

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет

МИХАЙЛОВ ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК. 631.362.3.004.4

МЕТОДОЛОГІЯ ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ ЗЕРНА
(на прикладі Півдня України)

05.05.11 « Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва »

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Мелітополь - 2014

Дисертацією є рукопис .

Робота виконана в Таврійському державному агротехнологічному університеті.

Науковий
консультант:

Дідур Володимир Аксентійович, доктор технічних наук, професор, Таврійський державний агротехнологічний університет, завідувач кафедри гідравліки і теплотехніка.

Офіційні опоненти:

Завгородній Олексій Іванович, доктор тех. наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, завідувач кафедри вищої математики та фізики;

Пастушенко Сергій Іванович, доктор тех. наук, професор, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, директор навчально - наукового інституту інженерії об'єктів і систем;

Чурсінов Юрій Олексійович, доктор тех. наук, професор, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, завідувач кафедри технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції.

Захист відбудеться «31» жовтня 2014 року в 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д. 18.819.01 при Таврійському державному агротехнологічному університеті за адресою: 72312, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. - Хмельницького 18, головний навчальний корпус.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Таврійського державного агротехнологічного університету за адресою 72312, Запорізька область, м. Мелітополь, проспект Б. - Хмельницького 18.

Автореферат розіслано « » вересня 2014 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.Т. Діордієв

Підписано до друку 15 вересня 2014 р. Замовл: №114. Формат 60×90/16.
Друк офсетний. Обсяг 2,2 Умовн. друк. арк. Тираж 100 примірників

Надруковано в типографії
Таврійського державного агротехнологічного університету.
Адреса: 72312 Запорізька область м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького 18

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Післязбиральна обробка зерна (ПЗОЗ) - один з найбільш трудомістких етапів його виробництва. Впровадження потокової технології обробки зерна, яка характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій, призвело до різкого зниження витрат праці і, разом з тим, показало найбільш часте нераціональне застосування агрегатів і комплексів, що використовуються для різних господарських умов. Крім того, у відомих розрахунках з обґрунтування параметрів процесу післязбиральної обробки зерна в більшості випадків не враховують ймовірно-статистичну природу функціонування машин і агрегатів в умовах України і особливо в її найбільш зерновиробляючих південних районах.

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернокомплексів проводиться без урахування фактичної продуктивності зерноочисних машин (ЗОМ) і достатніх інформаційних та методичних розрахункових баз для конкретного господарства і реальних зональних умов, а це висуває завдання розробки та вдосконалення методики розрахунку параметрів технічної оснащеності (ТО) ПЗОЗ.

З аналізу виробництва зерна в Україні за останні 10 років (2004...2013 рр) встановлено, що найбільший валовий збір зерна склав 63 млн. т в 2013 році. У південному регіоні України - Автономній Республіці Крим (АРК), Херсонській, Миколаївській, Одеській та Запорізькій областях зібрано зерна в 2013 році близько 7,0 млн. т.

У результаті використання перевалочного методу обробки зерна, відсутності повнопоточної технології ПЗОЗ експлуатаційні витрати в залежності від призначення обробленого зерна становлять від 35 до 90 грн./т.

Такий стан речей створює **народногосподарську проблему**, суть якої полягає в несвоєчасності та низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічних операцій тих чи інших технологій післязбиральної обробки насінневого та товарного зерна.

Вирішення даної народногосподарської проблеми неможливе без розв'язання відповідної **науково-технічної проблеми**. Вирішення цієї проблеми можливо за рахунок обґрунтування оптимального складу та функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ, їх параметрів та режимів роботи, передбачаючих зниження питомих енерговитрат та підвищення якості насінного та товарного зерна.

Раціональний підбір технічних засобів та їхніх параметрів в умовах господарств регіону дозволить за усередненими розрахунками знизити експлуатаційні витрати на 15 ... 20 грн. /т, і лише для південних регіонів України отримати економію коштів у розмірі 105 ... 140 млн. грн., що підтверджує актуальність теми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з "Концепцією ДЕРЖАВНОЇ програми реалізації технічної політики в Агропромисловому комплексі на період до 2011 року", затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 785 від 30

травня 2007, "Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року", затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1158 від 19 вересня 2007, "Державної програми сталого розвитку сільських територій України", затвердженої Указом Президента України № 500/2011, науково-технічної програми № 1 Таврійської державної агротехнічної академії на 2004-2010 роки "Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України" (державний реєстраційний номер 0102U000678), науково-дослідної роботи "Розробка технологій та технічних засобів для рослинництва в умовах зрошувального землеробства півдня України" № госреєстрації 01070008955 за тематичним планом НДДКР Таврійського державного агротехнологічного університету на 2011 - 2015 рр.

Мета дослідження - підвищення ефективності післязбиральної обробки насінневого і товарного зерна шляхом формування методології обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів.

Завдання дослідження:

1. Дати оцінку рівня технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна в господарствах півдня України.
2. Розробити багаторівневу систему ТО ПЗОЗ, математичні моделі функціонування технічних засобів, оціночні показники та критерії їх оптимальності.
3. Розробити методологію покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна.
4. Провести оцінку умов функціонування технічних засобів ПЗОЗ.
5. Обґрунтувати склад технічних засобів, оптимізувати їх конструктивні, технологічні, кінематичні параметри та провести їх випробування у виробничих умовах.
6. Оцінити ймовірно-статистичні зв'язки технічних засобів і розробити математичні моделі прогнозування якості роботи серійних і експериментальних машин і агрегатів ПЗОЗ.
7. Розробити методику обґрунтування складу і функціональних параметрів технічної оснащеності процесу ПЗОЗ.
8. Виконати практичну реалізацію та економічне обґрунтування розробленої методики розрахунку функціональних параметрів і складу серійних і експериментальних технічних засобів ПЗОЗ.

Об'єкт дослідження - технологічний процес післязбиральної обробки зерна в умовах господарств півдня України.

Предмет дослідження - взаємозв'язки складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна з показниками якості їх роботи і енерговитратами.

Методи дослідження.

Робота виконана теоретико-експериментальним методом із застосуванням елементів системного аналізу. Для розробки математичних моделей і методів розрахунку використано основні положення вищої математики, теорії ймовірностей і масового обслуговування, методи ідентифікації та імітаційного моделювання. Перевірка гіпотез і обробка експериментальних даних виконана за

стандартними та розробленими програмами.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше для умов півдня України запропонована система оцінок статистичних характеристик ряду агробіологічних та фізико-механічних властивостей зерна з високим рівнем кореляційних зв'язків (0,8...0,9) між засміченістю і натурою зернових матеріалів (ЗМ). Це застосовано при плануванні імітаційного експерименту для визначення часу обробки та перебування ЗМ у технологічному циклі, продуктивності технічних засобах ПЗОЗ і рекомендується використовувати в якості непрямого методу для розробки експрес-аналізаторів засміченості зерна.

2. Отримала подальший розвиток методологія покомпонентної процедури обґрунтування складу та функціональних параметрів машин і агрегатів післязбиральної обробки зерна, що дозволяє здійснити аналіз впливу різних чинників на процес функціонування зернокомплексів, і синтез-обґрунтування складу та функціональних параметрів машин і устаткування.

3. Отримали подальший розвиток інформаційні та концептуальні моделі технологічних процесів післязбиральної обробки зерна, що дозволяють визначати технологічні допуски показників якості роботи ЗОМ в умовах їх експлуатації та удосконалювати методики розрахунку складу і функціональних параметрів технічних засобів.

4. Вперше розроблено нові ідентифікаційні регресійні моделі прогнозування якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів, що дозволило визначити фактичні показники якості їх роботи у виробничих умовах і використовувати їх для обґрунтування складу і функціональних параметрів процесів ПЗОЗ типового господарства.

5. Отримала подальший розвиток методика обґрунтування функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ з використанням імітаційного моделювання, що дозволила обґрунтувати склад і параметри нових та існуючих зернокомплексів господарств півдня України.

6. Отримала подальший розвиток методика оцінки ефективності роботи технічних засобів післязбиральної обробки зерна, що дозволяє приймати оптимальні рішення у виборі їх складу і функціональних параметрів.

7. Розроблено нову технологічну схему ворохоочисника скальператорного типу, що дозволило збільшити питому продуктивність циліндричного решета більш ніж у два рази. Удосконалена технологічна схема універсального сепаратора УСВ-0,5 лінії для обробки вороху на стаціонарі, що дозволило поліпшити показники роботи сепаратора за рахунок зміни конструктивних параметрів решітного стану і технологічних параметрів пневмосепараційної камери, аспіраційної системи і пневмотранспортера.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Встановлено фенологічні строки надходження зерна на зернокомплекси і максимальне добове його значення в умовах господарств півдня України, що дозволило визначити потреби зернокомплексів в їх ТО.

2. Визначено засміченість, натуру і вологість зернових матеріалів, що надходять на серійні й експериментальні зерноочисні машини й агрегати, що дозволило визначити фактичні показники якості роботи обладнання при обробі зернових культур і використовувати їх для проектування та реконструкції

зернокомплексів.

3. Розроблено проекти і здійснена реконструкція зернокомплексів в господарствах Красногвардійського району Автономної Республіки Крим, Василівського району Запорізької області, Приазовського району Запорізької області та навчальному господарстві Таврійського державного агротехнічного університету "Лазурне". Це дозволило забезпечити поточність технологічного процесу ПЗОЗ, підвищити його продуктивність та якість зерна насінневого і товарного призначення.

4. Розроблені рекомендації щодо вдосконалення технологічних процесів ПЗОЗ товарного і насінневого зерна прийняті НВО "Еліта" Автономної Республіки Крим та головним управлінням АПР Запорізької облдержадміністрації для проведення реконструкцій і проектування технологічних комплексів ПЗОЗ у господарствах.

5. Розроблений ворохоочисник скальператорного типу та удосконалена лінія для обробки вороху на стаціонарі впроваджені в ННЦ «ІМЕСГ» (сmt. Глеваха), ГСКБ жниварок (м. Бердянськ), дочірнє підприємство "Гуляйпільський механічний завод" "ВАТ Мотор Січ" (м. Гуляйполе). Це дозволило підвищити якість зернових матеріалів і знизити питомі витрати енергії на їх очищення. При цьому лінія для обробки вороху на стаціонарі забезпечує виконання шести технологічних операцій, а ворохоочисник скальператорного типу створює умови мінімального травмування насіння і має високу експлуатаційну надійність у порівнянні з аналогами (МПО-50, СПО-50).

6. Встановлено статистичні характеристики якості зернових матеріалів, показники якості роботи серійних і експериментальних ЗОМ, динаміку надходження на зернокомплекси ЗМ, які є основою раціонального підбору технічних засобів ПЗОЗ.

Особистий внесок здобувача.

Основні результати, які відображають суть дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. Постановка завдань, аналіз і трактування результатів виконано спільно з науковим консультантом.

У наукових працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в:

- аналізі, розробці та дослідженні технічних засобів для післязбиральної обробки зерна [3, 5, 6, 12, 17, 19, 31-36];
- визначенні причин травмування насіння зернових культур та розробці напрямів вдосконалення технологій післязбиральної обробки насіння, що дозволяють знизити травмування насінневого фонду [16];
- визначенні статистичні характеристики зернового вороху [15, 22];
- обґрунтуванні функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна [18];
- визначенні напрямків зниження енерговитрат у потокових лініях очищення зерна [13, 14].

Дослідження проводилися в наукових лабораторіях ТДАТУ і у виробничих умовах – в аграрних господарствах Одеської, Херсонської, Миколаївської, Запорізької областях та Автономній Республіці Крим

Апробація результатів дисертації

Основні результати досліджень, отримані в дисертації, заслухані та обго-

ворені на міжнародних науково - технічних семінарах, симпозіумах і конференціях:

1. Всесоюзная научно-техническая конференция «Проблемы механизации сельскохозяйственного производства» (г. Москва, ВИМ, 1985 г.)
2. Міжнародні науково - технічні конференції пам'яті П.М. Василенка (м. Мелітополь ТДАТУ 2006 р., м. Київ, НАУ, 2007 р., м. Львів, ЛНАУ, 2008 р., м. Дніпропетровськ, ДДАУ, 2009 р.).
3. Международная научно-техническая конференция «Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав» (г. Мелитополь, ТГАТА, 2003 г.).
4. Международная конференция «Системное моделирование процессов агропромышленного комплекса» (г. Санкт-Петербург-Пушкин, СПбГАУ, 2007 г.)
5. Международная научно-практическая конференция «Моделирование процессов в АПК» (г. Мелитополь, ТГАТУ, 2010 г.).
6. Международная научно-техническая конференция «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве», посвящённая 65-летию Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» Республика Беларусь, (г. Минск, 2012 г.)
7. VII Міжнародна науково - технічна конференція «Енергобіотехнології - 3» (м. Львів , ЛНАУ , 2013 р.)
8. IX Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК» (г. Ставрополь, СГАУ, 2013 г.)
9. XIV Міжнародна наукова конференція, присвячена пам'яті академіка Леоніда Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки й технологій » (с. Дослідницьке, Київська область, Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого, 2013р.).
10. Научные конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов ЛСХИ, СПбГАУ (г. Санкт-Петербург-Пушкин, 1981 – 1995 гг.);
11. Наукові конференції професорсько-викладацького складу та аспірантів МІМСГ, ТДАТА, ТДАТУ (Мелітополь, 1982 – 2013 рр.);

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертації викладені у 42 опублікованих роботах, у тому числі в монографії, 34 фахових статтях і тезах, із них 17- самостійно, 5- у наукових закордонних виданнях, 3-х авторських свідоцтвах СРСР і 4-х патентах України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи: дисертаційна робота викладена на 413 сторінках машинописного тексту формату А4 і включає вступ, 7 розділів основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел (284 найменування, з них 129 іноземною мовою). Робота містить 25 таблиць, 55 рисунків та 9 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована тема дисертаційної роботи, визначено мету і завдання досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень, сформульована наукова новизна і встановлена практична значимість отриманих результатів, на-

ведено основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі «Аналіз сучасного рівня технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна», сформульовано народногосподарську, науково-технічну проблеми та визначено завдання дослідження. Дано аналіз рівня післязбиральної обробки зерна в господарствах півдня України, обґрунтовано вимоги до якості насінневого зерна та критерії його оцінки. Вивчено фактори, що впливають на якість зерна в процесі післязбиральної обробки, обсяги виробництва зерна, технології післязбиральної обробки зерна і технічні засоби. Зроблено аналіз впливу методів формування технічної оснащеності на якість зерна і умови функціонування технічних засобів ПЗОЗ.

Питанням вдосконалення технологій та технічних засобів післязбиральної обробки зерна і насіння присвячені нормативні документи та роботи В.І. Аніскіна, В.І. Алейникова, В.Д. Бабченко, С.М. Григор'єва, Г.І. Гозмана, Є.С. Гончарова, В.А. Дідура, В.М. Дринчи, В.П. Єлізарова, О.І. Завгороднього, А.Н. Зюліна, Л.І. Кроппа, М.В. Кіреєва, Ю.К. Ковальчука, С.І. Пастушенко, М.М. Ульріха, Ю.О. Чурсінова, Ю.М. Яблокова та ін.

При створенні нових технологічних комплексів для ПЗОЗ необхідно використовувати методики, які враховують реальні умови функціонування машин і устаткування.

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

Проведення виробничих випробувань таких об'єктів за 1...2 сезонів не дозволяє отримати достатній і достовірний банк статистичних даних, які враховують імовірнісну природу умов функціонування розглянутих об'єктів.

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

Завдання визначення сезонної продуктивності зернокомплексів вирішується в роботах Л.К. Абліна, А.Х. Бекеєва, А.М. Валге, Н.А. Громова, В.М. Дегтева, В.П. Єлізарова, Ф.С. Завалішина, М.В. Кіреєва, Ю.К. Ковальчука, Р. Е. Штейна та інших.

У роботах американських вчених Т.К. Бріджеса, О.Дж. Лоуера і Д.Дж. Оверхольца описані системи програм для розрахунків, які дозволяють робити підбір обладнання та проектування процесів збирання, післязбиральної обробки і зберігання зерна.

В останні роки імітаційне моделювання отримало широке застосування. У роботах В.Г. Єнікєєва, Ю.Н. Блинського і Ю.Ф. Ладигіна, А.С. Кушнар'єва, Б.Д. Цвіка, А.І. Митрофанова і В.В. Степанова, В.В. Войцеховського, А.Д. Орлянського, П.А. Алексєєва і А.М. Рахманова, Б.І. Горбунова та інших моделюється використання техніки в технологічних ланках механізованих потокових робіт обробки та збирання зернових культур за різних умов функціо-

нування.

