

ходе. А это может позволить существенно снизить удельные энергозатраты на сушку и повысить качество зерна после сушки, что обеспечит экономический эффект от разработки.

#### Література

1. Просянык А.В., Клабуков В.Ф., Соснин К.В. Влагомер зерна в потоке – мал золотник, да дорог // <http://www.dnvpeldorado.dp.ua>
2. Хобин В.А. Совершенствование систем автоматического управления режимами работы зерносушилок как основа повышения их эффективности // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2005. – № 4(70). – С. 41 – 44.
3. Хобин В.А., Степанов М.Т., Гапонюк И.О. Повышение энергетической эффективности процессов сушки зерна на базе систем гарантирующего управления // Мат. III Международ. науч.-практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ – 2008». – Москва – Тамбов: Мат. в 2-х т. – Т. 1. – С. 334 – 343.
4. ГОСТ 13586.5-85. Зерно. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 3040-55 в части метода определения влажности; Введ. 14.11.85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
5. ГОСТ 29143-91 (ИСО 712-85). Зерно и зернопродукты. Определение влажности (рабочий контрольный метод). – Введ. 05.12.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.
6. Хобин В.А., Гапонюк И.О. Измерение влажности зерна в потоке: актуальность, технические средства, проблемы точности, пути решения // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2009. – № 4(70). – С. 41 – 44.
7. Хобин В.А., Гапонюк И.О. Стабілізація метрологічних характеристик автоматичних вимірювань вологості зерна в потоці. Кібернетичний підхід Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Т. 1. – С. 289 – 297.
8. Пикерсгиль А.А. Исследование поточных датчиков влажности: Дис... канд. техн. наук: 05.13.07. – Одесса, 1965. – 202 с.
9. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск: изд-во стандартов. – Москва, 2003. – 50 с.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – 2-е изд., – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 720 с.
11. Влагомер зерновых «Поток». <http://www.aquasensor.com.ua>

УДК 664.726

## НАПРЯМКИ РОЗРОБКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗЕРНОПРИЙМАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Гросул Л.Г., д-р техн. наук, професор; Гапонюк О.І., д-р техн. наук, професор;  
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор; Мосієнко Г.А., інженер;  
Яцкова Т.Й., канд. техн. наук; Гончарук Г.А., канд. техн. наук  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Стаття містить аналіз принципів та методичних підходів до проектних розробок універсального транспортно-технологічного обладнання для очищення свіжезібраного зерна перед сушінням та закладенням його на зберігання безпосередньо у фермерських господарствах – виробниках зернової сировини.*

*This article substantiates operational principles and considers methodical approaches to engineering of universal equipment for separation of harvesting byproducts, timely cleaning of freshly harvested grain, and storing them directly at grain-producing farms.*

Ключові слова: ворох, зерно, домішки, аеродинамічно важкі та легкі частки, ситове та повітряне сепарування.

**Вступ.** Головними напрямками подальшого розвитку агропромислового комплексу України передбачається створення продовольчого фонду і накопичення сировинних ресурсів держави, необхідних для оперативного задоволення зростаючого попиту населення та всебічних потреб народного господарства.

Розв'язання цих завдань вимагає пропорційного та збалансованого розвитку промислового комплексу та забезпечення високих темпів зростання сільського господарства на основі інтенсифікації виробництва, всебічного зміцнення матеріально-технічної бази та підвищення рівня технічного забезпечення переробної галузі.

**Мета досліджень.** Аналіз стану технологічного забезпечення та технічного оснащення системи післязбиральної обробки збіжжя спрямований на обґрунтування конструктивно-функціональних рішень, встановлення технічно доцільних умов компонування транспортних та технологічних елементів і визначення параметрів проектних варіантів устаткування для оперативної обробки вороху та високоефективного очищення вологого зерна у післязбиральний період. Аналіз виконується з метою пошуку шляхів зниження енергоємності обробних операцій, підвищення якості їх виконання, попередження пожежонебезпечних ситуацій та забезпечення сумісності з діючим обладнанням при його експлуатації, а отримані результати можуть бути використані у фермерських господарствах, державних та приватних сільськогосподарських підприємствах безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, споживання готової продукції та застосування відходів виробництва на малих переробних і хлібоприймальних підприємствах.

Об'єктом аналізу є технології та лінії приймання свіжезібраної зернової сировини, призначені для оперативної обробки вороху та очищення вологого зерна від грубих, крупних і дрібних домішок органічного та мінерального походження, які відрізняються розмірами, густиною та аеродинамічними властивостями від часток основного зерна. Існуючі технологічні комплекси базуються на обладнаних типовими транспортними засобами та оперативними ємностями повітряно-ситових ворохоочисних агрегатах, які відрізняються недостатньою ефективністю і майже не пристосовані для очищення вологого зерна.

