_{и}(t)$, $S_k(t)$ - для лінії обробки вороху на стаціонарі відрізняються більшим розкидом даних, причому найбільше явно це виражено для вихідної й кінцевої засміченості.

Нормальному розподілу у всіх випадках підкоряється кінцева засміченість $S_k(t)$. Слід зазначити, що для вихідної засміченості $S_{и}(t)$ (див. розділ 2.) такий закон неприйнятний, що не відповідає деяким [12, 13]відомим результатам.

Відомо, що для вибірок з добре вираженим нормальним розподілом відношення коефіцієнтів варіації V_a до V_s повинне бути близько до 4. Для вибірок з довгими хвостами, рівномірним, показовим і іншим видом розподілу це відношення помітно відрізняється від 4 (табл. 5.7.).

Таблиця 5.7 - Коефіцієнти варіації за середньоквадратичним відхиленням V_s і розмахом V_a у відсотках для масивів з різними видами обробки зерна: повнокомплектна насіннеочисна лінія (а), зерноочисний агрегат ЗАВ-40 (б), машина первинного очищення зерна ЗВС-20 (в), ворохоочисник скальператорного типу (г), лінія обробки вороху на стаціонарі (д)

(а)

Показник	m	V_s	V_a
P(t)	4,64	5,8	23
$S_{II}(t)$	4,51	37	174
$H_{II}(t)$	810,3	0,6	2,5
Q(t)	4,67	0,9	5,4
$S_k(t)$	0,573	26	117
$H_k(t)$	840,5	0,3	4,0

(б)

Показник	m	V_s	V_a
P(t)	2,6	12	38
$S_{II}(t)$	760,8	2,5	9
$H_{II}(t)$	11,3	28	116
Q(t)	2,6	4,6	18
$S_k(t)$	807,7	0,2	1,0
$H_k(t)$	0,59	24	102

(в)

Показник	m	V_s	V_a
P(t)	8,7	10	36
$S_{II}(t)$	757,8	2,7	10
$H_{II}(t)$	11,3	28	116
Q(t)	8,25	4,6	18
$S_k(t)$	775,0	0,4	7,5
$H_k(t)$	6,3	33	159

(г)

Показник	m	V_s	V_a
P(t)	5,7	6,0	23
$S_{II}(t)$	1,8	37	133
Q(t)	5,6	3,4	14
$S_k(t)$	0,3	50	223
П(t)	0,04	50	200

(д)

Показник	m	V_s	V_a
P(t)	0,112	14	63
$S_{II}(t)$	81,45	5,7	26
$H_{II}(t)$	308,2	2,9	14

Показник	m	V_s	V_a
Q(t)	0,108	69	28
$S_k(t)$	32,5	12,7	55
$H_k(t)$	637	3	13

Більшість досліджених масивів відноситься саме до другого випадку, коли гіпотеза про нормальний розподіл не проходить або проходить із великою натяжкою. Окремі вибірки з малим значенням критерію Пірсона для $S_k(t)$ і $H_k(t)$ є скоріше виключенням. Для них ві-

дношення V_a/V_s дорівнює 4...5.

Можна чекати, що окремі виміри в 4-х масивах є помилковими. Однак перерахунок цих вибірок після усунення викидів не вплинув на середні значення, дисперсії й інші характеристики. Одна вибірка $Q(t)$ із чотирьох обговорюваних після усунення викиду стала підкорятися нормальному закону.

Привертає увагу одна обставина. Усунення з вибірки будь-якої варіанти, за винятком викидів, практично не впливає на статистичні характеристики, представлені в табл. 5.2...5.6. Усунення викидів приводить до зміни, в основному, максимального (або мінімального) значень, коефіцієнта асиметрії, ексцесу, а іноді й до зміни виду гістограми. Тому при виконанні кореляційного й регресійного аналізу доцільно розглянути поряд з вихідними даними їхні скореговані варіанти.

У результаті варіаційного аналізу створюється враження, що спостережувана якісна й кількісна різноманітність вхідних даних нівелюється на виході. Ця тенденція особливо помітно проявляється при випробуваннях на ворохоочиснику скальператорного типу, що підтверджує доцільність використання розробленого нами ворохоочисника із псевдозрідженим шаром зернової купи [36], як стабілізатора-збагачувача потоку зернового матеріалу, який можна встановлювати на вході в зерноочисну лінію.

4.3.2. Кореляційний аналіз

Коефіцієнти парної кореляції між i і j параметрами розраховувалися за формулою:

$$R_{ij} = \frac{\sum X_i \cdot Y_i - n \cdot A_x \cdot A_y}{n \cdot \sqrt{\sum (X_i - A_x)^2} \cdot \sqrt{\sum (Y_i - A_y)^2}}, \quad (5.8.)$$

де X_i, Y_j - величини i -й і j -й варіант;

n - обсяг вибірок;

A_x, A_y - середні вибіркові значення.

Перевірка нульової гіпотези про відсутність кореляції між даними параметрами проводилася шляхом порівняння розрахованого значення критерію Стьюдента T_{PAC} із критичною величиною цього критерію $T_{кр}$ для 5%-го рівня значимості у двосторонній критичній області, що дорівнює 1.99 [72]. Значення T_{PAC} обчислювалося за формулою:

$$T_{PAC} = \frac{|R_{ij}| \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - R_{ij}^2}} \quad (5.9.)$$

Якщо $T_{PAC} > T_{кр}$, то нульова гіпотеза відкидалася, і робився висновок про наявність кореляційної залежності між розглянутими параметрами. У протилежному випадку вважалось, що кореляція була відсутня. Як досліджувані параметри використовувалися вхідні й вихідні фактори для кожної з п'яти серій випробувань, представлених у табл. 5.2...5.6. Результати аналізу зведені в табл. 5.8...5.12.

Раніше при виконанні варіаційного аналізу відзначалося, що деякі вибірки містили явно помилкові варіанти, що випадають із загального масиву даних. З метою визначення внеску відповідних значень параметрів на висновки, отримані з кореляційного аналізу, дода-

тково проводилися розрахунки для виправлених вибірок, які виходили шляхом заміни викидів на середньо-вибіркові значення. Отримані результати, взяті в дужки, також наведені в табл. 5.8...5.11.

5.3.2.1 Повнокомплектна насіннєочисна лінія

Висока кореляційна залежність виявлена між вхідними факторами $S_{и}(t)$ і $H_{и}(t)$ (табл. 5.8.). Розраховане значення критерію $T_{РАС}=20,72$ на порядок більше критичної величини, що дорівнює 1.99, що свідчить про наявність тісного кореляційного зв'язку для цієї пари. Між вихідними факторами $S_{к}(t)$ і $H_{к}(t)$ також спостерігається сильний кореляційний зв'язок ($T_{РАС}=10.5$). Вихідні й вхідні фактори не корелюють один з одним. Для деяких пар $H_{и}(t)$ і $H_{к}(t)$; $H_{и}(t)$ і $Q(t)$; $P(t)$ і $H_{к}(t)$; $P(t)$ і $Q(t)$ розраховані значення $T_{РАС}$ у порівнянні із критичною величиною, тому, за певних умов, між ними може виявитися слабка кореляційна залежність. В інших випадках парна кореляція відсутня.

Розрахунки для масивів, виправлених у відповідність із зауваженнями в п. 5.3.1 (відповідні дані взяті в дужки), не змінюють тільки що зроблених висновків - всі наявні кореляційні залежності збереглися, нових кореляційних зв'язків не з'явилося. Незначущі коефіцієнти кореляції в парах $H_{и}(t)$ - $H_{к}(t)$, $P(t)$ - $H_{к}(t)$, $P(t)$ - $Q(t)$ впали практично до нуля. У парі $S_{и}(t)$ - $S_{к}(t)$ абсолютне значення R_{ij} підвищилося до -0.29, залишаючись, проте, незначущим. Отже, необхідність у корегуванні вихідних даних при проведенні кореляційного аналізу в даній серії випробувань відпадає.

Таблиця 5.8. Результати кореляційного аналізу при випробуваннях повнокомплектної насіннеочисної лінії

№№	Масив	Масив	R_{ij}	T_{PAC}
1	P(t)	$S_H(t)$	0,06 (0,085)	0,60 (0,85)
2	P(t)	$H_H(t)$	0,02 (0,084)	0,20 (0,84)
3	$S_H(t)$	$H_H(t)$	0,90 (0,94)	20,72 (26,89)
4	Q(t)	$S_k(t)$	0,15(0,10)	1,50 (1,00)
5	Q(t)	$H_k(t)$	0,19	1,91
6	$S_k(t)$	$H_k(t)$	0,76 (0,42)	10,05 (4,56)
7	$S_H(t)$	$S_k(t)$	-0,07 (-0,29)	0,70 (2,99)
8	$S_H(t)$	$H_k(t)$	-0,13(0,018)	1,30(0,20)
9	$S_H(t)$	Q(t)	-0,09 (-0,12)	0,9(1,20)
10	$H_H(t)$	$S_k(t)$	0,07 (0,02)	0,70 (0,20)
11	$H_H(t)$	$H_k(t)$	0,16 (-0,05)	1,62(0,50)
12	$H_H(t)$	Q(t)	0,17 (-0,10)	1,72(1,00)
13	P(t)	$S_k(t)$	0,03 (-0,07)	0,30 (0,70)
14	P(t)	$H_k(t)$	0,16 (-0,02)	1,62(0,20)
15	P(t)	Q(t)	0,16 (-0,04)	1,62(0,40)

5.3.2.2 Зерноочисний агрегат ЗАВ-40

Кореляція виявлена тільки для вхідних факторів $S_H(t)$ і $H_H(t)$ (табл. 5.9. $T_{PAC}=9,953$). В інших випадках кореляційні зв'язки слабкі або відсутні.

Виправлення вибірок шляхом корегування викидів не призвело до зміни характеру кореляційних зв'язків між параметрами. Коефіцієнт R_{jj} у парі $H_H(t)$ -P(t) зріс до 0.14, залишаючись незначущим. Тому необхідність корегування вихідних даних при виконанні кореляційного аналізу даної серії випробувань відпадає.

Таблиця 5.9 - Результати кореляційного аналізу при випробуваннях агрегату ЗАВ-40

№№	Масив	Масив	R_{ij}	T_{PAC}
1.	s(t)	$H_H(t)$	0,82 (0,68)	9,95 (6,44)
2.	$S_H(t)$	P(t)	0,02	0,14
3.	$H_H(t)$	P(t)	0,03 (0,14)	0,21 (0,99)
4.	Q(t)	$H_k(t)$	-0,11 (-0,10)	0,77 (0,70)
5.	Q(t)	$S_k(t)$	-0,26	1,87
6.	$H_k(t)$	$S_k(t)$	0,9(0,91)	16,4(17,6)
7.	P(t)	Q(t)	0,06	0,42
8.	P(t)	$S_k(t)$	-0,15	1,05
9.	P(t)	$H_k(t)$	-0,05	0,35
10.	$H_H(t)$	$S_k(t)$	-0,10 (-0,10)	0,70 (0,70)
11.	$H_H(t)$	Q(t)	-0,01 (0,001)	0,07 (0,007)
12.	$H_H(t)$	$H_k(t)$	-0,15(0,14)	1,06(0,99)
13.	$S_H(t)$	$S_k(O)$	0,02	0,14
14.	$S_H(t)$	Q(t)	-0,06	0,42
15.	$S_H(t)$	$H_k(t)$	-0,09	0,63

4.3.2.3 Машина первинного очищення зерна ЗВС-20

Між вхідними масивами $H_H(t)$ і $S_H(t)$ існує сильний кореляційний зв'язок (табл. 5.10). Деякі з вихідних масивів також пов'язані: Q(t) і $S_k(t)$, $H_k(t)$ і $S_k(t)$. Вихідні масиви Q(t) і $S_k(t)$, хоча й слабо, корелюють із масивом $S_H(t)$. Сильний кореляційний зв'язок відмічено між масивами Q(t) і $H_k(t)$

Виправлення вибірок шляхом корегування викидів не призвело до зміни характеру кореляційних зв'язків між параметрами. Не-

значне зростання абсолютного значення R_{ij} мало місце для двох пар вибірок $H_{и}(t)-S_{и}(t)$ і $H_{и}(t)-S_{к}(t)$, хоча значення відповідних коефіцієнтів $T_{РАС}$ залишалися менше критичного значення.

Таблиця 5.10 - Результати кореляційного аналізу при випробуваннях машини первинного очищення зерна ЗВС-20

№№	Масив	Масив	R_{ij}	$T_{РАС}$
1	P(t)	$H_{и}(t)$	0,04(0,14)	0,21 (0,99)
2	P(t)	$S_{и}(t)$	0,07	0,42
3	$H_{и}(t)$	$S_{и}(t)$	0,03 (0,16)	9,91 (6,47)
4	Q(t)	$H_{к}(t)$	0,8	9,22
5	Q(t)	$S_{к}(t)$	-0,50	3,98
6	$H_{к}(t)$	$s_{к}(t)$	0,58	4,96
7	p(t)	Q(t)	0,08	0,56
8	P(t)	$H_{к}(t)$	0,20	1,60
9	P(t)	$S_{к}(t)$	-0,05	0,35
10	$H_{и}(t)$	Q(t)	0,12(0,16)	0,84(1,13)
11	$H_{и}(t)$	$H_{к}(t)$	0,20 (0,23)	1,60(1,66)
12	$H_{и}(t)$	$S_{к}(t)$	0,01 (-0,12)	0,07
13	$S_{и}(t)$	Q(t)	0,32	2,33
14	$S_{и}(t)$	$H_{к}(t)$	0,14	0,99
15	$S_{и}(t)$	$S_{к}(t)$	-0,27	1,94

5.3.2.4 Ворохоочисник скальператорного типу

З погляду теорії планування експерименту дана серія випробувань організована найбільш вдало. Тут кореляційні зв'язки між вхідними масивами практично відсутні (табл. 5.11). Вихідні масиви Q(t) і

$S_k(t)$ досить сильно залежать від вхідних масивів $P(t)$ і $S_{и}(t)$. У цьому випадку критерій $T_{РАС}$ дорівнює відповідно 9,22 і 7,86.

Для перевірки стійкості кореляційних зв'язків до помилок додатково досліджений масив $Q(t)$, у якому мінімальне значення 5.2 було замінено на середньо-вибіркове 5.6. Нові коефіцієнти кореляції наведені в табл. 5.11. - вони взяті в дужки. Порівняння старих і нових даних свідчить про слабкий вплив випадкових перешкод на характер кореляційних зв'язків.

Таблиця 5.11 - Результати кореляційного аналізу при випробуваннях ворохоочисника скальператорного типу

№№	Масив	Масив	R_{ij}	$T_{РАС}$
1	$P(t)$	$S_{и}(t)$	-0,05	0,35
2	$Q(t)$	$S_k(t)$	0,01 (-0,03)	0,07(0,21)
3	$Q(t)$	$\Pi(t)$	0,12 (0,08)	0,84 (0,56)
4	$Sk(t)$	$\Pi(t)$	0,15	1,05
5	$P(t)$	$Q(t)$	0,80 (0,75)	9,22 (7,86)
6	$P(t)$	$S_k(t)$	-0,09	0,63
7	$P(t)$	$\Pi(t)$	0,12	0,84
8	$S_{и}(t)$	$Q(t)$	0,0008	0,56
9	$S_{и}(t)$	$S_k(t)$	0,74	7,53
10	$S_{и}(t)$	$\Pi(t)$	0,19	1,34

5.3.2.5 Лінія обробки вороху на стаціонарі

Висока кореляційна залежність спостерігається між масивами $S_{и}(t)$ і $H_{и}(t)$ (табл. 5.12., $T_{РАС}=13.69$). Відносно сильна залежність виявлена між вихідними й вхідними масивами:

- $T_{PAC}=14,49$ для масивів $S_{и}(t)$ і $S_{к}(t)$;

- $T_{PAC}=8,82$ для $H_{и}(t)$ і $S_{к}(t)$;

- $T_{PAC}=4,93$ для $P(t)$ і $Q(t)$.

Значення $T_{PAC}=2,53$ для пари масивів $S_{к}(t)$ і $H_{к}(t)$ вказує на деяку кореляцію між ними.

Таблиця 5.12 - Результати кореляційного аналізу при випробуваннях лінії обробки вороху на стаціонарі

№№	Масив	Масив	R_{ij}	T_{PAC}
1	$P(t)$	$S_{и}(t)$	0,14	0,99
2	$P(t)$	$H_{и}(t)$	0,08	0,56
3	$S_{и}(t)$	$H_{и}(t)$	0,89	13,69
4	$Q(t)$	$S_{к}(t)$	0,05	0,35
5	$Q(t)$	$H_{к}(t)$	-0,02	0,14
6	$S_{к}(t)$	$H_{к}(t)$	-0,34	2,53
7	$P(t)$	$Q(t)$	0,58	4,93
8	$P(t)$	$S_{к}(t)$	-0,18	1,27
9	$P(t)$	$H_{к}(t)$	-0,003	0,02
10	$S_{и}(t)$	$Q(t)$	-0,08	0,54
11	$S_{и}(t)$	$S_{к}(t)$	0,88	14,49
12	$S_{и}(t)$	$H_{к}(t)$	0,31	2,26
13	$H_{и}(t)$	$Q(t)$	0,09	0,66
14	$H_{и}(t)$	$S_{к}(t)$	0,79	8,82
15	$H_{и}(t)$	$H_{к}(t)$	0,32	2,34

5.3.2.6 Висновок за кореляційним аналізом

Результати дослідження функціонування досліджуваних об'єк-

тів післязбиральної обробки зерна можна розбити на кілька груп. До першої групи віднесемо випробування повнокомплектної насінноочисної лінії й зерноочисного агрегату ЗАВ-40. Для цих видів випробувань характерна дуже сильна залежність між вхідними факторами $S_{in}(t)$ і $H_{in}(t)$ та вихідними - $S_k(t)$ і $H_k(t)$ з коефіцієнтами кореляції 0.76-0.91 і відсутність зв'язку між іншими вхідними й вихідними факторами (табл. 5.8...5.9.). В останньому випадку абсолютне значення коефіцієнта кореляції не перевищувало 0.17. Не звертаючись до додаткових видів аналізу, можна припустити, що в цій серії експериментів вхідні параметри, у межах їхньої зміни, не впливали на вихідні фактори.

До другої групи віднесемо випробування машини первинного очищення зерна ЗВС-20 і лінії обробки купи на стаціонарі, де є сильний зв'язок між вхідними факторами $S_{in}(t)$ і $H_{in}(t)$, при цьому коефіцієнти кореляції становлять 0,81...0,89 (табл. 5.10...5.12.). Більш сильний зв'язок відзначений між вихідними факторами: $Q(t)$ і $H_k(t)$ - 0,8; $S_k(t)$ і $H_k(t)$ - 0,58 (табл. 5.10). Але на відміну від першої групи тут виявлена залежність між вхідними й вихідними факторами.

Кореляційний аналіз для скорегованих вибірок у цілому не дав нових результатів. Всі виявлені на вихідних масивах зв'язки збереглися, нові кореляційні залежності не з'явилися. У деяких випадках коефіцієнт R_{jj} зріс від нульового значення до 0.10...0.32, залишаючись, проте, незначущим, або зменшився від незначущих величин практично до нуля.

Високі коефіцієнти парної кореляції у випадку лінії обробки купи на стаціонарі не є гарантією для успішного виявлення залежностей методами регресійного аналізу.

При випробуваннях ворохоочисника скальператорного типу кореляційні зв'язки між вхідними факторами відсутні - коефіцієнт кореляції дорівнює -0.05. У той же час коефіцієнт кореляції між вихідними й вхідними факторами рівні 0.74 і 0.80 (табл. 5.11.). Ця серія випробувань є ідеальною для проведення регресійного аналізу.

На закінчення відзначимо, що режими функціонування повнокомплектної насінноочисної лінії й зерноочисного агрегату ЗАВ-40 варто вважати досить стійкими. Зміна вхідних параметрів у досліджуваних межах не робить істотного впливу на вихідні характеристики. Виявлена залежність вихідних факторів від вхідних для лінії обробки купи на стаціонарі й, особливо для ворохоочисника скальператорного типу, свідчить про можливість оптимізації режимів їхнього використання. З метою уточнення висновків для останнього випадку доцільно звернутися до виконання регресійного аналізу. Не виключено, що проведення регресійного аналізу може виявитися корисним і для інших досліджуваних об'єктів.

Виконане дослідження дозволяє визначити досить високий рівень кореляційних зв'язків між засміченістю зернового матеріалу $S(t)$ і його натурою $H(t)$ (табл. 5.8...5.12.). Для розглянутих випадків R_{ij} перебуває в межах 0.81-0.90.

У цей час існує об'єктивна необхідність у розробці експрес-

аналізаторів якості зернових матеріалів. На наш погляд, виявлені залежності $S(t)$ - $H(t)$ повинні послужити основою для непрямого методу визначення засміченості матеріалів.

Для різних ЗОМ і агрегатів кореляційні зв'язки по лінії "вхід"- "вихід" різні, що підтверджується результатами виконаного дослідження.

Це пояснюється компоюванням робочих органів, особливостями технологічного процесу ЗОМ, якістю вихідного оброблюваного матеріалу й умовами операцій, що виконуються: попередньої, первинної, вторинної очистки; трієрування; пневмосортування та ін.

Випробування ворохоочиснику скальператорного типу, на відміну від всіх розглянутих об'єктів, показали найбільш стійкий, високий коефіцієнт кореляції між вихідними й вхідними факторами.

Це пов'язано з мінімальною експозицією взаємодії робочих органів (аеропідживлювача, циліндричного решета із зовнішньою робочою поверхнею й щітки очисника) з оброблюваним матеріалом і відсутністю впливів, що збурюють (вібрації, ударних навантажень та ін.) [36].

5.3.3 Регресійний аналіз

Регресійний аналіз складався в побудові багатомірної функції відгуку з використанням методу найменших квадратів у лінійному наближенні. Залежність значень вихідного фактора у від трьох вхідних факторів x_1 x_2 , x_3 має вид:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^{i=3} a_i \cdot x_i, \quad (5.10.)$$

де a_i константи, що обчислюються методом найменших квадратів.

Математична модель (5.10) відбиває залежність вихідного параметра від вхідних факторів при наданні останніх у природному виді. У цьому випадку всі вихідні параметри беруться в тій розмірності, що використовувалася при вимірах. Досвід проведення регресійного аналізу показує, що функцію відгуку (5.10) доцільно представляти в нормованому виді:

$$z = z_0 + \sum_{i=1}^{i=3} b_i \cdot u_i, \quad (5.11.)$$

де нові й старі змінні пов'язані рівностями:

$$z = \frac{y - \bar{y}}{y_2 - y_1}; \quad (5.12.)$$

$$u_i = \frac{x_i - \bar{x}}{x_2 - x_1}. \quad (5.13.)$$

Формула (5.11) у нормованому виді більше зручна при аналізі. У цьому випадку внесок кожного вхідного фактора в значення функції відгуку пропорційний коефіцієнтам регресії b_i . Для обчислення коефіцієнтів регресії є велика кількість стандартних програм, на описі яких немає необхідності зупинятися.

Точність математичної моделі характеризувалася середньоквадратичним відхиленням S_r розраховуємої величини вихідного фактору від експериментального значення за формулою:

$$S_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i^r - Y_i^e)^2, \quad (5.14.)$$

де Y_i^r - розраховане (див. табл. 5.13, 5.15, 5.17, 5.19, 5.21);

Y_i^e - експериментальне значення вихідного фактора Y для i -го виміру.

Відношення обчисленого середньоквадратичного відхилення S_r , до експериментального значення S , характеризує адекватність моделі. Нажаль, коректне вирішення питання про адекватність у випадку пасивного (тобто не планованого експерименту) не є можливим. Ясно, що при $S_r/S < 0.5$ з високим ступенем вірогідності можна говорити про адекватність моделі. При відношенні S_r/S , що дорівнює або більшим 1, модель неадекватна. Найцікавіший проміжний випадок при пасивному експерименті залишається невизначеним.

У таблицях 5.13 - 5.22 літерними символами позначені коефіцієнти рівнянь регресії двох видів, розраховані за формулами 5.10 і 5.11, де A_0, B_0 - вільний член рівняння; $A_1, B_1, A_2, B_2, A_3, B_3$ - коефіцієнти для вхідних факторів, відповідно $P(t), S_{in}(t)$ і $H_{in}(1)$.