Розроблені і використовувані в Україні та за кордоном методики обґрунтування параметрів технологічного процесу ПЗОЗ не можуть бути застосовані для умов півдня України в силу специфіки агрокліматичних умов, розмірів посівних площ, врожайності, розмірів валових зборів зерна, характеристик зернових матеріалів.

У другому розділі, «**Моделювання процесів функціонування технічних засобів післязбиральної обробки зерна**», розглянуті: багаторівнева модель системи технічної оснащення ПЗОЗ; моделі функціонування технічних засобів та їх регресійні моделі; покомпонентна процедура обґрунтування параметрів технічної оснащення з використанням імітаційного моделювання.

Для обліку взаємозв'язків системи ПЗОЗ доцільно завдання розділити на рівні в залежності від об'єкта досліджень (рис. 1.).

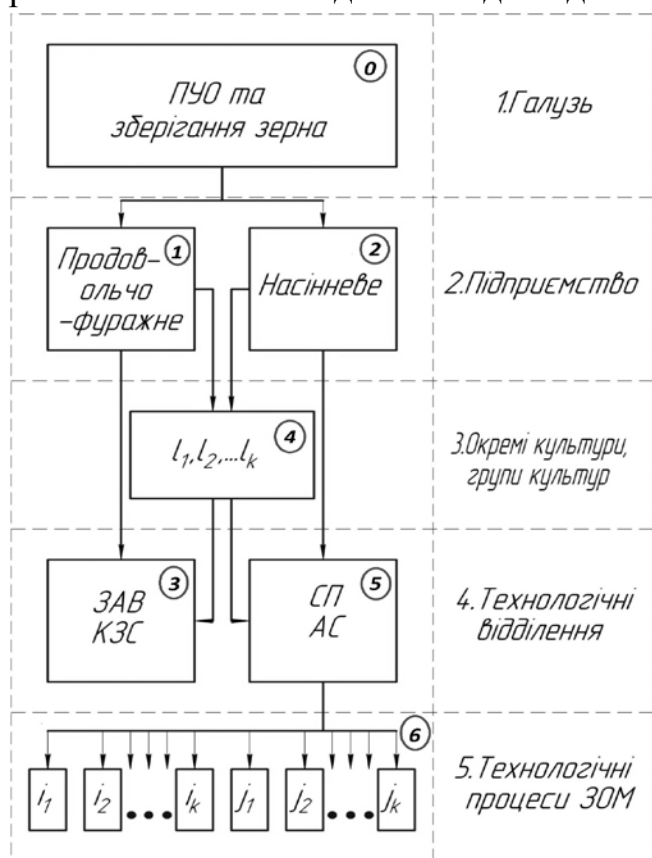


Рис. 1. Схема структурна багаторівневої системи ПЗОЗ

В умовах господарств доводиться вирішувати ряд завдань, які ставляться до всієї галузі післязбиральної обробки зерна, його зберігання та являють собою перший рівень.

Другий рівень - підприємство може бути насінницьким, продовольчо-фуражного призначення або комбінованим. В основному методики розрахунку параметрів ТО ПЗОЗ базуються на загальному валовому зборі зерна, які передбачають наявність третього рівня - переліку окремих культур, груп культур, сортів, репродукцій. Четвертий рівень - це технологічні відділення - агрегати і комплекси (ЗАВ, КЗС і т.п.), а також насіннеочисні приставки або спеціалізовані насіннеочисні лінії (СП, АС та ін.)

Враховуючи ймовірно-статистичну природу функціонування ЗОМ у конкретних природно-кліматичних умовах регіону, в даній системі розглядається п'ятий рівень - технологічні процеси ЗОМ.

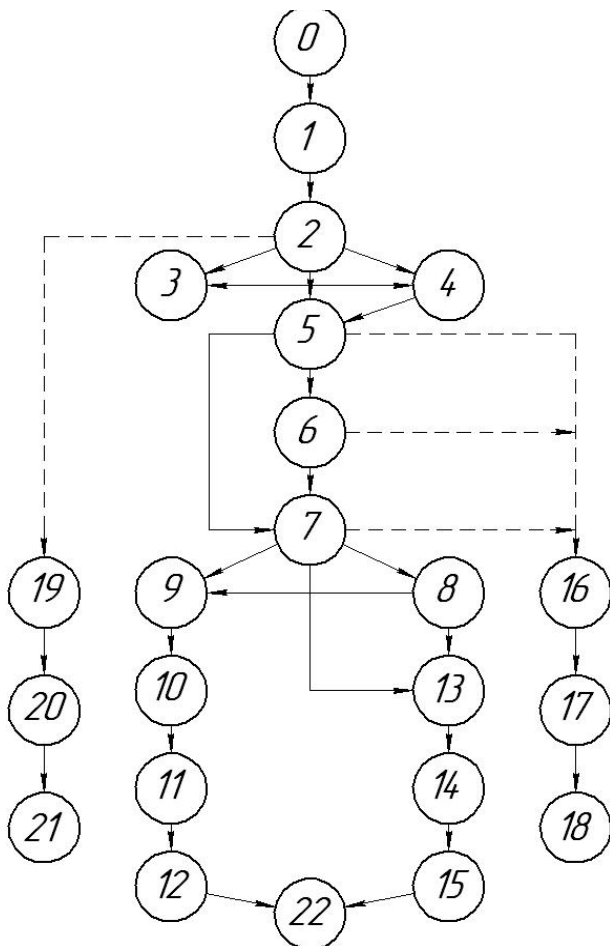


Рис. 2 - Граф можливих варіантів послідовності основних технологічних операцій післязбиральної обробки і складування товарного зерна і насіння

Функціонування системи ПЗОЗ представлено наступними технологічними операціями (рис. 2):

0 - зважування вороху; 1 - розвантаження вороху; 2 - попереднє очищення; 3 - тимчасове зберігання, активне вентилявання; 4 - сушка; 5 - первинне очищення; 6 - вторинне очищення; 7 - трієрування; 8 - очищення на пневмосортувальному столі; 9 - затарювання та зважування мішків; 10 - зашивання і укладання мішків; 11 - перевезення мішків; 12 - укладання мішків у зерносховище; 13 - завантаження і зважування авто; 14 - перевезення зерна; 15 - завантаження в зерносховищі; 16 - завантаження та зважування фуражу; 17 - перевезення зернофуражу; 18 - складування фуражу; 19 - завантаження незернових відходів; 20 - перевезення відходів; 21 - утилізація відходів; 22 - зберігання зерна.

Обґрунтування функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ виконано взаємопов'язаним вирішенням завдань на рівнях "галузь", "підприємство", "окремі культури, групи культур", "технологічні відділення", "технологічні процеси ЗОМ".

Опис функціонування системи являє граф (рис. 2.).

Нехай E – множина всіх станів системи, E_+ - безліч безвідмовних, E_- - безліч відмовних станів, $p_i(t)$ - ймовірність перебування системи в момент часу t в стані i , $i \in E$; $\lambda_{i,j}$ - інтенсивність переходу зі стану i в стан j . Якщо перехід стану i в стан j відсутній, то $\lambda_{i,j} = 0$.

Використовуючи методи марківських випадкових процесів, система послідовності основних технологічних операцій післязбиральної обробки і складування товарного зерна і насіння буде представлена у вигляді диференціальних рівнянь.

$$\left\{ \begin{array}{l}
p'_0(t) = -\lambda_1 p_0(t) \\
p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_2 p_1(t) \\
p'_2(t) = \lambda_2 p_1(t) - \lambda_3 p_2(t) - \lambda_4 p_2(t) - \lambda_{19} p_2(t) \\
p'_3(t) = \lambda_3 p_2(t) + \lambda_4 p_3(t) \\
p'_4(t) = \lambda_4 p_2(t) + \lambda_4 p_3(t) + \mu_3 p_4(t) - \lambda_5 p_4(t) \\
p'_5(t) = \lambda_5 p_4(t) - \lambda_6 p_5(t) - \lambda_{16} \cdot p_5(t) - \lambda_7 p_5(t) \\
p'_6(t) = \lambda_6 p_5(t) - \lambda_7 p_6(t) - \lambda_{16} \cdot p_6(t) \\
p'_7(t) = \lambda_7 p_5(t) + \lambda_7 p_6(t) - \lambda_{13} p_6(t) - \lambda_9 \cdot p_7(t) - \\
- \lambda_8 p_7(t) - \lambda_{16} \cdot p_7(t) \\
p'_8(t) = \lambda_8 p_7(t) - \lambda_{13} p_8(t) - \lambda_{16} p_8(t) - \lambda_9 p_8(t) \\
p'_9(t) = \lambda_9 p_7(t) + \lambda_9 p_8(t) - \lambda_{10} p_9(t) \\
p'_{10}(t) = \lambda_{10} p_9(t) - \lambda_{11} p_{10}(t) \\
p'_{11}(t) = \lambda_{11} p_{10}(t) - \lambda_{12} p_{11}(t) \\
p'_{12}(t) = \lambda_{12} p_{11}(t) - \lambda_{22} p_{12}(t) \\
p'_{13}(t) = \lambda_{13} p_8(t) + \lambda_{13} p_7(t) - \lambda_{14} p_{13}(t) \\
p'_{14}(t) = \lambda_{14} p_{13}(t) - \lambda_{15} p_{14}(t) \\
p'_{15}(t) = \lambda_{15} p_{14}(t) - \lambda_{22} p_{15}(t) \\
p'_{16}(t) = \lambda_{16} p_8(t) + \lambda_{16} p_7(t) + \lambda_{16} p_6(t) + \lambda_{16} p_5(t) - \lambda_{17} p_{16}(t) \\
p'_{17}(t) = \lambda_{17} p_{16}(t) - \lambda_{18} p_{17}(t) \\
p'_{18}(t) = \lambda_{18} p_{17}(t) \\
p'_{19}(t) = \lambda_{19} p_2(t) - \lambda_{20} p_{19}(t) \\
p'_{20}(t) = \lambda_{20} p_{19}(t) - \lambda_{21} p_{20}(t) \\
p'_{21}(t) = \lambda_{21} p_{20}(t) \\
p'_{22}(t) = \lambda_{22} p_{12}(t) + \lambda_{22} p_{15}(t)
\end{array} \right. \quad (1)$$

Багаторівневу систему (рис. 1) можна розглядати у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l}
p'_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2) p_0(t) \\
p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_1 p_3(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_1(t) \\
p'_2(t) = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_2 p_5(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_2(t) \\
p'_3(t) = \lambda_3 p_1(t) + \sum_{i=1}^k \lambda_{4i} p_3(t) - \sum_{i=1}^k \lambda_{6i} p_3(t) \\
p'_{4i}(t) = \lambda_{4i} p_1(t) + \lambda_{4i} p_2(t) - \lambda_3 p_{4i}(t) - \lambda_5 p_{4i}(t) \\
p'_5(t) = \lambda_5 p_2(t) + \sum_{i=1}^k \lambda_5 p_{4i}(t) - (\lambda_{61} + \lambda_{62} + \dots + \lambda_{6i}) \cdot p_5 \\
p'_{6i}(t) = \lambda_{6i} p_3(t) + \lambda_{6i} p_5(t), \quad i = \overline{1, k}
\end{array} \right. \quad (2)$$

де $\lambda_{61}, \lambda_{62}, \dots, \lambda_{6i}$ - відповідає 5 - му рівню - технологічним процесам ЗОМ (i_1, i_2, \dots, i_k), які є складовими 2 -го рівня.

У даному випадку підприємство для ПЗОЗ продовольчо - фуражного призначення передбачає обов'язковими такі технологічні процеси, як попереднє і первинне очищення.

У разі, якщо 2-й рівень багаторівневої системи ПЗОЗ представляє насінницьке підприємство, то $\lambda_{71}, \lambda_{72}, \dots, \lambda_{7i}$ відповідає технологічним процесам машин і устаткування 5-го рівня (j_1, j_2, \dots, j_k).

У цьому випадку передбачають такі технологічні операції: попереднє, первинне і вторинне очищення; триєрування; очищення та сортування на пневмосортувальному столі; затарювання та зважування мішків; зашивання і укладання мішків та інші.

При $t = 0$, початкові умови мають вигляд:

$$p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, 5$$

Система рівнянь розв'язується методом Рунге-Кутта.

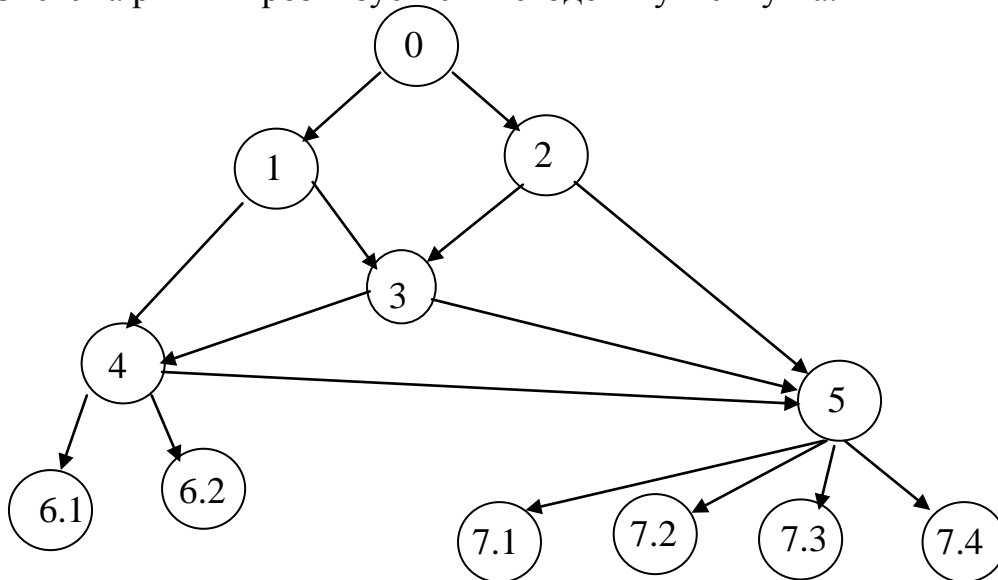


Рис. 3 - Граф стану системи ПЗОЗ (1 культура)

Розглянемо окремий випадок за участю 3-го рівня багаторівневої системи при ПЗОЗ однієї культури (рис.3).

Система представлена наступними диференціальними рівняннями

$$\begin{cases} p'_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2)p_0(t) \\ p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_3 p_1(t) - \lambda_4 p_1(t) \\ p'_2(t) = \lambda_2 p_0(t) - \lambda_5 p_2(t) - \lambda_3 p_2(t) \\ p'_3(t) = \lambda_3 p_1(t) + \lambda_3 p_2(t) - \lambda_4 p_3(t) - \lambda_5 p_3(t) \\ p'_4(t) = \lambda_4 p_1(t) + \lambda_4 p_3(t) - \lambda_5 p_4(t) - \lambda_{61} p_4(t) - \lambda_{62} p_4(t) \\ p'_5(t) = \lambda_5 p_3(t) + \lambda_5 p_4(t) - \lambda_{71} p_5(t) - \lambda_{72} p_5(t) - \\ - \lambda_{73} p_5(t) - \lambda_{74} p_5(t) \end{cases} \quad (3)$$

Окремий випадок за участю 3-го рівня багаторівневої системи при ПЗОЗ 7-ми культур або груп культур представлений на рис 4.

