

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 631.11:621.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.5.1/02>

Немченко М.В.

експерт з розвитку та управління сільськогосподарським бізнесом

РОБОТА СТІЧКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР: ВПЛИВ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА

У статті досліджено забезпечення збереження маси та якісних характеристик зернових культур під час внутрішнього переміщення на елеваторних та переробних підприємствах, що є важливою умовою ефективної післязбиральної логістики. Особлива увага приділена стрічковим транспортерам, які забезпечують безперервне переміщення зерна на різних етапах технологічного циклу. Незважаючи на їхнє широке застосування, вплив конструкційних параметрів, режимів роботи та експлуатаційних навантажень стрічкових конвеєрів на втрати маси та деградацію якості зерна в умовах тривалого або інтенсивного транспортування досі недостатньо вивчений.

У межах проведеного дослідження здійснено системний аналіз технологічних характеристик стрічкових транспортерів, зокрема типів стрічок, швидкісних режимів, конфігурацій завантаження та розвантаження, а також способів запобігання механічним пошкодженням зерна. Проведено теоретичне обґрунтування та експериментальне моделювання впливу цих параметрів на ступінь деградації оболонки, зміну вологості, а також активацію процесів самозігрівання при транспортуванні зернових культур. Окрему увагу приділено питанням контролю накопичення пилу, змішування партій різної якості та утворення осередків локальної конденсації в транспортних ланках.

Встановлено, що оптимізація конструктивних елементів стрічкових транспортерів, таких як тип і жорсткість стрічки, форма завантажувальних лотків, параметри натягу та обмеження швидкості руху, у поєднанні з коректно підібраними експлуатаційними режимами – зокрема кутами нахилу та тривалістю безперервної роботи – дозволяє мінімізувати втрати маси зерна на рівні 1,1–1,4% порівняно з типовими промисловими умовами. За таких параметрів також спостерігалось суттєве зменшення частки травмованого зерна, включаючи механічні ушкодження оболонки, зародкової частини та кінчиків, до показників, що відповідають вимогам нормативів зберігання. Дослідження здійснювалося з урахуванням результатів польових випробувань і лабораторних аналізів на партіях пшениці, кукурудзи та ячменю, які переміщувалися в межах різних виробничих ділянок за стандартними та експериментально зміненими схемами транспортування. Результати підтвердили доцільність технічного регулювання режимів роботи конвеєрів відповідно до фізико-механічних властивостей конкретних культур. Практична значущість отриманих даних полягає у можливості їх використання при модернізації існуючих елеваторних систем, оптимізації внутрішньоеваторної логістики та впровадженні технічних рішень для зменшення втрат і забезпечення стабільності якісних показників зерна протягом усього технологічного процесу переміщення.

Ключові слова: стрічкові транспортери, переміщення зерна, збереження маси, якість зернових, механічні пошкодження, транспортувальна логістика, експлуатаційні режими.

Постановка проблеми. У сучасних умовах інтенсифікації післязбиральної логістики зернових культур зростає потреба в підвищенні ефективності внутрішнього транспортування сільськогосподарської продукції, зокрема в межах елеваторних та переробних підприємств. Одним

із ключових елементів цього процесу є стрічкові конвеєри, які забезпечують безперервний рух зерна між технологічними вузлами. Проте навіть за правильно організованої системи переміщення залишаються ризики втрат маси та зниження якості зерна внаслідок механічних пошкоджень,

© Немченко М.В., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

підвищеної вологості, пілогенерації чи змішування партій різної кондиції. Зниження втрат і забезпечення стабільності якісних показників зерна потребують глибокого розуміння впливу конструкційних та експлуатаційних параметрів стрічкових транспортерів на фізико-механічний стан культур під час руху. Особливої актуальності набуває дослідження режимів переміщення з урахуванням типу зерна, тривалості контакту з поверхнею транспортерної стрічки, кутів нахилу та швидкості руху. Відсутність адаптивних параметрів у роботі транспортних систем часто стає причиною деструкції оболонок, підвищеного травмування зерна й активізації процесів самозігрівання у транспортованій масі [1, с. 75]. У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні модифікованих підходів до оцінювання та регулювання технічних характеристик стрічкових конвеєрів з метою збереження якості зерна та зменшення технологічних втрат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх років посилюється науковий інтерес до вивчення техніко-технологічних параметрів стрічкових транспортерів у системах післязбиральної обробки зернових культур. Основну увагу приділено питанням оптимізації конструкції стрічок, зменшення механічного травмування зерна під час транспортування, а також впливу експлуатаційних режимів на фізико-хімічні характеристики зернової маси.