5.3.3.1 Повнокомплектна насіннєочисна лінія

Результати регресійного аналізу представлені в табл. 5.13...4.14. Вихідні дані, що використані для побудови функції відгуку, повністю відповідали даним, на підставі яких раніше проводився варіаційний аналіз. Обчислення виконувалися як з вихідними масивами, так і з масивами, скорегованими на окремі викиди. При використанні не скорегованих вихідних даних в останньому стовпці таблиць стоїть позначка "немає", у протилежному випадку - позначка "так". Аналогічне зауваження ставиться й до всіх наступних серій дослідів.

Таблиця 5.13 - Коефіцієнти регресії A_i середньоквадратичне відхилення розрахованих даних від експериментальних значень S_r , середньоквадратичне відхилення експериментального значення від середньо-вибіркового S і відношення S_r/S при випробуванні повнокомплектної насіннеочисної лінії

Показник	A_0	A_1	A_2	A_3	S	S_r	S_r/S	Корегування
$S_k(t)$	-3,16	- 0,0064	0,0050	-0,062	0,15	0,14	0,96	немає
$H_k(t)$	881	- 0,0559	-0,058	1,43	2,7	2,6	0,96	так
$H_k(t)$	916	-0,123	-0,107	2,496	2,7	2,6	0,96	немає
$Q(t)$	4,75	-	-	0,017	0,042	0,041	0,98	так

Параметр адекватності S_r/S для регресійних моделей у табл. 5.13 виявився рівним 0.96...0.98, що вказує на відсутність залежності вихідних факторів від вхідних параметрів. Цей висновок добре узгоджується з результатами кореляційного аналізу (табл. 5.8.), відповідно до якого коефіцієнти кореляції між вихідними та вхідними факторами незначні й не перевищують за абсолютною величиною 0.14...0.17. Відомо, що форма неадекватних моделей надзвичайно чутлива до помилок виміру. Зокрема, невелике корегування масивів даних, що складалася в заміні окремих вимірів на середньо-вибіркові, призвела практично до нової моделі (порівняйте 2-ий і 3-ій рядки таблиці 5.13). У табл. 5.14 наведені коефіцієнти регресії для нормованого виду моделей.

Таблиця 5.14 - Коефіцієнти регресії нормованих рівнянь при випробуванні повнокомплектної насіннеочисної лінії

Показник	B	B ₁	B ₂	B ₃	Корегування
Sk(t)	-0,00149	-0,0836	0,149	-0,130	немає
H _k (t)	-0,0044	-0,032	-0,077	-0,133	так
H _k (0)	0,00106	-0,0645	-0,142	0,180	немає
Q(t)	-0,0229	-0,0112	-0,016	0,0970	так

Абсолютне значення для всіх коефіцієнтів регресії B; у табл. 5.14 менше 0.2. Це означає, що у випадку адекватної моделі зміна будь-якого вхідного параметру від мінімального до максимального значення приведе до відносної зміни вихідного фактора не більше ніж на 0.4, тобто максимум на 40%.

Максимальний коефіцієнт регресії в табл. 5.14, рівний 0.180, відноситься до вхідного фактора P(t) у випадку не скорегованої моделі для другого вихідного фактора H_k(t).

5.3.3.2 Зерноочисний агрегат ЗАВ-40

Коефіцієнти регресії для моделей представлені в табл. 5.15. Коефіцієнт адекватності S_r/S для третього фактора Sk(t) дорівнює 1. Спроба поліпшити модель шляхом корегування масивів ні до чого не призвела. Нова скорегована модель мала близькі параметри й ту ж величину коефіцієнта адекватності. Абсолютне значення коефіцієнтів кореляції, що пов'язують третій вихідний фактор із вхідними параметрами, не перевищує 0.15, що менше критичної величини (табл. 5.8). Тому є всі підстави віднести цю модель до розряду неадекватних.

Таблиця 5.15 - Коефіцієнти регресії A_i , середньоквадратичне відхилення розрахованих даних від експериментальних значень S_r , середньоквадратичне відхилення експериментального значення від середньо-вибіркового S і відношення S_r/S при випробуванні зерноочисного агрегату ЗАВ 40

Показник	A_0	A_1	A_2	A_3	S	S_r	S_r/S	Корегування
$Q(t)$	3,01	-0,00086	-0,00079	-0,0019	0,10	0,12	0,83	немає
$H_k(t)$	780,	-4,24	0,0518	-0,0684	2,4	2,1	0,87	немає
$S_k(t)$	0,56	-0,111	-0,00041	-0,0010	0,14	0,14	1,0	немає
$S_k(t)$	0,83	-0,770	-0,00074	0,0011	0,14	0,14	1,0	так

Коефіцієнти адекватності для перших двох вихідних факторів $Q(t)$ і $H_k(t)$ дорівнюють 0.83 (перший) і 0.87 (другий), що трохи краще в порівнянні із третім фактором, але не настільки добре, щоб зробити однозначний висновок на користь адекватності моделей. Для одержання додаткової інформації з питання адекватності звернемося до табл. 5.16, де вміщуються дані про коефіцієнти регресії моделей у нормованому виді.

Коефіцієнти регресії для третього фактора у випадку скорегованих і не скорегованих масивів трохи відрізняються одне від одного. Максимальний коефіцієнт регресії припадає на перший фактор. Він негативний і дорівнює біля -0.13-0.19. Згідно даним кореляційного аналізу максимальний коефіцієнт кореляції також відноситься до першого фактора. Тому можна припускати про наявність деякої тенденції зниження третього фактора з ростом першого вхідного фактора. Однак ця залежність досить несуттєва й слабо проявляється на фоні шумових перешкод.

Таблиця 5.16 - Коефіцієнти регресії нормованих рівнянь при випробуванні зерноочисного агрегату ЗАВ-40

Показник	B_0	B_1	B_2	B_3	Корегування
$Q(t)$	-0,0079	0. 179	-0,182	-0,0516	немає
$H_k(t)$	0,00112	-0,353	0,475	-0,0747	немає
$S_k(t)$	0,0106	-0,185	0,0754	0,0223	немає
$S_k(t)$	0,0000	-0,128	-0,00823	0,02489	так

Перші два вихідних параметри впорядковані більшою мірою. Тут коефіцієнт адекватності S_r/S менше 1 (табл. 5.15), а коефіцієнти регресії нормованої моделі вище в порівнянні із третім фактором (табл. 5.16). Значення $B_2=0.475$ (див. рядок 2 у табл. 5.16) свідчить про те, що зміна другого вихідного параметра від своєї мінімальної до максимальної величини у випадку адекватної моделі приведе майже до дворазового збільшення другого вихідного фактору.

Із проведеного аналізу можна зробити висновок - тенденція зростання $H_k(t)$ від $H_n(t)$, імовірно, є. У цілому, всі вихідні фактори в цій серії експериментів практично не залежать від вхідних параметрів.

4.3.3.3. Машина первинного очищення зерна ЗВС-20

Результати регресійних досліджень зведені в табл. 5.17 і 5.18.

У цьому випадку всі моделі неадекватні. Спроба поліпшити ситуацію для другого вихідного фактора шляхом корегування вихідних масивів не увінчалася успіхом - відношення S_r/S залишилося рівним 7.0.

Таблиця 5.17 - Коефіцієнти регресії A_i , середньоквадратичне відхилення розрахованих даних від експериментальних значень S_r , середньоквадратичне відхилення експериментального значення від середньо-вибірочно-вого S і відношення S_r/S при випробуванні машини первинного очищення зерна ЗВС-20

Показник	A_0	A_1	A_2	A_3	S	S_r	S_r/S	Корегування
$Q(t)$	3,39	-0,196	0,0081	0,037	0,38	0,35	0,92	немає
$H_k(t)$	601,1	-0,656	0,222	1,000	3,3	23,2	7,0	немає
$H_k(t)$	555,0	-1,336	0,293	0,763	3,3	23,1	7,0	так
$S_k(t)$	-11,7	-1,18	0,040	-0,174	2Д	2,1	1,0	немає

Отриманий висновок узгодиться з результатами кореляційного аналізу. На всіх досліджених графіках експериментальні точки хаотично розкидані по полю. Тенденції до утворення кореляційного зв'язку не виявлено.

Таблиця 5.18 - Коефіцієнти регресії нормованих рівнянь при випробуванні машини первинного очищення зерна ЗВС-20

Показник	B_0	B_1	B_2	B_3	Корегування
$Q(t)$	-0,000357	-0,405	0,594	0,325	немає
$H_k(t)$	-0,0219	-0,0351	0,421	0,226	немає
$H_k(t)$	-0,0043	-0,0714	0,3946	0,1733	так
$S_k(t)$	0,0013	-0,366	0,438	-0,228	немає

5.3.3.4 Ворохоочисник скальператорного типу

Коефіцієнти регресії для різних видів моделей представлені в табл. 5.19, 5.20, звідки видно, що рівняння для третього вихідного фактора неадекватне (коефіцієнт адекватності S_r/S дорівнює 1.25).

Таблиця 5.19. Коефіцієнти регресії A_i середньоквадратичне відхилення розрахованих даних від експериментальних значень S_r , середньоквадратичне відхилення експериментального значення від середньовибіркового S і відношення S_r/S при випробуванні ворохоочисника скальператорного типу

Показ-	A_0	A_1	A_2	S	S_r	S_r/S	Корегуван-
Qt)	2,917	0,4784	0,0111	0,19	0,11	0,58	немає
$S_k(t)$	0,1582	-0,030	0,1773	0,15	0,10	0,69	немає
П(t)	-0,033	0,0109	0,0095	0,020	0,025	1,25	немає

Рівняння для перших двох факторів мають адекватність (коефіцієнт адекватності S_r/S дорівнює, відповідно, 0.58 і 0.69). Причому перший вихідний фактор залежить тільки від першого вхідного параметра (коефіцієнти $B_1=0.778$, $B_2=0.033$, табл. 4.20), а другий вихідний фактор залежить тільки від другого фактора ($B_1=-0.049$, $B_2=0.532$, табл. 5.20).

Раніше виконаний кореляційний аналіз (табл. 5.10) також показав, що кореляційні зв'язки для третього фактора незначні, а вихідні другий і третій фактори залежать, відповідно, тільки від перших і других вхідних параметрів.

Таблиця 5.20 - Коефіцієнти регресії нормованих рівнянь при випробуванні ворохоочисника скальператорного типу

Показник	B_0	B_1	B_2	Корегування
Q(t)	-0,00011	0,778	0,033	немає
$H_k(t)$	0,000023	-0,049	0,532	немає
П(t)	0,000032	0,018	0,029	немає

5.3.3.5 Лінія для обробки вороху на стаціонарі

Коефіцієнти регресії для рівнянь 5.10 і 5.11 наведені в табл. 5.21, 5.22.

Таблиця 5.21 - Коефіцієнти регресії A_i , середньоквадратичне відхилення розрахованих даних від експериментальних значень S_r , середньоквадратичне відхилення експериментального значення від середньовибіркового S і відношення S_r/S при випробуванні лінії обробки вороху на стаціонарі

Показник	A_0	A_1	A_2	A_3	S	S_r	S_r/S
$Q(t)$	-0,014	0,301	0,00033	0,00021	0,074	0,063	0,85
$S_k(t)$	-21,67	0,57	0,666	-0,0004	3,9	2,20	0,56
$H_k(t)$	704,45	87,98	-2,54	0,420	19	10,9	0,56

При проведенні розрахунків масив $H_k(t)$ скорегований шляхом заміни явного викиду для 29-го виміру й рівного 234 на середньовибіркове 637. Перше рівняння регресії визначає тенденцію зростання першого вихідного фактора з ростом першого вхідного фактору, але стверджувати про його адекватність немає вагомих підстав. Кореляційний аналіз також вказує на значимість коефіцієнта кореляції між відповідними масивами $P(t)$ і $Q(t)$ (табл. 5.12).

Рівняння регресії для другого й третього факторів адекватно описують досліджуваний об'єкт, про що свідчать низькі коефіцієнти S_r/S , рівні 0.56. Кореляційний аналіз підтверджує кореляційні зв'язки зазначених вихідних факторів із вхідними параметрами (табл. 5.12).

Таблиця 5.22 - Коефіцієнти регресії нормованих рівнянь при випробуванні лінії обробки ворохуна стаціонарі

Показник	B_0	B_1	B_2	B_3
$Q(t)$	-0,0461	0,803	0,231	0,301
$S_k(t)$	-0,0015	0,0025	0,777	-0,00096
$H_k(t)$	-0,0054	0,084	-0,675	0,222

Беручи до уваги сильний кореляційний зв'язок між вхідними параметрами $S_{и}(t)$ і $H_{и}(t)$, варто відзначити, що в цьому випадку виявляється, фактична залежність $S_k(t)$ від нерозділеного сукупного впливу двох вхідних параметрів $S_{и}(t)$ і $H_{и}(t)$.

5.4. Математичні моделі прогнозу показників якості функціонування машин і агрегатів

В результаті виконаного регресійного аналізу були отримані математичні моделі прогнозу показників якості функціонування зерноочисних машин і агрегатів у двох видах.

Математичні моделі, розраховані за формулою 5.10, відображують залежність вихідного параметра від вхідних факторів при заданні в природному виді, тобто в тім масштабі і у тій розмірності, які використовувалися при вимірах.

Для: - насіннеочисної лінії

$$\begin{aligned}
 Q^1 &= 4,75 + 0,017 \cdot P^1 - 0,0003 \cdot S_{и}^1 - 0,0002 \cdot H_{и}^1 \\
 S_k^1 &= -3,16 - 0,062 \cdot P^1 - 0,0064 \cdot S_{и}^1 - 0,005 \cdot H_{и}^1 \\
 H_k^1 &= 916 + 2,496 \cdot P^1 - 0,123 \cdot S_{и}^1 - 0,107 \cdot H_{и}^1;
 \end{aligned}
 \tag{5.15.}$$

- 3AB-40

$$\begin{aligned} Q^2 &= 3,01 - 0,00086 \cdot P^2 - 0,0019 \cdot S_u^2 - 0,00079 \cdot H_u^2 \\ S_K^2 &= 0,564 - 0,111 \cdot P^2 - 0,001 \cdot S_u^2 - 0,0004 \cdot H_u^2 \\ H_K^2 &= 780,9 - 4,24 \cdot P^2 - 0,068 \cdot S_u^2 - 0,052 \cdot H_u^2; \end{aligned} \quad (5.16.)$$

- 3BC-20

$$\begin{aligned} Q_K^3 &= 3,39 - 0,196 \cdot P^3 + 0,037 \cdot S_u^3 + 0,008 \cdot H_u^3 \\ S_K^3 &= -11,7 - 1,18 P^3 - 0,174 \cdot S_u^3 + 0,04 \cdot H_u^3 \\ H_K^3 &= 601,1 - 0,656 \cdot P^3 + 1,0 \cdot S_u^3 + 0,22 \cdot H_u^3; \end{aligned} \quad (5.17.)$$

- Ворохоочисника

$$\begin{aligned} Q^4 &= 2,92 + 0,48 \cdot P^4 + 0,01 \cdot S^4 \\ S_K^4 &= 0,16 - 0,03 \cdot P^4 + 0,18 \cdot S_u^4 \\ H_K^4 &= 0,033 + 0,01 \cdot P^4 + 0,009 \cdot S_u^4; \end{aligned} \quad (5.18.)$$

- Лінії обробки вороху на стаціонарі

$$\begin{aligned} Q^5 &= -0,014 + 0,301 \cdot P^5 + 0,0003 \cdot S_u^5 + 0,0002 \cdot H_u^5 \\ S_K^5 &= -21,67 + 0,57 \cdot P^5 + 0,67 \cdot S_u^5 - 0,0004 \cdot H_u^5 \\ H_K^5 &= 704,45 + 85,98 \cdot P^5 - 2,54 \cdot S_u^5 + 0,42 \cdot H_u^5. \end{aligned} \quad (5.19.)$$

При розрахунках, виконаних за формулою 5.11, отримані математичні моделі в нормованому виді, коли старі й нові змінні пов'язані рівностями у відповідності до виразу 5.12 і 5.13. У цьому випадку значимість кожного вхідного фактора в значенні функції відгуку пропорційна коефіцієнтам регресії.

Для: - насіннеочисної лінії

$$\begin{aligned} Q_{KH}^1 &= 0,023 + 0,097 \cdot P^1 - 0,011 \cdot S_u^1 - 0,016 \cdot H_u^1 \\ S_{KH}^1 &= -0,0015 - 0,13 \cdot P^1 - 0,084 \cdot S_u^1 - 0,149 \cdot H_u^1 \\ H_{KH}^1 &= 0,001 + 0,18 \cdot P^1 - 0,065 \cdot S_u^1 - 0,142 \cdot H_u^1; \end{aligned} \quad (5.20.)$$

- 3AB-40

$$\begin{aligned} Q_H^2 &= 0,008 + 0,179 \cdot P^2 - 0,052 \cdot S_u^2 - 0,182 \cdot H_u^2 \\ S_{KH}^2 &= 0,001 - 0,353 \cdot P^2 + 0,022 \cdot S_u^2 + 0,075 \cdot H_u^2 \\ H_{KH}^2 &= 0,001 - 0,353 \cdot P^2 - 0,075 \cdot S_u^2 + 0,475 \cdot H_u^2; \end{aligned} \quad (5.21.)$$

- 3BC-20

$$\begin{aligned} Q_H^3 &= -0,00036 - 0,405 \cdot P^3 + 0,325 \cdot S_u^3 + 0,594 \cdot H_u^3 \\ S_{KH}^3 &= 0,0013 - 0,366 \cdot P^3 - 0,228 \cdot S_u^3 + 0,438 \cdot H_u^3 \\ H_{KH}^3 &= -0,022 - 0,035 \cdot P^3 + 0,226 \cdot S_u^3 + 0,421 \cdot H_u^3; \end{aligned} \quad (5.22.)$$

- ворохоочисника

$$\begin{aligned} Q_H^4 &= 0,0001 + 0,778 \cdot P^4 + 0,033 \cdot S_u^4 \\ S_{KH}^4 &= 0,00002 + 0,049 \cdot P^4 + 0,532 \cdot S_u^4 \\ \Pi_H^4 &= 0,00003 + 0,018 \cdot P^4 + 0,029 \cdot S_u^4; \end{aligned} \quad (5.23.)$$

- лінії обробки вороху на стаціонарі

$$\begin{aligned} Q_H^5 &= -0,046 + 0,803 \cdot P^5 + 0,231 \cdot S_u^5 + 0,301 \cdot H_u^5 \\ S_{KH}^5 &= -0,0015 + 0,0025 \cdot P^5 + 0,777 \cdot S_u^5 - 0,001 \cdot H_u^5 \\ H_{KH}^5 &= -0,0054 + 0,084 \cdot P^5 - 0,675 \cdot S_u^5 - 0,222 \cdot H_u^5. \end{aligned} \quad (5.24.)$$

Отримані моделі першого виду за допомогою виразу 5.14 перевірені на адекватність. Моделі другого виду перевірені на значимість вхідних факторів, що пропорційні їхнім коефіцієнтам регресії.

Як основний показник функціонування машин і агрегатів, використовуваних для обґрунтування параметрів технічної оснащеності зернокомплексів, прийнята їхня продуктивність Q .

В результаті виконаних досліджень розглянуті різні прикладні методики прогнозування еволюції систем, їхніх структур і властивостей. Вивчено ймовірностно-статистичні зв'язки випробуваних у виро-

бничих умовах систем методами варіаційного, кореляційного й регресійного аналізу й розроблені математичні моделі якості функціонування серійних та експериментальних ЗОМ і агрегатів: повнокомплектної насіннеочисної лінії; зерноочисного агрегату ЗАВ-40; машини первинного очищення зерна ЗВС-20; ворохоочисника скальператорного типу й лінії для обробки вороху на стаціонарі. Отримані моделі прогнозують показники якості функціонування ЗОМ і агрегатів в умовах півдня України.

Аналогічний підхід може бути застосовано при випробуваннях існуючих і знову розроблюваних ЗОМ і агрегатів.

РОЗДІЛ 6

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОЇ ОСНАЩЕНОСТІ ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

6.1 Аналіз методів розрахунку параметрів технічної оснащення

При створенні нових технологічних комплексів для ПУОЗ необхідно використовувати методики, що враховують реальні умови функціонування машин і обладнання.

При цьому необхідно враховувати, що недостатньо обґрунтоване виготовлення експериментального обладнання призводить до втрат часу, засобів і матеріалів у зв'язку зі складністю обладнання, тривалістю проектування, будівництва та ін.

Проведення натурних випробувань таких об'єктів за 1...2 сезону не дозволяє отримати достатнього й достовірного банку статистичних даних, що враховують імовірнісну природу умов функціонування розглянутих об'єктів.

Таким чином, існує об'єктивна необхідність розробки ефективних методик, що дозволяють робити розрахунки параметрів технологічного процесу післязбиральної обробки зерна, заснованих на реальних умовах функціонування об'єктів.

Послідовний ряд завдань, які необхідно вирішити при цьому можна сформулювати так [20]:

1. Вибір сезонної продуктивності пункту.

2. Встановлення числа потокових ліній і закріплення за ними культур (сортів, репродукцій).
3. Визначення складу технологічних відділень.
4. Розрахунок продуктивності обладнання технологічних відділень.
5. Вибір технологічного обладнання й машин з переліку, що випускає промисловість або експериментальних.

В одній з перших методик [71] пропонується робити розрахунки виходячи з умов обробки ярових культур, тому що збирання відбувається в період найбільш несприятливих метеорологічних умов. У ряді методик [10, 13 та ін.] передбачається завантаження сушарок враховувати множенням кількості оброблюваного зерна на відсоток знімання вологи. Найбільше вірогідна залежність продуктивності ЗОМ від характеристик зовнішніх умов (вологості, засміченості та ін.) дана в роботі [12]. Досить повно критерій оптимальної продуктивності зерноочисної машини, агрегату - одержання витрат, обумовлених даними агрооцінки й нормативними показниками, представлений у методиці [73].

Завдання визначення сезонної продуктивності зернокомплексу вирішуються в роботах Л.К. Абліна, Ф.С. Завалішина, Л.И. Кроппа, Ю.А. Нагаєва, Ю.В. Пануса, В.И. Тимофєєва й Р.Г. Шмідта, В.П. Єлізарова, А.Х. Бекеєва, М.В. Кіреєва й В.М. Дегтева, Р.Э. Штейна, А.М. Валге, А.Е. Іванова, И.Ф. Ніккінена, Н.А. Громова, СМ. Григор'єва, М.В. Кіреєва і Ю.К. Ковальчука та ін. [12,13,14,29,81 та ін.].

Для визначення числа потокових ліній необхідно знати строки дозрівання зернових культур. Аналіз, проведений у п. 1.4 показує, що

в різні роки строки дозрівання зернових культур змінюються строки збирання у значних межах.

Для розрахунку кількості потокових ліній важливо знати не стільки строки збирання, як їхнє зрушення відносно одне одного. Для регіональних умов півдня України наявність у господарстві однієї лінії або зерноочисного агрегату не може вирішити проблему ПУОЗ.

У роботі [81] описується статистична модель, що дозволяє визначити оптимальну кількість ліній для ПУОЗ. Автори моделювання роблять висновок, що для розглянутих умов доцільно мати не менш двох потокових ліній.

Ряд досліджень [8, 9 та ін.] показує, що продуктивність зерноочисного й сушильного устаткування залежить в основному від виду культури, призначення зерна, його вологості й засміченості.

Відомо [7], що зниження продуктивності ЗОМ стосовно паспортної відбувається відповідно на 2 % і 5 % при збільшенні на 1% засміченості й вологості вихідного матеріалу. Знижується продуктивність ЗОМ також при обробці різних культур, що при розрахунках ураховується введенням коефіцієнта еквівалентності.

Нашими дослідженнями визначено, що вищезгадані розрахунки вимагають корегування, навіть із врахуванням того, що випробування ЗОМ проводилися в умовах, коли вологість вихідного матеріалу становила 13...15%, а засміченість - 5...6%, що повинно сприяти підвищенню продуктивності ЗОМ у порівнянні з паспортною.

Так, у КСП "Колос" Мелітопольського району Запорізької області зерноочисний агрегат ЗАВ-40, що працював в умовах високої

технологічної надійності, на обробці пшениці показав максимальну продуктивність 32...33 т/год при необхідному допуску на втрати зерна у відходи, що не відповідає паспортним даним (40 т/год).