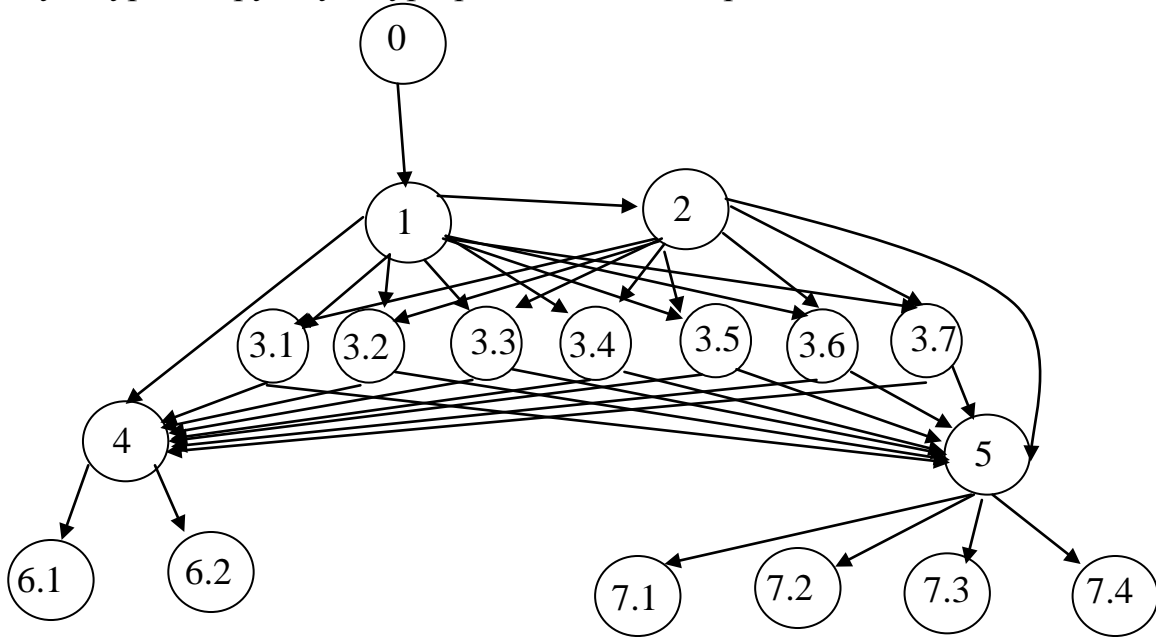


Рис. 4 - Граф стану системи ПЗОЗ (7 культур або груп культур)
Система представлена наступними диференційними рівняннями

$$\begin{cases}
 p'_0(t) = -\lambda_1 p_0(t) \\
 p'_1(t) = \lambda_1 p_0(t) - \lambda_{31} p_1(t) - \lambda_{32} p_1(t) - \lambda_{33} p_1(t) - \lambda_{34} p_1(t) - \\
 - \lambda_{35} p_1(t) - \lambda_{36} p_1(t) - \lambda_{37} p_1(t) - \lambda_2 p_1(t) \\
 p'_2(t) = \lambda_2 p_1(t) - \lambda_5 p_2(t) - \lambda_{31} p_2(t) - \lambda_{32} p_2(t) - \\
 - \lambda_{33} p_2(t) - \lambda_{34} p_2(t) - \lambda_{35} p_2(t) - \lambda_{36} p_2(t) - \lambda_{37} p_2(t) \\
 p'_{31}(t) = \lambda_{31} p_1(t) + \lambda_{31} p_2(t) - \lambda_4 p_{31}(t) - \lambda_5 p_{31}(t) \\
 p'_{32}(t) = \lambda_{32} p_1(t) + \lambda_{32} p_2(t) - \lambda_4 p_{32}(t) - \lambda_5 p_{32}(t) \\
 p'_{33}(t) = \lambda_{33} p_1(t) + \lambda_{33} p_2(t) - \lambda_4 p_{33}(t) - \lambda_5 p_{33}(t) \\
 p'_{34}(t) = \lambda_{34} p_1(t) + \lambda_{34} p_2(t) - \lambda_4 p_{34}(t) - \lambda_5 p_{34}(t) \\
 p'_{35}(t) = \lambda_{35} p_1(t) + \lambda_{35} p_2(t) - \lambda_4 p_{35}(t) - \lambda_5 p_{35}(t) \\
 p'_{36}(t) = \lambda_{36} p_1(t) + \lambda_{36} p_2(t) - \lambda_4 p_{36}(t) - \lambda_5 p_{36}(t) \\
 p'_{37}(t) = \lambda_{37} p_1(t) + \lambda_{37} p_2(t) - \lambda_4 p_{37}(t) - \lambda_5 p_{37}(t) \\
 p'_4(t) = \lambda_4 p_{31}(t) + \lambda_4 p_{32}(t) + \lambda_4 p_{33}(t) + \lambda_4 p_{34}(t) + \\
 + \lambda_4 p_{35}(t) + \lambda_4 p_{36}(t) + \lambda_4 p_{37}(t) - \lambda_{61} p_4(t) - \lambda_{62} p_4(t) \\
 p'_5(t) = \lambda_5 p_{31}(t) + \lambda_5 p_{32}(t) + \lambda_5 p_{33}(t) + \lambda_5 p_{34}(t) + \\
 + \lambda_5 p_{35}(t) + \lambda_5 p_{36}(t) + \lambda_5 p_{37}(t) + \lambda_5 p_2(t) - \lambda_{71} p_5(t) - \\
 - \lambda_{72} p_5(t) - \lambda_{73} p_5(t) - \lambda_{74} p_5(t) \\
 p'_{61}(t) = \lambda_{61} p_4(t) \\
 p'_{62}(t) = \lambda_{62} p_4(t) \\
 p'_{71}(t) = \lambda_{71} p_5(t) \\
 p'_{72}(t) = \lambda_{72} p_5(t) \\
 p'_{73}(t) = \lambda_{73} p_5(t) \\
 p'_{74}(t) = \lambda_{74} p_5(t) \\
 p'_{75}(t) = \lambda_{75} p_5(t)
 \end{cases} \quad (4)$$

При $t = 0$, початкові умови мають вигляд:

$$p_0(0) = 1, p_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, k$$

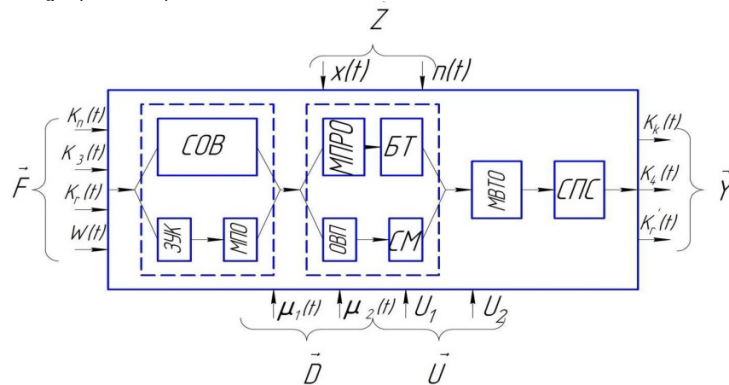
Системи рівнянь (3, 4) розв'язується методом Рунге-Кутта.

В результаті проведених досліджень і представлених схем функціонування системи ПЗОЗ визначені рішення щодо підвищення коефіцієнта добового використання технічних засобів та оптимізації місткості завальної ями і відділень тимчасового зберігання ЗМ.

Розроблена багаторівнева система ТО ПЗОЗ дозволила використовувати імовірнісні методи системного аналізу, зокрема імітаційне моделювання для розробки методики обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ.

У технологічній моделі функціонування системи ПЗОЗ (рис. 5.) показники якості роботи \vec{Y} обладнання тісно взаємозалежні з вірогідністю знаходження на допустимих рівнях: умов роботи, технологічного стану системи, внутрішніх перешкод та керуванням (\vec{F} , \vec{Z} , \vec{D} , \vec{U}).

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



\vec{Z} - вектор-функція стану системи; \vec{U} - вектор-функція управління;
 \vec{F} - вектор-функція умов роботи; \vec{D} - вектор-функція внутрішніх процесів (перешкод).
 \vec{Y} - вектор-функція показників роботи;

Рис. 5 - Технологічна модель функціонування системи ПЗОЗ

Подальша обробка матеріалу або маси, що надходить від комбайна з полів, може виконуватися на стаціонарному комплексі типу ЗАВ, до складу якого входять машина первинного очищення (МПРО) і трієрний блок (БТ). В інших випадках матеріал може оброблятися на ворохоочиснику (ОВП) і насіннеочисній машині (СМ). Насінневий матеріал передбачається додатково пропустити через машину вторинної очищення (МВТО) і пневмостіл (СПС).

Розроблена модель функціонування ТО ПЗОЗ створює передумови визначення технологічних допусків показників якості роботи ЗОМ в умовах їх нормального функціонування, що має бути враховано під час при розробки методів розрахунку параметрів ТО процесу ПЗОЗ.

Розглянемо модель функціонування окремо працюючої ЗОМ, представленій у вигляді однієї підсистеми (рис. 6).

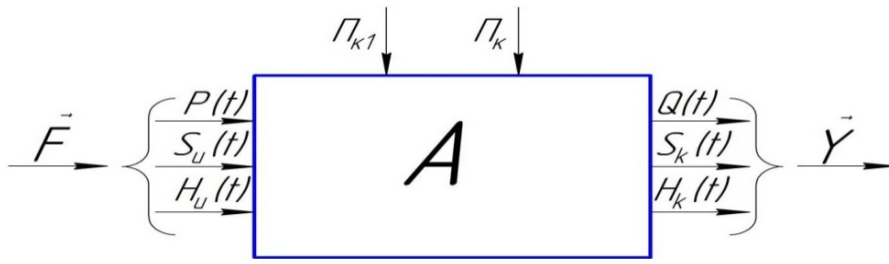


Рис. 6 - Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді однієї підсистеми

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 4, 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 показників якості роботи машини. Це продуктивність $Q(t)$, кінцева засміченість $S_k(t)$ і натура очищеного матеріалу $H_k(t)$. Враховано конструктивно-технологічні Π_{k1} і кінематичні параметри Π_k ЗОМ.

Для оцінки якості розрахункова схема моделі функціонування ЗОМ доповнюється вектором

$$\vec{Y} = \{Q_n(t), S_{kn}(t), H_k(t)\}, \quad (5)$$

що регламентує роботу машини.

Розглянемо модель функціонування ЗОМ, представлену у вигляді трьох підсистем (рис. 7), кожна з яких має по одному виходу $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$, і три входи $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$.

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

$$\left. \begin{aligned} \vec{F}(t) &= \{P(t), S_u(t), H_u(t)\} \\ \vec{y}(t) &= \{Q(t), S_k(t), H_k(t)\} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

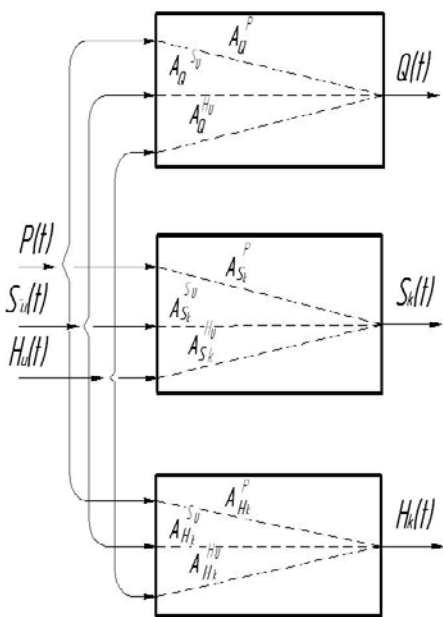


Рис. 7. Модель функціонування зерноочисної машини у вигляді трьох підсистем

Відповідно до ГОСТу N21878-76, оператор системи визначає установку, за якою кожній реалізації вхідного сигналу однозначно або взаємоднозначно відповідає реалізація вихідного сигналу. Для кожної моделі, представлені на рис. 7, при такому визначенні оператора можна записати наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} Q(t) &= A_Q^P [P(t)] + A_Q^{Su} [S_u(t)] + A_Q^{Hu} [H_u(t)] \\ S_k(t) &= A_{Sk}^P [P(t)] + A_{Sk}^{Su} [S_u(t)] + A_{Sk}^{Hu} [H_u(t)] \\ H_k(t) &= A_{Hk}^P [P(t)] + A_{Hk}^{Su} [S_u(t)] + A_{Hk}^{Hu} [H_u(t)] \end{aligned} \quad (7)$$

Для ідентифікації статичних моделей використовується регресійний аналіз.

Уявімо багатовимірну модель об'єктів у вигляді одновимірних моделей, використовуючи для цього принцип суперпозиції. Оператор A (рис. 6) можна представити при цьому сукупністю частинних операторів для випадку, коли на "вході" і "виході" по три змінних - відповідно: $P(t)$, $S_u(t)$, $H_u(t)$ и $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$:

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

У разі, якщо на "вході" дві - $P(t)$ і $S_u(t)$, а на "виході" три змінних - $Q(t)$, $S_k(t)$, $H_k(t)$, то отримаємо вираз:

$$A_0 = \{A_0^{(1)}, A_0^{(2)}, A_0^{(3)}, A_0^{(4)}, A_0^{(5)}, A_0^{(6)}\} \quad (9)$$

Таким чином, багатопараметричну регресійну модель технологічного процесу досліджуваного об'єкта з трьома вхідними і вихідними змінними, з урахуванням виразу (8), можна представити у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ} \cdot P \\ m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k} \cdot P \\ m_{H_k/P} &= a_{PH_k} + b_{PH_k} \cdot P \\ m_{Q/S_u} &= a_{S_u Q} + b_{S_u Q} \cdot S_u \\ m_{S_k/S_u} &= a_{S_u S_k} + b_{S_u S_k} \cdot S_u \\ m_{H_k/S_u} &= a_{S_u H_k} + b_{S_u H_k} \cdot S_u \\ m_{Q/H_u} &= a_{H_u Q} + b_{H_u S_k} \cdot H_u \\ m_{S_k/H_u} &= a_{H_u S_k} + b_{H_u S_k} \cdot H_u \\ m_{H_k/H_u} &= a_{H_u H_k} + b_{H_u H_k} \cdot H_u \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Для об'єкта з двома вхідними і трьома вихідними змінними багатопараметричну регресійну модель, з урахуванням виразу (9), можна представити так:

$$\left. \begin{aligned} m_{Q/P} &= a_{PQ} + b_{PQ} \cdot P \\ m_{S_k/P} &= a_{PS_k} + b_{PS_k} \cdot P \\ m_{H_k/P} &= a_{PH_k} + b_{PH_k} \cdot P \\ m_{Q/S_u} &= a_{S_u Q} + b_{S_u Q} \cdot S_u \\ m_{S_k/S_u} &= a_{S_u S_k} + b_{S_u S_k} \cdot S_u \\ m_{H_k/S_u} &= a_{S_u H_k} + b_{S_u H_k} \cdot S_u \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Отримані математичні моделі застосовані до об'єктів, які досліджувались нами в умовах експлуатації їх при випробуваннях у південному регіоні України. Це повнокомплектна насіннеочисна 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.

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

Випадкові векторні функції часу, впливу характеристик маси на систему представлені у вигляді

$$F(t) = [f_1(t), f_2(t), \dots, f_u(t)], \quad (12)$$

де $f_1(t), f_2(t), \dots, f_u(t)$ - скалярні функції зміни характеристик маси, яку збирають.

Вони допускають можливість впливу на продуктивність машин функції зміни втрат врожаю залежно від часу досягнення біологічної стиглості і функції, що набуває значення 1 у світлий час доби і дорівнюється 0 в іншому випадку.

У функцію зміни втрат врожаю можуть включатися як фізичні втрати, пов'язані з самоопаданням і впливом робочих органів збиральних машин, 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 та обладнання технологічного процесу ПЗОЗ.

Якщо продуктивність машин залежить від характеристик матеріалу, що обробляється, то час обслуговування на приладі, який імітує цю машину, визначається так:

$$\tau_{ij}^k = \frac{m_j}{q_k(P_j)} + \xi_k, \quad (13)$$

де m_j - маса j -тої вимоги, кг.;

$q_k(P_j)$ - функція регресії, яка виражає залежність продуктивності машини від характеристик оброблюваного матеріалу, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

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

ξ_k - випадкова складова часу обслуговування, с.

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

$$e_1 = 1 - \frac{G_{FP}}{G}, \quad (14)$$

де e_1 - показник неприпустимості зосередження зерна на резервному майданчику;

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

G_{FP} - кількість матеріалу, який отримав відмову у прийомі на обробіток у технологічну лінію через її перевантаження, т;

$$e_2 = 1 - \frac{G_{CB}}{G}, \quad (15)$$

де e_2 - показник необхідності запобігання втрат зерна через його несвоєчасну обробку;

G_{CB} - кількість матеріалу, обробленого протягом заданого терміну, т.

Ефективність функціонування комплексу визначається сукупністю показників

$$E_k = (e_1, e_2, e_{ПЗ}). \quad (16)$$

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

$$E_k(A_i) = (e_1(A_i), e_2(A_i), e_{ПЗ}(A_i)), \quad (17)$$

де A_i - варіант комплексу.

Для прийняття рішення про вибір варіанта комплексу скористаємося критерієм, який представлений у вигляді функції від вектора показників ефективності функціонування.

Подана задача є задачею математичного програмування.