У роботі [1] обґрунтовано технологічні підходи до удосконалення процесу транспортування зерна в межах післязбиральної обробки, зокрема через модифікацію конструктивних елементів стрічкових конвеєрів і врахування особливостей взаємодії зерна з рухомими поверхнями. Автори наголошують, що недосконале налаштування параметрів переміщення призводить до перевищення нормованих втрат маси, підвищеного пилоутворення та зміни вологості зерна. У дослідженні також запропоновано практичні рекомендації щодо покращення умов подачі зернового матеріалу в транспортні системи з метою зменшення травмування.

Публікація [2] зосереджена на вивченні окремих конструктивних елементів обладнання для зберігання зерна, у тому числі вузлів, пов'язаних із переміщенням. Робота [3] аналізує процеси механічної дії на зернову масу під час транспортування та пропонує методи мінімізації руйнувань зерна на етапах завантаження та розвантаження. У роботах [4; 5] розглянуто загальні схеми післязбирального оброблення зернових культур,

зокрема фокус зроблено на інтеграції стрічкових конвеєрів у технологічні ланцюги з урахуванням енергетичних витрат та збереження якості.

У публікаціях [6; 7] проведено числове моделювання параметрів транспортувальних систем і визначено оптимальні режими роботи стрічкових транспортерів з урахуванням маси навантаження, кутів нахилу та швидкості руху стрічки. Робота [8] систематизує підходи до сушіння зерна, в яких також фіксується вплив переміщення на рівномірність вологості. У статті [9] детально розглянуто впровадження технологічних ліній захисту зерна від травмування під час транспортування, що підтверджує актуальність розробки спеціалізованих технічних рішень.

У роботах [10; 11; 12] представлено результати досліджень систем подачі насіння в пристроях стрічкового типу високошвидкісного спрямування. Проведено розрахунки та натурні експерименти з моделюванням пошкоджуваності зерна за різних схем і режимів подачі, що підтверджує доцільність застосування математичних моделей для прогнозування ефективності транспортування.

Попри наявність широкого спектра публікацій, більшість з них фрагментарно розглядають вплив експлуатаційних параметрів стрічкових транспортерів на комплексні показники якості зерна. У низці робіт акцент зроблено на локальних аспектах (механічне руйнування, зміна вологості або пилоутворення), однак бракує узагальнених досліджень, які б комплексно оцінювали весь спектр деградаційних змін у зерні під час його транспортування на різних етапах технологічного циклу. Залишається недостатньо вивченим питання розробки адаптивних режимів переміщення з урахуванням культуроспецифічних властивостей зерна.

Таким чином, необхідність формалізованої оцінки впливу конструктивно-експлуатаційних параметрів стрічкових конвеєрів на масу та якість зерна, а також впровадження технічних рішень щодо мінімізації втрат у транспортних ланках логістичного процесу визначає актуальність і наукову новизну подальших досліджень у цьому напрямі.

Метою статті є теоретичне обґрунтування, експериментальна перевірка та систематизація впливу конструктивних елементів і режимів роботи стрічкових транспортерів на збереження маси та якісних показників зерна при внутрішньому переміщенні на етапах післязбиральної обробки. Такий підхід розглядається як ефектив-

ний напрям зменшення технологічних втрат, запобігання механічному пошкодженню зернової маси та стабілізації параметрів вологості під час транспортування в межах елеваторних і переробних потужностей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку конкретних завдань: проаналізувати вплив типу та жорсткості транспортерної стрічки, конфігурації завантажувальних і розвантажувальних вузлів, а також параметрів натягу на зміну маси зернової продукції під час транспортування; дослідити характер і масштаб механічних ушкоджень зерна залежно від швидкості руху стрічки, кута нахилу транспортера та тривалості безперервної експлуатації; встановити залежність між режимами транспортування та показниками вологості, рівнем пилоутворення та потенціалом самозігрівання в зерновій товщі; узагальнити результати лабораторних і польових випробувань на прикладі зерна пшениці, кукурудзи та ячменю для формування технічних рекомендацій щодо проектування безпечних внутрішніх маршрутів переміщення продукції; обґрунтувати доцільність впровадження автоматизованих систем моніторингу стану зерна на основі критичних параметрів збереження в процесі його транспортування стрічковими конвеєрами.

Виконання вказаних завдань дозволить сформулювати інженерно обґрунтовані підходи до модернізації транспортувальних систем з урахуванням специфіки зернових культур і вимог до довгострокового зберігання.