При випробуваннях машини ЗВС-20 з паспортною продуктивністю 20 т/год у КСП "Герої Сиваша" Красноперекопського району Автономної Республіки Крим на очищенні рису було зафіксовано продуктивність 5...6 т/год, хоча з урахуванням коефіцієнта еквівалентності за розрахунками вона повинна була скласти 10 т/год.

Аналогічні результати отримані при випробуваннях інших зерноочисних машин, що працювали на обробці культур. Таким чином, тільки по наведених прикладах можна зробити висновок, що коефіцієнти еквівалентності для пшениці $K_{\text{п}}=0,8$ а не 1,0, і для рису, - $K_{\text{р}}=0,3$ а не 0,5 [7], що необхідно враховувати при виконанні розрахунків.

В.А. Куйбишев і Ю.В. Панус [10] рекомендують визначати фактичну продуктивність ЗОМ за формулою:

$$q_{\text{цн}}^{\text{ф}} = q_{\text{цн}}^{\text{п}} \cdot k_{\tau} \cdot h \cdot k_{\text{к}} \cdot (1 - k_{\text{в}} \cdot \Delta W) \cdot (1 - k_{\text{з}} \cdot Z) \quad (6.1)$$

де $q_{\text{ЗОМ}}$ - фактична продуктивність машини, т/год;

$q_{\text{ЗОМ}}^{\text{п}}$ - паспортна продуктивність машини, т/год;

$k_{\text{к}}$ - коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної культури;

$k_{\text{в}}$ - коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності машини при вологості зернової купи, що перевищує 14...16 %;

$k_{\text{з}}$ - коефіцієнт зниження продуктивності через засміченість купи;

Z - засміченість купи, %;

h - коефіцієнт, що враховує організацію робіт. При потоковій орга-

нізації $h = 1$;

k_τ - коефіцієнт використання часу, $k = 0,7 \dots 0,8$;

ΔW - допуск на відхилення фактичної вологості від кондиційної (16%)

$$\Delta W = W_3 - 16, \quad (6.2)$$

де W_3 - вологість зерна, %.

Аналогічні формули пропонуються в роботах [29], однак коефіцієнти k_w і k_z мають інші значення.

У роботі [30] рекомендується $k_w = 0,05$ на кожний % вологості понад 18% і $k_z = 0,02$ на кожний % засміченості понад 10%.

По інших розрахунках [20] задається $k_w = 0,03$ на кожний відсоток вологості понад 18% і $k_z = 0,02$ на кожний % засміченості понад 10%.

Залежно від виду культури й характеристик зернової купи по ОСТ 70.10.2-83 визначають продуктивність ЗОМ за формулою:

$$q_{\text{фн}}^{\text{II}} = q_{\text{фн}}^{\text{I}} \cdot k_k \cdot k_{wz}, \quad (6.3)$$

де $q_{\text{ЗОМ}}^{\text{II}}$, $q_{\text{ЗОМ}}^{\text{I}}$ відповідно фактична й паспортна продуктивності машини, т/год;

k_k - коефіцієнт, що залежить від виду культури;

k_{wz} - коефіцієнт, що залежить від початкових вологості й засміченості купи.

Забезпечення потоковості ПУОЗ при мінімальних наведених витратах є однією з найважливіших завдань розрахунку продуктивності технологічних відділень. При цьому необхідно враховувати ряд

обмежень технологічного й організаційного плану - режим роботи, характер заявок, якість вступника матеріалу й т.п.

Ф.С. Завалішин [71] розрізняє три типи комплексів ПУОЗ:

1. Тривалість роботи комплексу дорівнює тривалості роботи машин, від яких надходять матеріали на обробку. Середня інтенсивність потоку в окремих ланках виробничого потоку буде однаковою. У цьому випадку організується безперервний потік із трьох ланок: збирання - транспортування - післязбиральна обробка.

2. Весь матеріал, що надійшов на комплекс протягом доби, за туж добу повинен бути перероблений.

3. Кількість оброблюваного матеріалу повинна дорівнювати кількості матеріалу, що надійшов за весь сезон.

При розрахунку параметрів технологічного обладнання процесу ПУОЗ важливо враховувати складну ймовірсно-статистичну природу зміни характеристик зернового матеріалу.

Багаторічні спостереження за зміною вологості й засміченості в різних зонах СНД показали, що їхній розподіл можна описати нормальним законом [12,13,14].

Процеси зміни вологості й засміченості ЗМ в умовах півдня України вивчені недостатньо повно. За наявними даними вважають /10/, що процеси $W(t)$ і $S(t)$ (W - вологість, S - засміченість зерна) є стаціонарними й ергодичними, хоча обидві ці умови нерідко порушуються.

Багато авторів при розрахунках враховують характер нерівномірності надходження зернового матеріалу на зернокомплекси. Так,

приймаючи гіпотезу про найпростіший потік, пропонується використати аналітичний метод теорії масового обслуговування [12], що дозволяє з урахуванням динаміки надходження зернового матеріалу на обробку, визначати не тільки продуктивність устаткування прийомного відділення, але й місткість завальної ями (компенсаційної ємності), що забезпечує безперебійне вивантаження зерна з автомобілів.

Слід зазначити, що в більшості раніше запропонованих методик наявність одночасно декількох вступників культур не враховувалося, і найбільш повно, як представляється, це питання вирішене в роботі [80].

Одним з методів, що допомагають більш повно виявляти особливості створення комплексів, може стати математичне моделювання комплексу, при якому використовуються результати натурних випробувань окремого устаткування або комплексу в цілому при певних зовнішніх умовах [81].

Існуючі методики формування засобів ТО ПУОЗ, маючи у своїй основі детерміністичні принципи й припущення, що спрощують, щодо реальних умов процесу, враховують перелічені особливості лише у вкрай обмеженому обсязі. На наш погляд, найбільш достовірні результати з обґрунтування параметрів технічної оснащеності ПУОЗ може дати метод імітаційного моделювання, що враховує комплекс якісних показників функціонування зерноочисних машин.

Метод імітаційного моделювання детально викладений у монографіях Дж. Клейнена [83], Р. Шеннона [53] і використовується

багатьма вченими. [83, 84, 85 та інш.]

У роботах [86, 87] виконується розрахунок продуктивності устаткування технологічних відділень, що враховує складну ймовірно-статистичну природу динаміки надходження зерна й зміни його характеристик.

У роботах В.П. Єлізарова, Б.А. Макаричева, Бекеєва, В.М. Дегтева, Р.Э. Штейна описується побудова відділень роботи колгоспних і радгоспних підприємств ПУОЗ. Авторами розроблені програми, що імітують процеси функціонування різних машин, устаткування, технологічних ліній. Це дозволяє оптимізувати структуру підприємства й основні параметри його устаткування.

Вченими Аніскіним В.І., Зюлінім А.Н., Півнем В.В., Кірпой М.Я. та іншими пропонуються напрямки удосконалення технологій ПЗОЗ [88, 89, 90].

У роботах американських учених Т.К. Бріджеса, О.Дж. Лоуера й Д.Дж. Оверхольца описані системи програм для розрахунків, що дозволяють робити підбір устаткування й проектування процесів збирання, післязбиральної обробки й зберігання зерна.

В останні роки імітаційне моделювання набуло широкого застосування. У роботах Ю.Н. Блинського і Ю.Ф. Ладигіна, Б.Д. Цвіка, А.И. Митрофанова й В.В. Степанова, В.В. Войцеховського, А.Д. Орлянського, П.А. Алексєєва й А.М. Рахманова, Б.И. Горбунова та ін. моделюється використання техніки в технологічних ланках механізованих потокових робіт оброблення й збирання зернових культур при різних умовах функціонування. В.М. Чорненький використовує імі-

таційне моделювання при розробці САПР, Г.А. Лиший - при розробці системи агрегативного керування сільськогосподарським виробництвом і т.д.

Розроблені й використовувані в Україні й за кордоном методики обґрунтування параметрів технологічного процесу ПУОЗ не можуть бути застосовані для умов півдня України в силу специфіки агрокліматичних умов, розмірів посівних площ, врожайності, розмірів валових зборів зерна, характеристик зернових матеріалів. Крім того, відсутні дані про реальні показники якості роботи ЗОМ в умовах їхнього нормального функціонування, що свідчить про необхідність удосконалення методик розрахунку параметрів устаткування зернокомплексів з урахуванням зональних умов.

6.2 Методика розрахунку параметрів обладнання потокових ліній з використанням імітаційного моделювання та імовірно-статистичних методів

Для практичної реалізації обґрунтування параметрів ПУОЗ передбачена значна робота з технологічного, технічного й нормативного забезпечення.

У роботах Л.В. Погорелого [73,74] відзначається, що необхідно замість розпливчастих показників агротехнічних вимог застосовувати формалізовані методи оцінки оптимальних значень відповідних показників якості роботи машин і технологічних процесів.

Для одержання достовірних даних про експлуатаційно-технологічну ефективність техніки в широкій області умов і відпові-

дної організації керування необхідно створити більш представницьку інформаційну базу: зібрати й узагальнити численні відомості, що стосуються моделей зони й регіонів, впливу природно-виробничих умов на різні експлуатаційні показники машин і технологій, прогнозів зміни умов експлуатації і т.д. [74]. Для одержання систематичних даних такого характеру доцільно використати дані випробувань техніки в різних умовах, а також організувати накопичення й узагальнення інформації.

Існуючі методики обґрунтування основних параметрів машин і обладнання для ПУОЗ розрізняються, як за шириною охоплення процесів і глибиною їхньої деталізації, так і за використовуваними математичними методами. При побудові більшості з них досить детально вивчався процес післязбиральної обробки, а процес надходження зерна від комбайнів замінювався спрощеною моделлю, що створювалася на основі спостережень за потоками надходження. При такому підході практично неможливе розмежування впливу на характеристики потоку природно-кліматичних зон, з одного боку, і організаційно-технічних факторів, з іншого боку, що може негативно позначитися на точності результатів при використанні методик для розрахунків в умовах безперервного вдосконалення технічних засобів і організації роботи збирально-транспортних комплексів [20].

Існують методики, у яких одночасно обґрунтовуються параметри машин і обладнання для процесів збирання, транспортування й ПУОЗ. Такий підхід варто вважати кращим, тому що він дозволяє обґрунтувати структуру й основні параметри машин і обладнання ком-

плексу ПУОЗ із урахуванням конкретної структури й організації роботи збирально-транспортного комплексу й створює тим самим передумови для організації технологічних процесів, що відповідають вимогам безперервності, потоковості й комплексності.

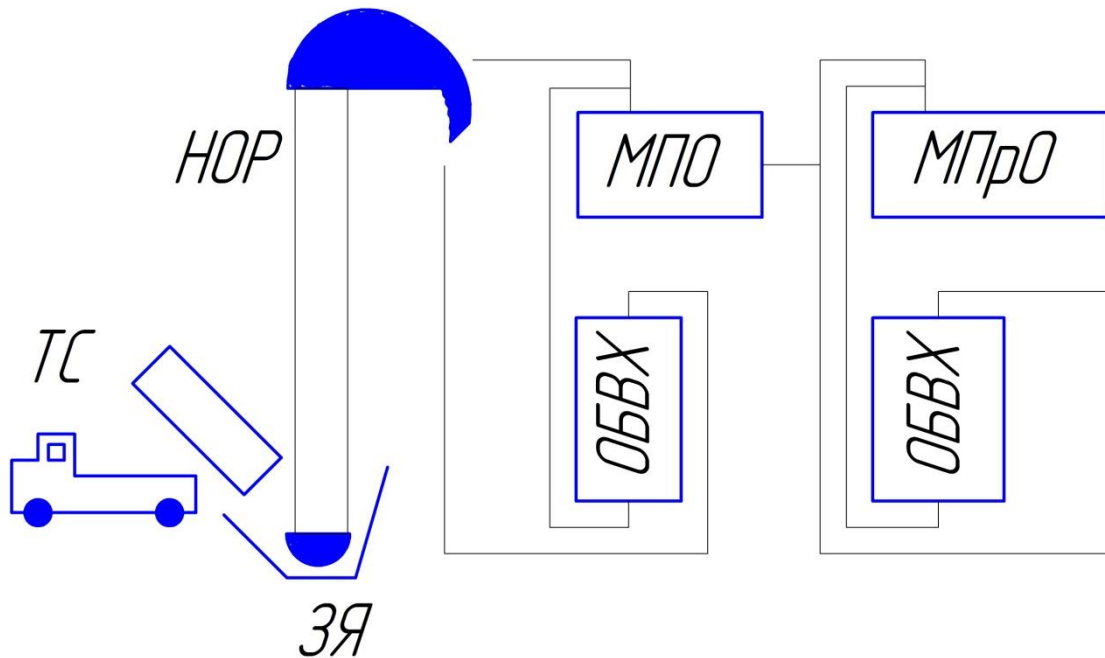
Разом з тим слід зазначити, що в запропонованих методиках практично не враховується ймовірсно-статистична природа явищ і складний характер взаємодії між збиральними машинами, транспортом і машинами післязбиральної обробки в процесі їхнього спільного функціонування, що найчастіше призводить до істотних помилок при розрахунках [20].

Для вирішення завдання обґрунтування основних параметрів машин і обладнання для післязбиральної обробки зерна з урахуванням надходження зернових матеріалів на комплекс доцільно використати метод імітаційного моделювання, що дозволяє одержати гарні результати при досить великій кількості даних, що характеризують зональні умови.

6.2.1 Модельовані процеси і методологія обґрунтування параметрів технологічного устаткування

Моделювання проводиться з метою визначення продуктивності вхідних у технологічний ланцюжок машин і ємності міжопераційних накопичувачів, що забезпечують роботу комплексу в заданих умовах.

Технологічна схема модельованого зерноочисного комплексу представлена на рис. 6.1.



ТС - транспортний засіб; ЗЯ - завальна яма; НОР - норія; МПО - машина попереднього очищення; МПрО- машина первинного очищення; ОБВХ - відділення бункерів тимчасового зберігання

Рисунок 6.1 - Технологічна схема модельованого зерноочисного комплексу

Комплекс складається із завальної ями (ЗЯ), норії (НОР), машини попереднього очищення (МПО), машини первинного очищення (МПрО) і відділення бункерів тимчасового зберігання (ОБВХ).

Як машина попереднього очищення використовується розроблений нами [36] ворохоочисник скальператорного типу й під машиною первинного очищення варто розуміти машину ЗВС-20, математичні моделі прогнозу якості функціонування яких отримані в п. 5.4 дійсної роботи.

Надійшовший на обробку зерновий ворох вивантажується із транспортних засобів у завальну яму, потім норією подається на машину попереднього очищення, а далі на машину первинного очи-

щення. Якщо на машину попереднього очищення з норії або з машини попереднього очищення на машину первинного очищення надходить більше вороху, чим вони можуть обробити, надлишки засипаються у відділення бункерів тимчасового зберігання.

Зерновий ворох від комбайнів надходить не тільки у світлий час доби, а комплекс працює цілодобово. У нічні години зерновий ворох подається на машини з відділення бункерів тимчасового зберігання.

Поставленою для рішення задачею є визначення для умов конкретного господарства необхідних продуктивностей норії й зерноочисних машин (і їхньої кількості), а також ємності завальної ями й відділення бункерів тимчасового зберігання.

Обрані параметри повинні забезпечити потоковість технологічного процесу. Потоківим ми будемо вважати такий технологічний процес, у якому із заданим рівнем імовірності виконується умова: для кожної пари машин, що виконують у технологічному ланцюжку безпосередньо наступні один за одним операції, ємність міжопераційного накопичувача є достатньою для розміщення матеріалу, що оброблений першою з них, але не може бути одразу переданий на другу у зв'язку з різним характером зміни продуктивності цих машин і стану матеріалу. На представленій вище схемі в якості міжопераційних накопичувачів розглядається завальна яма й відділення бункерів тимчасового зберігання.

На практиці реалізація принципу поточності дозволить уникнути додаткових витрат ручної й маломеханізованої праці, пов'яза-

них з розміщенням тимчасово "випадаючого" з технологічного процесу зернового вороху на непристосовані площі й поверненням його в технологічну лінію при звільненні обладнання.

Для досягнення поставленої мети пропонується моделювати технологічну лінію післязбиральної обробки зерна, як систему масового обслуговування. На рис. 6.2 така система масового обслуговування представлена у вигляді графа.

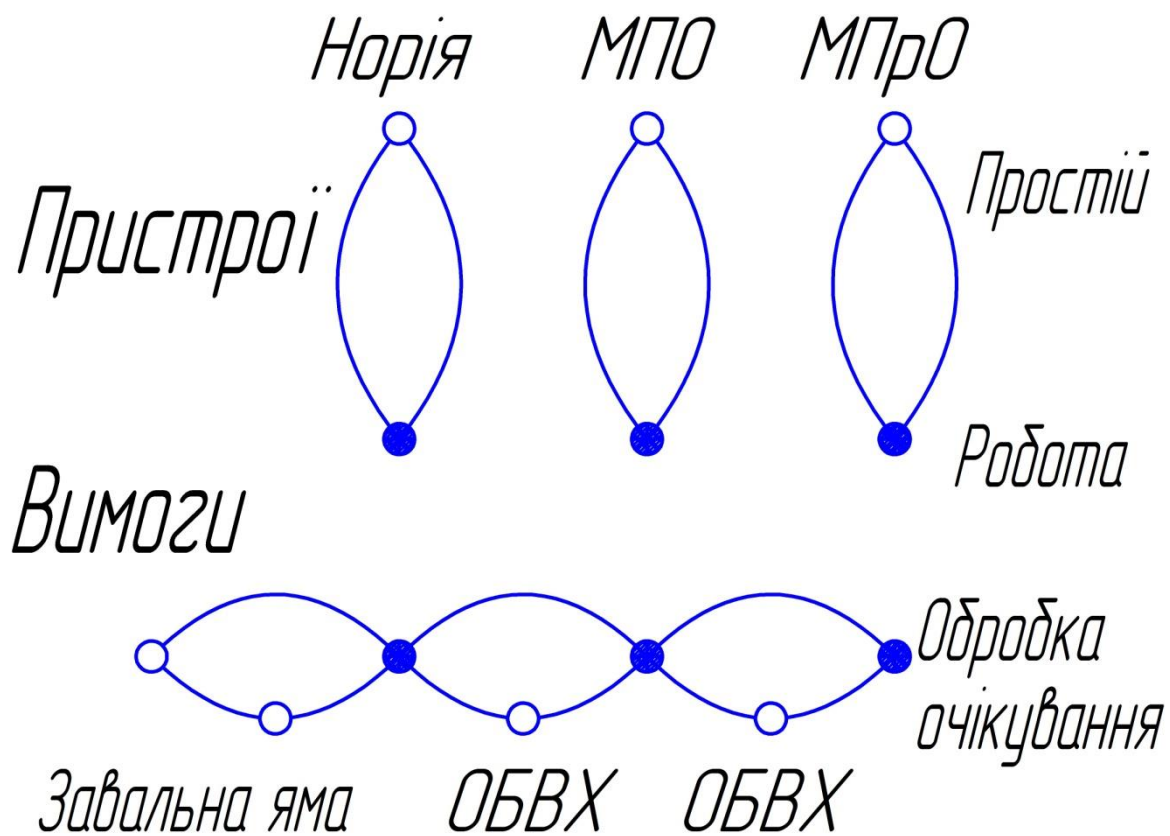


Рисунок 6.2 - Зерноочисний комплекс, як система масового обслуговування

За вимогу в системі прийнятий обсяг зернової купи, що вміщується в один транспортний засіб, який підвозить купу на комплекс від комбайнів. Прийнято, що всі транспортні засоби мають однакову місткість. У процесі руху за системою вимоги можуть обслуговува-

тися на приладах або перебувати в стані очікування обслуговування в чергах.

Подаючі норії, машини попереднього очищення (МПО) моделюються як багатоканальні прилади, причому кількість каналів відповідає кількості паралельно встановлених норій або машин одного типу. Прилади можуть перебувати в стані обслуговування вимоги, роботи або стані простою очікуючи надходження на обробку чергової вимоги.

Потік надходження вимог у систему зчитується пуассонівським з експонентним розподілом інтервалів часу між надходженням вимог. Параметр розподілу L (середнє значення інтервалу часу), визначається за формулою(хв):

$$L = 60 \times 10 \times AVOL \times MNAT / (YVOL \times 1000 \times DVOL / 100), \quad (6.4)$$

де 60 - коефіцієнт для переведення у хвилини;

10 - кількість годин на добу, в ході яких надходить зернова купа від комбайнів;

$AVOL$ - обсяг зернової купи, що вміщується в один транспортний засіб (m^3);

$MNAT$ - середнє значення натури оброблюваної культури ($кг/м^3$);

$YVOL$ - проектне сезонне надходження зерна (т);

1000 - переведення тонн у кілограми;

$DVOL$ - максимальна частка сезонного обсягу, що надходить у день для заданого порога ймовірності.

Наприклад $DVOL = 0,90$. У результаті багаторічних спостережень були отримані розподіли добового надходження зерна для гос-

подарств півдня України, згрупованих за величиною сезонного надходження. Ці розподіли можуть використовуватися при проектуванні зерноочисних комплексів для умов конкретного господарства;

100 - отримання %.

З появою вимоги в системі визначаються його параметри, що впливають на час обслуговування приладами. За результатами випробування машин у якості таких параметрів обрано натура $P1$ (кг/м³) і засміченість $P2$ (%). На основі спостережень отримані розподіли цих величин для господарств зони для різних культур, які використовуються при моделюванні. Величина натури $P1i$ і засміченості $P2i$ для кожної вимоги вибираються з нормального розподілу (Рис. 6.4.) із середнім і середньоквадратичним відхиленням $MNAT$, $SDNAT$ і $MZAS$, $SDZAS$ відповідно.

Час обслуговування приладом кожної вимоги визначається, або виходячи з паспортної продуктивності (наприклад, для норії), або з рівнянь регресії, побудованих на результатах випробувань машин попереднього й первинного очищення.

1. Норія. Час обслуговування вимоги (хв);

$$TNOR = AVOL \times MNAT / ((PNOR \times 1000) / 60). \quad (6.5)$$

де $PNOR$ - паспортна продуктивність норії (т/год);

1000 - переведення тонн у кілограми;

60 - коефіцієнт для переведення у хвилини.

2. Машина попереднього очищення (МПО). Продуктивність т/год):

$$P_{МПО} = 2.92 + 0.48 \times POD1 - 0.01 \times MZAS \quad (6.6)$$

Час обслуговування вимоги (хв):

$$TMPO = (AVOL \times MNAT) / (((2.92 + 0.48 \times POD1 - 0.01 \times P2i) \times 1000) / 60) \quad (6.7)$$

де AVOL - обсяг зернової купи, що вміщується в один транспортний засіб (м³);

MNAT - середнє значення натури для оброблюваної культури, (кг/м³);

POD1 - подача, $POD1 = 0,566 \times KMPO$ (KMPO - ширина робочого органу, см)

P2i - засміченість для і-тої вимоги (%);

1000 - переведення тонн у кілограми;

60 - коефіцієнт для переведення у хвилини;

2,92; 0,48; -0,01 - коефіцієнти рівняння регресії.

3. Машина первинного очищення (МПрО). Продуктивність (т/год):

$$R_{mpro} = 3,39 - 0,196 \times POD2 + 0,037 \times P2i + 0,008 \times Pli \quad (6.8)$$

Час обслуговування вимоги (хв):

$$TMPRO = (AVOL \times MNAT) / (((3,39 - 0,196 \times POD2 + 0,037 \times P2i + 0,008 \times Pli) \times 1000) / 60) \quad (6.9)$$

де AVOL - обсяг зернової купи, що вміщується в один транспортний засіб (м³);

MNAT - середнє значення натури для оброблюваної культури (кг/м³);

POD2 - подача;

Pli - натура (кг/м³) для і-тої вимоги;

P_{2i} - засміченість (%) для i -тої вимоги;

1000 - переведення тонн у кілограми;

60 - коефіцієнт для переведення у хвилини;

3,39; -0,196; 0,037; 0,008 - коефіцієнти рівняння регресії.

Враховуються наступні господарські умови:

1. Оброблювана культура пшениця
2. Сезонний збір..... т
3. Розрахункове добове надходження 10 % від сезонного
4. Натура середнє..... кг/м³
середньо. кв. відхилення..... кг/м³
5. Засміченість %,
середньо. кв. відхилення..... %,
6. Місткість транспортного засобу м³

Для заданих умов визначаються: кількість і продуктивність норій; загальна ширина робочих органів МПО; кількість і продуктивність МПрО; місткість завальної ями й відділення бункерів тимчасового зберігання, які б із заданою ймовірністю (наприклад, 90%) забезпечили потоковість процесу.