Запропонована методологія покомпонентної процедури обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна містить в собі наступні етапи.

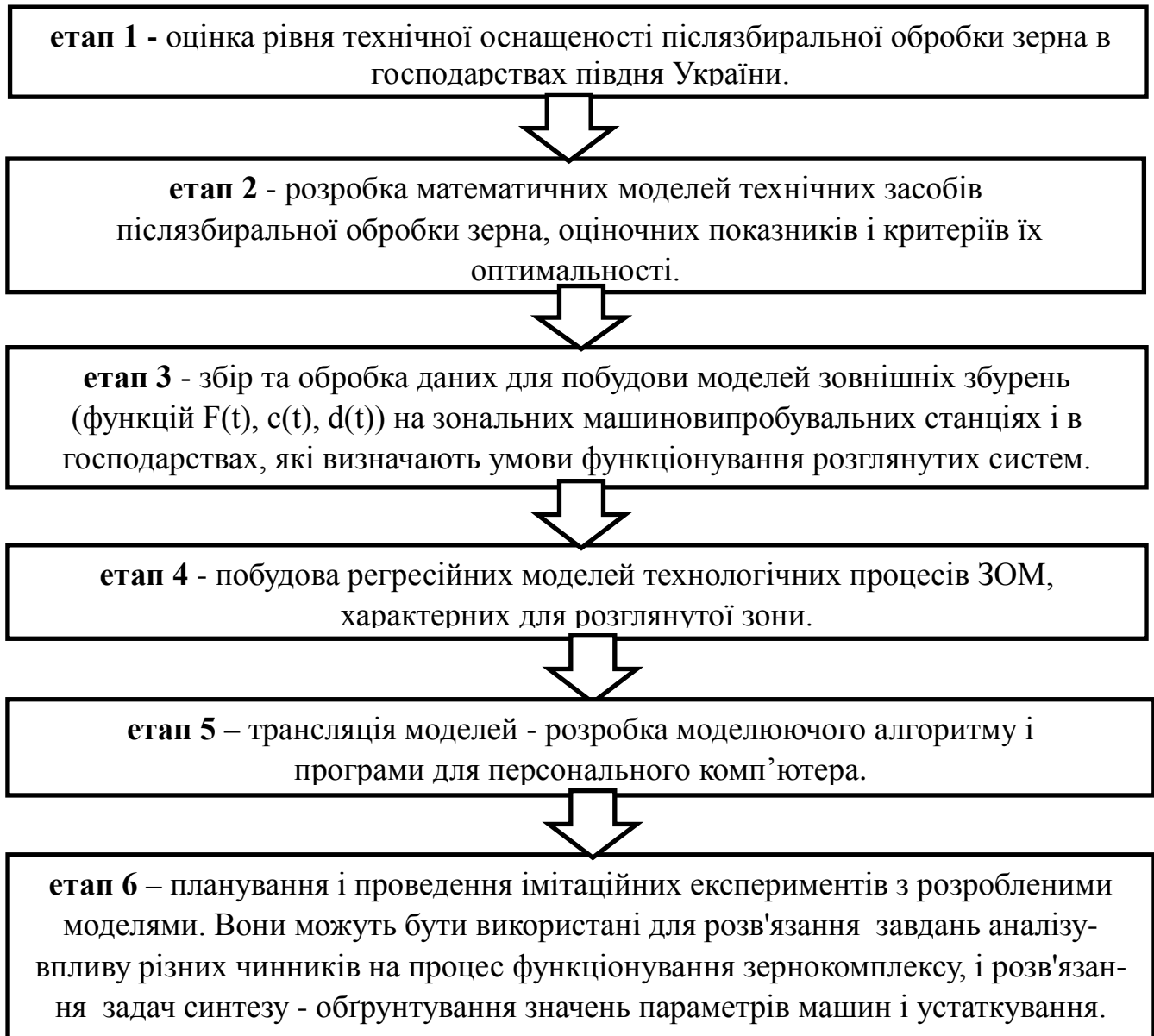
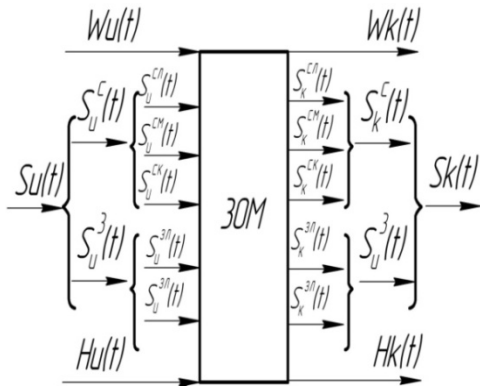


Рис. 8 - Структурна схема етапів покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна.

Це дозволило обґрунтувати склад та функціональні параметри технічних засобів ПЗОЗ в умовах господарств півдня України на прикладі навчального господарства ТДАТУ «Лазурне».

У третьому розділі, «**Фактори і умови, що впливають на показники якості функціонування технічних засобів післязбиральної обробки зерна**», наведено: програмне забезпечення до імітаційного моделювання параметрів технічної оснащеності; методика дослідження показників якості зернових матеріалів; умови надходження зернових мас на зернокомплекси; показники якості функціонування технічних засобів.



$H_u(t), H_k(t)$ - натура;
 $W_u(t), W_k(t)$ - вологість;
 $S_u(t), S_k(t)$ - загальна засміченість;
 $S_u^c(t), S_k^c(t)$ - засміченість бур'янистими домішками;
 $S_u^z(t), S_k^z(t)$ - засміченість зерновими домішками;
 $S_u^{cl}(t), S_k^{cl}(t)$ - засміченість легкими домішками;
 $S_u^{cm}(t), S_k^{cm}(t)$ - засміченість мінеральними домішками;
 $S_u^{ck}(t), S_k^{ck}(t)$ - засміченість крупними домішками;
 $S_u^{zn}(t), S_k^{zn}(t)$ - засміченість зерновими домішками проходової фракції;
 $S_u^{zc}(t), S_k^{zc}(t)$ - засміченість зерновими домішками сходової фракції.

Рис. 9 - Інформаційно-технологічна модель ЗОМ з урахуванням якісного складу зернових матеріалів.

Сукупність характеристик зернової маси, навколишнього середовища, кількість і призначення зерна, що надходить на обробку, визначають необхідні технології і структуру комплексу післязбиральної обробки зерна.

В умовах проведення експерименту і відповідно до поставленого завданням визначено фракційний склад зернового матеріалу за моделлю, наведеною на рис. 9.

Оцінка умов і показників якості функціонування зерноочисних машин і агрегатів здійснювалася у виробничих умовах на зернокомплексах в період післязбиральної обробки зерна.

За умови достатньої технологічної надійності і дотримання допусків на втрати Π повноцінного зерна у відходи і ефект поділу зернової суміші E_0 для отримання реалізації вхідних і вихідних процесів синхронно, через період квантування $\Delta t = 10 \dots 12$ хв. з усіх "виходів" досліджуваного об'єкта і на "вході" відбиралися проби.

На вході реєструвалися значення подачі $P(t)$, вхідної засміченості $S_u(t)$ і натуре $H_u(t)$. На виході - значення продуктивності $Q(t)$, кінцевої засміченості $S_k(t)$ і натуре очищеного матеріалу $H_k(t)$. Обсяг вибірки при цьому становив від 50 до 100 значень (і більше).

У спеціальні інформаційні карти заносилися параметри технічної оснащення та характеристики надходження зернового матеріалу за сезон у господарствах.

При моделюванні технологічного процесу враховувався характер зміни вхідних і вихідних процесів, які є випадковими функціями часу.

Для реалізації використання покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна використана система моделювання загального призначення GPSS PC V.2. Minutem Software 1984, 1986.

Програмне забезпечення до імітаційного моделювання параметрів технічної оснащення складено з чотирьох основних блоків:

- Блоку визначення вихідних даних;
- Блоку завдання змінних функцій;
- Блоку моделювання часу надходження зернової купи;
- Блоку моделювання роботи комплексу.

Це дозволило визначити параметри технологічного обладнання: продуктивність і кількість норій, МПО, МПрО; обсяги ємностей завальної ями і відділень тимчасового зберігання зерна МПО і МПрО.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень технологічних процесів післязбиральної обробки зерна в умовах півдня України» наведені дані за: зерновими культурами та розподілом господарств за валовим збором ЗМ; метеорологічними умовами та календарними термінами прибирання; статистичними характеристиками якості ЗМ; впливом якості вхідних матеріалів на продуктивність і підбір обладнання; технічною оснащеністю процесу післязбиральної обробки зерна в південних районах України.

У результаті дослідження числових характеристик вихідних матеріалів отримані графіки якості зернових матеріалів за засміченістю, натурою і вологістю (Рис.10-16).

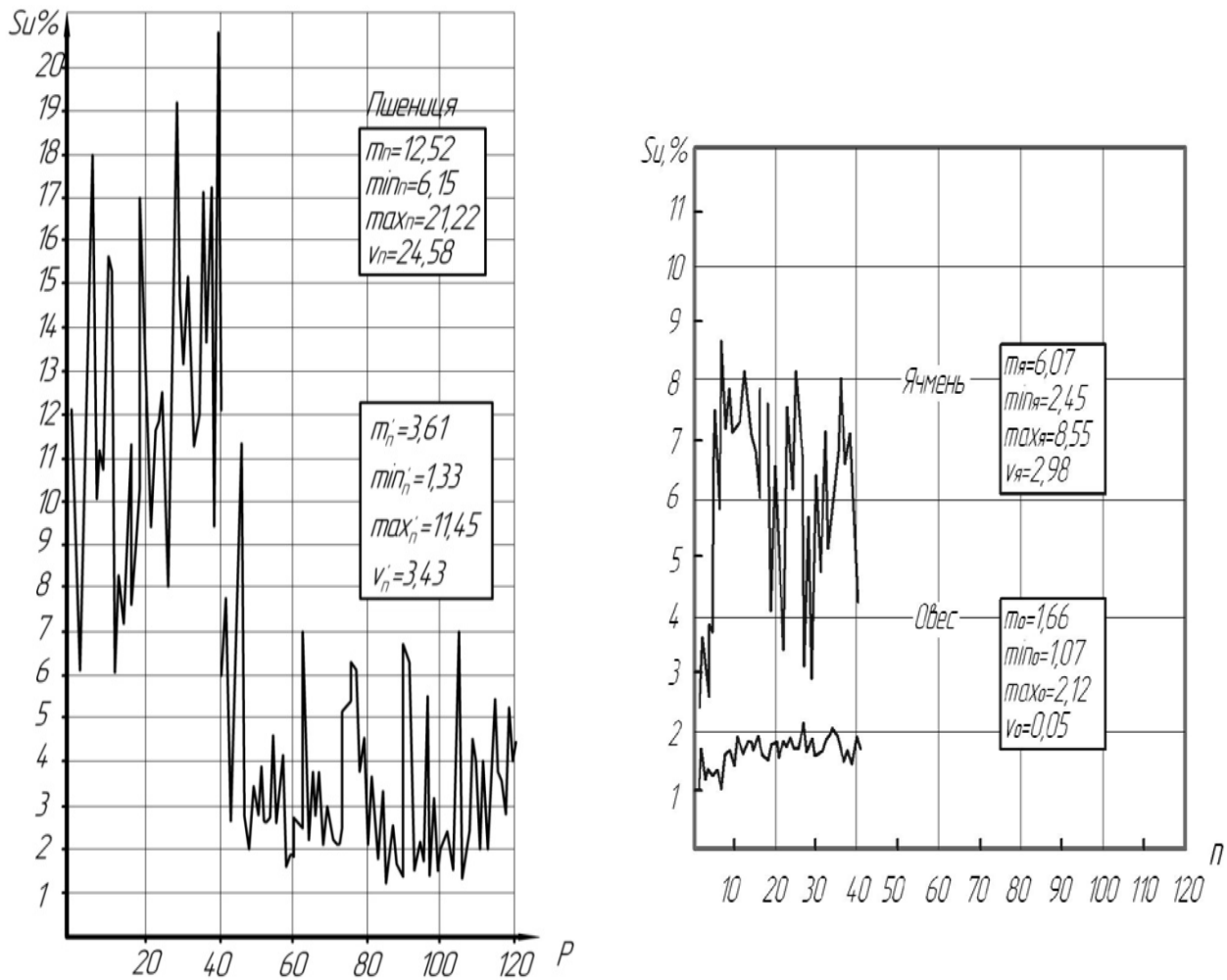


Рис. 10 - Якість вихідного зернового матеріалу за засміченістю $Su(t)$

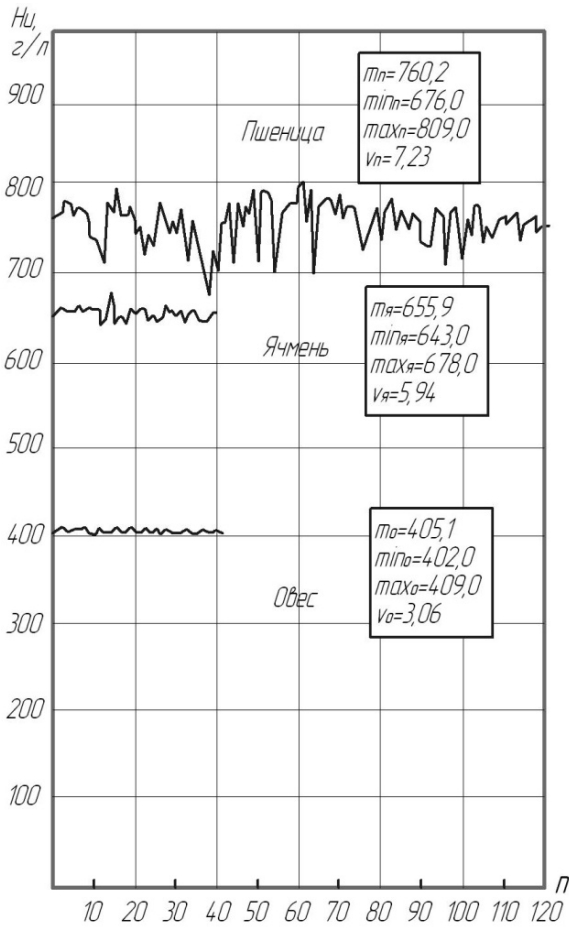


Рис.11 - Якість вихідного зернового матеріалу за натурою $Hu(t)$

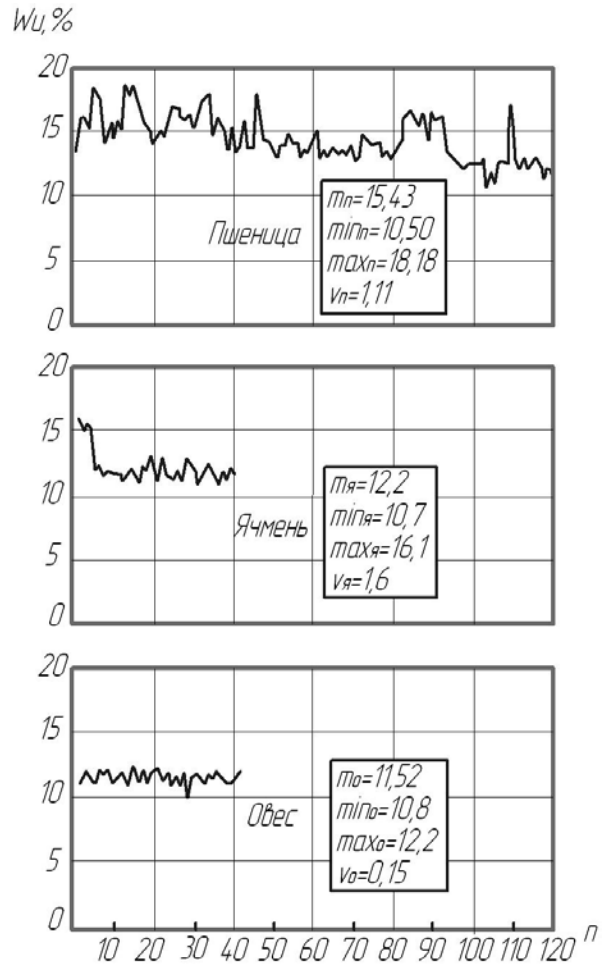


Рис. 12 - Якість вихідного матеріалу за вологістю $Wu(t)$

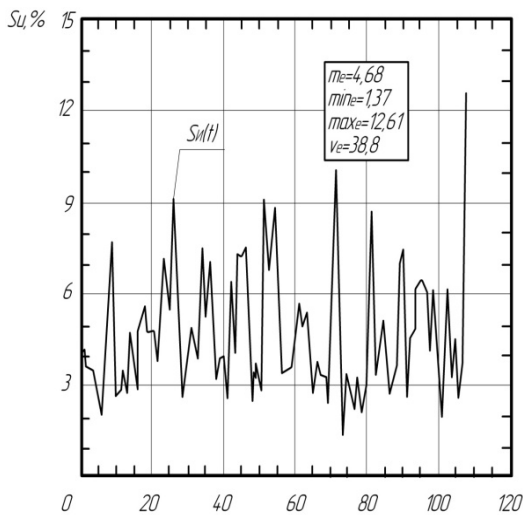


Рис. 13 - Якість вихідного зернового матеріалу пшениці елітного фонду за засміченістю $Su(t)$

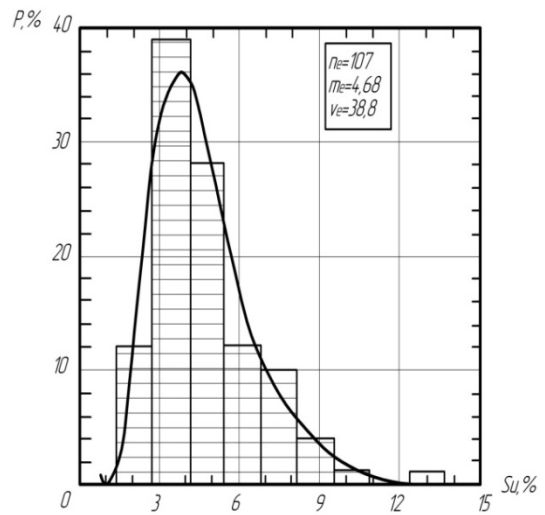


Рис.14 - Розподіл загальної засміченості $Su(P)$ вихідного матеріалу пшениці елітного фонду.