Предметом аналізу є встановлення можливостей скорочення технологічного циклу, зниження витрат енергії, спрощення режимів обробки вороху та підвищення якості очищення вологого зерна за рахунок суміщення транспортних та технологічних операцій. Запропонований напрямок досліджень передбачає встановлення можливостей паралельного і одночасного виконання маніпуляцій з переміщення зернових сумішей, розділення їх на фракції за різницею в комплексі властивостей та формування і відокремленого виведення потоків очищеного зерна та домішок. Реалізація цього напрямку відкриває шляхи як технічного об'єднання робочих органів транспортних та технологічних засобів, так і їх привідних механізмів, систем управління роботою та регулювання режимів, аспіраційних пристроїв та засобів безпечного обслуговування.

Проведенням досліджень запропонованого об'єкта на предмет встановлення можливостей суміщення транспортних і технологічних операцій вирішується проблема скорочення технологій та спрощення режимів обробки, зниження капітальних витрат на удосконалення технічного забезпечення ліній приймання вороху та попереднього очищення вологого зерна, зниження втрат та підвищення якості останнього, економії енергетичних ресурсів та підвищення пожежної, вибухової та екологічної безпеки фермерських господарств, державних та приватних сільськогосподарських підприємств безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, її кондиціонування, зберігання та споживання готової продукції, як на малих, так і на великих зернопереробних та хлібоприймальних підприємствах.

Метою аналізу є розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки збіжжя.

**Стан проблеми.** Післязбиральна обробка збіжжя включає приймання вороху, очищення, сушіння та сортування зернопродуктів і виконується з метою доведення властивостей отриманого основного зерна та показників його якості до кондиційних вимог та умов наступного використання, зберігання або відпуску його споживачам. Існуючі технології його приймання та обробки передбачають технологічні операції попереднього сепарування вороху для видалення грубих та частково крупних домішок органічного походження, сушіння суміші вологого зерна з залишками крупних та з дрібними домішками, як органічного так і мінерального походження, охолодження зерна після сушарки, первинне очищення сухого зерна від крупних та дрібних домішок, сортування сухого зерна на фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення, остаточне очищення партій зерна та відпускання його споживачам або закладка на тривале зберігання. Перехід від кожної із зазначених раніше активних технологічних операцій до наступних вимагає переміщення об'єкту обробки, формування технологічних потоків та його оперативного накоплення, які утворюють пасивну групу транспортних та допоміжних операцій. При цьому розвиненість технологічного процесу попереднього, первинного та остаточного очищення зерна і розгалуженість транспортних та накоплювальних операцій обумовлюють підвищені витрати енергії, розтягнутість технологічного процесу, перевантаженість технологічної лінії приймання зерна великою кількістю обладнання та низьку ефективність його роботи.

Основними недоліками існуючої послідовності післязбиральної обробки вороху можна вважати наступне.

Транспортування та надходження до сушарки суміші зерна, отриманої тільки після попереднього очищення вороху, з порівняно високим вмістом крупних та дрібних часток і аеродинамічно легких та важких домішок відрізняється заниженою сипкістю, сприяє утворенню заторів, дестабілізує роботу транспортних механізмів і приводить до створення пожежонебезпечних ситуацій при експлуатації сушарок. Усунення цих недоліків можна досягти шляхом застосування перспективних транспортно-технологічних комплексів для суміщення операцій попереднього та первинного очищення зернової суміші до направлення її на сушіння.

До недоліків існуючої послідовності операцій технологічного процесу післязбиральної обробки зерна слід віднести і той факт, що направлена до сушарки тільки після попереднього очищення суміш доброякісного зерна складається з фракцій, які суттєво відрізняються своїми властивостями та можливими напрямками застосування зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення. Останні вимагають індивідуальних режимів сушіння та різних витрат енергії на їх обробку. Перехід на індивідуальні режими теплової обробки вказаних фракцій може здійснюватися суміщенням операцій сортування зерна та остаточного очищення безпосередньо перед відправкою їх до сушарки.

Основна частина. Практичні задачі по усуненню відмічених недоліків, на вирішення яких спрямовано аналіз, включають наступне:

- обґрунтування засад та визначення умов суміщення операцій попередньої обробки вороху та первинного очищення вологого зерна перед відправкою його до сушарки;

- встановлення вимог та пошуки напрямків розробки нових транспортно-технологічних комплексів або удосконалення існуючих сепараторів для одночасного попереднього та первинного очищення вологого зерна;

- визначення технічної раціональності та технологічної доцільності суміщення операцій сортування та остаточного очищення отриманих окремих фракцій вологого зерна безпосередньо перед відправкою для роздільного сушіння при оптимальних режимах кожної з фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення;

- пошуки можливостей та обґрунтування проектних рішень по удосконаленню існуючих сепараторів або створенню нових транспортно-технологічних комплексів для суміщення операцій сортування та остаточного очищення вологого зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення;

- узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень і розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху.