Можна розглядати кілька варіантів: 0-й, 1-й, 2-й і т.д.

Для визначення складу й параметрів зерноочисного комплексу використовувалася наступна стратегія (рис. 6.3).

Для визначення "нульового" варіанта за формулами (6.4....6.9) розраховується середня інтенсивність надходження зернової купи на обробку й для середніх значень засміченості й натури підбираються склад і параметри машин, узгоджених за продуктивністю.

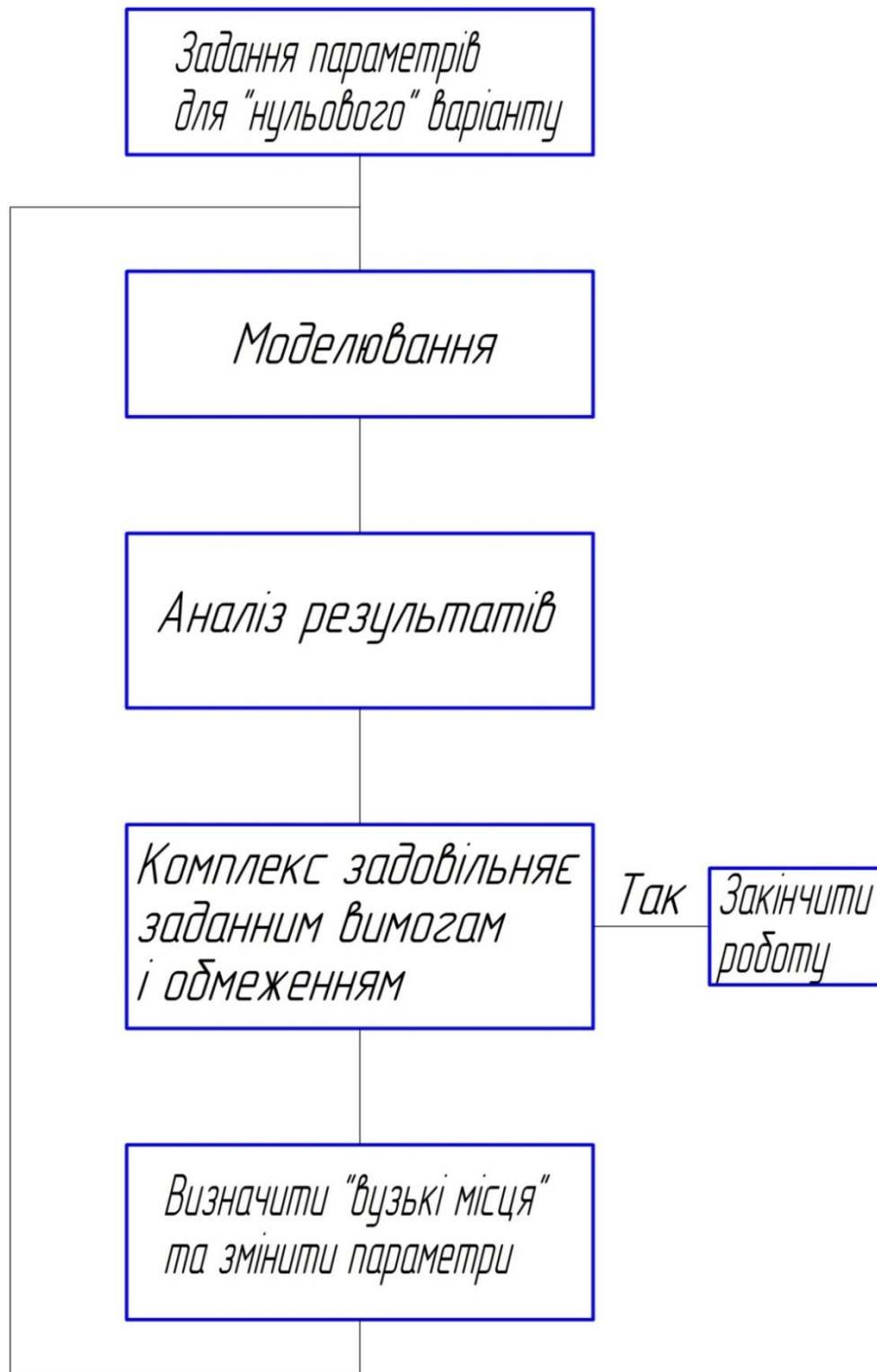


Рисунок 6.3 - Стратегія вирішення завдання

За формулою (6.4.) обчислюється середній інтервал між надходженнями від транспортних засобів вимог. Далі визначаються кількість і параметри машин, які в середньому забезпечували б обробку

вимоги (порції зернової купи, що вміщується в один транспортний засіб) за приблизно такий же час.

При цьому проводиться аналіз результатів і якщо комплекс задовольняє заданим вимогам і обмеженням, то робота закінчується. У протилежному випадку визначаються "вузькі місця", змінюються параметри й моделювання повторюється до досягнення покладеного результату.

6.2.2. Показники ефективності процесу функціонування машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна

У різних літературних джерелах запропонований ряд показників ефективності технологічного процесу ПУОЗ [76, 77, 78, 79, 87, 91].

Як єдиний показник ефективності функціонування комплексу 30М, як багатостадійної системи, В.А. Кубишев пропонує функцію вигоди [81]:

$$\Phi = \sum_{i=1}^m \Phi_{cm} \quad (6.10)$$

де Φ_{cm} - функція вигоди для стадії m ;

$$\Phi_{cm} = C_{г} \times R_m + C_{от} \times P_{отm} - (C_{о} \times Q_{отm} + I) \quad (6.11)$$

Q_m - навантаження, кількість матеріалу, що надходить на обробку стадії m , кг/год або т/год;

R_m - вихід основного продукту на стадії m за одиницю часу;

$P_{отm} = P_c + P$ - кількість відходу на стадії m , що складається з бур'янистої домішки, неякісного зерна P_c і втрат P основного продукту за одиницю часу;

Цо, Цг, Цот - ціни одиниці вихідного матеріалу, основного продукту й відходів;

$I = F(Ra, Rk, Rt, Rnp)$ - експлуатаційні витрати на стадії m , що відповідають режиму;

Ra - амортизаційні відрахування на реновацію по обладнанню й будівельним спорудам;

Rk, Rt - відрахування на капітальні й поточні ремонти обладнання, будівельних споруд і технічні відходи.

Rnp - витрати на зарплату, пальне, енергію, допоміжні матеріали й т.п.

При цьому ставиться завдання мінімізації вигоди Φ .

У роботі М.А. Тулькібаєва [86] за оцінки ефективності функціонування зерноочисних машин пропонується враховувати два принципи:

1 Виділення з оброблюваного матеріалу якомога раніше максимальної кількості кінцевих фракцій;

2. Мінімум операцій, що використовуються при обробці вихідного матеріалу.

При цьому пропонуються наступні показники ефективності:

$$T_1 = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot i + nQ_n \quad (6.12)$$

$$T_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{i} + \frac{Q_n}{n} \quad (6.13)$$

де n - кількість операцій;

Q_i - вихід з i -ої операції, що не піддається подальшій обробці;

$Q_m Q_n$ - вихід з останньої операції.

У цьому випадку необхідно прямувати до мінімізації T_1 і максимізації T_2 .

Ряд авторів для оцінки ефективності технологічного процесу ПУОЗ пропонують використовувати показник наведених витрат [13]. Для визначення наведених витрат на окремі технологічні операції ПУОЗ, залежно від основних параметрів машин і обладнання, В.Р. Крауспом запропоновані наступні формули [20]:

$$Z_{vo} = \frac{38}{G_{sez}}(q_{vo} + 33); \quad (6.14)$$

$$Z_{tp} = \frac{4,75}{G_{sez}}(q_{tp} + 20); \quad (6.15)$$

$$Z_{no} = \frac{38}{G_{sez}}(q_{no} + 24); \quad (6.16)$$

$$C_{aa} = \frac{30}{G_{nac}}(V_{\zeta} + 22) + 0,8; \quad (6.17)$$

де G_{sez} - сезонний обсяг оброблюваного зерна, т ;

$Z_{vo}, Z_{tp}, Z_{no}, Z_{av}$ - наведені витрати на вторинне очищення, трієрування, первинне очищення й активне вентилявання, грн.;

V_{ζ} - місткість відділення активного вентилявання, m^3 .

Приведені залежності навряд чи можуть вірогідно врахувати регіональні умови південних областей України.

Для обґрунтування необхідної продуктивності устаткування, компенсаційних ємностей і відділень прийому тимчасового зберігання зерна доцільно ввести додаткові показники ефективності [20].

1. Неприпустимість скупчення зерна на резервній площадці.

У розділі 2 відзначалося, що найчастіше зерновий матеріал, що надходить від комбайнів, доводиться вивантажувати в бурти на відкриті площадки. Цей матеріал звичайно перебуває в буртах до завершення надходження зерна від комбайнів у поточний день і, потім, надходить на очищення. Таким чином зерновий ворох може перебувати в буртах по кілька діб.

У цьому випадку створюється небезпека його біологічній схоронності й зростають витрати ручної праці.

Показник, що відповідає цьому принципу ефективності, може бути сформульований у такий спосіб:

$$a_1 = \frac{G_{\text{дi}}}{G} \quad (6.17)$$

де $G_{\text{дi}}$ - кількість зерна, що побувало на резервній площадці, т.;

G - загальна кількість зерна, що надійшло на обробку.

2. Необхідність запобігання втрат зерна через самозігрівання внаслідок несвоєчасної обробки. У цьому випадку показник ефективності може бути представлений так:

$$a_1 = \frac{G_{\text{дi}}}{G} \quad (6.18)$$

де $G_{\text{дi}}$ - кількість зерна, строк зберігання якого до попереднього очищення не перевищив припустимого.

З огляду на значення кондиційної вологості свіжозібраного зерна (за винятком умов впливів на нього прямих атмосферних опадів), обмежимося обліком першого показника ефективності функціонування машин і агрегатів ПУОЗ.

6.3. Приклад розрахунку параметрів обладнання потокових ліній модельованого зернокомплексу

Для вирішення завдань обґрунтування параметрів технологічного устаткування модельованого зернокомплексу (рис.6.1) повинні бути задані наступні дані:

- склад машин і обладнання (зерноочисні машини, норії, ємності прийому й тимчасового зберігання зерна, транспортні засоби (їх місткість));
- розрахункове добове й сезонне надходження зерна - з метою визначення F ($Q_{\text{сез}}$);
- оброблювана культура, її числові характеристики, система випадкових величин $S_{\text{и}}$ (засміченість) і $H_{\text{и}}$ (натура);
- значення продуктивностей ЗОМ, отримані в реальних умовах їхнього функціонування (п. 5..4).

Необхідно визначити кількість технологічних ліній зернокомплексу й для кожної з них вибрати місткість завальної ями та відділення бункерів тимчасового зберігання, продуктивності норії, машин попередньої і первинного очищення.

Значення параметрів обираються з даних, отриманих з каталогів сільськогосподарської техніки або за даними експериментальних досліджень і розробок.

Обрані параметри технологічного устаткування й машин повинні створити передумови, як для організації процесу збирання, так і післязбиральної обробки, що відповідає наступним обмеженням [20]:

$$\dot{a}_1 \geq \dot{a}_1^0, \quad (6.19)$$

$$\dot{a}_2 \geq \dot{a}_2^0, \quad (6.20)$$

$$\tau_{A\bar{O}} \leq \tau_{A\bar{O}}^0 \quad (6.21)$$

де e_1, e_2 - показники ефективності функціонування, введені в п. 6.2.2 дійсної роботи;

τ_{BX} - час тимчасового зберігання зерна, т;

$e_1^0, e_2^0, \tau_{BX}^0$ - значення обмежень.

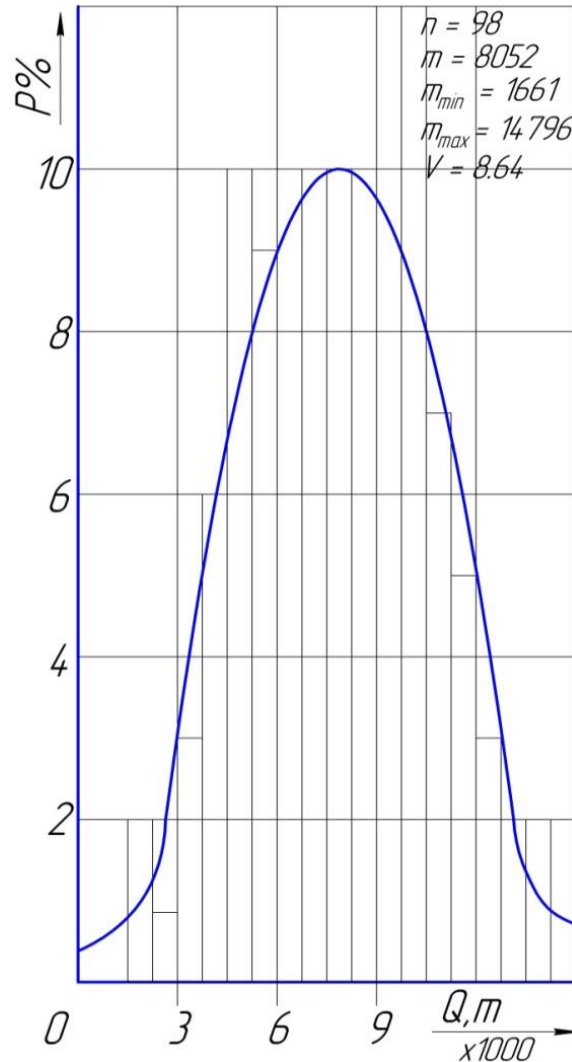


Рисунок 6.4. Гістограма розподілу валового сезонного збору зерна Q у південному регіоні України

З усіх варіантів комплексів, відповідаючим прийнятим обмеженням, приймається кращий комплекс і прогнозуються мінімальні витрати на післязбиральну обробку.

6.3.1. Розподіл валового сезонного збору зерна по господарствах

Для визначення основних параметрів технологічного устаткування для ПУОЗ необхідно знати валовий збір зерна в господарстві (рис. 6.4, табл. 6.1).

Таблиця 6.1 - Значення валових сезонних зборів зерна Qсез. у господарствах по угрупованнях, тис. т

Валовий збір зерна в господарствах, тис. т.						
1.0... 2.0	2.0... 3.0	3.0... 4.0	4.0... 5.0	5.0... 6.0	6.0... 7.0	7.0... 8.0
1. 867	2. 890	3. 368	4. 449	5. 194	6. 305	7. 096
1. 661		3. 270	4. 847	5. 428	6. 639	7. 350
		3. 258	4. 939	5. 689	6. 858	7. 661
		3. 926	4. 735	5. 331	6. 005	7. 039
			4. 545	5. 389	6. 141	7. 164
			4. 699	5. 045	6. 800	7. 829
			4. 770	5. 655	6. 853	7. 737
			4. 128	5. 405		7. 365
			4. 096	5. 722		7. 183
			4. 407	5. 138		
			4. 536	5. 997		
			4. 176	5. 979		

Продовження таблиці 6.1

Валовий збір зерна в господарствах, тис. т.						
8.0... 9.0	9.0...10.0	10.0...11.0	11.0...12.0	12.0...13.0	13.0...14.0	14.0...
8. 052	9. 773	10. 833	11. 937	12. 570	13. 675	14. 465
8. 908	9. 918	10. 836	11. 982	12. 455	13. 986	14. 796
8. 438	9. 122	10. 116	11. 306	12. 192		
8. 050	9. 940	10. 698	11. 430			
8. 854	9. 100	10. 110	11. 630			
8. 980	9. 324	10. 601	11. 156			
8. 762	9. 968	10. 051	11. 250			
8. 518	9. 585	10. 449				
8. 379	9. 236	10. 464				
8. 068	9. 997	10. 366				
8. 088	9. 537	10. 780				
8. 719	9. 878					
8. 863						
8. 410						

Аналіз угруповань господарств, отриманий у результаті збору й узагальнення статистичних даних, дає підставу вважати, що найбільша щільність розподілу припадає на господарства з валовим збором зерна від 4-х до 11 тис.т. (Рис. 6.4, табл. 6.1) при математичному очікуванні $m=8052$ т. і коефіцієнті варіації $v_s=8,64$ % ,

Для визначення угруповання господарств необхідно знати закон розподілу. У цьому випадку гіпотеза про нормальний розподіл підтвердилася. В якості універсальної методики вибору закону розподілу прийнята класифікація Пірсона [18].

На гістограмі розподілу валових зборів зерна господарства згруповані в 14 класів - від 1000 до 2000т; від 2000 до 3000 та інш.

Для введення вихідних даних у розроблену програму (розроблена к.т.н. Дьогтьовим В.М.) розраховані функції $F(Q_{сез})$ розподілу ймовірностей значень функціонала при різних (за 14 класами) значеннях валових зборів зерна в господарствах. Отримані кумулятивні криві базувалися на точках, отриманих у результаті розрахунку.

Порядок розрахунку значень кожної точки, необхідної для побудови кривої, наступний:

$$F(Q_{\bar{N}\bar{A}\bar{C}})_i = \frac{\bar{a}\bar{i}\bar{i}\bar{a}\bar{a} \quad \bar{i}\bar{a}\bar{\delta}\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{a}\bar{i}\bar{i} \quad \bar{y} \quad \bar{c}\bar{a}\bar{d}\bar{i}\bar{a}}{\bar{n}\bar{a}\bar{c}\bar{i}\bar{i}\bar{a} \quad \bar{i}\bar{a}\bar{\delta}\bar{i}\bar{a}\bar{e}\bar{a}\bar{i}\bar{i} \quad \bar{y} \quad \bar{c}\bar{a}\bar{d}\bar{i}\bar{a}} \quad (6.22)$$

для кожного господарства з вибірки 98 за кожен день надходження зернового матеріалу на зернокомплекс. Розраховані кумулятивні криві використовувалися для практичної реалізації розробленої програми.

Сезонний збір	4900т;
Розрахункове добове надходження	10% від сезонного;
Натура, середнє.	757,0 кг/м ³ ;
ср. кв. відхилення	24,8 кг/м ³ ;
Засміченість, середнє	11,3 %;
ср. кв. відхилення	3,23%;
Місткість транспортного засобу	6 м ³ .

Моделювання проводилося для 10 днів роботи комплексу. При цьому були прийняті наступні обмеження ефективності функціонування зернокомплексу:

$$e_1^0 \geq 0,95; \quad e_2^0 \geq 1,0,$$

а комплекс повинен обробляти за день зерновий матеріал, що надходить, протягом тієї ж доби, тобто

$$\tau_{\text{вх}}^0 \leq 24 \text{ год.}$$

У відповідності до стратегії вирішення задачі (Рис. 6.3) проводилося імітаційне моделювання трьох варіантів зернокомплексів (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 - Параметри зерноочисних комплексів по варіантах: 0, 1, 2

Параметр зерноочисного компле-	Варіант 0	Варіант 1	Варіант 2
Продуктивність норії, т/год	40	50	50
Кількість норій, шт	1	1	1
Ширина робочого органа МПО, см	75	150	150
Кількість МПрО, шт	1	1	2

В якості МПО приймається ворохоочисник скальператорного типу. Розглянемо результати моделювання для кожного варіанта.

Варіант 0. Моделювалася робота комплексу, що складається із завальної ями ЗЯ, норії НОР, машини попереднього очищення МПО, машини первинного очищення МПрО й відділення бункерів тимчасового зберігання ОБВХ, що забезпечують функціонування МПО й МПрО. Місткість ЗЯ й ОБВХ не обмежувалися.

У даному варіанті отримано гарний коефіцієнт використання МПО -0,866. Машина завантажена практично в три зміни й час, що залишився (приблизно 13%) приходиться на техобслуговування й налаштування.

Коефіцієнти добового використання норії (0,487) і МПО (0,706) теж цілком задовільні (табл. 6.3).

Середній вміст ЗЯ вийшов таким, що дорівнює 12,86 вимогам і, якщо проаналізувати розподіл вмісту, то побачимо, що навіть такий об'єм ЗЯ забезпечить потоковість усього в межах 50%. Обсяги ЗЯ, ємностей ОБВХ перед МПО, МПрО й загальний обсяг становлять відповідно 77,16; 188,04; 4,56; і 200,82 м³.

Якщо ж прийняти достатнім забезпечення ймовірності на 90%, то потрібно проектувати завальну яму ЗЯ приблизно на 30 вимог. Це відходить від реальності, тому в іншому варіанті візьмемо норію іншого типорозміру й збільшимо ширину (продуктивність) робочого органу МПО.

Для забезпечення потоковості на 90%, потрібен загальний обсяг ОБВХ приблизно на 55 вимог. Це технологічно й конструктивно

можливо, тому для першого варіанта пропускну здатність відділення попереднього очищення змінювати не будемо (залишимо одну МПО).

Варіант 1. Коефіцієнт добового використання МПО - 0,424 зменшився вдвічі, що відбулося внаслідок зменшення потрібного об'єму ЗЯ.

Коефіцієнт використання норії (0,362) трохи знизився, а МПрО практично не змінився (0,720).

Якщо для цього варіанта прогнозувати розподіл кількості вимог у ЗЯ, то їхнє середнє значення знижується до 3,85 і ймовірність того, що попереднього очищення буде очікувати 8 вимог оброблюваного матеріалу дорівнює 83,81%, і для 12 вимог відповідно 92,93%. Обсяги ЗЯ, ємностей ОБВХ перед МПО, МПрО й загальний обсяг становлять відповідно -23,1; 25,86; 116,76; 147,8 м³.

Оскільки в цьому варіанті в ОБВХ через МПрО зосереджує 116,76 м³ зернового матеріалу, введемо в другому варіанті додатково ще одну МПрО.

Варіант 2. У цьому випадку коефіцієнти добового використання норії й МПО залишилися практично без змін (відповідно -0,351 і 0,413). Разом з тим, для МПрО значення коефіцієнта знизилося до 0,356.

Результати моделювання по варіантах 0,1,2 представлено в таблиці 6.3.

За результатами наших досліджень ця величина повинна перебувати на рівні не нижче 0,7...0,8.

Розподіл кількості вимог у завальній ямі вказує, що середнє значення становить 3,28 і ймовірність того, що на попереднє очищення буде спрямовано 3,28 вимоги становить 76,25% і для 8 вимог відповідно 91,93% .

Об'єми ЗЯ, ємностей ОБВХ перед МПО, МПрО й загальний обсяг будуть відповідно - 19,68; 25,65; 2,64; 36,18.

Таблиця 6.3 - Результати моделювання по варіантах 0,1,2

Устаткування	Варіанти		
	0	1	2

Значення коефіцієнта добового використання обладнання

Норія	0.487	0.362	0.351
МПО	0.866	0.424	0.413
МПрО	0.706	0.720	0.356

Об'єми ємностей

(кількість вимог × місткість транспортного засобу = об'єму ємності)

ЗЯ	$12.86 \cdot 6.0 = 77.16$	$3.85 \cdot 6.0 = 23.1$	$3.28 \cdot 6.0 = 19.68$
ОБВХ перед МПО	$31.34 \cdot 6.0 = 188.04$	$4.31 \cdot 6.0 = 25.86$	$4.76 \cdot 6.0 = 28.56$
ОБВХ перед МПрО	$0.76 \cdot 6.0 = 4.56$	$19.46 \cdot 6.0 = 116.76$	$0.44 \cdot 6.0 = 2.64$
Загальний об'єм ОБВХ	$33.47 \cdot 6.0 = 200.82$	$24.58 \cdot 6.0 = 147.8$	$6.03 \cdot 6.0 = 36.18$

Аналізуючи варіанти 1 і 2 у відношенні ОБВХ перед МПО можна зробити висновок, що ця проблема переборна за рахунок збільшення ширини (продуктивності) робочого органа МПО до 160...170 см., тобто необхідність зберігання зерна на відкритих площадках ві-

дпадає.

Найбільш прийнятним є варіант 1 і в цьому випадку обсяг ОБВХ перед МПрО забезпечить роботу машини після припинення надходження зерна від комбайнів протягом 5...6 годин.

З огляду на розподіл валового сезонного збору зерна по господарствах можна зробити висновок, що ємності для тимчасового зберігання зерна повинні починатися з модуля місткістю від 100 м³ і більше.

В індивідуальних випадках можливі обґрунтування й менший обсяг ОБВХ, однак це не характерно, і, при необхідності, розрахунки покажуть безсумнівно тенденцію до їхнього збільшення.