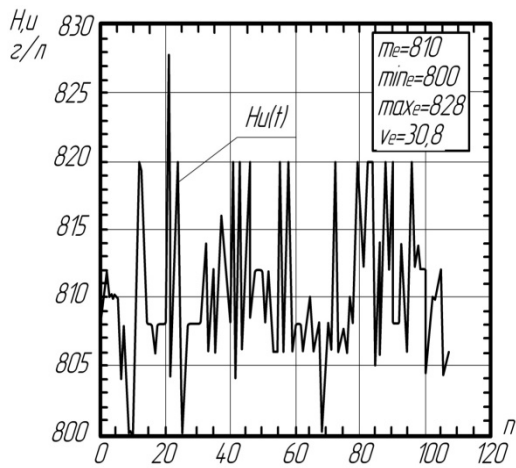


Рис. 15 - Натура $Hu(t)$ вихідного зернового матеріалу (пшениця елітного фонду)

Отримано числові характеристики для системи випадкових величин, що характеризують умови роботи зерноочисних машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна.

Це дозволяє стверджувати, що вологість при таких числових характеристиках не впливає на показники якості роботи зерноочисних машин і агрегатів.

Встановлено високий рівень кореляційних зв'язків ($R = 0,8 \dots 0,9$) між заміченістю і натурою зернових матеріалів, що служить основою непрямого методу для розробки експрес - аналізаторів заміченості та планування імітаційного експерименту для визначення часу обслуговування обсягів зерна на технічних засобах та продуктивності цих технічних засобів.

Розроблено ворохоочисник скальператорного типу та удосконалено лінію для обробки вороху на стаціонарі.

На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи ворохоочисника за рахунок подачі псевдозрідженого слою зернового матеріалу на зовнішню поверхню циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 2,0-2,5 рази в залежності від обробляємих зернових культур. Визначено технологічні, конструктивні та кінематичні параметри ворохоочисника: діапазон швидкості повітряного потоку у пневмосепараційній камері $3,5-6,7 \text{ мс}^{-1}$; діаметр циліндричного решета (ЦР) – 600мм; кут подачі ЗМ до ЦР – 15° ; коефіцієнт "живого" перетину лотка- інтенсифікатора – 45° ; частота обертання ЦР – 20 мин^{-1} ; частота обертання ротора діаметрального вентилятора – 680 мин^{-1} . Переваги ворохоочисника - простота конструкції, відсутність коливань і вібрацій, використання вентилятора діаметрального типу, створення умов мінімального травмування насіння, невелика енерго- металоємність у порівнянні з аналогами (МПО-50, СПО-50).

В результаті застосування ворохоочисника в агрегаті ЗАВ-40 продуктивність лінії збільшилась на 30-35%, а приведені витрати скоротилися у 1,7 рази.

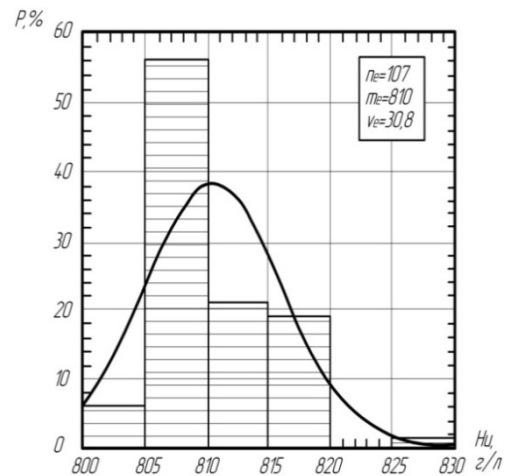


Рис. 16 - Розподіл натури $Hu(P)$ вихідного зернового матеріалу (пшениця елітного фонду)

Удосконалено технологічні та конструктивні параметри універсального сепаратора вороху УСВ-0,5 лінії для обробки вороху на стаціонарі. Збільшено на 25% ділянка підсвітного решета, обмежено максимальне значення повітряного потоку у пневмокамері у діапазоні 3,0-4,2 м/с, поперечний перетин пневмотранспортеру сміття зменшено з розмірів з 500×500 мм до 350×350 мм. Це дозволило поліпшити показники роботи сепаратора. Так, продуктивність сепаратора збільшилась на 10-15%, а енергоємність зменшилась на 7-10%.

Найбільш характерну схему ПЗОЗ в господарствах регіону можна розглянути на прикладі (агрофірма "Україна" Джанкойського району АР Крим). У господарстві в період збирання рису-зерна на зернотік надходить більше 7000 т зерна (рис. 19). Період збирання врожаю становить 34 дні, при цьому добове надходження зерна коливається від 50 до 420 т. Паралельно здійснюється транспортування очищеного зерна на елеватор - понад 5000 т за сезон.

За попереднім підрахунком добова продуктивність зерноочисних машин, Q_c , т / добу., буде дорівнювати

$$Q_c = (Q_{ЗАР-5} + Q_{ЗАВ-40} + 3 \cdot Q_{ОВП-20А}) \cdot K_e \cdot K_k \cdot T, \quad (22)$$

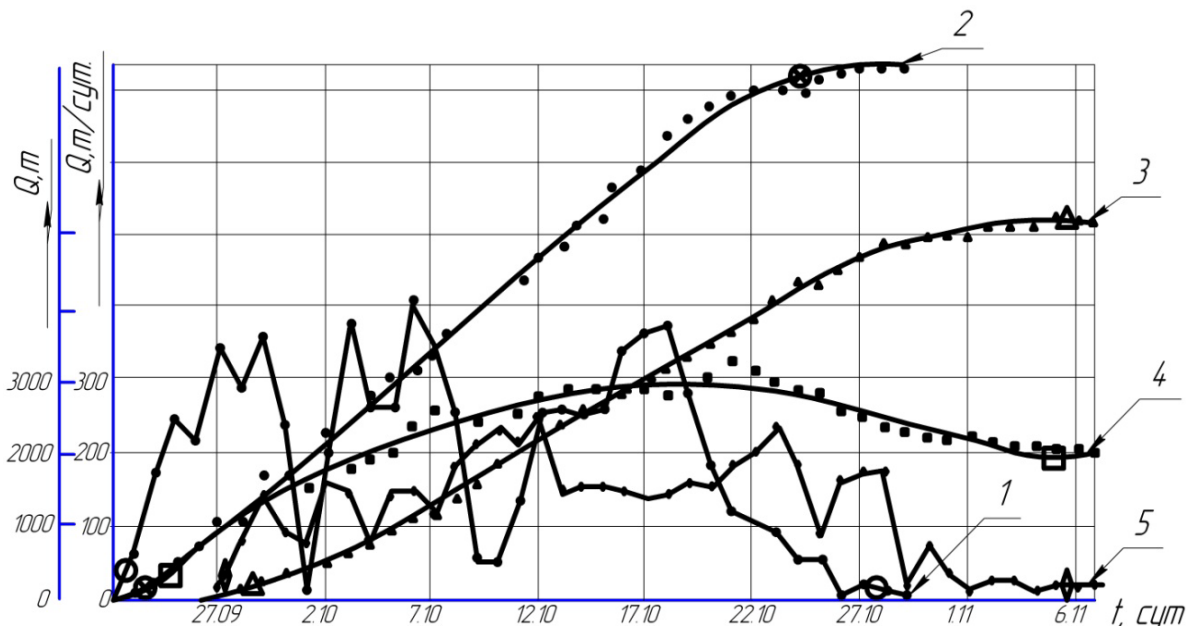
де $Q_{ЗАР-5}$, $Q_{ЗАВ-40}$, $Q_{ОВП-20А}$, - паспортні продуктивності, відповідно ЗАР-5, ЗАВ-40, ОВП-20А, т / год

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

K_k - коефіцієнт еквівалентності, яка використовується при обробці відповідної культури, для рису $K_k = 0,5 \dots 0,6$;

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

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



1. Середньодобове надходження вороху на комплекс;
2. Надходження вороху на комплекс за період збирання;
3. Вивезення зерна на елеватор за період збирання;
4. Накопичення необробленого вороху на комплексі за період збирання;
5. Середньодобове вивезення вороху на елеватор.

Рис. 19 - Статистичні характеристики надходження зернового вороху рису на зерноочисний комплекс агрофірми "Україна" Джанкойського району АРК

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

Фактично обладнання працює із меншою потужністю і за період збирання на зернокомплексі накопичується близько 3000 т свіжозібраного неочищеного зерна.

Розглянута схема характеризує стан ПЗОЗ при збиранні однієї культури – рису-зерна. Відповідно, при одночасній обробці декількох культур (пшениці, ячменю, жита, вівса, озимих та ярих) ситуація на зернокомплексі буде ще більш складною.

Вивчено угруповання господарств, що займаються збиранням в регіоні, вибрано 148 господарств, в т. ч. 43 насінницьких.

При цьому встановлено, що в буртах найчастіше містяться 50 і більше відсотків необробленого зерна. Більш ніж у 75 % господарств відсутня поточна технологія обробки зерна. Лише в 3...5 % господарств є спеціальне насіннеочисне обладнання. Більш ніж у 80 % господарств не існують або не використовуються лабораторії з визначення якості зернових матеріалів.

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернотоків проводиться без урахування фактичної продуктивності ЗОМ і достатньої інформаційної та методико - розрахункової баз для конкретного господарства і реальних зональних умов.

Все це суттєво знижує ефективність ПЗОЗ.

У п'ятому розділі, «**Прогнозування показників якості роботи зерноочисних машин і агрегатів в умовах експлуатації**» наведено методи і об'єкти прогнозування, ймовірно - статистичні зв'язки показників якості зерноочисних машин і агрегатів. Наведено результати дослідження ймовірно - статистичних зв'язків показників якості зерноочисних машин і агрегатів методами варіаційного, кореляційного і регресійного аналізів. Розроблено математичні моделі прогнозу показників якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів. Об'єктами дослідження були прийняті зерноочисні машини і агрегати, моделі функціонування яких представлені на рис. 20...24:

На рисунку 20 представлено - лінія обробки вороху на стаціонарі, яка включає: ПД - живильник - дозатор; МСУ - молотильно - сепаруючий пристрій; ПАС - пневмо- сепаруючу і аспіраційну системи; РС - решітний сепаратор; ДМУ - домолочуючий пристрій;

Рис. 21 - Ворохоочисник скальператорного типу;

Рис. 22 - Машина первинного очищення зерна ЗВС-20;

Рис. 23 - Зерноочисний агрегат ЗАВ - 40 (одна лінія з додатково встановленою машиною ЗВС-20) ;

Рис. 24 - Повнокомплектна насіннеочисна лінія

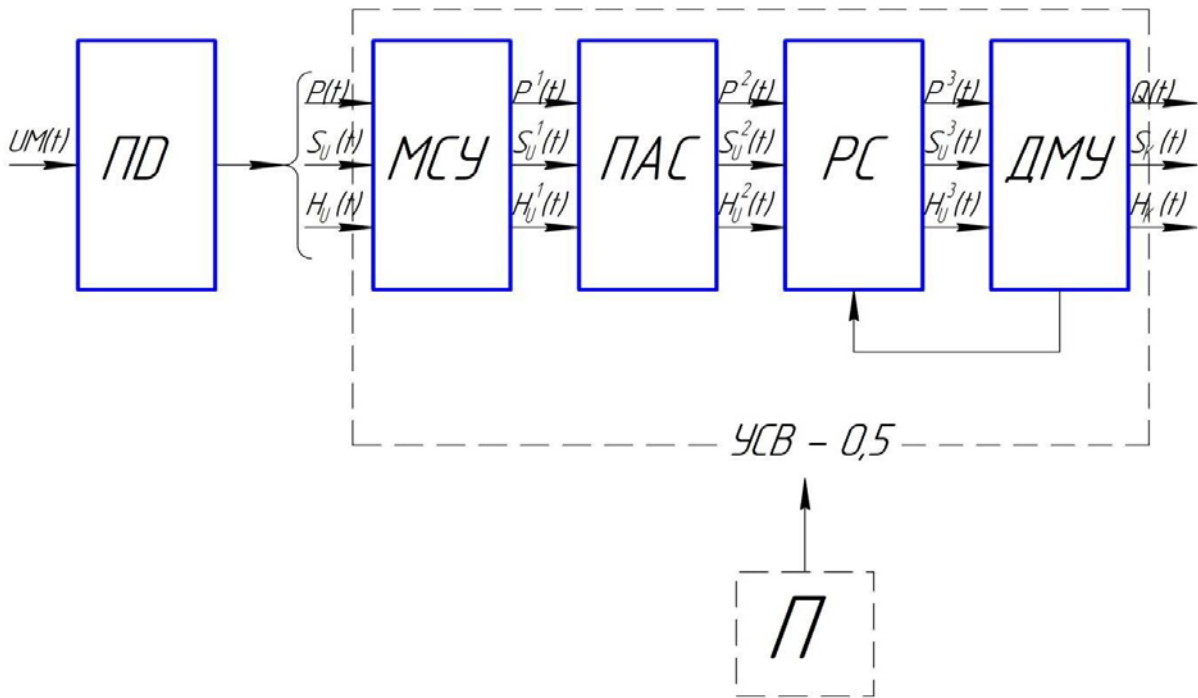


Рис. 20 - Модель функціонування об'єкта ПЗОЗ – лінії для обробки во-роху на стаціонарі.