Вирішення поставлених завдань удосконалення технологічного процесу післязбиральної обробки вороху вимагає проведення наукових досліджень та розробки механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху. Конкретними напрямками удосконалення транспортно-технологічних систем є:

- розробка нових видів або модернізація існуючих решітно-повітряних скальператорів для попереднього сепарування вороху та очищення вологої зернової суміші від грубих та частково крупних домішок, що забезпечить підвищення сипкості об'єкту обробки, попередить утворення заторів у зернових потоках та стабілізує обробні і транспортні операції;

- модернізація наявних та створення нових ситових, аеродинамічних та інших за принципами дії транспортно-сепараторних комплексів для основного очищення вологого зерна від залишків крупних, дрібних та аеродинамічно легких і важких домішок, що усуне можливості локальних перегрівів, місцевих загорянь та виникнення пожежо-вибухонебезпечних ситуацій при експлуатації сушарок;

- створення проектних розробок технічних засобів, транспортних механізмів та накопичувальних емностей для приймання продуктів сортування очищеної вологої зернової суміші на фракції товарного, продовольчого та фуражного зерна і роздільного сушіння окремо кожної фракції при оптимальних режимах, відповідно до конкретних властивостей, призначення та наступного використання кожної з них, що сприятиме суттєвому скороченню витрат теплової енергії;

- підвищення загальної продуктивності системи шляхом раціональної компоновки машин, агрегатів, функціонально-технологічних ліній та комплексів транспортно-технологічним обладнанням відповідної продуктивності одного параметричного ряду, усуненням вузьких за продуктивністю місць та приведення до оптимальних значень ефективностей роботи суміжного устаткування;

- покращення якості продовольчого та фуражного зерна за рахунок застосування технологічно доцільних та технічно раціональних режимів сушіння окремих фракцій відповідно до конкретних властивостей їх часток і наступного їх призначення та застосування.

Реалізація викладених технологічних умов і поставлених технічних завдань, запропонованих з метою удосконалення процесів післязбиральної обробки зерна, може бути досягнута за рахунок вирішення загальних технічних проблем, до яких відноситься наступне:

- комплектація технологічних ліній, технологічних комплексів та агрегатів перспективними зразками нового або модернізованого обладнання;
- модернізація технологічних і транспортних машин з метою наближення їх продуктивності, ефективності, енергоємності та інших технічних характеристик до аналогічних середньостатистичних даних у промисловості;
- розширення функціонально-технологічного призначення та розробка універсального устаткування для забезпечення одночасного виконання попереднього і основного або основного та остаточного очищення зерна;
- суміщення зон функціонування та об'єднання технологічних завдань транспортування і технологічної обробки, проведення операцій ситового очищення та калібрування;
- використання відпрацьованих об'ємів теплоносія для попереднього підігрівання та підсушування зернової суміші перед основним очищенням, сортуванням та направленням отриманих фракцій на роздільне сушіння;
- застосування машин для повітряного сепарування з замкненими циклами повітряних режимів;
- комплексне використання інерційного, відцентрового, гравітаційного принципів очищення робочих агентів та їх фільтрування або циклонного очищення відпрацьованого повітря;
- оснащення системи післязбиральної обробки збіжжя додатковими транспортними засобами, ємностями, сушарками та системами автоматичного управління для роздільного сушіння розсортованого на фракції продовольчого, товарного та фуражного зерна.

Головним результатом аналізу мають бути рекомендації до створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного оснащення процесів післязбиральної обробки вороху, необхідні для обґрунтування параметрів, будови і режимів їх робочих органів та реалізації умов впровадження запропонованої послідовності операцій післязбиральної обробки вороху з питань усунення відмічених недоліків:

- транспортно-технологічний комплекс для попереднього очищення шляхом сепарування вороху, направлено на видалення з нього грубих включень та часткового виведення крупних та дрібних домішок в основному органічного походження, які відрізняються за шириною і товщиною часток та їх аеродинамічними властивостями. Вказані домішки не доцільно направляти до сушарок, оскільки вони знижують сипкість зернової сировини, спричиняють утворенню заторів у транспортних системах та в робочих зонах шахтних сушарок, сприяють порушенню нормальних температурних режимів сушіння і загалом дестабілізують роботу ліній;
- транспортно-технологічний комплекс для основного очищення зернової суміші від наявних у ній залишків крупних та дрібних домішок яке проводиться з метою видалення засмічень, що відрізняються довжиною, шириною, товщиною і формою часток та їх аеродинамічними, фізичними механічними та іншими властивостями. Особлива увага приділяється видаленню домішок органічного походження, низька температура запалювання яких часто приводить до локальних перегрівів, місцевих загорянь та виникненню пожеж в шахтах сушарок. Таким чином, проведення основного очищення зернової суміші перед відправкою її до сушарки дозволить запобігти створенню пожежонебезпечних ситуацій та попередити можливі втрати доброякісної зернової сировини;
- транспортно-технологічний комплекс для сортування зернової сировини на фракції виповненого, крупного, середнього, дрібного та щуплого зерна, які відрізняються за якістю, а, відповідно, і за цінністю їх товарного, продовольчого чи фуражного призначення. Кожна з отриманих фракцій відрізняється не тільки розмірами та аеродинамічними властивостями, але й має відмінні від інших вимоги до режимів сушіння, що відкриває можливості їх оптимізації окремо для кожної фракції, відповідного збереження їх переваг за призначенням і відкриває можливості раціональної економії тепла та інших енергетичних ресурсів у процесі подальшої обробки;
- транспортно-технологічний комплекс для роздільного сушіння окремих фракцій очищеного та відсортованого зерна за оптимальних теплових режимів та температурних обмежень, що дає змогу ефективного використання теплових ресурсів та виробничих можливостей сушарок, а також дозволяє максимально використовувати природній потенціал зернової сировини або можливого рівня продовольчого її використання;

— транспортно-технологічний комплекс для остаточної очистки зерна, яка виконується у відповідності з вимогами діючих кондицій, стандартів та технічних вимог щодо якості, стану, технологічних властивостей та умов подальшого використання очищеного зерна для реалізації та відпуску споживачам, як зернової сировини для переробки у продовольчі товари або застосування фуражного та шуплого зерна для виготовлення кормів.

Значимість аналізу та отриманих результатів для розв'язання економічних і соціальних проблем складається в тому, що його впровадження відкриває можливості суттєвого зниження непродуктивних витрат теплової та електричної енергії, дозволяє значно скоротити капітальні вкладення та витрати на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонтні роботи лінії приймання вороху та кондиціонування зернопродуктів і забезпечує підвищення ефективності роботи останньої та покращення якості готової продукції у вигляді товарного, продовольчого та фуражного зерна.

**Висновки.** Аналіз та сформульовані рекомендації щодо створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного оснащення процесів післязбиральної обробки вороху призначені для використання в науково-дослідних установах, проектно-конструкторських бюро і монтажно-налагоджувальних організаціях, на машинобудівних підприємствах, які займаються вирішенням проблеми технологічного забезпечення та технічного оснащення галузі зернозберігаючих та переробних підприємств України.

Реалізація викладених технологічних умов і поставлених технічних завдань, запропонованих з метою удосконалення процесів післязбиральної обробки зерна, рекомендується для впровадження у виробництво при:

— розробках транспортно-технологічних комплексів з метою наближення їх продуктивності, ефективності, енергоємності та інших технічних характеристик до аналогічних середньостатистичних даних у промисловості;

— розширенні функціонально-технологічного призначення та розробки універсального устаткування для забезпечення одночасного виконання попереднього і основного та остаточного очищення і сортування зерна;

— суміщенні зон функціонування та об'єднанні технічних завдань транспортування і технологічної обробки зернопродуктів.

Використання розроблених рекомендацій до створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху відкриває можливості стабілізації роботи обладнання для приймання та обробки зерна, підвищення його ефективності, скорочення витрат енергії та покращення якості готової продукції. Це підтверджує необхідність впровадження отриманих результатів для створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів і розробки нового та модернізації існуючого обладнання та використання прогресивних методів компоновки його в технологічні лінії, технологічні комплекси і агрегати.

Одержані результати досліджень будуть використані в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів, в наукових дослідженнях при підготовці кандидатів і докторів технічних наук, при підготовці публікацій у галузевих науково-практичних та виробничих журналах та виданнях з переліку ВАК. Отримані рекомендації щодо створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів будуть задіяні при підготовці підручника з технологічного устаткування борошномельних та круп'яних підприємств та при впровадженні лекційних курсів та нових лабораторних робіт у початковий процес підготовки фахівців інженерно-технічного напрямку галузі зберігання та переробки зерна.

### Література

1. Белобородов В.В., Мацук Ю.П., Кириевский В.П., Кузнецов А.Т. Подготовительные процессы переработки масличных семян – М.: Пищевая промышленность, 1974.
2. Демин Г.С., Павловский Г.Т., Теленгатор М.А., Цединовский В.М. Очистка зерна на хлебоприемных предприятиях. – М.: Колос, 1968. - 288 с.
3. Жемков В.С., Павлихин Г.И., Соловьев В.М. Механизация послеуборочной обработки зерна. Справочник. – М.: Колос, 1973. – 255 с.
4. Машины для послеуборочной обработки зерна. Учебники и учебные пособия для полготовки кадров массовых профессий. В.С.Окнин, И.В.Горбачев, А.А.Терехин, В.М.Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.