В результаті виконаних у шостому розділі досліджень встановлено наступне.

Розроблені в Україні й за кордоном методики обґрунтування параметрів технологічного процесу ПУОЗ не можуть бути застосовані в умовах півдня України в силу специфіки його агрокліматичних умов, розмірів посівних площ, урожайності, розмірів валових зборів зерна, характеристик зернових матеріалів. Крім того, відсутні дані про реальні показники якості роботи ЗОМ в умовах їхнього нормального функціонування, що свідчить про необхідність удосконалення методик розрахунку параметрів обладнання зернокомплексів з урахуванням зональних умов.

Розроблена методика розрахунку параметрів устаткування потокових ліній ПУОЗ із використанням методу імітаційного моделювання і ймовірно-статистичних методів дозволяє робити моделю-

вання з метою визначення продуктивності вхідних у технологічний ланцюжок машин, ємностей і міжопераційних накопичувачів, що забезпечують роботу комплексу в заданих умовах.

На основі розробленої методики наведено приклад розрахунку параметрів обладнання потокових ліній модельованого зернокомплексу в учгоспі «Лазурне» ТГАТА: кількості й продуктивності норій; загальної ширини робочих органів МПО; кількості й продуктивності МПрО; місткості ЗЯ й ОБВХ, які із заданою ймовірністю, 90% і більше, забезпечують потоковість процесу за умови мінімуму наведених витрат.

Практичне застосування результатів досліджень і їхня економічна ефективність наведені в розділі 7.

РОЗДІЛ 7

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

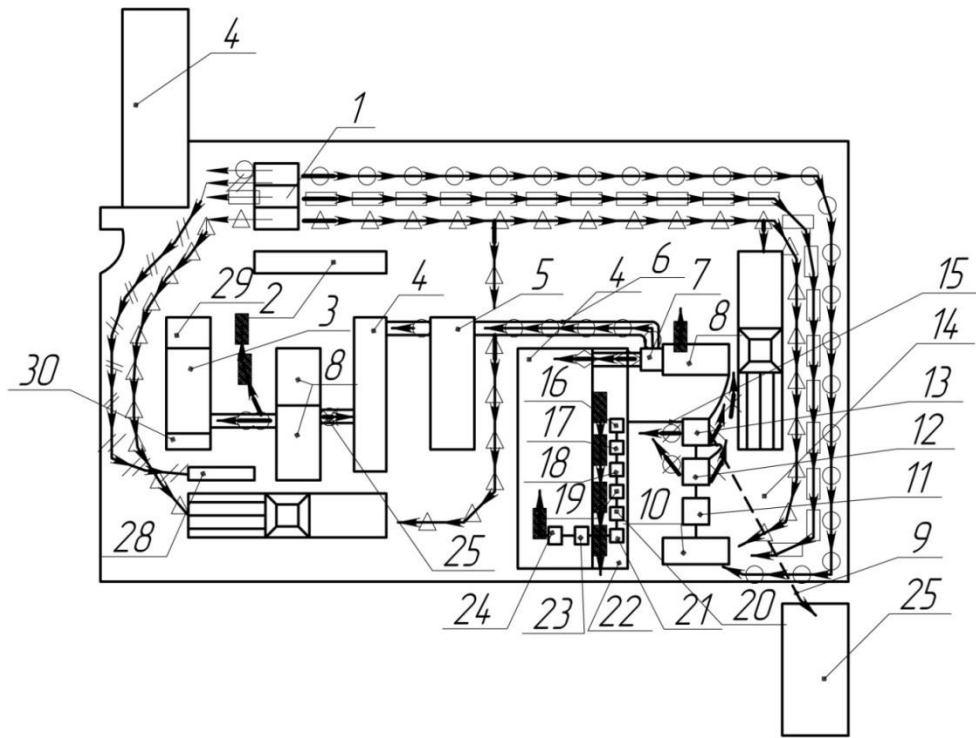
7.1 Практичне застосування виконаних досліджень

Впровадження результатів науково – дослідної роботи у виробництво представлене двома рівнями - технологіями й засобами ПЗОЗ, отриманими на основі виконаних досліджень.

Так, розроблені проекти реконструкції зернокомплексів і виконана реконструкція їх у КСП "Краснознаменське" Красногвардійського району АРК, КСП ім. Калініна Василівського району Запорізької області, учгоспі Таврійської Державної агротехнічної академії "Лазурне" та інших господарствах південного регіону.

У КСП "Краснознаменське" запропонований напрямок удосконалення технологічного процесу ПЗОЗ, що полягає в установці в агрегаті ЗАВ-20 ремкомплекту Р8-УЗК-50, створенні автономної лінії продуктивністю 100 т/ч на базі двох комплектів Р8-УЗК-50 і доповненні другого ЗАВ-20 (як лінії для очищення насінневого фонду) відділенням тимчасового прийому зерна ОП-50 з ворохоочисником скальператорного типу й насіннеочисною приставкою.

Розміщення розроблених об'єктів у безпосередній близькості до складів товарного й насінневого фонду дозволило практично здійснити повнопоточну механізовану технологію. При цьому річна економія праці від впровадження нової технології ПЗОЗ склала 4200 чол. год/рік, продуктивність праці зросла в 2,2 рази, і строк окупності додаткових капітальних вкладень склав 2,7 року.



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| - очісаний зерновий ворох | - відходи |
| - очісаний ворох насіння люцерни | - зерно фуражного призначення |
| - зерновий матеріал після комбайну | - зерно продовольчого призначення |
| - насіння зернових | - зерно кукурудзи |
| - насіння люцерни | - кукурудза у початках |

1 - вагова; 2 - адміністративний будинок; 3 - склад для зберігання продовольчого зерна; 4 - склад для зберігання фуражного зерна; 5 - лінія виробництва концкормов; 6 - пневмотранспортер; 7 - насіннеочисна приставка СП-10А; 8 - зерноочисний агрегат ЗАВ-25; 9 - половопровід; 10 - навіс для прийому вихідного матеріалу; 11 - живильник-дозатор; 12 - ворохоочисник; 13 - молотарка стаціонарна універсальна; 14 - сім'япровід зернових; 15 - сім'япровід трав насінників; 16 - машина первинного очищення; 17 - машина вторинного очищення; 18 - трієрний блок; 19 - машина електромагнітна; 20 - пневмостіл; 21 - бункер чистого зерна; 22 - навіс для очищення насінників трав; 23 – ваго вибійний апарат; 24 – машина мішкозшивна; 25 - полово-сховище; 26 - транспортер; 28 - лінія по обмолоту качанів кукурудзи; 29 - млин; 30 - склад мобільної техніки.

Рисунок 7.1. Схема структурно-технологічна процесу ПЗОЗ в учгоспі ТДАТА

У КСП ім. Калініна результати наукових розробок у вигляді матеріалів по обґрунтуванню й розрахунку основних параметрів машин і устаткування технологічних ліній для ПЗОЗ використані при складанні технічного завдання на проектування високопродуктивної (100 т/год) лінії обробки зерна.

Пуск у роботу нової лінії дозволив забезпечити повнопоточну технологію ПЗОЗ і біологічну збереженість свіжозібраного врожаю. Продуктивність праці зросла в 2,8 рази й строк окупності додаткових капітальних вкладень склав 1,9 року.

В учгоспі ТДАТА "Лазурне" частково реалізовано проект з реконструкції зернокомплексу, що передбачає установку на агрегаті ЗАВ-20 ремкомплекту Р8-УЗК-50 і розміщення насіннячисного комплексу (ЗАВ-25, 2-х СП-10А і ін., (рис. 7.1)) у безпосередній близькості до приміщень зберігання насіннєвого фонду. Роботи з реконструкції зернокомплексу частково виконані, при цьому продуктивність праці зросла в 3,2 рази й строк окупності додаткових капітальних вкладень склав 1,2 роки.

На підставі аналізу технічної оснащеності ПЗОЗ у регіоні розроблені й передані до використання виробництвом рекомендації з удосконалення технологічних процесів ПЗОЗ товарного зерна й насіннєвого фонду. Вони прийняті НПО "Еліта" (п/о Клепінини) АРК і обласними управліннями сільського господарства Запорізької і Херсонської областей.

Матеріали по обґрунтуванню місткості потрібних ємностей відділень тимчасового прийому й зберігання зерна передані до використання в ГКСБ ПО Продмаш (м. Мелітополь), а результати ста-

тистичного аналізу засміченості, вологості й природи оброблюваних зернових матеріалів - у СП Екоенерго (м. Запоріжжя) для розробки засобів контролю мікроклімату в ємностях для збереження зерна.

Розроблені в ТДАТУ разом з ІМЕСГ УААН (с.м.т. Глеваха, Київської області), ГСКБ по жнивварках (м. Бердянськ), ГСКТБ ПО Воронежзерномаш (м. Воронеж, Російська федерація (РФ)), ВИМ (м. Москва, (РФ)) і НИПТИМЭСХ НЗ (с.м.т. Тярлево, (РФ)) експериментальні робочі органи скальператорного типу для очищення й сепарації вороху насіння трав і зернових культур прості за конструкцією, не мають віброуючих вузлів і деталей, володіють невеликою метало - енергоємністю й практично не травмують зерно.

7.2 Оцінка економічної ефективності післязбиральної обробки зерна

Техніко-економічна ефективність від впровадження виконаних досліджень у виробництво визначається показниками порівняльної ефективності капітальних вкладень для двох варіантів: базового – існуюча технологія ПЗОЗ; і експериментального, отриманого на основі результатів проведених досліджень.

Показником для обох варіантів є мінімум наведених витрат, що визначається за формулою [91, 92, 93, 94]:

$$e_{\text{нв}} = I_{\text{екі}} \times Q_c + E_{\text{н}} \times K_i, \quad (7.1)$$

де, $I_{\text{екі}}$ – експлуатаційні витрати на обробку матеріалу по і-му варіанту, грн/т;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,

$E_{\text{н}}=0,15$;

K_i – капітальні вкладення по i -му варіанту, грн;

Q_c – кількість матеріалу оброблюваного за сезон, т.

Експлуатаційні витрати містять у собі:

$$I_{ек} = Z + A + R + E \quad (7.2)$$

де, $I_{ек}$ – експлуатаційні витрати, грн;

Z – заробітна плата, грн;

A - амортизаційні відрахування, грн;

R – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн;

E – витрати на паливно-мастильні матеріали й електроенергію, грн;

Як приклад використаємо розглянуті умови учгоспу ТДАТА (див. розділ 6) і визначимо наведені витрати для існуючої і експериментальної технологій (у цінах 2012 року).

По наших розрахунках, наведені витрати для базового варіанта

$$e_{ек}^б = 62,02 \times 4900 + 0,15 \times 957440 = 447940 \text{ грн.}$$

Наведені витрати для експериментального варіанта:

$$e_{ек}^е = 54,85 \times 4900 + 0,15 \times 677440 = 340456 \text{ грн.}$$

Наведені витрати по варіантах розраховані для загального сезонно-го валового збору зерна $Q_{сез} = 4900 \text{ т}$. Отже, на одну тонну оброблюваного матеріалу наведені витрати будуть становити:

$$e_{ир}^б = 75,02 \text{ грн.} \quad \text{і} \quad e_{ир}^е = 66,52 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначається по формулі:

$$E_p = (I_{ек}^б - I_{ек}^е) \times Q_{сез} \quad (7.3)$$

де, $I_{ек}^б$, $I_{ек}^е$ – експлуатаційні витрати на одиницю роботи, виробленої в умовах базового й експериментального варіантів, грн;

$Q_{\text{сез}}$ - максимальний річний обсяг оброблюваного зерна при експериментальному варіанті, $Q_{\text{сез}} = 6000\text{т}$.

Строк окупності визначається як відношення¹ (років):

$$T = \frac{K_2 - K_1}{I_{\text{ек}}^{\text{б}} - I_{\text{ек}}^{\text{е}}} \quad (7.4)$$

де, K_1, K_2 - відповідно капітальні вкладення по базовому й експериментальному варіантах.

$$T = \frac{957440 - 677940}{447940 - 370456} = 3,62 \text{ року}$$

Таблиця 7.1 - Техніко-економічні показники ефективності впровадження пропонованої технології ПЗОЗ на прикладі учхоза ТДАТА

Показники	Базова техноло-	Експериментальна*
	техноло-	технологія
1. Валовий сезонний збір зерна, т	4900	до 6000
2. Експлуатаційні витрати, грн/т	63,02	54,85
3. Наведені витрати, грн	447940	370456
4. Річний економічний ефект, грн	-	35133
5. Строк окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	3,62

Аналогічні рішення можуть бути застосовані до господарств південних районів України, що розташовуються в полігоні проведених досліджень.

¹ Проміжні розрахунки для визначення $I_{\text{ек}}^{\text{б}}$, $I_{\text{ек}}^{\text{е}}$, і K_1, K_2 не наведені

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Малишко Є. Ринок зерна та олійних / Є. Малишко // Практичний посібник аграрія. - 10/2009. -№ 10/15. – с. – 82 – 84.
2. Маслак О. Зернові перспективи України./ О.Маслак// Пропозиція.- 02/2009.-№164. с. -34-37.
3. Україна у цифрах. - К.: Техніка, 1992.- 148 с.
4. Статистичний щорічник України за 1994р.- К.: Техніка, 1995.- 519 с.
5. Заставний Ф.О. Географія України. - Львів.: Світ, 1994.- 492 с.
6. Чижигов А.Г. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна (в Нечерноземной зоне) / А.Г. Чижигов, В.Д. Бабченко, Е.А. Машков.- М.: Россельхозиздат, 1981.-192 с.
7. ОСТ 70.10.2-83. Испытания сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Про-грамма и методы испытаний. - М: Изд-во стандартов, 1983.-138 с.
8. Тиц Э.Л. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов / Э.Л. Тиц [и др.] -М.: Машиностроение, 1967.-447 с.
9. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. - М.: Колос,1982.-239 с.
- 10.Кубышев В. А. Определение потребного количества машин для обработки зерна на токах/В.А. Кубышев, Ю.В. Панус // Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ.- Челябинск, 1964.- С. 25- 30.
- 11.Послеуборочная обработка семян зерновых культур: рекоменда-

- ции. - М.: Агропромиздат, 1986.-44 с.
12. Киреев М.В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах / М.В. Киреев, С.М. Григорьев, Ю.К. Ковальчук. - Л.: Колос, 1981.-224 с.
13. Елизаров В.П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЕОМ) / В.П. Елизаров.- М.: Колос, 1977.-216 с.
- 14.Киреев М.В. Имитационное моделирование при испытаниях зерноочистительно-сушильных комплексов / М.В. Киреев, В.М. Дегтев // Повышение эффективности технологических процессов и совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. - Л., 1982.- С. 80-83.
15. Михайлов Є.В. Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна / Є.В. Михайлов, В.М. Дегтев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.8 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.209-214.
16. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель.- М.: Наука, 1969.- 278 с.
17. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро, пер. с англ.- М.: Мир, 1969.- 347 с.
- 18.Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков. - М.: Агропромиздат, 1987. -215 с.
- 19.Янко В.М. Вероятностная модель зернового материала, поступающего на предприятия послеуборочной обработки зерна / В.М. Янко // Земледельческая механика.- М.: Машиностроение, 1968.- Т. 10.- С.112-116.

20. Машины для послеуборочной обработки зерна. / Б.С. Окнин, И.В. Горбачев, А.А. Терехин, В.М. Соловьев. - М.: Агропромиздат, 1987. - 238 с.
21. Дегтев В.М. Обоснование основных параметров технологического оборудования и машин для послеуборочной обработки зерна в условиях Северо-Запада Нечерноземной зоны: дис... канд. техн. наук / В.М. Дегтев. - Л., 1984.-202 с.
22. Колышев П.П. Система машин для поточной технологии послеуборочной обработки и хранения семенного и продовольственного зерна в колхозах и совхозах / П.П. Колышев // Комплексная механизация и автоматизация послеуборочной обработки и хранения зерна в колхозах и совхозах. - М.: ГОСНИТИ, 1964.- С. 8-23.
23. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981- 1990 годы.- Ч. 1. Растениеводство. – М.:ЦНИИТЭИ, 1982.- 482 с.
24. Жалнин Э.В. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами / Э.В. Жалнин, А.Н. Савченко. - М.: Россельхозиздат, 1985. -207 с.
25. Разработать и внедрить перспективную технологию уборки зерновых культур в хозяйствах Приазовского района, обеспечивающую повышение производительности в 1,5-2,0 раза, снижение потерь в 2-3 раза: отчет о НИР / Рук. П.А. Шабанов; [.Исп. В.Н. Цыбульников, Н.Н. Данченко, Б.И. Гончаров, Е.В. Михайлов и др.]; МИМСХ.- Мелитополь, 1987.-82 с.- № ГР 01860043979.-
26. Ульрих Н.Н. Новое в области очистки и сортирования семян /

- Н.Н. Ульрих. - М.: Сельхозиздат, 1937.-69 с.
27. Баум А.Е. Сушка зерна / А.Е. Баум, В.А. Резчиков. – М.: Колос,1983.-223 с.
28. Анискин В.И. Перспективы послеуборочной обработки и хранения семян / В.И. Анискин, В.П. Елизаров // Селекция и семеноводство.- 1975.- №3. -С. 8-61.
29. Кропп Л.И. Обработка и хранение семенного зерна / Л.И. Кропп. - М: Колос, 1974.-176 с.
30. Павловский Г.Т. Техника и технология послеуборочной обработки зерна: дис...д-ра техн. наук в виде научного доклада / Г.Т. Павловский. - Саратов, 1968.-83 с.
31. Бабченко В.Д. Анализ развития технологий и технических средств очистки зерна и семян / В.Д. Бабченко, А.С. Матвеев // Сб. науч. тр. ВИМ.- М.,1987.-Вып. 115.- С. 18-24.
32. Гозман Г.П. Концепция структурного построения технологических линий обработки семян в элитно-семеноводческих хозяйствах / Г.П. Гозман, В.Д. Бабченко, А.Н. Зюлин // Науч.-техн. бюл. Всерос. НИИ механизации с. х.- М.,1993.- Вып. 87.- С. 16-18.
- 33.Олейников В.Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В.Д. Олейников.- М.: Колос, 1977.- 111 с.
- 34.Куйбышев В.А. Основные направления развития индустриальной технологии уборки и обработки зерновых культур в Сибири / В.А. Куйбышев // Научн.-техн. бюл. СибНИИМЕСХ.- Новосибирск, 1977.- Вып. 4-5.-С. 3-17.
- 35.Авдеев А.В. Повышение эффективности зерноочистительно-

сушильных комплексов / А.В. Авдеев, М.Ф. Машковец, В.Н. Полуэктов // Тракторы и сельскохозяйственные машины.-1988.-№18.- С. 27-29.

36. Михайлов Е.В. Методы и средства интенсификации процесса предварительной очистки зерна повышенной влажности: дис.... канд. техн. наук / Е.В. Михайлов. - Л., 1984.-233 с.

37. Михайлов Є.В. Визначення факторів і параметрів процесу попередньої очистки зерна/ Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, О.О. Білокопитов, С.С. Бойко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.2 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.120-125.

38. Михайлов Є.В., Аналіз роботи засобів попередньої очистки зерна./ Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, А.С. Сінніков // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.2 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.125-131.

39. Михайлов Є.В. Передумови вивчення процесу попередньої очистки зерна методом планування експерименту/ Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, А.С. Сінніков, С.С. Бойко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.4 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.47-52.

40. Михайлов Є.В. Удосконалення сепаратора попередньої очистки зерна / Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, О.О. Білокопитов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 10, Т.4 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.48-53.

41. Михайлов Є.В. Аспекти методики визначення параметрів повітряного потоку в пневмосистемі машини попереднього очищення зер-

на / Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, М.П. Кольцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 11, Т. 1 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-с.242-250.

42. Михайлов Є.В. До питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків./ Є.В. Михайлов, М.П. Кольцов, О.О. Білокопитов. Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.11.т.5. : - Мелітополь: ТДАТУ, 2011 с. 182...192.

43. Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, В.С. Дудка, А.В. Перетяцько; Пат. № 61469 U Україна, МПК В07В 1/28. Решітний сепаратор. Заявник та патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет.- Заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, бюл.№ 14. - 4 с

44. Гуляев Г.А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна / Г.А Гуляев. - М: Агропромиздат, 1990.-240 с.

45. Гончаров Е.С. Зерноочистительный агрегат производительностью 50 т/ч для обработки зерна в условиях хозяйств УССР / Е.С. Гончаров // Тезисы. - М.: ВИМ, 1982.- С. 240-242.

46. Нелюбов А.И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А.И. Нелюбов, Е.Ф. Ветров. - М.: Машиностроение, 1977.-192 с.

47. Косилов Н.И. Основные направления интенсификации процессов разделения зернового вороха в пневмосепарационных системах / Н.И Косилов // Научные труды ЧИМЭСХ.- Челябинск, 1975.- Вып. 102.- С. 37-42.

48.Халанский В.М. Перспективы использования пневмоцентробежных сепараторов для выделения зерна из зерносоломистого вороха /

В.М. Халанский // Тезисы. - М.: ВИМ, 1982.- С. 137-138.

49. Валиев Х.Х. Высокопроизводительные рабочие органы для предварительной очистки влажного зернового вороха / Х.Х. Валиев, Ф.Н. Эрк, С.А. Вайнруб // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 1990.-№6.- С. 21-22.

50. Киреев М.В. Результаты исследования высокопроизводительного пневморешетного скальператора для очистки зерна / М.В. Киреев, Е.В. Михайлов // Проблемы механизации сельскохозяйственного производства: всесоюз. науч. -техн. конф., 19-21 ноября 1985г.; ВИМ.-М., 1985.- С. 86.

51. Гончаров Е.С. Параметры очистительного блока для виброцентробежных зерновых сепараторов / Е.С. Гончаров // Тезисы. - М.: ВИМ, 1982.- С. 242-243.

52. Заика П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства / П.М. Заика. -Научные труды.- М., 1981.-141 с.

53. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука / Р. Шеннон. - М.: Мир, 1978.-418 с.

54. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко.- М.: Наука, 1968. – 365 с.

55. Испытания сельскохозяйственной техники // С.В.Кардашевский, Л.В.Погорелый, Г.М.Фудиман, П.И.Лобко, В.В.Брей.- М.: Машиностроение, 1979.-288 с.

56. Еникеев В.Г. Вопросы совершенствования технической оснащённости сельского хозяйства / В.Г. Еникеев // Науч. труды ЛСХИ.- Л, 1976. Т. 301. -С. 16-27.

57. Пашичев П.Л. Оценка качества технической оснащённости сельскохозяйственного производства с учетом вероятностных параметров / П.Л. Пашичев // Науч. труды ЛСХИ. - Л., 1980.- Т. 388. - С. 27 - 29.
58. Лурье А.Б. Основы теории эффективности функционирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин и их систем управления / А.Б. Лурье // Науч. труды ЛСХИ. - Л., 1981.- Т. 415.- С. 3 - 6.
59. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем / В.Н. Бусленко. - М.: Наука, 1977. - 249 с.
60. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. - Л., Колос, 1970.-170 с.
61. Леженкин А.Н. Повышение эффективности работы ворохоочистителя за счет интенсификации его технологического процесса: дис.... канд. техн. наук / А.Н. Леженкин. - Л.,1989. - 166с.
62. Гончаров Е.С. Перестройка без сенсаций или системный анализ в нашем доме / Е.С. Гончаров.- К.: Земля и люди Украины - 1991. - 28 с.
63. Нагирный Ю.П. Прогнозирование в инженерной деятельности / Ю.П. Нагирный // Техника в сел. х-ве.- 1989.- №4.- С. 6-9.
64. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники / В.И. Бельских.- М.: Колос, 1980.- 278 с.
65. Босый Н.А. Прогнозирование и обоснование машинных технологий и технических средств для животноводства / Н.А. Босый и др. // Механизация и электрификация сел. х-ва.- 1987.- №3.- С. 25-27.
66. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин / Л.В. Погорелый. - К.: Техника, 1981.- 185 с.