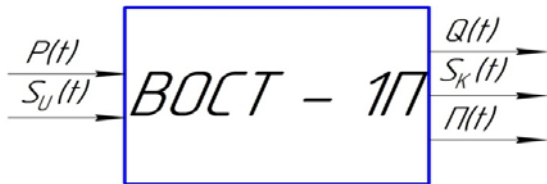


Рис. 21 - Модель функціонування об'єкта ПЗОЗ – ворохоочисника скальператорного типу

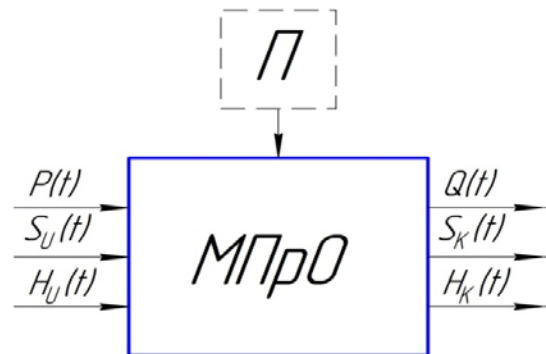


Рис. 22 - Модель функціонування об'єкта ПЗОЗ – машини первинного очищення зерна ЗВС-20

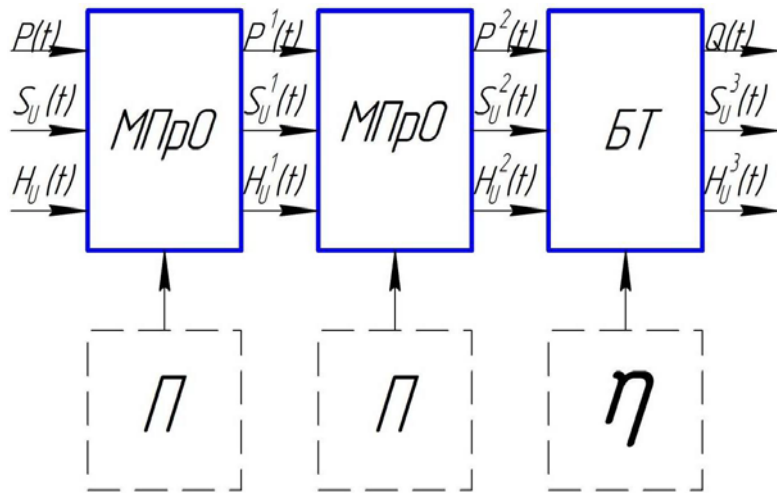


Рис. 23 - Модель функціонування об'єкта ПЗОЗ – зерноочисного агрегату ЗАВ-40 (з додатковою МПРО)

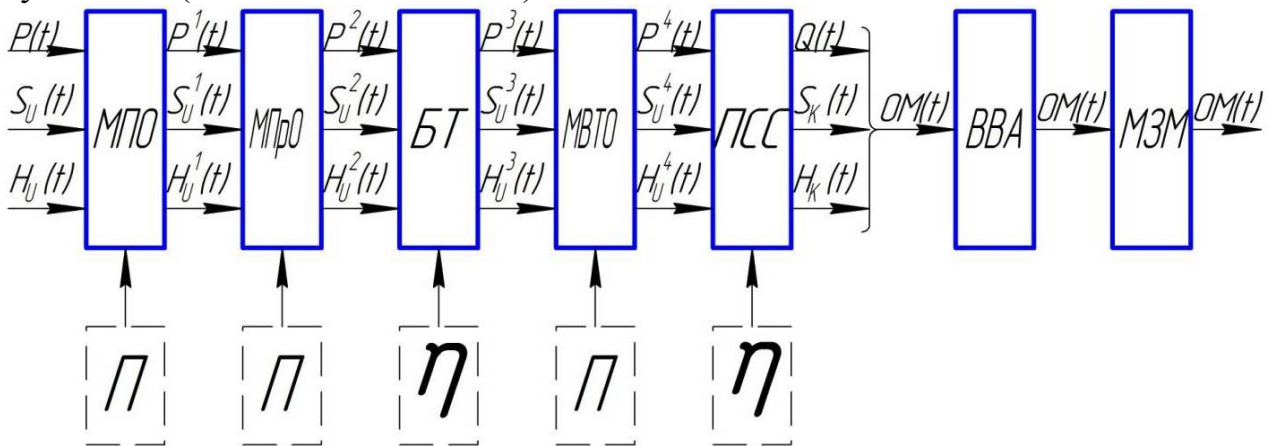


Рис. 24 - Модель функціонування об'єкта ПЗОЗ – повнокомплектної на-сіннеочисної лінії

У моделях функціонування, представлених на рисунках 20, 23, 24 показані багатостадійні динамічні системи, які складаються з окремих моделей машин, де вхід подальшої моделі є виходом попередньої. Це відноситься до

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

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

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

Машини та агрегати розміщувалися в стаціонарних технологічних лініях. Експериментальний ворохоочисник скальператорного типу встановлювався в технологічній лінії паралельно серійної ворохоочисної машини.

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

Обчислювалися статистичні характеристики процесів на основі варіаційного, кореляційного і регресійного аналізів, що дозволило вивчити ймовірно - статистичні зв'язки досліджуваних об'єктів і отримати математичні моделі прогнозування якості роботи машин і агрегатів в умовах експлуатації.

Аналіз оціночних критеріїв показав велику розбіжність при оцінці вхідних і вихідних показників роботи ЗОМ і агрегатів. Особливо це характерно для зв'язків між вихідною та кінцевою засміченістю, що призводить до великих коливань продуктивності та якості роботи ЗОМ і агрегатів і підтверджує те, що при підборі машин за технічними характеристиками зернокомплекси не будуть забезпечені прогнозованими показниками якості їх роботи. Виняток становить ворохоочисник скальператорного типу, у якого якісні та кількісні зв'язки нівелюються на виході, що дає підставу використовувати його як стабілізатор - збагачувач потоку ЗМ на вході до зерноочисної лінії.

Отримані моделі використані при постановці імітаційного експерименту.

Регресійний аналіз полягав у побудові багатовимірної функції відгуку з використанням методу найменших квадратів у лінійному наближенні.

Математична модель відображає залежність вихідного параметра від вхідних факторів при наданні останніх у природному вигляді. У цьому випадку всі вихідні параметри беруться в тій розмірності, яка використовувалася при вимірах. Досвід проведення регресійного аналізу показує, що функцію відгуку доцільно представляти в нормованому вигляді, де нові і старі змінні зв'язані рівняннями

$$Z = \frac{y - \bar{y}}{y_2 - y_1}; \quad (23)$$

$$U_i = \frac{x_i - \bar{x}}{x_2 - x_1}; \quad (24)$$

Формула в нормованому вигляді більш зручна при аналізі. У цьому випадку внесок кожного вхідного фактора в значення функції відгуку пропорційний коефіцієнтам регресії b_i .

Математичні моделі відображають залежність вихідного параметра від вхідних факторів у природному вигляді, тобто в тому масштабі і в тій розмірності, які використовувалися при вимірах.

Для: - насіннеочисної лінії

$$\begin{aligned} Q^1 &= 4,75 + 0,017 \cdot P^1 - 0,0003 \cdot S_u^1 - 0,0002 \cdot H_u^1 \\ S_k^1 &= -3,16 - 0,062 \cdot P^1 - 0,0064 \cdot S_u^1 - 0,005 \cdot H_u^1 \\ H_k^1 &= 916 + 2,496 \cdot P^1 - 0,123 \cdot S_u^1 - 0,107 \cdot H_u^1; \end{aligned} \quad (25)$$

- ЗАВ-40

$$\begin{aligned} Q^2 &= 3,01 - 0,00086 \cdot P^2 - 0,0019 \cdot S_u^2 - 0,00079 \cdot H_u^2 \\ S_k^2 &= 0,564 - 0,111 \cdot P^2 - 0,001 \cdot S_u^2 - 0,0004 \cdot H_u^2 \\ H_k^2 &= 780,9 - 4,24 \cdot P^2 - 0,068 \cdot S_u^2 - 0,052 \cdot H_u^2; \end{aligned} \quad (26)$$

- ЗВС-20

$$\begin{aligned} Q_k^3 &= 3,39 - 0,196 \cdot P^3 + 0,037 \cdot S_u^3 + 0,008 \cdot H_u^3 \\ S_k^3 &= -11,7 - 1,18 \cdot P^3 - 0,174 \cdot S_u^3 + 0,04 \cdot H_u^3 \\ H_k^3 &= 601,1 - 0,656 \cdot P^3 + 1,0 \cdot S_u^3 + 0,22 \cdot H_u^3; \end{aligned} \quad (27)$$

- ворохоочисника

$$\begin{aligned} Q^4 &= 2,92 + 0,48 \cdot P^4 + 0,01 \cdot S_u^4 \\ S_k^4 &= 0,16 - 0,03 \cdot P^4 + 0,18 \cdot S_u^4 \\ H_k^4 &= 0,033 + 0,01 \cdot P^4 + 0,009 \cdot S_u^4; \end{aligned} \quad (28)$$

- лінії обробки вороху на стаціонарі

$$\begin{aligned} Q^5 &= -0,014 + 0,301 \cdot P^5 + 0,0003 \cdot S_u^5 + 0,0002 \cdot H_u^5 \\ S_{\text{кн}}^5 &= -21,67 + 0,57 \cdot P^5 + 0,67 \cdot S_u^5 - 0,0004 \cdot H_u^5 \\ H_{\text{кн}}^5 &= 704,45 + 85,98 \cdot P^5 - 2,54 \cdot S_u^5 + 0,42 \cdot H_u^5. \end{aligned} \quad (29)$$

При розрахунках отримані математичні моделі в нормованому вигляді, коли старі і нові змінні зв'язані рівняннями у відповідності з виразом 30-34. У цьому випадку значимість кожного вхідного фактора у значенні функції відгуку пропорційна коефіцієнтам регресії.

Для: - насіннеочисної лінії

$$\begin{aligned} Q_n^1 &= 0,023 + 0,097 \cdot P^1 - 0,011 \cdot S_u^1 - 0,016 \cdot H_u^1 \\ S_{\text{кн}}^1 &= -0,0015 - 0,13 \cdot P^1 - 0,084 \cdot S_u^1 - 0,149 \cdot H_u^1 \\ H_{\text{кн}}^1 &= 0,001 + 0,18 \cdot P^1 - 0,065 \cdot S_u^1 - 0,142 \cdot H_u^1; \end{aligned} \quad (30)$$

- ЗАВ-40

$$\begin{aligned} Q_n^2 &= 0,008 + 0,179 \cdot P^2 - 0,052 \cdot S_u^2 - 0,182 \cdot H_u^2 \\ S_{\text{кн}}^2 &= 0,001 - 0,353 \cdot P^2 + 0,022 \cdot S_u^2 + 0,075 \cdot H_u^2 \\ H_{\text{кн}}^2 &= 0,001 - 0,353 \cdot P^2 - 0,075 \cdot S_u^2 + 0,475 \cdot H_u^2; \end{aligned} \quad (31)$$

- ЗВС-20

$$\begin{aligned} Q_n^3 &= -0,00036 - 0,405 \cdot P^3 + 0,325 \cdot S_u^3 + 0,594 \cdot H_u^3 \\ S_{\text{кн}}^3 &= 0,0013 - 0,366 \cdot P^3 - 0,228 \cdot S_u^3 + 0,438 \cdot H_u^3 \\ H_{\text{кн}}^3 &= -0,022 - 0,035 \cdot P^3 + 0,226 \cdot S_u^3 + 0,421 \cdot H_u^3; \end{aligned} \quad (32)$$

- ворохоочисника

$$\begin{aligned} Q_n^4 &= 0,0001 + 0,778 \cdot P^4 + 0,033 \cdot S_u^4 \\ S_{\text{кн}}^4 &= 0,00002 + 0,049 \cdot P^4 + 0,532 \cdot S_u^4 \\ P_n^4 &= 0,00003 + 0,018 \cdot P^4 + 0,029 \cdot S_u^4; \end{aligned} \quad (33)$$

- лінії обробки вороху на стаціонарі

$$\begin{aligned} Q_n^5 &= -0,046 + 0,803 \cdot P^5 + 0,231 \cdot S_u^5 + 0,301 \cdot H_u^5 \\ S_{\text{кн}}^5 &= -0,0015 + 0,0025 \cdot P^5 + 0,777 \cdot S_u^5 - 0,001 \cdot H_u^5 \\ H_{\text{кн}}^5 &= -0,0054 + 0,084 \cdot P^5 - 0,675 \cdot S_u^5 - 0,222 \cdot H_u^5. \end{aligned} \quad (34)$$

Отримані моделі першого виду рівняння 25-29 перевірені на адекватність. Моделі другого виду (рівняння 30-34) перевірені на значимість вхідних факторів, які пропорційні їх коефіцієнтам регресії.

Як основний показник функціонування машин і агрегатів, що використовується для обґрунтування параметрів технічної оснащеності зернокомплексів, прийнята їх продуктивність Q .

Отримані моделі прогнозують показники якості функціонування ЗОМ і агрегатів в умовах півдня України та використані в імітаційному моделюванні.

Аналогічний підхід може бути застосований при випробуваннях існуючих і нових розроблюваних ЗОМ і агрегатів.

У шостому розділі, «Методологічні основи обґрунтування функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна» наведені модельовані процеси технологічного обладнання, дано обґрунтування показників ефективності процесу функціонування машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна і методика розрахунку параметрів обладнання поточкових ліній модельованого зернокомплексу. Наведено вихідні дані з розподілу валового сезонного збору зерна в господарствах півдня України і результати моделювання.

Моделювання проводиться з метою визначення продуктивності машин і ємностей міжопераційних накопичувачів, входячих у технологічний ланцюжок, які забезпечують роботу комплексу в заданих умовах. Технологічна схема модельованого зерноочисного комплексу представлена на рис. 25.

Комплекс складається із завальної ями (ЗЯ), норії (НОР), машини попереднього очищення (МПО), машини первинного очищення (МПрО) та відділення бункерів тимчасового зберігання (ОБВХ). Доставка ЗМ від комбайнів забезпечується транспортним засобом (ТС)

Як машина попереднього очищення, використовується розроблений нами ворохоочисник скальператорного типу, а під машиною первинного очищення слід розуміти машину ЗВС-20, математичні моделі прогнозу якості функціонування яких отримані в розділі 5.

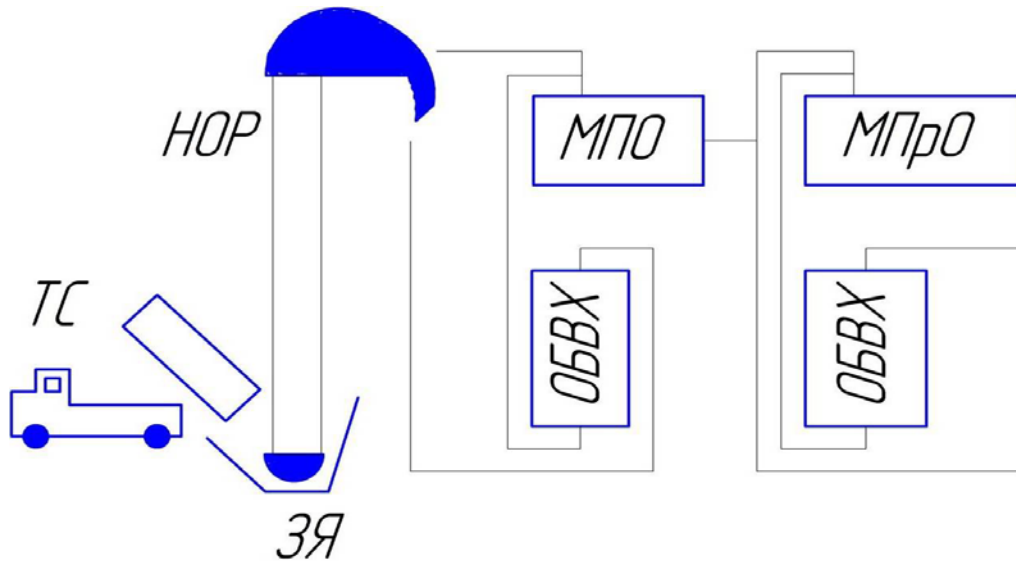


Рис. 25 - Технологічна схема модельованого зерноочисного комплексу

Головним завданням є визначення для конкретного господарства необхідних продуктивностей норії і зерноочисних машин (і їх кількості), а також ємності завальної ями та відділень бункерів тимчасового зберігання (ОБВХ).

Вибрані параметри повинні забезпечити поточність технологічного процесу.