67. Липкович В.И. Прогнозирование технического оснащения уборочных работ / В.И. Липкович, Л.Д. Пасичная, Н.И. Шабанов // Техника в сел. х-ве. – 1990.- № 5.- С. 23.
68. Ермольев Ю.И. Прогнозирование показателей технического уровня и путей развития машин предварительной очистки зерна / Ю.И. Ермольев; РЖ "Тракторы и с.х. машины". - М., 1989 - 22 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш. 28.11.89, № 1232.
69. Давидсон Е.И. Технологические модели машин почвообрабатывающе-посевного комплекса / Е.И. Давидсон // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1984.- №6.- С. 5-7.
70. Еникеев В.Г. Оценка качества технической оснащенности сельскохозяйственного производства как вероятностной системы / В.Г. Еникеев // Науч.. труды ЛСХИ.- Л.,1983.- С. 17-21.
71. Завалишин Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. - М.: Колос, 1972. - 231 с.
72. Барановский Н.Т. Автоматизированная обработка экономической информации: учебник / Н.Т. Барановский, Ф.И. Васькин. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 304 с.
73. Погорелый Л.В. Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники / Л.В. Погорелый, В.Г. Бильский, Н.П. Костенко. - К.: Урожай, 1989. - 240 с.
74. Погорелый Л.В. Индустриализация агропромышленного комплекса / Л.В. Погорелый. - К.: Техника, 1981.- 176 с.
75. Жукевич К.И. Оценка эффективности сельскохозяйственных ма-

шин и технологий / К.И. Жукевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981.- №6.- С. 4-5.

76.Касьянов Л.И. Некоторые вопросы более эффективного использования производственных ресурсов в колхозах / Л.И. Касьянов // Вестн. с-г. науки. - 1985. -№12.- С. 21-24.

77.Кононенко А.Ф. Автоматизированное управление уборкой сельскохозяйственных культур / А.Ф. Кононенко, А.С. Каменский. - М.: Россельхозиздат, 1984.-120 с.

78.Миронов А.П. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка / А.П. Миронов, Л.П. Сегал. - Л.: НИИПТИМЭСХ НЗ РСФСР, 1981.-192 с.

79 Шахмаев М.В. Выявление ресурсов улучшения машиноиспользования на основе моделирования производительности МТП / М.В. Шахмаев // Механизация и электрификация сел. хозяйства. – 1986. - №9. - С. 14-18.

80.Гунер Л.И. Единство посевных и уборочных комплексов / Л.И. Гунер // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1981.- № 6. - С. 36-38.

81.Кубышев В.А. Оптимизация процесса послеуборочной обработки зерна / В.А. Кубышев // Науч. труды ЧИМЭСХ.- Челябинск, 1970. Вып. 37.- С. 46-57.

82.Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Дж. Клейнен. - М.: Мир, 1978.- Т.1.- 560 с.; Т. 2.-557 с.

83.Скирта Б.К. Имитационное моделирование в управлении сельскохозяйственным производством/ Б.К. Скирта – К.: Вища шк., 1990.-

206 с.

84. Пичугина О.С. Имитационное моделирование в оценке надежности сложных технических систем. / О.С. Пичугина // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2005.- №3.- с. 138-141.

85. Манасян С.К. Имитационное моделирование процессов сушки зерна в зерносушилках сельскохозяйственного назначения: дис...докт. техн. наук/ С.К. Манасян. – Красноярск. – 2008.- 350 с.

86. Тулькибаев М.А. Критерии оптимизации технологической обработки зерна / М.А. Тулькибаев // Науч. техн. бюл. СибНИИМЕСХ.- Новосибирск, 1981.- Вып. 36.- С. 7-17.

87. Совершенствование технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна: методические рекомендации / СибНИИМЕСХ - Новосибирск, 1982.- 73 с.

88. Анискин В.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян / В.И. Анискин, В.П. Елизаров, А.Н. Зюлин// Техника в сельском хозяйстве. -1999. -№6. – с. 43-46.

89. Пивень В.В. Основные направления совершенствования технологии и техники для послеуборочной обработки зерна / В.В. Пивень, О.Л. Уманская // Хранение и переработка сельхоз сырья.- 2003.- №8. – с.205-208.

90. Кирпа М.Я. Зберігання зерна в металевих сховищах / М.Я. Кирпа // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2008.- №1. – с.23...27.

91. Рожков А.М. Учет затрат и анализ себестоимости производства семян зерновых культур (опыт работы ОПХ НПО областных госу-

дарственных сельскохозяйственных опытных станций Поволжья). - М.: Росагропромиздат, 1990. - 78 с.

92.Макаров О.В. Экономическая эффективность применения комплексов машин для посадки, уборки и послеуборочной обработки картофеля в хозяйствах Рязанской области: автореф. дис...канд. экон. наук / О.В. Макаров. - Харьков, 1990. – 18 с.

93.Экономический справочник растениеводства юга Украины. - Одесса: Маяк, 1985.-191 с.

94. Економіка виробничого підприємства: Навчальний посібник / За ред. І. М. Петровича. — К.: Знання 2001. — 405 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А1

Основні характеристики зернообробних підприємств (Росія)

Найменування і тип підприємства	Продуктивність, т/год	Сумарна потужність, кВт (чисельник), і число електродвигунів (знаменник)	Зернообробні машини
Агрегат: ЗАВ-20	20	30,9/9	ЗАВ-0.30.000(2) ^x , ЗАВ-10.90.000(2)
ЗАВ-25	25	78,5/18	МПО-50(1), ЗВС-20А(1), ЗАВ-10.90.000(2)
ЗАВ-40	40	47,3/16	ЗВС-20(2), ЗАВ-40.02.000(2) ЗАВ-1.90.000(2)
ЗАВ-50	50	153,4/35	МПО-50(2), МЗП-50(1), ЗАВ-10.90.000(2)
Комплекс: КЗС-20Ш	20	130,1/26	ЗД-10.000(1), ЗАВ-10.30.000(2), ЗАВ-10.90.000(2), СЗШ-16(1)
КЗС-20Б	20	100,2/26	ЗАВ-10.000(1), ЗАВ-10.30.000(2), ЗАВ-10.90.000(2), СЗСБ-8(2)
КЗС-25Ш	25	185,5/32	МПО-50(1), ЗВС-20А(1), ЗАВ-10.90.000(2), СЗСБ-8А(2)
КЗС-50	50	326,3/52	МПО-50(2), МЗП-50(1), ЗАВ-10.90.000(2), М839(1)
Насінняочисна приставка: СПЛ-5	5	37,5/11	СВУ-5(1), ССП-1,5(2)
СП-10А	10	48,8/11	СВУ-5А(2), УПС-5(2)
Пункт по типовому проєкті: 812-10	2	105,1/37	К522(1), К531(1), К219(1), ССП-5(1), Т662(1), К878(2)
812-57	5	326,3/76	ЗВС-20(2), СВУ-5(2), БТ-5(2), ПСС-2,5(2), СЗШ-16(2), БВ-25(8)
812-58	10	226,5/69	ЗВС-20(2), СВУ-5(2), БТ-5(2), ПСС-2,5(2), СЗШ-16(1), БВ-25(8)

^x У дужках зазначене число машин.

Таблиця А2

Технічні характеристики зерноочисних машин (Росія)

Види обробки	Типи машин	Моделі машин	Продуктивність (на пшениці), т/год	Встановлена потужність, кВт
Попередня очистка	Повітряно-решітна	ЗД-10.000	20	4
Попередня очистка	Повітряно-решітна	МПО-50	50	7,5
Попередня очистка	Повітряно-решітна	ЗАВ-10.30.000	10	1,1
Попередня очистка	Повітряно-решітна	ЗВС-20 (ЗВС-20А)	20 (25)	5,5
Попередня очистка	Повітряно-решітна	МПЗ-50	50	5,9
Попередня і первинна очистка	Повітряно-решітна	ОВП-20 ^х (ОВС-25)	20 (25)	7,3
Вторинна очистка	Повітряно-решітно-трієрна	СМ-4 ^х	6-без трієрів 4-з трієрами	5,2
Вторинна очистка	Повітряно-решітна	СВУ-5А	6	7,5
Вторинна очистка	Відцентрово-опневматичний сепаратор	ЗАВ-40.02.000	20	6,6
Трієрування	Трієрний блок	БТ-5 (БТ-5А)	5 (6)	1,5
Трієрування	Трієрний блок	ЗАВ-10.90.000 (ЗАВ-10.90.000 А)	7,5 (10)	2,2
Сортування по щільності	Пневматичний сортувальний стіл	ПСС-2,5	2,5	6,6
Сортування по щільності	Пневматичний сортувальний стіл	УПС-5	5	11,75
Очищення від важко відокремлюваних забруднювачів	Магнітна	СМЦ-0,4	0,4..0,5	2,6

^х Пересувні ЗОМ

Таблиця АЗ

Технічні характеристики зерноочисних машин
(Німеччина - підприємство "Петкус-Вута")

Види обробки	Типи машин	Моделі машин	Продуктивність, т/год		Установлена потужність
			Зерно (пшениця)	Трави (рай-грас)	
Попередня очистка	Повітряно-решетная	К 524	-	10	9,55
		К 528	100	-	9,55
Первинна очистка	Повітряно-решетная	К 523	25/10	-	3,75
		К 526	-	5	9,55
		К 527	47/40 0/25)		11,05
		К 560	100/50		14,0
Вторинна очистка	Повітряно-решетная	К 545	6	-	7,0
		К 546	-	0,75	5,5
		К 547	10	-	11,05
		К 548	-	1,5	7,55
Трієрування	Трієрний блок	К 231	6	0,75	1,5 ¹⁾
		К 233	6,3	-	2,2
		К 236	10	1,5	2,2 ³⁾
Очищення і трієрування	Повітряно-решетно-трієрна	К 541	1,25	-	3,0
		К 542	1,25	-	3,0 ¹⁾
		К 543	1,25	-	4,0 ²⁾
		К 531	2,5	-	4,0
		К 532	2,5	-	4,0 ³⁾
	Повітряно-решітна	К 218		0,15...0,35	1,5
	Трієрний блок	К 553		0,15..0,35	1,1
Очищення від важковідокремлюваних забруднювачів	Магнітна	К 590		0,5	2,85
Домолочування	Молотильно-терочна	К 310		0,75	7,5

¹⁾ Без трієра; ²⁾ Відбір коротких і довгих насіннь; ³⁾ Без трієра

Таблиця А4

Технічні характеристики малогабаритних машин
для ПУОЗ (Росія)

Найменування	Марка	Продуктивність	Потужність, кВт
Молотарка колосова	МКС-1	320 пучк/год	0,25
Молотарка пучкова	МР-1	220 обр/год	0,18
Молотарка колосова з зарядкою насіння у касети	ММК-2	332 обр/год	0,37
Молотарка-тертка пучкова універсальна	МТПУ-500	80... 100 пучк/год	1,5
Молотарка пучково-снопова	МПСУ-500	238 пучк/год, 40...60 сно- пів/год	2,2
Шусталка селекційна	ШС-0.1	50... 150 кг/год	0,27
Лабораторна віялка-аспіратор	ЛВА-1	до 90 кг/год	0,27
Аспіраційна колонка	АК-1	до 500 кг/год	1,7
Пневматичний сортувальний стіл	ПСС-0.2	150 кг/год	0,8
Трієр лабораторний порційний	ТЛП-1	до 40 обр/год	0,09
Насінняочисна машина	СМ-0.15	до 150'кг/год	1,21
Сушарка ящикова, (з електрокалорифером)	СЯ-16 ^х 8 -//-	75...150 кг/год - -//-	3,0 9,45
Сушарка лоткова, (з електрокалорифером)	СЛ-0.3 ^х 2 -II-	до 500 кг/год -//-	3,0 9,45
Сушарка платформна, (з електрокалорифером)	СП-12 -II-	200...500 кг/год -//-	3,0 9,45

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ЗЕРНА ВИРОБНИЦТВА ВАТ ГСКБ «Зерноочистка» (Росія, м. Вороніж)

Сепаратор пневматичний сортувальний СПС-10

призначений для кінцевого безрешітного очищення зернової купи різних культур і насін'я трав від відходу, а також для підготовки товарного зерна з доведенням його до базисних кондицій.



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	
- підготовка товарного зерна	10
- кінцеве очищення	5
Потужність, кВт	11,2
Маса, кг	1100
Габаритні розміри, мм	
- довжина	4035
- ширина	1574
- висота	2955

Сепаратор може працювати самостійно в комплексі із пристроями, що транспортують вихідний матеріал і проміжну фракцію очищення, і встановлюватися в технологічні лінії післязбиральної обробки зернової купи, а також у складські приміщення в складі спеціальних ліній у всіх сільськогосподарських зонах.

Машина попереднього очищення МПО-50

призначена для попереднього очищення від бур'янистих домішок зернової купи колосових, круп'яних і зернобобових культур, кукурудзи, сорго й соняшника в стаціонарних потокових лініях у всіх сільськогосподарських зонах



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	50
Потужність, кВт	7,5
Маса, кг	1041
Габаритні розміри, мм	
- довжина	2900
- ширина	2000
- висота	2050

Приставка триєрна ПТ-600

призначена для виділення із зернової суміші довгих (вівсюг, солома) і коротких (гречка, дроблені зерна й т.п.) домішок, а також робота в складі технологічних ліній агрегатів і комплексів у всіх сільськогосподарських зонах)

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	8
Потужність, кВт	2,2
Маса, кг	900
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3150
- ширина	1650
- висота	2100

Очисник купи ОВС-25С

призначений для первинного очищення колосових, круп'яних, зернобобових культур, кукурудзи, сорго, соняшника від домішок у складі зерноочисних агрегатів у всіх сільськогосподарських зонах

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	12
Потужність, кВт	4
Маса, кг	1090
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3130
- ширина	1790
- висота	2150

Машина вторинного очищення насіння стаціонарна МС-4,5С

призначена для очищення насіння від сторонніх домішок і дефектного насіння культури, для роботи в складі технологічного устаткування зерноочисних агрегатів продуктивністю 10...20 т/год, а також у складських приміщеннях.



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год

- вторинне очищення 4,5

Потужність, кВт 5,2

Маса, кг 1550

Габаритні розміри, мм

- довжина 3000

- ширина 2500

- висота 2800

Машина первинного очищення ЗВС-20А

призначена для виділення із зернового матеріалу колосових, круп'яних, зернобобових культур, кукурудзи, соняшника й сорго великих, дрібних і легких домішок, для роботи в складі технологічного устаткування зерноочисних агрегатів, комплексів і спеціальних ліній у всіх сільськогосподарських зонах



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год

- первинне очищення 25

Потужність, кВт 7,7

Маса, кг 1805

Габаритні розміри, мм

- довжина 3070

- ширина 2030

- висота 2750

Машина вторинного очищення насіння МС-4,5 (самопересувна техніка)

призначена для очищення насіння трав, зернових, зернобобових, технічних і олійних культур. Установка працює на відкритих майданчиках або в складських приміщеннях у всіх кліматичних зонах

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- вторинне очищення	4,5
Потужність, кВт	7,4
Маса, кг	2200
Габаритні розміри, мм	
- довжина	7800
- ширина	4100
- висота	3000

Сепаратор універсальний СВУ-60

призначений для попереднього, первинного и вторинного очищення зернового вороху колосових, круп'яних и зернобобових культур, технічних і олійних культур та насіння трав. СВУ-60 встановлюється в існуючі агрегати и комплекси (типа ЗАВ, КЗС) без суттєвої зміни силової конструкції цих споруд

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	60
- первинне очищення	40
- вторинне очищення	20
Потужність, кВт	18,7
Маса, кг	4000
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3940
- ширина	2310
- висота	3080

Сепаратор первинної очистки СВТ-40

призначений для первинного (товарного) очищення зернового вороха колосових, круп'яних і зернобобових культур, технічних і олійних культур та насіння трав від легких, крупних і мілких бур'янистих і зернових домішок, які відокремлюються повітряним потоком і решетами, з метою доведення складу домішок в зерні до базисних кондицій.

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	60
- первинне очищення	40
Потужність, кВт	11,7
Маса, кг	3700
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3880
- ширина	2285
- висота	2810

Сепаратор первинної очистки СВТ-30

призначений для первинного (товарного) очищення зернового вороха колосових, круп'яних і зернобобових культур, технічних і олійних культур та насіння трав від легких, крупних і мілких бур'янистих і зернових домішок, які відокремлюються повітряним потоком і решетами, з метою доведення складу домішок в зерні до базисних кондицій.

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	60
- первинне очищення	40
Потужність, кВт	11,7
Маса, кг	3700
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3880
- ширина	2285
- висота	2810

Сепаратор попереднього очищення зерна СПО - 100

СПО-100 призначений для попередньої очистки надходженого від комбайнів та інших молотильних устроїв зернового вороху колосових, круп'яних і зернобобових культур, технічних і олійних культур та насіння трав від легких і крупних домішок, що відокремлюються повітряним потоком і решетом-сітчастим транспортером з метою кращого зберігання насіння і зерна, підготовки їх до сушки і активному вентиляванню, підвищенню ефективності наступної очистки



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	80
Потужність, кВт	11
Маса, кг	1250
Габаритні розміри, мм	
- довжина	2850
- ширина	1940
- висота	2120

Навантажувач зерна ПЗМ - 80

Навантажувач зерна модифікований ПЗМ-80 призначений для завантаження и вивантаження зерноскладів, завантаження зерна в транспортні засоби з висот, механічного перелопачування зерна на відкритих площадках під час підвезення зерна від комбайна, формування буртів з куч зерна, залишених транспортними засобами на площадках під час підвезення зерна від комбайна, і сепарації зерна з відділенням легких домішок.



Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	80
Потужність, кВт	9,1
Маса, кг	1200
Габаритні розміри, мм	
- довжина	6650
- ширина	4500
- висота	3250

ДОДАТОК В

ТЕХНІКА ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА
ВАТ «ВІБРОСЕПАРАТОР» (Україна, м. Житомир)

Сепаратори вібровідцентрові зернові типу БЦСМ «Сузір'я»

Сепаратори вібровідцентрові використовують для очистки зерна і насіння зернових, круп'яних та бобових культур від бур'янових та зернових домішок у складі зерноочисних агрегатів типу ЗАВ-40, ЗАВ-20, комплексів КЗС-20, КЗС-40...



Сепаратори виготовляються з одним, двома або чотирма уніфікованими блоками.

При переході на очистку іншої культури, проводиться заміна секції решіт і регулюються подача зерна і повітря.

Сепаратори виготовляються у трьох модифікацій (залежно від комплектації): Базова модель (без додаткової комплектації) Елеваторний варіант і Комплект обладнання для будівництва та реконструкцій зерноочисних комплексів.

Таблиця В -1 - Технічні характеристики сепараторів:

Моделі сепараторів	РВ-БЦСМ-25	РВ-БЦСМ-25-01	РВ-БЦСМ-50	РВ-БЦСМ-50-01	А1-БЦСМ-100
Кількість блоків	1	1	2	2	4
Продуктивність технічна на зерні пшениці, т/год: вологість до 17% середньої щільності 775 г/л	25	25	50	50	100
Ефективність очистки, не менше, %	70	70	70	70	70
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	3,0	6,0	4,5	10	9,0
Витрати повітря при повному тиску 400 Па/м ² /год	4000	4000	8000	8000	15000
Габаритні розміри, мм					
довжина	1800	1800	3300	3300	3300
ширина	1250	1250	1220	1220	2400
висота	3250	3250	3250	3250	3250
маса, кг	1290	2000	2400	3300	4900

Барабанний скальператор для попереднього очищення зерна А1-Б32-О-01

Барабанний скальператор А1-Б32-О-01 використовується для видалення грубих великих сторонніх домішок з метою запобігання за-сміченню прийомно-розподільних пристроїв зерноочисного обладнання. Машина встановлюється в зерноочисних відділеннях елеваторів і на хлібоприймальних підприємствах.



Технічна характеристика А1-Б32-О-01

Продуктивність технічна на зерні пшениці, т/год вологість до 17% сер. щільність 775 г/л	100
Потужність встановленого двигуна, кВт	0,37
Технологічне споживання повітря, м ³ /год	720
Габаритні розміри, мм	
- довжина	2150
- ширина	1130
- висота	1665
Маса, кг	420

Сепаратор повітряної очистки СВО-25

Сепаратор повітряної очистки СВО-25 використовується для додаткової очистки зерна та насіння зернових, круп'яних, бобових культур після попередньої очистки.

Сепаратор встановлюється як самостійно, так і в технологічних лініях, комплексах післязбиральної очистки та підготовки зерна на насіння.

Сепаратор проводить сортування насіння за питомою вагою.



Технічна характеристика СВО-25

Продуктивність на очищенні пшениці з об'ємною масою 760кг/м ³ при вологості до 15% і вмістом домішок до 5% за 1 годину основного часу не менше, т/год	25
Ефективність очищення не менше, %	50
Швидкість повітряного потоку в аспіруючому каналі, м/сек	1-10
Тип вентилятора	відцентровий пиловий
Потужність електродвигуна не більше, кВт	5,5
Габарити не більше, м	
Довжина	1700
Ширина	980
Висота	1900
Маса не менше, м	310

Зернохосовища для довготривалого безпечного зберігання всіх типів зернових, олійних, бобових культур.



Зернохосовища з металевих силосів різних об'ємів, практичні, надійні, економічні. Наша продукція – це якісне збереження і післязбиральна обробка зернових забезпечення надійного довготривалого збереження кондиційного зерна й тимчасове зберігання зерна з підвищеною вологістю.

Зернохосовища допомагають застосовувати універсальні технології з «м'яким»

Повільним досушуванням, активним вентиляванням або охолодженням (залежно від стану і призначення зерна, що зберігається).

Зернохосовища оснащені системами активного вентилявання й термометрії.

Зернохосовища можуть виготовлюватися з чорних металів з лакофарбовим покриттям або оцинкованої сталі із застосуванням вітчизняних технологій, матеріалів і комплектуючих, що значно знижує вартість нашої продукції. Наша продукція має високий рівень заводської готовності.

Зернохосовища квадратної форми значно зменшують площу під забудову, що призводить до зниження вартості і витрат на збереження зерна, а також забезпечує вивантаження зерна самопливом до 1/3

об'єму.

Квадратная форма ємності дає можливість добувати сховище з меншими витратами (майже на 30%) у порівнянні з круглими ємностями.

Зерносховища монтують на залізобетонну монолітну плоску фундаментну плиту з каналом для установки розвантажуючого транспортера та перфорованими вентиляційними каналами для продування зерна повітрям (агентом сушки).

Завантаження зерна в сховищах здійснюється норією і скребковими (або стрічковими) транспортерами.

Зерносховище складається з:

- технологічної башти, де розташоване обладнання для очистки і обробки зерна, норії;
- прийомних відділень з допоміжними ємностями для тимчасового збереження зерна або для завантаження готової продукції а автотранспорт;
- вагової;
- зерносушарки.

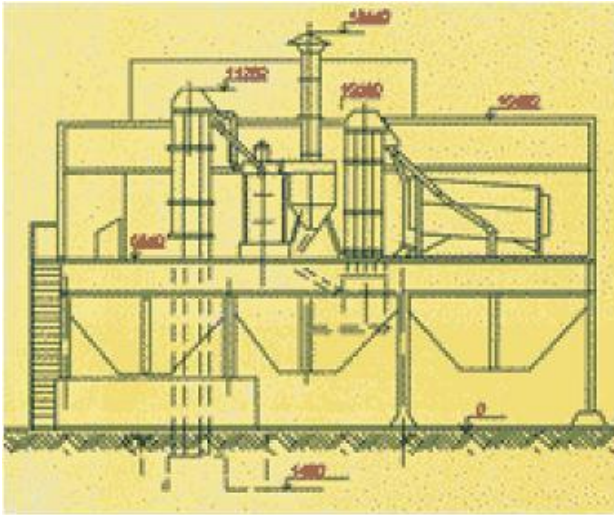
Комплекси зерноочисні



Комплекси зерноочисні КЗ-25, КЗ-50, КЗсК-25, КЗМ-25 використовуються для післязбиральної очистки зерна харчового, насінневого та фуражного призначення.

Застосування зерноочисних комплексів дозволить Вам уникнути значних втрат при збереженні та очистці зерна. Швидко та ефективно довести його до базисних кондицій і значно зменшити витрати ручної праці.

СХЕМА КОМПЛЕКСА КЗ-25



Тривалість будівництва «ПІД КЛЮЧ»:

КЗ-25 – не більше 50 днів;
КЗ-50 – не більше 60 днів.

Тривалість реконструкції
ЗАВ-20 - не більше 12 днів;
ЗАВ-40 - не більше 15 днів.

Навантажувач мішків пересувний ПМП-1

Навантажувач використовується для навантаження (пересування) вантажів у тарі (мішках, пакетах, коробках, ящиках) у транспортні засоби (автомобілі, причепа, вагони і інше), на транспортери, стелажі і т.п.