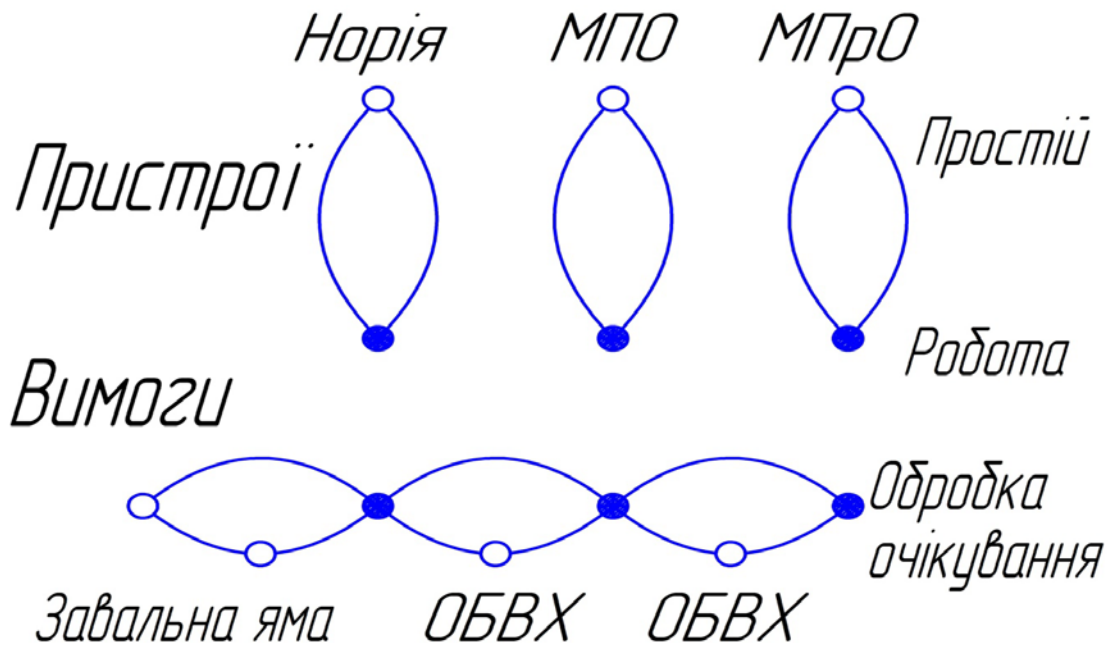


Рис. 26 - Зерноочисний комплекс як система масового обслуговування

На практиці реалізація принципу поточності дозволяє уникнути додаткових витрат ручної і маломеханізованої праці, пов'язаних із розміщенням тимчасово "випадаючої" з технологічного процесу зернової маси на непристосовані майданчики і поверненням її в технологічну лінію при звільненні обладнання.

Для досягнення поставленої мети пропонується моделювати технологічні процеси післязбиральної обробки зерна як систему масового обслуговування. На рис. 26 така система масового обслуговування представлена у вигляді графа.

За вимогу в системі прийнятий обсяг зернової маси, яка вміщується в один транспортний засіб, що підвозить масу на комплекс від комбайнів. Прийнято, що всі транспортні засоби мають однакову місткість. У процесі руху по системі вимоги можуть обслуговуватися на приладах або перебувати в стані очікування обслуговування в чергах.

Технологічні процеси подавальної 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 в систему вважається пуассонівським з експонентним розподілом інтервалів часу між надходженням вимог. Параметр розподілу L (середнє значення інтервалу часу, хв), визначається за формулою:

$$L = 60 \cdot 10 \cdot AVOL \cdot MNAT / (YVOL \cdot 1000 \cdot DVOL / 100), \quad (35)$$

де - $AVOL$ - обсяг зернової маси, яка вміщується в один транспортний засіб (m^3);

$MNAT$ - середнє значення натурності оброблюваної культури (kg/m^3);

$YVOL$ - проектне сезонне надходження зерна (т.);

$DVOL$ - максимальна частина сезонного обсягу, який надходить за добу для

заданого порогу ймовірності.

Наприклад, $DVOL = 0,90$. У результаті багаторічних спостережень було отримано розподіл добового надходження зерна для господарств півдня України, згрупованих за обсягом сезонного надходження. Цей розподіл може використовуватися при проектуванні зерноочисних комплексів для умов конкретного господарства.

З появою вимоги в системі визначаються його параметри, які впливають на час обслуговування приладами. За результатами випробування машин такими параметрами обрані натура $P1$ (кг/м³) і засміченість $P2$ (%). На основі спостережень отримані розподіли цих величин для господарств регіону для різних культур, які використані при моделюванні. Величина натури $P1i$ і засміченості $P2i$ для кожної вимоги вибираються з нормального розподілу з 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 за результатами випробувань машин попередньої і первинного очищення.

1. Норія. Час обслуговування вимоги (хв);

$$TNOR = AVOL \cdot MNAT / ((PNOR \cdot 1000) / 60). \quad (36)$$

де $PNOR$ - паспортна продуктивність норії (т/год).

2. Машина попереднього очищення (МПО). Продуктивність т/год):

$$PMPO = 2.92 + 0.48 \cdot POD1 - 0.01 \cdot MZAS \quad (37)$$

Час обслуговування вимоги (хв):

$$TMPO = (AVOL \cdot MNAT) / (((2.92 + 0.48 \cdot POD1 - 0.01 \cdot P2i) \cdot 1000) / 60) \quad (38)$$

де $AVOL$ - обсяг зернової маси, яка вміщається в один транспортний засіб (м³);

$MNAT$ - середнє значення натури для оброблюваної культури (кг/м³);

$POD1$ - подача, $POD1 = 0,566 \cdot KMPO$ ($KMPO$ - ширина робочого органу, см)

$P2i$ - засміченість для i - тої вимоги (%).

3. Машина первинного очищення (МПрО). Продуктивність (т/год):

$$P_{MPrO} = 3,39 - 0,196 \cdot POD2 + 0,037 \cdot P2i + 0,008 \cdot P1i \quad (39)$$

Час обслуговування вимоги (хв):

$$TMPRO = (AVOL \cdot MNAT) / (((3,39 - 0,196 \cdot POD2 + 0,037 \cdot P2i + 0,008 \cdot P1i) \times 1000) / 60) \quad (40)$$

де $AVOL$ - обсяг зернової маси, яка вміщається в один транспортний засіб (м³);

$MNAT$ - середнє значення натури для оброблюваної культури (кг/м³);

$POD2$ - подача;

$P1i$ - натура (кг/м³) для i - тої вимоги;

$P2i$ - засміченість (%) для i - тої вимоги.

Для заданих умов визначаються: кількість і продуктивність норій; загальна продуктивність МПО; кількість і продуктивність МПрО; місткість завальної ями та відділень бункерів тимчасового зберігання, які б із заданою вірогідністю (наприклад, 90 %) забезпечили поточність процесу.

Можна розглядати кілька варіантів: 0 - й, 1 - й, 2 - й і т.д.

Для визначення складу і параметрів зерноочисного комплексу використовувалася наступна стратегія. Задавалися параметри для трьох варіантів; ви-

конувалось моделювання; проводився аналіз результатів. У разі, якщо комплекс відповідає вимогам і обмеженням – припиняли роботу, якщо ні, то визначали «вузькі місця» і межі зміни параметрів, що задавались, і цикл моделювання повторювався до досягнення позитивного результату.

Розроблено методику обґрунтування функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ з використанням імітаційного моделювання. Для модельованої технології ПЗОЗ зерновий ворох від комбайнів надходить на зернокомплекс протягом 10 годин, зернокомплекс працює цілодобово. Сезонний збір задається по конкретному господарству за даними багаторічних спостережень. Розрахункове добове надходження зерна приймається 10 % від сезонного, місткість транспортного засобу приймається 6 м³.

На прикладі господарства учгосп "Лазурне" ТГАТУ з валовим збором зерна 4900 т. визначені наступні параметри технологічного обладнання: продуктивність норії 50 т/год; кількість норій - 1; ширина робочих органів МПО, см - 150; кількість МПрО - 1.

Значення коефіцієнта добового використання обладнання для: норії - 0,362; МПО - 0,424; МПрО - 0,720.

Обсяги ємностей (ОБВХ) склали, м³ для: завальної ями - 23,1; ОБВХ перед МПО - 25,86; ОБВХ перед МПрО - 116,76; ОБВХ загальний - 147,8.

Враховуючи розподіл валового сезонного збору зерна у господарствах регіону можна зробити висновок, що ємності для тимчасового вмісту зерна повинні починатися з модуля місткістю від 100 м³ і більше.

У сьомому розділі «**Практичне застосування результатів виконаних досліджень і оцінка економічної ефективності**» наведені показники економічної ефективності від впровадження результатів дослідження післязбиральної обробки зерна в господарствах Запорізької області та АРК.

Впровадження результатів досліджень у виробництво представлено технологіями та розробленими і випробуваними нами засобами ПЗОЗ.

Техніко-економічні показники ефективності впровадження запропонованої технології ПЗОЗ на прикладі учгоспу "Лазурне" ТГАТУ наступні (у цінах 2013 р.): експлуатаційні витрати - 54,85 грн./т; наведені витрати - 370456 грн.; річний економічний ефект - 35133 грн.; термін окупності додаткових капітальних вкладень - 3,62 року.

Рациональний підбір технічних засобів та їх параметрів на рівні передових господарств регіону дозволить за усередненими розрахунками знизити експлуатаційні витрати на 15...20 грн./т. Так, при валовому зборі зерна 7,0 млн. тонн у південному регіоні України є можливість отримати економію коштів на післязбиральному обробітку зерна в господарствах в розмірі 105...140 млн.грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі запропонована методологія покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна з урахуванням ймовірно - статистичної природи умов їх функціонування .

Роз'язуючи науково-технічну проблему щодо підвищення якості зерна та зниження енерговитрат на його обробку в умовах господарств півдня України, отримані наступні результати.

1. Проведеним аналізом стану технологій ПЗОЗ встановлено, що потужності існуючих в Україні поточних технологічних ліній забезпечують обробку в середньому тільки 50 ... 60 % зернового матеріалу, що надходить за добу від комбайнів. При перевалочному методі обробки зерна експлуатаційні витрати збільшуються в 2...5 разів порівняно з використанням потокової технології. Рівні технічної оснащеності та енергоозброєності суміжних господарств одного району (області), які мають приблизно однаковий валовий збір зерна, відрізняються в 2...3 рази, а експлуатаційні витрати - до 5 разів. Визначено, що однією з основних причин такого стану є недостатня ефективність існуючих методик підбору складу і функціональних параметрів зернокомплексів, що не дозволяє враховувати реальні продуктивності машин і устаткування, і ймовірно - статистичну природу умов їх функціонування.

Перспективний підбір складу і функціональних параметрів технічних засобів для проєктованих і реконструйованих зернокомплексів повинен обґрунтовуватися на валовому зборі зерна для класів господарств та забезпеченні принципу поточності застосованих технологій.

2. Вперше розроблено багаторівневу систему технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна. Опис функціонування системи здійснюється за допомогою побудови графа стану та складання системи лінійних алгебраїчних і диференціальних рівнянь, в результаті чого отримані лістинги програм в пакеті MathCad - розв'язання системи рівнянь та визначені ймовірності функціонування системи. Це дозволило обґрунтувати параметри технічної оснащеності післязбиральної обробки зерна. Наприклад: продуктивності норій і зерноочисних машин; місткості завальних ям і відділень тимчасового зберігання зерна зернокомплексів.

3. Розроблено методику прогнозування якісних показників зерноочисних машин за допомогою регресійних математичних моделей функціонування об'єктів післязбиральної обробки зерна. Її особливість полягає у використанні методу ідентифікації, багатопараметричних регресійних моделей та наданні багатовимірних моделей у вигляді одновимірних. Визначено оціночні показники та критерії їх оптимальності, які є підставою отримання регресійних моделей прогнозування якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів у виробничих умовах.

4. Розроблено алгоритм покомпонентної процедури обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна. Це сприяє розвитку технічного прогресу в швидкості освоєння нових технологій післязбиральної обробки зерна. При цьому в 2-3 рази зменшуються наведені витрати на проєктування, будівництво та проведення натурних випробу-

вань зернокомплексів.

5. Побудовано інтегральні криві функцій розподілу вірогідності функціоналу $Q_{\text{сез}}$ - валового збору зерна для класів господарств. Отримано закони розподілу обсягів зернової маси на технічні засоби для 3 -х варіантів модельованих зернокомплексів, які відрізняються значеннями коефіцієнтів добового використання устаткування і місткістю завальних ям і відділень тимчасового зберігання зерна. Розроблено алгоритм і моделюючу програму для реалізації імітаційного експерименту на базі реальних даних роботи досліджуваних об'єктів у виробничих умовах. Запропоновано класифікувати господарства - виробники зерна за показниками обсягу виробництва. За допомогою отриманого закону розподілу обсягів виробництва зерна в господарствах півдня України встановлено 14 класів господарств. Це дозволило за оцінними критеріями визначити кращий варіант з трьох модельованих зернокомплексів.

6. Отримано числові характеристики по засміченості, натурі та вологості ЗМ, що характеризують умови роботи зерноочисних машин і агрегатів для післязбиральної обробки зерна.

Це дозволяє стверджувати, що вологість при таких числових характеристиках не впливає на показники якості роботи зерноочисних машин і агрегатів.

Встановлено високий рівень кореляційних зв'язків ($R = 0,8 \dots 0,9$) між засміченістю і натурою зернових матеріалів, що служить основою непрямого методу для розробки експрес - аналізаторів засміченості та планування імітаційного експерименту для визначення часу обслуговування обсягів зерна на технічних засобах та продуктивності цих технічних засобів.

7. Розроблено ворохоочисник скальператорного типу та удосконалено лінія для обробки вороху на стаціонарі.

На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи ворохоочисника за рахунок подачі псевдозрідженного слою зернового матеріалу на зовнішню поверхню циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 2,0-2,5 рази в залежності від обробляємих зернових культур. Визначено технологічні, конструктивні та кінематичні параметри ворохоочисника. В результаті застосування ворохоочисника в агрегаті ЗАВ-40 продуктивність лінії збільшилась на 30-35%, а приведені витрати скоротилися у 1,7 рази.

У сепараторі вороху УСВ-0,5 лінії для обробки вороху на стаціонарі удосконалено конструктивні та технологічні параметри. Продуктивність сепаратору збільшилась на 10-15%, а енергоємність зменшилась на 7-10%.

8. Розроблені математичні моделі прогнозування якості функціонування серійних і експериментальних машин і агрегатів. Встановлено високий коефіцієнт варіації (37...50 %) вхідних і вихідних показників роботи зерноочисних машин і агрегатів. Виняток становить ворохоочисник скальператорного типу, у якого якісні та кількісні зв'язки між вхідними та вихідними факторами мають

коефіцієнти кореляції 0,74...0,80.

Це дозволяє використовувати його як стабілізатор - збагачувач потоку ЗМ на вході в зерноочисну лінію.

Виявлена суттєва (на 20...40 %) помилка у визначенні продуктивності зерноочисних машин за технічними характеристиками у відмінності від показників їх якості в реальних умовах, що є основою для коригування існуючих методик розрахунку складу і функціональних параметрів зернокомплексів.

9. Розроблено методику обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна з використанням імітаційного моделювання, що дозволило на прикладі господарства учгосп "Лазурне", з валовим збором зерна 4900 т визначити наступні склад і параметри технічної оснащення: продуктивність норії 50 т/год; кількість норій - 1; продуктивність МПО 50 т.; кількість МПрО - 1.

Значення коефіцієнта добового використання обладнання для: норії - 0,362; МПО - 0,424; МПрО - 0,720.

Обсяги ємностей (ОБВХ) склали, м³ для: завальної ями - 23,1; ОБВХ перед МПО - 25,86; ОБВХ перед МПрО - 116,76; ОБВХ загального - 147,8.

При післязбиральному обробітку зерна енерговитрати знизилися на 30...40 %, а якість зерна підвищилась на 25...30 %.

10. Впровадження результатів досліджень у виробництво представлено технологіями та розробленими і випробуваними нами засобами післязбиральної обробки зерна.

Так, розроблено проекти зернокомплексів і виконана їх реконструкція в господарствах Красногвардійського району Автономної Республіки Крим, Василівського району Запорізької області, Приазовського району Запорізької області та в навчальному господарстві Таврійського державного агротехнічного університету "Лазурне".

Рекомендації щодо вдосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки зерна товарного зерна і насінневого фонду передані НВО "Еліта" Автономної Республіки Крим та головному управлінню АПР Запорізької облдержадміністрації.

11. Розроблений ворохоочисник скальператорного типу та удосконалена лінія для обробки вороху на стаціонарі випробувані і впроваджені в ННЦ «ІМЕСГ» (сmt. Глеваха), ГСКБ по жнивварках (м. Бердянськ) і дочірньому підприємстві "Гуляйпільський механічний завод" "ВАТ Мотор Січ" (м. Гуляйполе).

12. Раціональний підбір технічних засобів та їх функціональних параметрів дозволить за усередненими розрахунками знизити експлуатаційні витрати на 15... 20 грн./т. Так, при валовому зборі зерна 7,0 млн. тонн у південному регіоні України це дозволить отримати економію коштів на післязбиральний обробіток зерна в господарствах в розмірі 105... 140 млн. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБОТ

Монографія

1. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України: монографія / Є.В. Михайлов. - Мелітополь: Люкс. 2012. - 260 с.