Навантажувач може застосовуватися для навантажування, складування, розвантажування, перевантажування вантажів у фермерських, насінневих господарствах; борошномолотильних, комбікормових, цукрових, цементних підприємствах; що випускають мінеральні добрива; складах, магазинах, виробничих цехах і т.п.

Технічна характеристика ПМП-1

Швидкість переміщення вантажу не більш, м/хв	3,5
Встановлена потужність не більш, кВт	1,5
Висота підйому вантажу, м	1,25...3,5
Габарити не більш, м	
висота при вуглі 45°	3,5
довжина при вуглі 45°	3,5
мін. висота	1,25
макс. довжина (при висоті 1,25 м)	4,576
ширина	1,130
М са не більш, кг	320



Зернометачі самопересувні ЗМ-90М, ЗМ-110

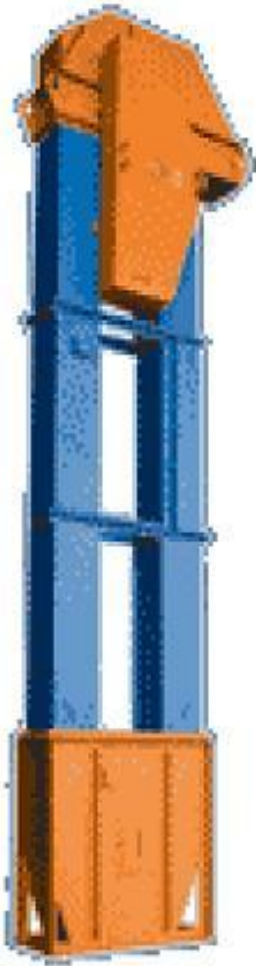
Зернометачі механізують: вантажно-розвантажувальні роботи на відкритих площадках та в зерноскладах, перелопачування, просушування і формування буртів із зерна.



Таблиця В - 2 - Основні технічні показники ЗМ-90М, ЗМ-110

Моделі:	ЗМ-90М	ЗМ-110
Продуктивність (на житі) не менш, т/год	90	110
Дальність польоту зерна від точки викиду не менш, м	12	12,5
Висота складування та погрузка в транспортні засоби не менш, м	4	4
Привід електричний, В-380В, Встановлена потужність, кВт	8,55	10,5
Переміщення в межах току	самостійне	самостійне
Швидкість переміщення, робоча не більше, м/хв	1	1
Швидкість переміщення, транспортна не більш, м/хв	8	8
Травмування зерна не більш, %	0,2	0,2
Габарити в робочому положенні, без повороту тримера, в мм		
довжина	6570	6570
ширина	4020	5400
висота	3410	3510
Габарити в робочому положенні, з повороту тримера на 90 градусів, в мм		
довжина	3830	3830
ширина	5270	6000
висота	3410	3510
Маса не більш, кг	1200	1400

Елеватори (норії) вертикальні ковшові зернові

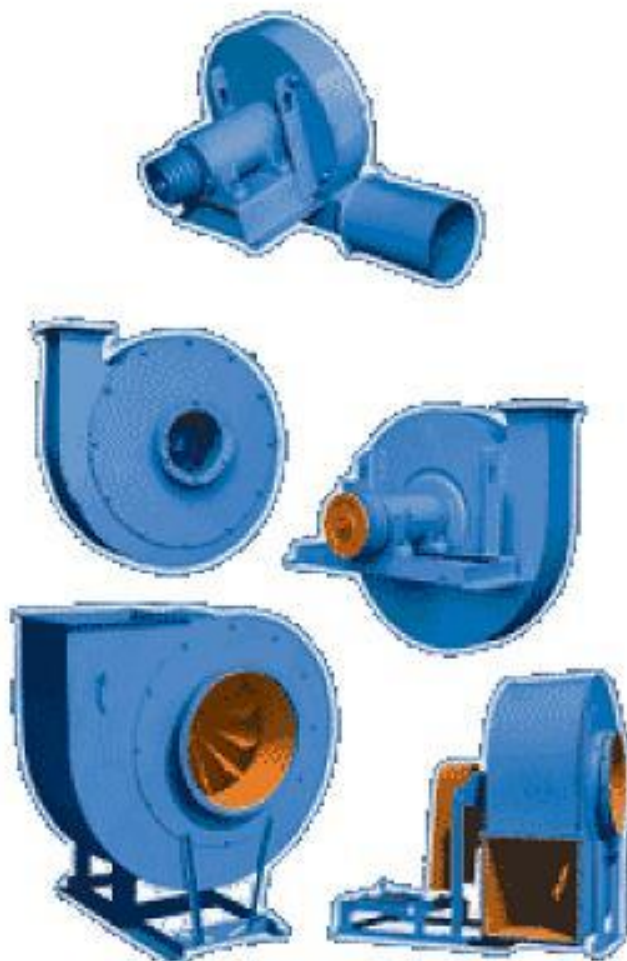


Елеватори використовують для вертикального транспортування зерна у складі зерноочисних ліній зерноочно-сушильних комплексів, а також для подачі зерна в склади та зерносковища.

Таблиця В - 3 – Технічна характеристика елеваторів

	ЕКЗ-25 01	ЕКЗ-25 02	ЕКЗ- 25/2 01	ЕКЗ-25 01	ЕКЗ-25/2 02	ЕКЗ-50 02
Технічна продуктивність, т/год	25	25	50	50	50	50
Встановлена потужність, кВт	2,5	2,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Швидкість руху стрічки, м/сек	2,5	2,5	2,53	2,53	2,53	2,53
Кількість потоків зерна	1	1	2	2	1	1
Маса, кг	959	580	1440	1065	1160	850
Висота, мм	13830	7801	13885	7825	138000	7800

Вентилятори
ВЦП-5, ВЦП-6, ВЦП-8, АВД, ВВД-5, ВРПВ-3.15.1, ВРПВ-4.1,
ВРПВ-6.31



Вентилятори відцентрові пилові типу ВЦП середнього тиску переміщують повітря й інші неагресивні гази з температурою не вище 180°C та вмістом клейких речовин і твердих домішок у кількості не більше 150 мг/м³.

Вентилятор високого тиску АВД подає повітря у форсунки спалювання рідкого палива.

Вентилятор високого тиску ВВД-5 переміщує повітря та неагресивні гази з температурою не вище 180°C та вмістом клейкових речовин і твердих домішок у кількості не більше 150 мг/м³.

Вентилятори радіальні пилові вибухозахищені типу ВРПВ середнього тиску переміщують повітря та інші неагресивні гази з температурою не вище 80°C та вмістом клейких речовин і твердих домішок у кількості не більше 6 г/м³.

Таблиця В -4 – Технічна характеристика вентиляторів

Модель	ВРПВ-3.15.1	ВРПВ-4.1	ВРПВ-6,3.1	ВЦП 5	ВЦП 6	ВЦП 8	АВД	ВВД 5
Виконання ГОСТ 5976-90	№1	№1	№1	№5	№5	№5		
Кут установки корпусу на станині і напрямлення обертання робочого колеса	ПР-0°; ПР-90°; ПР-270°; Л-0°; Л-90°; Л-270°; ПР-0°; ПР-90°; ПР-270°							
Продуктивність номінальна, м ³ /год	1850	3820	6650	6000	8300	15000	1200	2250
Частота обертання робочого колеса, об/хв	2850	2880	1425	1800	1620	1140	5500	3080
Повний тиск при номінальному режимі, кг/м	152	263	160	155	182	162	1000	600
Встановлена потужність, кВт	1,5	5,5	5,5	7,5	7,5	18,5	7,5	5,5
Частота обертання ел/двигунів, об/хв	3000	3000	1500	1500	1500	1500	3000	3000
Габаритні розміри								
- довжина	552	691	1066	1225	1287	1655	1907	720
- ширина	490	662	812	765	805	1260	430	420
- висота	579	771	1096	1073	1147	1512	506	619
Маса вентилятора без ел/двигуна не більше, кг	29	52,1	114,3	155	182	285	53	73
Тип вентилятора по повному тиску	С	С	С	С	С	С	В	В
Діаметр робочого колеса, мм	315	400	630	500	600	800	350	500

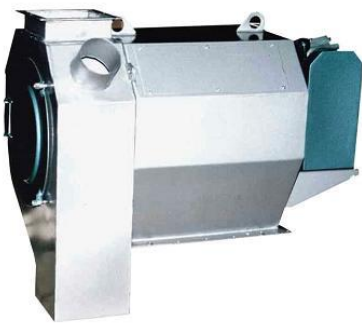
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗЕРНООЧИСТКИ ТА ОБРОБІТКУ ЗЕРНА
 ”МОГИЛЬОВ-ПОДІЛЬСЬКИЙ МБЗ,,
 Україна, м. Могильов-Подільський)

Скальператор Р6 – БЗО

призначений для відділення від зерна найбільш великих домішок
 (стеблини рослин, гілки, велики грудки ґрунту і т.д.)

Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	≥ 6
Ефективність очищення зерна пшениці, %	100



Розміри ситового циліндру:

- діаметр, мм	500
- довжина, мм	525
Потужність електродвигуна, кВт	0,18
Частота обертання барабану, об./хв.	18,5
Витрата повітря на аспірацію, м ³ /хв.	≤ 5
Габаритні розміри, мм (не більше)	
- довжина	1110
- ширина	650
- висота	860
Маса, кг (не більше)	120

Сепаратор зерновий Р6-СВС

призначений для очищення зернової маси від домішок, які відрізняються від основної культури за товщиною та шириною, а також за аеродинамічними властивостями.

Технічна характеристика

Продуктивність, т/год	24...100
Ефективність очищення зерна, %	50...80

Розміри отворів сит:

- сортувальні	Ø8 4,25x25
- підсівні	Δ3,5 Ø2
Потужність електродвигуна, кВт	2,0
Радіус коливань ситового кузова, мм	11
Витрата повітря, м ³ /год	8500
Габаритні розміри, мм (не більше)	
- довжина	2400
- ширина	2500
- висота	2200
Маса, кг (не більше)	1475



Трієр циліндричний Р6-ТЦ-700

призначений для відбору з зерна пшениці домішок, які відрізняються від основного зерна за довжиною.

Технічна характеристика

Технічна продуктивність, т/год	≥ 6
Ефективність очищення зерна, %	≥ 70

Розміри трієрного циліндру:

– діаметр, мм	700
– довжина, мм	2400



Потужність електродвигуна мотор-редуктора, кВт	1,1
Частота обертання барабану, об./хв.	38
Габаритні розміри , мм (не більше)	
- довжина	3145
- ширина	970
- висота (виконання 00,-01,-02,-03 чи 03,-04,-05,-06 відповідно)	970 чи 1670
Маса, кг (не більше)	1475
- для виконання 00,-01,-02,-03	618
- для виконання 03,-04,-05,-06	500

Сепаратор Р6-СВС-6

призначений для очищення зернової суміші від домішок

Технічна характеристика

Технічна продуктивність, т/год	≥ 6
Ефективність очищення зерна, %	

– за великими домішками	100
– за легкими домішками	90
– за дрібними	80



Потужність електродвигуна, кВт	0,75
Частота коливань сітьового кузову, об./хв.	750

Витрата повітря на аспірацію, м ³ /хв.	10
---	----

Габаритні розміри , мм (не більше)	
– довжина	2028
– ширина	1156
– висота	1548

Маса, кг (не більше)	605
----------------------	-----

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗЕРНООЧИСТКИ ТА ОБРОБІТКУ ЗЕРНА
 ”ХОРОЛЬСЬКИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД,, (Україна, м. Хорол)

Сепаратор БСХМ-16/3

призначений для відділення від зерна найбільш великих та легких
 домішок, та для розділення суміші на велику та дрібну фракції

Технічна характеристика

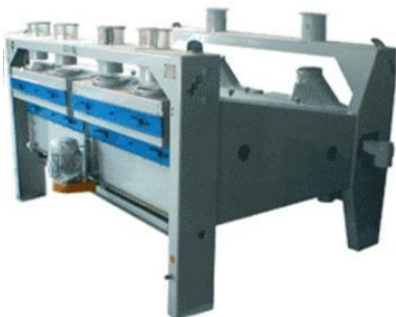


Продуктивність, т/год	
– млинний режим	16
– елеваторний режим	66
Ефективність очищення, %	
– млинний режим	75
– елеваторний режим	20
Потужність на привід решета, кВт.	0,7
Витрата повітря, м ³ /год	5400
Маса, кг	690

Сепаратор БСХ-100

призначений для відділення від зерна найбільш великих та легких
 домішок, та для розділення суміші на велику та дрібну фракції

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	
- попереднє очищення	100
- кінцеве очищення	24
Ефективність очищення, %	
- попереднє очищення	20
- кінцеве очищення	80
Потужність, кВт	1,5
Витрата повітря, м ³ /год	8500
Частота кругових коливань кузова, 1/с (кол./хв.)	6,25 (375)
Радіус кругових коливань кузова, мм	11±1
Розміри полотен решіт, мм	990×760
Маса, кг	1583

Сепаратор АСХ-2,5

(сепаратор із замкненим циклом повітря та діаметральним вентилятором)
призначений для розділення продуктів шелушіння круп'яних культур
(відбору лузги, мучки, контролю лузги, контролю готової продукції)
та для очищення зерна пшениці від легких домішок

Технічна характеристика



Продуктивність, т/год	2
Ефективність очищення, %	
- видалення лушки при розділенні продуктів шелушіння гречихи, овса, рису	85
- відділення легких домішок з зерна пшениці або рису	60
Потужність, кВт	1,1
Вміст повноцінного продукту в відносах осадочної камери, %	2

Сепаратор СПО-50

призначений для попереднього очищення

Технічна характеристика



Продуктивність при очищенні пшениці, об'ємної маси 0,67 т/м ³ , із вмістом домішок до 10% (в т.ч. соломистих до 1%) при вологості 20%, т/ год	80
Потужність, кВт	11
Частота обертання електродвигуна, об/хв.	1000
Вміст якісного зерна у відходах, %	0,1
Маса, кг	1250

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ПП ПФ «АЛМАЗ» (У країна, м. Луганськ,)

Свіжозібране зерно називають зерновим ворохом, тому що є необхідним провести його післязбиральну обробку. Післязбиральна обробка є обов'язковою ланкою процесу виробництва та зберігання зерна, особливо насінневого призначення. Велика відмінність домішок за розмірами, щільністю, характером поверхні, аеродинамічними властивостями, а також наявність важковідокремлюваних домішок викликає необхідність застосування складного, багатоступеневого очищення зерна. В системі післязбиральної обробки зерна це найбільш складний комплекс технологічних операцій. Видаленню при очищенні підпадають не тільки всі сторонні компоненти, але і деяка частина зерна основної культури, що не відповідає встановленим вимогам до якості - це зерна, пошкоджені шкідниками, недорозвинуті, щуплі, дріблені, розчавлені. При підготовці насінневого матеріалу слід відібрати лише повноцінні зерна, що здатні давати високопродуктивні рослини. Питома вага - комплексний признак, який характеризує біологічну цінність зерна. Питомо-важкі зернівки, які мають високий потенціал врожаю, формуються в середній частині колосу. Після обмолоту колосся зернівки обезличуються, тому визначити за зовнішнім видом ані їх біологічну цінність, ані питому вагу неможливо.

В основу роботи машини «Алмаз» покладено принцип розділення суміші за питомою вагою, розміром та частково аеродинамічними властивостями. Машина за один прохід розділяє суміш на 5 фракцій: 1 - важкі домішки (каміння, склероції); 2, 3 - насіння з найбільшою питомою вагою; 4, 5 - насіння з найменшою питомою вагою.



Таблиця Е -1 - Технічна характеристика

ПАРАМЕТРИ \ МАРКА	МС-4/2	МС-10/5	МС-20/10	МС-40/20	МС-50/30
Продуктивність при підготовці посівного матеріалу, т/год	2	5	10	20	30
Продуктивність при підготовці товарного зерна, т/год	4	10	20	40	50
Потужність, кВт год	1,2	4	7,5	11,25	15,2
Маса, кг	150	150	570	1000	1300
Габаритні розміри, мм					
– довжина	1570	2000	2000	2000	2000
– ширина	600	850	1130	1800	2200
– висота	1560	2350	2450	2450	2450

МС-4/2



МС-10/5



МС-20/10



МС-40/20



МС-50/30



Таблиця Е-2- Порівняльна характеристика машин очистки зерна*

МАРКА	ОВС-25	Алмаз МС 10/5	Алмаз МС 20/10	Алмаз МС 40/20	Алмаз МС 50/30	Петкус 547А	Петкус 531Гігант
Наявність КШМ, точок змазки	+	-	-	-	-	+	+
Попереднє очищення							
Домішки бур'яну, %	10	30	30	30	30	10	не передбачено
Вологість, %	20	не обмежено				15	
Продуктивність, т/год	15	5	10	20	30	10	2,5
Первинне очищення							
Домішки/бур'ян, %	10/3	20/20	20/20	20/20	20/20	15/10	4
Вологість, %	16	не обмежено				15	15
Продуктивність, т/год	15	5	10	20	30	10	2,5
Калібрування за фракціями							
Домішки, %	-	10	10	10	10		4
Калібрування за питомою вагою, т/год		5	10	20	30		2,5 (розмір)
Машина «Алмаз» одночасно з очищенням проводить його сушіння повітряним потоком за один прохід до 2 %							
Маса, кг	1840	350	570	890	1300	2300	1100
Габарити, мм							
- довжина	5090	2000	2000	2000	2000	3000	5050
- ширина	6200	850	1130	1800	2200	2580	2100
- висота	3280	2350	2350	2350	2350	2660	2210
Потужність, кВт	9,5	4	7,5	11,25	15,2	13	4

*- за дослідженнями ПП ПФ „Алмаз”

Таблиця Е-3 – Показники якості при переробітку пшениці*

Показник	Вихідний ма- теріал	Значення показника					
		Результати досліджень					
		1 фра- кція	2 фра- кція	3 фра- кція	4 фра- кція	5 фрак- ція	аспі- рація
Насіння основної культури, %	75,09	0	99,86	95,04	49,08	0	0
Дроблене насіння, %	10,06	0	0,14	2,0	18,75	12,36	6,7
Щупле насіння, %	6,44	0	0	2,96	12,42	9,5	14,4
Насіння у плівках, %	6,76	0	0	0	14,37	18,09	2,19
Органічні домішки, %	1,21	0	0	0	4,0	55,3	74,6
Насіння бур'янів, %	0,34	0	0	0	1,38	4,75	2,11
Насіння інших культур, %	-	0	0	0	0	0	0
Мінеральні домішки, %	-	0	0	0	0	0	0
Маса 1000 зерен, г	37,8	0	40,3	36,5	26,6	0	0
Натура насіння, г/л	748	0	762	750	670	219	-
Насипна щільність, кг/м ³	678,4	0	767,1	739,4	470,0	266,7	202,8
Схожість насіння, %	70,1	0	99,7	-	-	-	-
Мікропошкодження, %	0	0	0	0	0	0	0
Масова доля фракції, % (в залежності від вихідного матеріалу)	-	-	15 - 25	70 - 90	2 - 10	1 - 3	0 - 1

*- за дослідженнями ПП ПФ „Алмаз”

Таблиця Е-4 - Показники якості при вторинній переробці гороху*

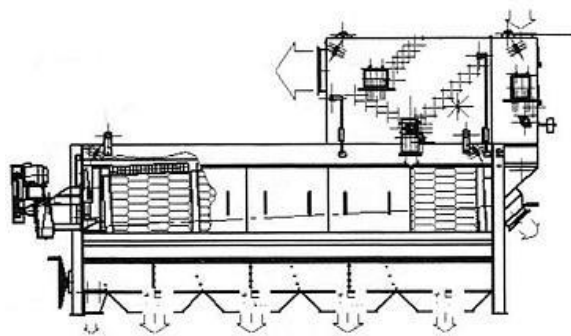
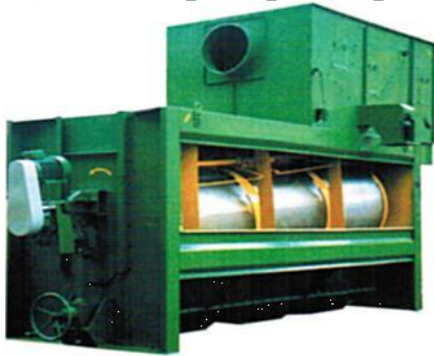
Показник	Вихідний матеріал	Значення показника					
		Результати досліджень					
		1 фракція	2 фракція	3 фракція	4 фракція	5 фракція	аспірація
Насіння основної культури, %	83,85	0	98,08	95,18	69,12	0	0
Дроблене насіння, %	14,23	0	1,92	4,82	27,9	29,47	5,4
Щупле насіння, %							
Насіння у плівках, %	1,24	0	0	0	2,07	19,87	0
Органічні домішки, %	0,49	0	0	0	0,24	50,46	94,42
Насіння бур'янів, %							
Мінеральні домішки, %							
Насіння інших культур, %	0,19	0	0	0	0,67	0,2	0,18
Маса 1000 зерен, г	190,6	0	196,3	193,9	192,2	-	-
Натура насіння, г/л	723	0	758	709	700	-	-
Насипна щільність, кг/м ³	813,0	0	836,5	816,2	812	703,1	162,3
Схожість насіння, %	56,7	0	91,7	-	-	-	-
Мікропошкодження, %	0	0	0	0	0	0	0
Масова доля фракції, % (в залежності від вихідного матеріалу)	-	-	10 - 25	60 - 80	5 - 10	2,7	0 - 1

*- за дослідженнями ПП ПФ „Алмаз”

МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА
КАРЛОВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД
 (Україна, м. Карлівка)

Комплексний барабанний сепаратор КБС „КМЗ”

Призначений для очищення всіх видів зернових, зернобобових, со-
 няшника, кукурудзи, круп'яних культур різної вологості та засміче-
 ності. КБС може виконувати функції скальператора (попереднє очи-
 щення) та сепаратора (первинне і вторинне очищення).