Статті у наукових фахових виданнях

2. Михайлов Є. В. Проблеми післязбиральної обробки зерна в південних районах України / Є.В.Михайлов, // Труды Таврической государственной агротехнической академии - Вип. 1. Техника в сельском хозяйстве, т.4 – Мелітополь, 1998. - С. 51-54.
3. Михайлов Е. В. О моделюванні параметрів технологічної оснащення післязбиральної обробки зерна / Е. В. Михайлов // Материалы научно- технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. - Мелітополь, 1996.- С. 86.
4. Михайлов Е. В. Математические модели прогноза качества работы зерноочистительных машин и агрегатов / Є.В.Михайлов, В.С. Еремеев // Труды Таврической государственной агротехнической академии - Вип. 2. Отраслевое машиностроение, т.3 – Мелітополь, 1998. - С. 83-87.
5. 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, 2010. - С. 125-131.
6. Михайлов Е. В. Исследование рабочего процесса аэродинамического питателя / Е. В. Михайлов // Совершенствование процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин. – К.: УСХА, 1986. - С. 39 - 44.
7. Михайлов Є. В. Методика визначення критичної швидкості складових зернового вороху / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. - С. - 50-56.
8. Михайлов Е. В. Высокопроизводительный сепаратор зернового вороха / Е. В. Михайлов С. А. Подоплелов. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - К.: Урожай, 1986.- Вып.64.- С.32 - 34.
9. Михайлов Є. В. / Моделі функціонування повітряних систем зерноочисної машини // Є.В.Михайлов, В'юнник В.В. // Труды Таврической государственной агротехнической академии - Вип. 1. Техника в сельском хозяйстве, т.9 – Мелітополь, 1999. - С. 136-138.
10. Михайлов Е. В. Оценка перспективности использования цилиндрического решета с наружной рабочей поверхностью для очесанного вороха риса / Е. В. Михайлов, Н. Н, Аблогин // Совершенствование технологических процессов рабочих органов сельскохозяйственных машин:- К.: УСХА,1988.-С. 58-63.
11. Михайлов Е. В. Результаты испытаний ворохоочистителя скальператорного

- типа в производственных условиях / Е. В. Михайлов // Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2003.- Вип. 16. - С. 181-184.
12. Михайлов Є. В. Передумови статистичного аналізу вологості, засмічення та натури зернових матеріалів / Є.В.Михайлов, // Труды Таврической государственной агротехнической академии - Вип. 1. Техника в сельском хозяйстве, т.4 – Мелітополь, 1998. - С. 64-67.
13. Михайлов Є. В. Основи розрахунку основних параметрів технічної оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна / Є. В. Михайлов, В. Т. Надикто // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2006. - Вип. 41. - С. 5 - 11.
14. Михайлов Е. В. Предпосылки к обоснованию параметров процесса ПУОЗ / Е. В. Михайлов // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2006.- Вип. 35. - С. 72 -78.
15. Михайлов Е. В. Использование метода имитационного моделирования при обосновании параметров процесса послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов, В. М. Дегтев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2010.- Вип. 10, т. 8. - С. 209-214.
16. 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. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 2. -С. 120-125.
17. Михайлов Є. В. Удосконалення сепаратора попередньої очистки зерна / Є. В. Михайлов, В. С. Дудка, О. О. Білокопитов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, т. 4 - С. 48-53.
18. Шляхи раціональних витрат електроенергії поточкових ліній очищення зерна / М. В. Постнікова, Г. Н. Назарьян, Л. Є. Нікіфорова, Є. В. Михайлов, О. П. Карпова О.П. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2012. - Вип.12, т. 2. - С. 111- 117.
19. Постнікова М. В. Експериментальне дослідження перетворення електричної енергії в електромеханічних системах обробки зерна / М. В. Постнікова, Є. В. Михайлов, О. П. Карпова // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. - Вип.2, т.1. - С. 169- 173.
20. Михайлов Є. В. Аналіз результатів статистичних характеристик зернового вороху / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. - С. - 57-64.
21. Михайлов Є. В. Травмування насіння зернових культур в процесі післязбиральної обробки та шляхи його зменшення / Є. В. Михайлов, М. П. Кольцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: - Мелітополь, 2013. - Вип.13.т.3. - С. 139- 145.
22. Михайлов Е. В. Обоснование параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования /

Е. В. Михайлов, А. А. Белокопытов, Н. А. Задосная // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2013. – Кн. 2. - Вип.17 (31). – С. 68-75/

Статті у наукових закордонних виданнях

23. Михайлов Е.В. Расчет скорости движущегося псевдоожиженного слоя / Е.В. Михайлов // Методы и средства контроля качества функционирования технологических процес сов сельскохозяйственных машин и комплексов. – Л.: ЛСХИ, 1985. – С. 56-57.
24. Аблогин Н. Н. Исследование скальператора для сепарации очесанного зернового вороха риса / Н. Н. Аблогин, Е.В. Михайлов // Разработка и совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. – М.: ТСХА, 1987. – С. 58-62.
25. Подоплелов С. А. К расчету скорости движения зерна по наклонной плоскости / С. А. Подоплелов, Е.В. Михайлов // Механизация процессов производства семенного зерна. - Труды НИИСХ Северо-Востока, – Киров.: 1988. – С. 74-79.
26. Michailow E/ O metodyce obliczenia parametrow technicznych procesu obrobki ziqrzna po zbiorze – problem budowy craz eksploatacji maszyn. – urzadzen. rosnicznych // INFUR. - PLOCK,1994. - .S. 26-29.
27. Михайлов Е. В. Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов // Известия Международной академии аграрного образования.– СПб, 2013. – Вып. 19. - С. 73-80.

Тези доповідей

28. Михайлов Е. В. Стан і проблеми післязбиральної обробки насіння зернових в південних областях України / Е. В. Михайлов // Междунар. науч.- техн. конф. по вопросам развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в условиях рыночных отношений, 15 - 17 ноября 1994г. - Глеваха, 1994. - С. 59 - 60.
29. Михайлов Є. В. До обґрунтування технології післязбиральної обробки вороху насіння трав на стаціонарі / Є. В. Михайлов, О. М. Леженкин // Междунар. науч.- техн. конф. по вопросам развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства в условиях рыночных отношений, 15 - 17 ноября 1994г. – Глеваха, 1994. - С. 85 - 86.
30. Михайлов Е. В. Информационно-технологическая модель технической оснащённости процесса послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов // Моделирование процессов и технологического оборудования сельского хозяйства: междунар. науч. – практ. конф., 17 - 19 августа 1994г. - Мелитополь,1994. - Т. 1. - С. 68 - 69.
31. Михайлов Е. В. Методика обоснования параметров технической оснащён-

ности процесса послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов // Моделирование процессов и технологического оборудования сельского хозяйства: междунар. науч.-практ. коф., 17 - 19 августа 1994г. – Мелитополь, 1994. - Т.1. – С. 82 - 84.

32. Михайлов Є. В. Оцінка ефективності функціонування процесу післязбиральної обробки зерна по енергетичному критерію / Є. В. Михайлов // Наука і життя: українські тенденції, інтеграція у світову наукову думку: 4-а Всеукраїнська науково – практична інтернет – конференція, 26-28 травня 2008р. – К., 2008. – С. 53 – 55.

33. Михайлов Є. В. Формування оптимальних параметрів засобів післязбиральної обробки зерна / Є. В. Михайлов // Сучасний соціокультурний простір 2008: 5-а Всеукраїнська науково – практична конференція, 25-27 вересня 2008р. – К., 2008. – с. 70 – 71.

34. Михайлов Е. В. Многоуровневая модель системы технической оснащённости процесса послеуборочной обработки зерна / Е. В. Михайлов // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сборник научных статей по материалам IX международной научно-практической конференции. - Ставрополь: Агрус, 2013. – С. 66-71.

35. Михайлов Е. В. Анализ результатов статистических характеристик зернового вороху / Е. В. Михайлов, А. А. Белокопытов // Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве: Международная научно – техническая конференция, 10-11 октября 2012г. / НЦП НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. - Т. 2.- Минск, 2012. - С. 278-286.

Авторські свідоцтва і патенти України

36. А. с. 1074441 СССР, МПК А01 F12/44, В07В7/12. Сепаратор для предварительной очистки зерновой смеси / М. В. Киреев, Е. В. Михайлов, Л. И. Ерошенко, А. С. Подоплелов, Н.П. Сычугов, Ф. Н. Эрк, А.С. Матвеев. - №3486237/30 - 15; заявл. 1.08.82; опубл. 23.02.84, Бюл. №7.

37. А. с. 1071550 СССР, МПК В65G53/04. Устройство для транспортирования грузов / М. В. Киреев, Л. И. Ерошенко, С. А. Подоплелов, Е. В. Михайлов, Ф. Н. Эрк, А. А. Коломийцев. - №3297139/27 - 11; заявл. 04.06.81; опубл. 07.02.84, Бюл. №5.

38. А. с. 1586788 СССР, МПК В07В1/22. Способ разделения зерносоломистого вороха // Н. Н. Аблогин, А. В. Авдеев, Ю. Н. Ярмашев В. П. Гаврилов, В. М. Халанский, Н. Н. Данченко, Е. В. Михайлов. - № 4336759/23-03; заявл. 06.00.87; опубл. 23.08.90, Бюл. №31.

39. Пат. № 61469U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, В. С. Дудка, А. В. Перетяцько. - № u2010 13961; заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

40. Пат. № 72063U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов. - № u2011 14744; заявл. 12.12.2011; опубл. 16.04.2012, Бюл. № 5.

41. Пат. № 74137U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов. - № u2012 00062; заявл. 03.01.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 15.

42. Пат. № 78533U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор із замкненою повітряною системою / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов.- № u2012 09994; заявл. 20.08.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6.

АНОТАЦІЯ

Михайлов Є. В. Методологія обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна. (на прикладі господарств півдня України) – Рукопис. Дисертація на здобуття ученого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.» Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь, 2014.

Сформульована проблема та визначено завдання дослідження. Дано аналіз рівня післязбиральної обробки зерна (ПЗОЗ) в господарствах півдня України, обґрунтовано вимоги до якості насінневого зерна та критерії його оцінки. Післязбиральна обробка зерна розглядається як складна багаторівнева система виробничих процесів. Розроблені багатопараметричні математичні моделі технічних засобів післязбиральної обробки зерна. Розроблена покомпонентна процедура обґрунтування складу та функціональних параметрів ПЗОЗ, яка використана для вирішення задач аналізу - впливу різних факторів на процес функціонування зернокомплексу, та вирішення задач синтезу – обґрунтуванню значень параметрів машин та обладнання. Визначено чинники та умови, які впливають на показники якості функціонування технічних засобів післязбиральної обробки зерна. Надано дані по: зернових культурах та розподілу господарств за валовим збором ЗМ; впливу якості вихідних матеріалів на продуктивність і підбір обладнання; технічній оснащеності процесу післязбиральної обробки зерна в південних районах України. Наведено дослідження ймовірнісно-статистичних зв'язків показників якості роботи зерноочисних машин і агрегатів методами варіаційного, кореляційного і регресійного аналізів. Розроблена методика обґрунтування складу та функціональних параметрів технічних засобів ПЗОЗ в умовах господарств півдня України з використанням імітаційного моделювання. Надано результати економічної ефективності від впровадження запропонованих напрямків підвищення економічної ефективності післязбиральної обробки зерна.

Ключові слова: моделювання, параметри, технічні засоби, післязбиральна обробка зерна, технічна оснащеність.

АННОТАЦИЯ

Михайлов Е.В. Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна. (на примере

хозяйств Юга Украины) - Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.11 «Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства.» Таврический государственный агротехнологический университет. Мелитополь, 2014.

Диссертация посвящена разработке методологии обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна (ПУОЗ), обеспечивающих повышение качества зерна и уменьшения энергозатрат при проектировании новых зернокомплексов и реконструкции существующих.

Сформулирована проблема и определены задачи исследования. Дан анализ уровня послеуборочной обработки зерна в хозяйствах юга Украины, обоснованы требования к качеству семенного зерна и критерии его оценки. Изучены факторы, влияющие на качество зерна в процессе послеуборочной обработки, объёмы производство зерна, применяемые технологии послеуборочной обработки зерна и технические средства. Сделан анализ влияния методов формирования технической оснащённости на качество зерна и условия функционирования технических средств ПУОЗ.

Послеуборочная обработка зерна рассматривается как сложная многоуровневая система производственных процессов.

Разработаны многопараметрические математические модели технических средств послеуборочной обработки зерна. Модели определяют функциональные показатели качества работы технических средств в зависимости от характеристик исходных материалов.

Разработанная покомпонентная процедура обоснования состава и функциональных параметров ПУОЗ использована для решения задач анализа - влияния различных факторов на процесс функционирования зернокомплексов, и решения задач синтеза - обоснования значений параметров машин и оборудования.

Определены факторы и условия, влияющие на показатели качества функционирования технических средств послеуборочной обработки зерна. Разработаны программное обеспечение к имитационному моделированию параметров технической оснащённости и методика исследования показателей качества зерновых материалов. Исследованы условия поступления зерновых масс на зернокомплексы и показатели качества функционирования технических средств.

В результатах экспериментальных исследований технологических процессов послеуборочной обработки зерна в условиях юга Украины приведены данные по: зерновым культурам и распределению хозяйств по валовому сбору ЗМ; метеорологическим условиям и календарным срокам уборки; статистическим характеристикам качества ЗМ; влиянию качества исходных материалов на производительность и подбор оборудования; технической оснащённости про-

цесса послеуборочной обработки зерна в южных районах Украины.

Прогнозирование показателей качества работы зерноочистительных машин и агрегатов в условиях эксплуатации представлено объектами прогнозирования, вероятностно-статистическими связями показателей качества работы зерноочистительных машин и агрегатов. Приведены исследования вероятностно-статистических связей показателей качества работы зерноочистительных машин и агрегатов методами вариационного, корреляционного и регрессионного анализов. Разработаны математические модели прогнозирования показателей качества функционирования серийных и экспериментальных машин и агрегатов.

Разработана методика обоснования состава и функциональных параметров технических средств ПУОЗ в условиях хозяйств юга Украины с использованием имитационного моделирования.

Приведены моделируемые процессы технологического оборудования, дано обоснование показателей эффективности процесса функционирования машин и агрегатов для послеуборочной обработки зерна. Представлены исходные данные по распределению валового сезонного сбора зерна в хозяйствах юга Украины и результаты моделирования.

Установлено, что для решения задачи обоснования состава и функциональных параметров машин и оборудования для послеуборочной обработки зерна с учетом вероятностно-статистических характеристик поступления зерновых материалов на зернокомплексы целесообразно использовать метод имитационного моделирования, что позволяет получить хорошие результаты при достаточно большом количестве данных, характеризующих зональные условия.

Приведены результаты экономической эффективности от внедрения предложенных направлений повышения экономической эффективности послеуборочной обработки зерна в хозяйствах Запорожской области и Автономной Республики Крым.

Ключевые слова: моделирование, параметры, технические средства, послеуборочная обработка зерна, техническая оснащенность.

SUMMARY

Ye. Mikhailov. Methodology of study of composition and functional parameters of means of post-harvest grain handling. (on the example of the agricultures of southern Ukraine) - Manuscript. Dissertation for the degree of doctor of technical sciences, specialty 05.05.11 "Machines and means of mechanization of agricultural production." Tavrian State Agrotechnological University. Melitopol, 2014.

The problem is formulated and defined research problem. It is given the analysis of post-harvest treatment of grain of the agricultures in the south of Ukraine, reasonable quality requirements for seed grain and the criteria for its evaluation. Post-

harvest treatment of grain is considered as a complex multilevel system of production processes. It is developed multiparameter mathematical models of means of post-harvest grain handling. It is developed the component-wise procedure of study composition and functional parameters of PHGH that is used to solve the problems of analysis and impact of various factors on the functioning of grain complex, and solving synthesis problems - justification of parameter values of machinery and equipment. It is defined the factors and conditions which affect on the quality indicators of functioning of technical means of post-harvest grain handling. It is provided the data about: crops and agriculture distribution by gross gathering of GM; influence of the quality of the final materials on the production and selection of equipment; technical equipment of the process of post-harvest grain handling in southern Ukraine. It is given the study of probabilistic and statistical relationships of the quality of grain cleaning machines and aggregates by methods of variability, correlation and regression analyzes. It is developed the methodology of the study of composition and functional parameters of technique means PHGH in terms of the South of Ukraine using simulation. It is given the results of the cost-effectiveness of the proposed ways to increase the economic efficiency of post-harvest grain handling.

Keywords: modeling, parameters, technological means, post-harvest grain handling, technical equipment.