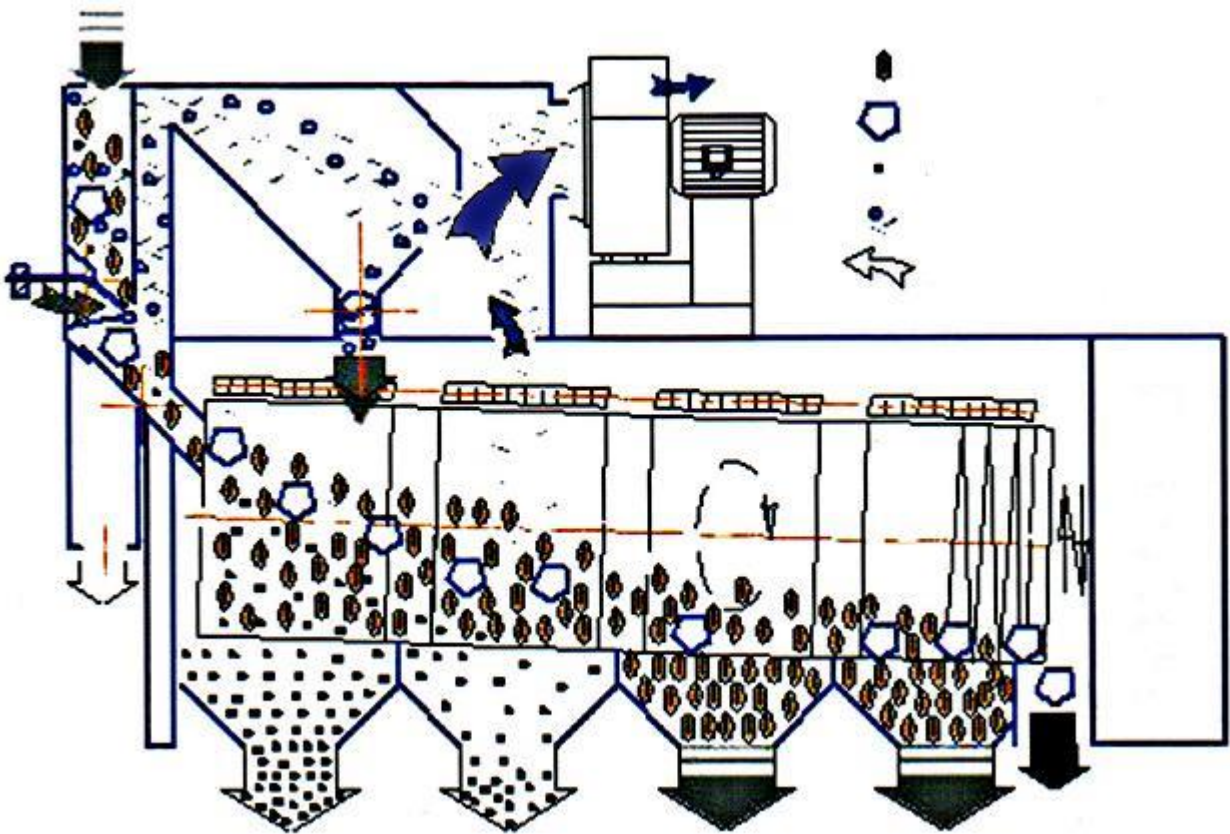


Таблиця Ж - 1 - Технічна характеристика

Найменування показників	КБС 1270.4.00	КБС 1270.3.00
Продуктивність по зерну пшениці (при щільності 760 кг/м ³ та вологості 15%)		
– попереднє очищення, т/год	150	75
– первинне очищення, т/год	100	50
– калібрування, т/год	20	10
Кількість решіт, шт.	4	3
Загальна площа решіт, м ²	16	12
Подача повітря, тис.м ³ /год	15	15
Тиск повітря, Па	1400	1400
Потужність електродвигунів (без вентилятора), кВт	5,1	5,1
Кути нахилу барабана (плавно), град.	1,5 – 5	1,5 – 5
Частота обертання барабану (плавно), об./хв.	0 – 25	0 – 25
Габаритні розміри, мм		
- довжина	6550	5360
- ширина	2236	2236
- висота	3600	3600
Маса, кг	2700	2500

Комплексний барабанний сепаратор КБС „КМЗ”

Схема технологічного процесу

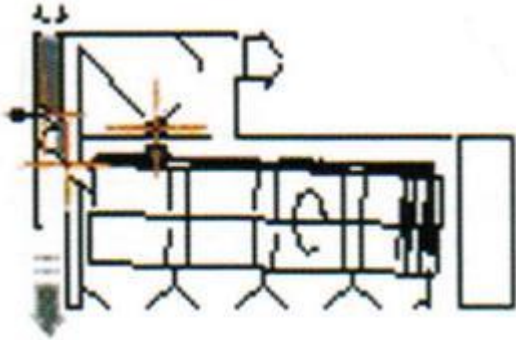


Принцип дії

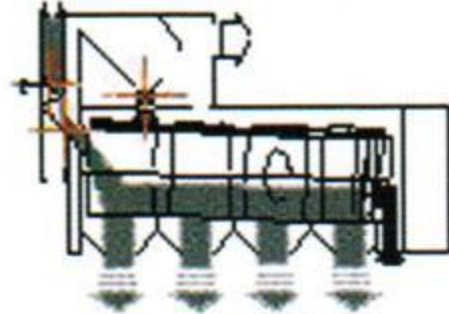
Принцип дії оснований на послідовному очищенні зерна від сторонніх домішок на барабані, що обертається повільно та дещо нахиленому до горизонту. Матеріал очищується повітрям від легких домішок, які виводить шнек. Попередньо очищений повітрям продукт, в залежності від технологічної схеми, чи подається на барабан, чи виводиться з машини. Продукт, рухаючись по внутрішній поверхні решіт, послідовно звільняється від тих домішок, що виділено пробивними решітами. Барабан повільно обертається, швидкість обертання та кут нахилу повільно змінюються. Решіта є швидкозмінними. Очищене на сепараторі зерно поступає на подальшу обробку.

СХЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СЕПАРАТОРА

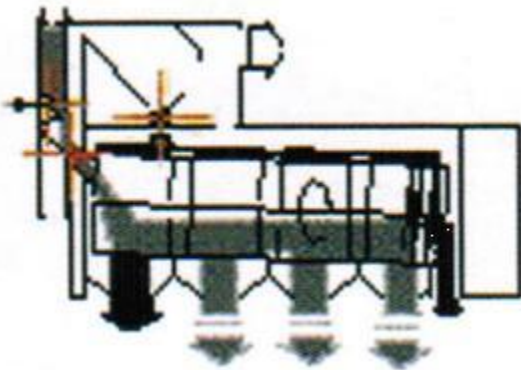
Попереднє очищення повітрям
та решетами



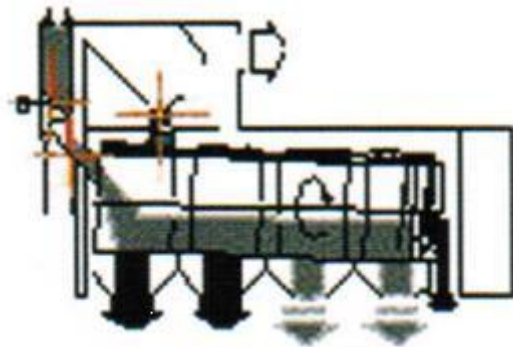
Попереднє очищення
повітрям



Первинне очищення повітрям
та решетами



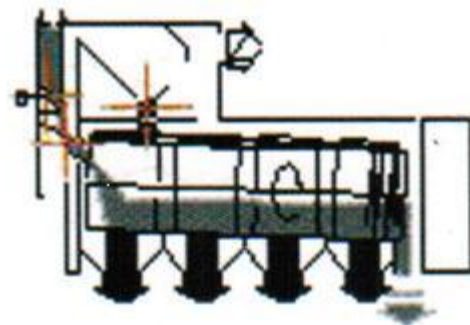
Сепарація повітрям
та решетами



Насіннєве очищення повітрям та
решетами

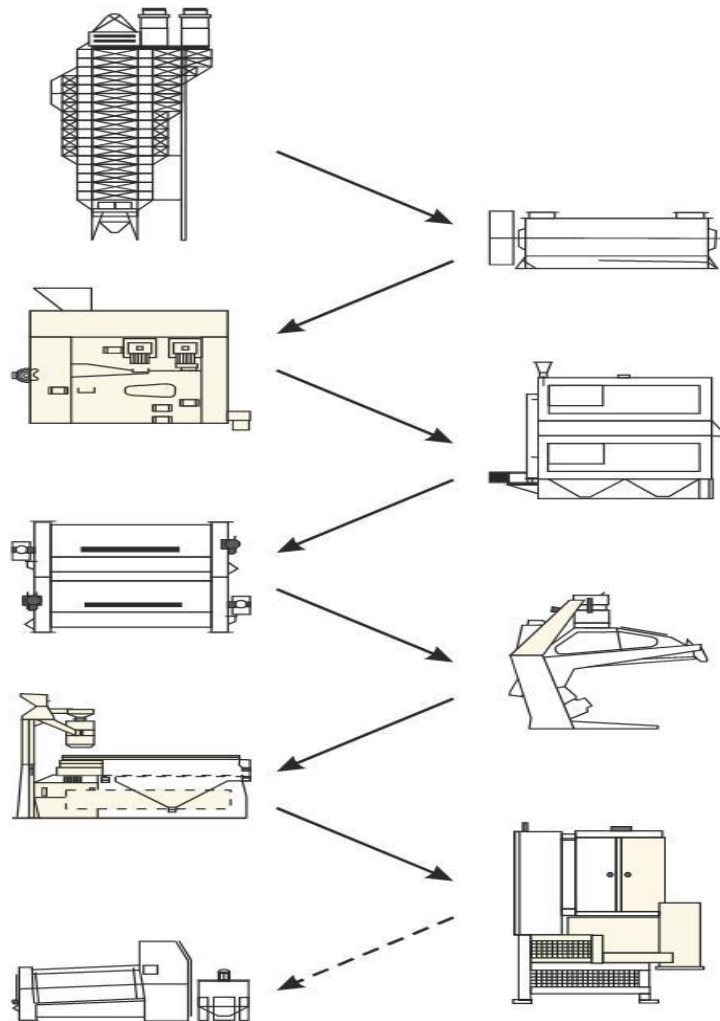


Калібрування



ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗЕРНООЧИСТКИ ТА ОБРОБІТКУ НАСІННЯ
ФІРМИ «СІМВРІА НЕІД» (Австрія, м. Штоккерау)

Комплексна лінія для обробітку насіння зернових



1. Шусталка. Продуктивність 3...60 т/год.

1



2. Повітряно-ситовий сепаратор з плоскими ситами. Продуктивність 2...360 т/год.

2



3. Повітряно-ситовий сепаратор з барабанними ситами. Продуктивність кожного барабану 1...30 т/год.

3



4. Триєрний блок. Продуктивність кожного циліндру 1-16 т/год.

4



5. Сушильна установка. Продуктивність 1-100 т/год.

5



6. Циклон з вентилятором (цикло-фен). Витрата повітря 103-35x103м3/год.

6



7. Кукурудзяна молотарка. Продуктивність 20 т/год.

7



8. Протруювач. Продуктивність 2...20 т/год.

8



9. Протруювач періодичної дії. Продуктивність кожного барабану 1...18 т/год.

9



10. Каменевідбійник. Продуктивність 5...20 т/год.

10



11. Пневматичний сортувальний стіл. Продуктивність 2...15 т/год.

11



ДОДАТОК И
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШНІННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА
ВАТ "КАРЛІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД,,
(Україна, м. Карлівка)
Зерносушарки рециркуляційні марки ДПС



2×A1-ДСП - 50



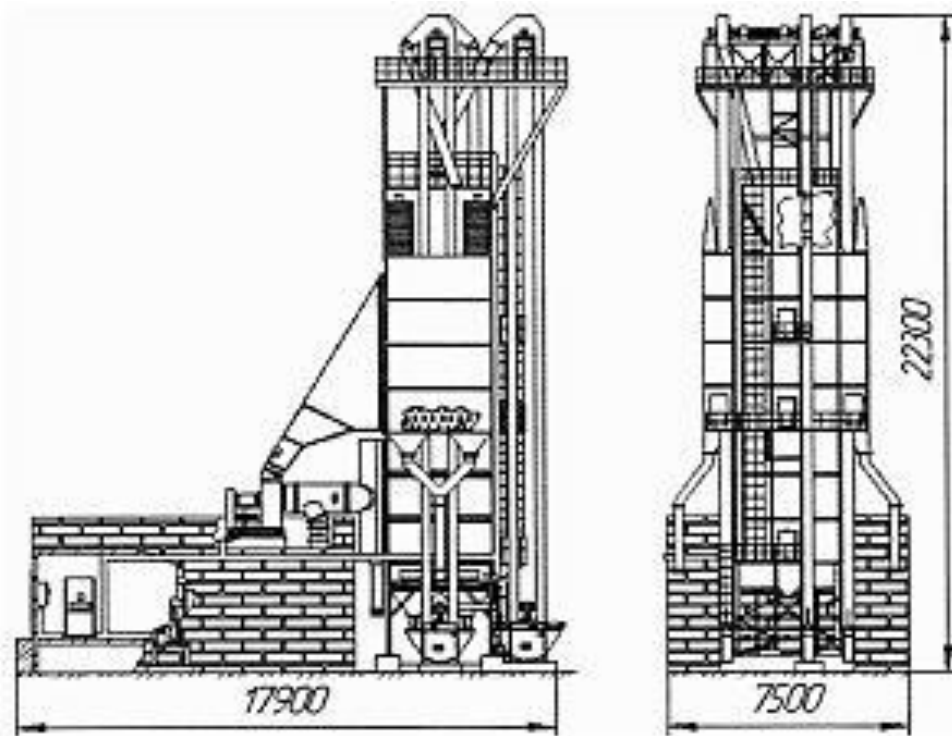
A1-ДСП - 50



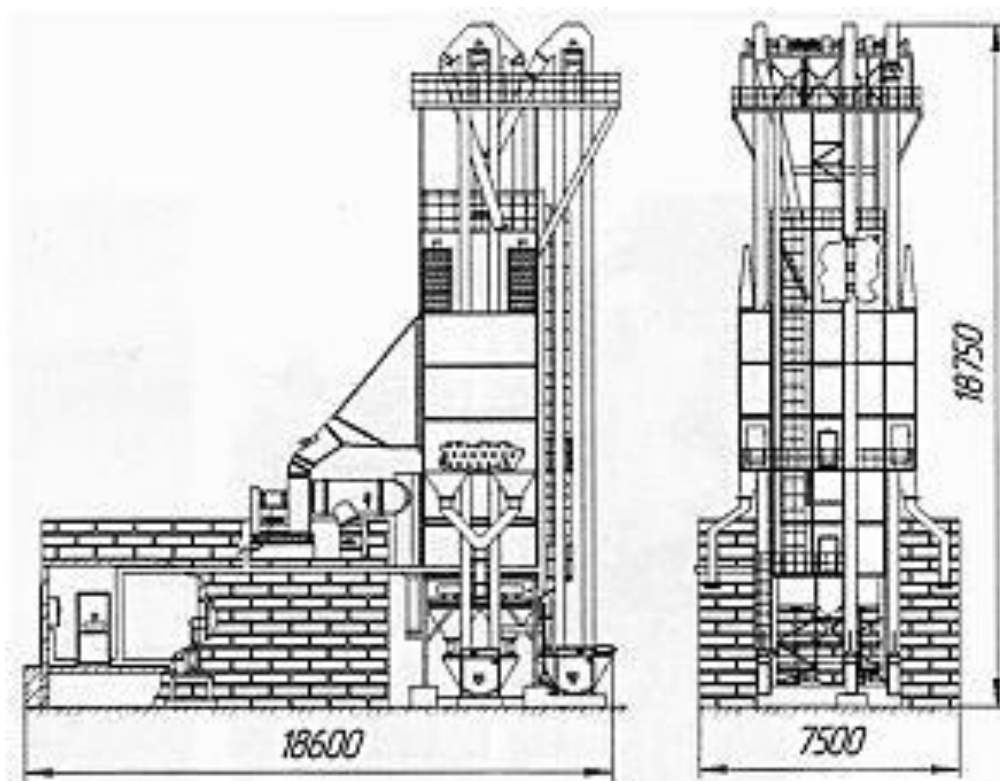
ДСП - 25

Продуктивність 50 т/год

Продуктивність 25 т/год



A1 – ДСП - 50



ДСП - 25

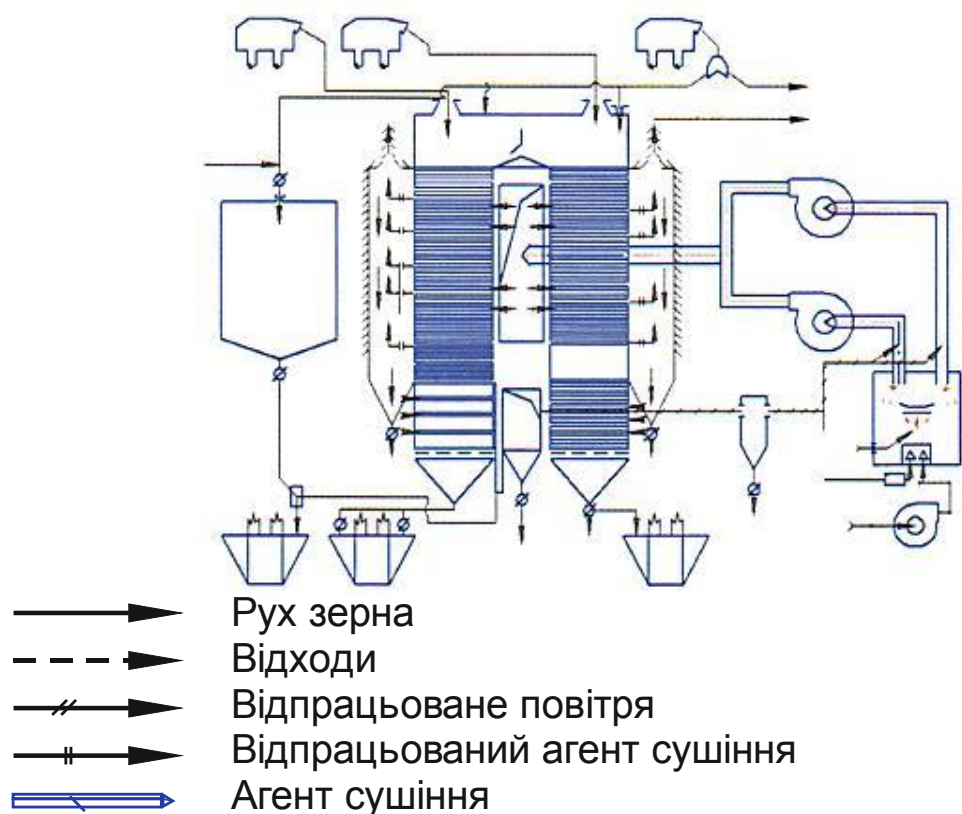


Рисунок И - 1 - Технологічна схема зерносушарки ДПС-25

Таблиця И- 1 - Технічна характеристика

Найменування показників	Од. вимір.	2хА1-ДСП-50		А1-ДСП-50		А1-ДСП-25	
		т/г	т/добу	т/г	т/добу	т/г	т/добу
1. Продуктивність							
1.1 при сушінні пшениці:							
зниження вологи з 20 % до 14 %	т/г	100	1640	50	820	25	410
зниження вологи з 25 % до 14 %	т/г	64	1050	32	525	16	262
зниження вологи з 30 % до 14%	т/г	46	754	23	377	12	197
2. Питомий розхід електроенергії	кВт г/т	2,9		2,4		2,6	
- дизельного	Кг	1,22		1,22		1,22	
- природного газу	м3	1.5		1,5		1,5	
3. Маса	Кг	80000		37000		32000	

**ПРОМИСЛОВІ КОМПЛЕКСИ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА
«АГРО-СОЮЗ»**

Сушарки призначені для сушіння зернових та олійних культур (пшениця, кукурудза, ячмінь, соняшник, рис, рапс та інші).



Таблиця К -1 – Технічна характеристика

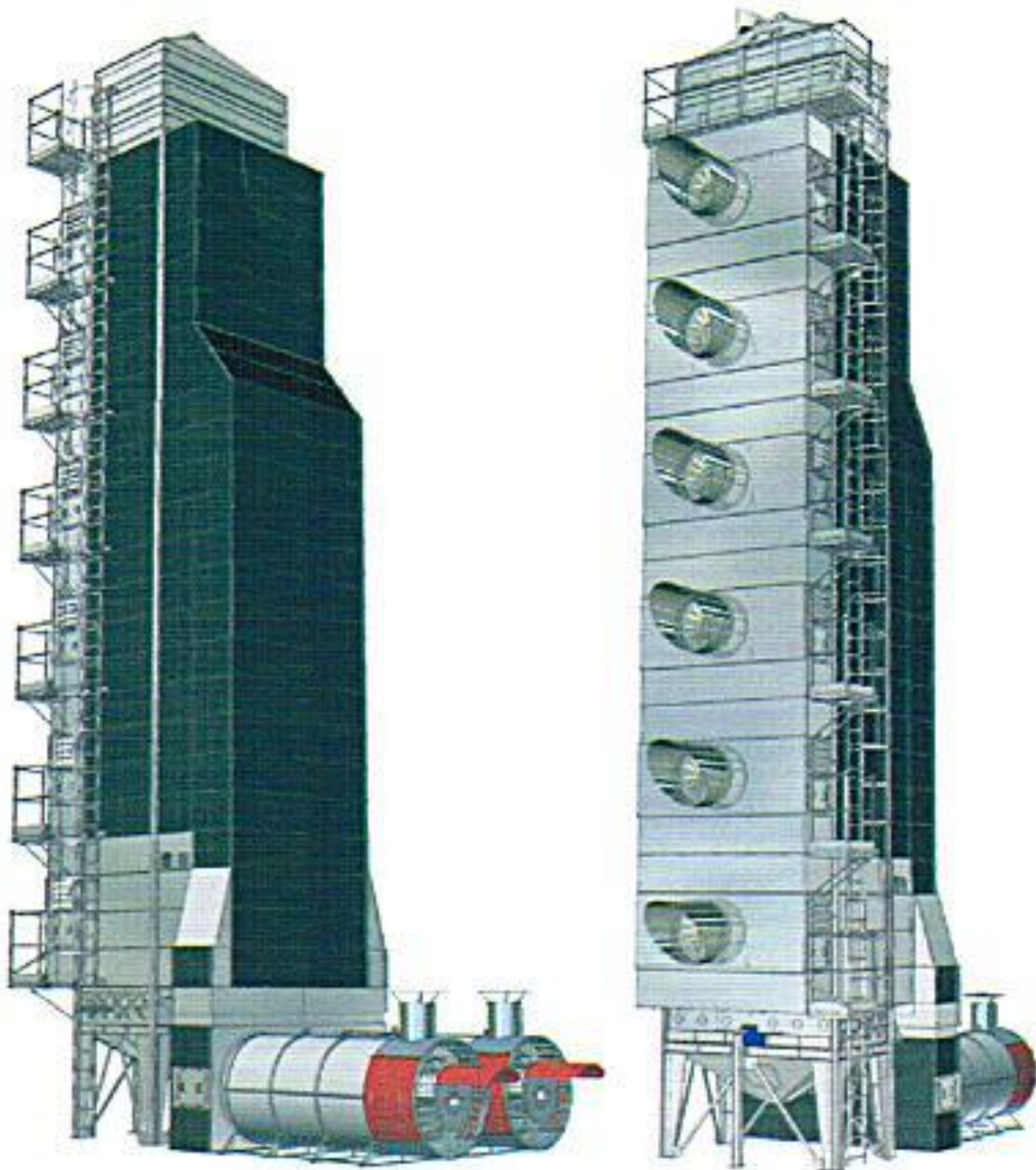
Модель	Кількість ярусів	Місткість, т	Продуктивність т/год
АН1240	4	11,0	8,7
АН1250	5	12,8	8,8
АН1260	6	14,7	11,2
D1670	5	17,1	11,8
D1680	6	19,6	15,0
D16106	8	24,4	21,6
D16120	10	29,3	32,4
D16140	12	34,2	37,0
АН24108	6	29,3	20,7
D24108	6	29,3	22,4
D24150	7	36,7	32,5
D24180	10	44,0	35,5
D24219	12	51,3	48,7
D24240	14	58,6	52,4

Сушарка АН 1260



А - вентилятор низької шумності NECO; В - перехідник; С – перегородка, що розділяє повітря на 2 потоки (перший йде на горілку D, а другий подається у нижні яруси для охолодження зерна); Е – нагріте повітря поступає до камери змішування; F - отвори з внутрішнього боку сушарки у формі трикутників розташовані на зерновій колонці G; через ці отвори повітря потрапляє до зерна; G - зернова колонна; (Зернові колони складаються з рядів отворів на внутрішньому та зовнішньому боків. Проходячи через ці колони, зерно переміщується та обдувається гарячим повітрям. Так зерно просушується рівномірно.) Н - отвори із зовнішнього боку сушарки; (Через ці отвори проходить відпрацьоване повітря.) І - дозуючі валики розташовані під зерновими колонами з кожного боку сушарки; (Швидкість обертання валиків регулюється вологістю зерна.) J - розвантажувальні шнеки; К - поперечний шнек.

ДОДАТОК Л
ЗЕРНОСУШАРКИ ПРОТОЧНІ ФІРМИ «FEERUM» (ПОЛЬЩА)



тип DGG (газова горілка)

тип DGOw (газова горілка
з теплообмінником)

Таблиця Л- 1 – Технічна характеристика сушарок

Модель	15	18	24	28
КУКУРУДЗА – ефективність сушіння з 30% до 15% вологості зерна				
Продуктивність, т/год	11	11,7	14,2	17,8
Продуктивність, т/добу	264	281	341	427
СОНЯШНИК – ефективність сушіння з 14% до 7% вологості зерна				
Продуктивність, т/год	16,4	18,0	21,9	27,3
Продуктивність, т/добу	394	432	525	654
ПШЕНИЦЯ – ефективність сушіння з 14% до 7% вологості зерна				
Продуктивність, т/год	32	35	43	55
Продуктивність, т/добу	720	792	960	1200
Засипний об'єм, т	36,0	40,5	51,0	58,0
Потужність теплогенератора без теплообмінника, кВт	2000	3000	3800	4400
Потужність теплогенератора з теплообмінником, кВт	2500	3500	4400	5100
Встановлена електрична потужність, кВт	74	78	105	124
Витрата газу, м ³ /1т/1%	1,3...1,5			
Витрата рідкого палива, л/1т/1%	1,1...1,3			
Потік повітря через зерносушарку, м ³ /год (тис.)	99	120	160	185
Габаритні розміри сушарки				
Довжина, м	8,9	9,1	9,5	9,5
Ширина, м	3,5	3,5/6,2	6,2	6,2
Висота, м	14,9	16,7	20,5	23,1