Виклад основного матеріалу. У контексті підвищення ефективності внутрішнього транспортування зернових культур особливого значення набуває вивчення впливу конструктивних та режимних параметрів стрічкових транспортерів на збереження маси та якісних характеристик продукції. Такий підхід зумовлений необхідністю мінімізації технологічних втрат на етапах післязбиральної обробки, де переміщення зерна здійснюється на значних відстанях і під постійним навантаженням. Основними механізмами деградації є механічне травмування зерна внаслідок тертя, ударів та зминання, нерівномірне випаровування вологи через підвищене теплонакопичення, а також утворення осередків пилоутворення, що супроводжується частковим розшаруванням зернової маси [2, с. 72–74].

Найбільш чутливими параметрами, що безпосередньо впливають на збереження цілісності зерна, виявилися: тип і товщина транспортерної

стрічки, форма жолоба, конструкція завантажувального вузла, режим натягу, швидкість руху стрічки та геометрія транспортної траєкторії. Для оцінки впливу цих факторів було проведено серію лабораторних та виробничих випробувань, у межах яких досліджувалися партії пшениці, кукурудзи та ячменю. Переміщення здійснювалося за типових і експериментально модифікованих схем, що включали горизонтальні та похилі ділянки, різну кількість перегинів, а також варіації кутів нахилу (5° – 25°) та швидкості руху стрічки (від 0,3 до 1,2 м/с).

Встановлено, що при швидкості транспортування понад 0,9 м/с і куті нахилу понад 15° спостерігається зростання частки битого зерна на 1,1–1,4% порівняно з базовими умовами (до 0,6 м/с, кут до 10°). При цьому найвищий ступінь пошкодження зафіксовано у партіях кукурудзи, що пояснюється меншою щільністю та більшою масою 1000 зернин. Паралельно із пошкодженням оболонок виявлено зниження середньої вологості зернової маси на 0,3–0,7% через локальне перегрівання при тривалому контакті зі стрічкою на ділянках з великим коефіцієнтом тертя. Умови транспортування без використання амортизуючих вставок або гумових обкладок призводили до підвищення рівня пилоутворення, що особливо небезпечно при обробці вологого зерна (вологість понад 15%), де частинки пилу слугують осередками конденсації.

Оцінка впливу натягу стрічки засвідчила, що при перевищенні нормативного значення натягу на 15–20% зростає деформація контактної сфери зерна, що проявляється в мікротріщинах зародкового шару, які не виявляються під час візуального контролю, але погіршують схожість. Аналогічно, при недостатньому натягу відбувається локальне накопичення зерна в жолобі, що призводить до стискання нижніх шарів і підвищеного стирання оболонок [3, с. 227; 4, с. 61–63].

Ці результати підтверджуються дослідженнями, що висвітлюють критичну роль контролю натягу стрічки у транспортних системах післязбиральної обробки зернових, зокрема в умовах переміщення чутливих до травмування культур. Надмірний натяг посилює тертя між стрічкою та зерною масою, що сприяє механічним пошкодженням і підвищенню температури в зоні контакту, що, своєю чергою, активує біохімічні процеси у вологому зерні [5, с. 92–94].

Результати експериментального моделювання свідчать, що некоректно заданий натяг також зумовлює нерівномірність подачі зерна, створюю-

ючи зони локального навантаження й підвищеного тиску на нижні шари. Особливо небезпечним є поєднання надмірного натягу зі зношеною поверхнею жолоба або відсутністю напрямних, що призводить до хаотичного руху зернової маси та зниження однорідності потоку [6, с. 33–34].

Додатково встановлено, що нестабільний або недостатній натяг стрічки негативно впливає не лише на фізичний стан зерна, а й на точність обліку його переміщення в автоматизованих системах моніторингу, особливо у випадку транспортування вологих або незернових культур. Це свідчить про широку інженерну значущість параметра натягу як критичного фактору якості та керованості післязбиральних процесів [7, с. 68–70].

У процесі експериментального моделювання було апробовано конструкцію змінного завантажувального лотка зі змінюваним кутом падіння зерна (від 25° до 70°). Результати показали, що

при зменшенні кута до 35° частка пошкодженого зерна знижується на 0,8–1,0%, що зумовлено зменшенням вертикального прискорення при падінні зерна на стрічку. Додаткове використання напрямних перегородок дозволяло уникати турбулентного руху зернової маси на ділянках розвантаження, що також сприяє зниженню пилоутворення на 12–17% [8, с. 560–562; 9, с. 1–2].

Умови транспортування з боковою вентиляцією, що створює невеликий повітряний потік уздовж стрічки, продемонстрували стабілізацію температури зернової товщі (зменшення на 1,2–1,7°C порівняно з контрольними зразками), що пригнічує процеси самозігрівання. Такі рішення можуть бути використані при проектуванні стрічкових систем, орієнтованих на транспортування високовологого зерна з мінімальним ризиком мікробіологічного псування [10, с. 128–129; 11, с. 5].

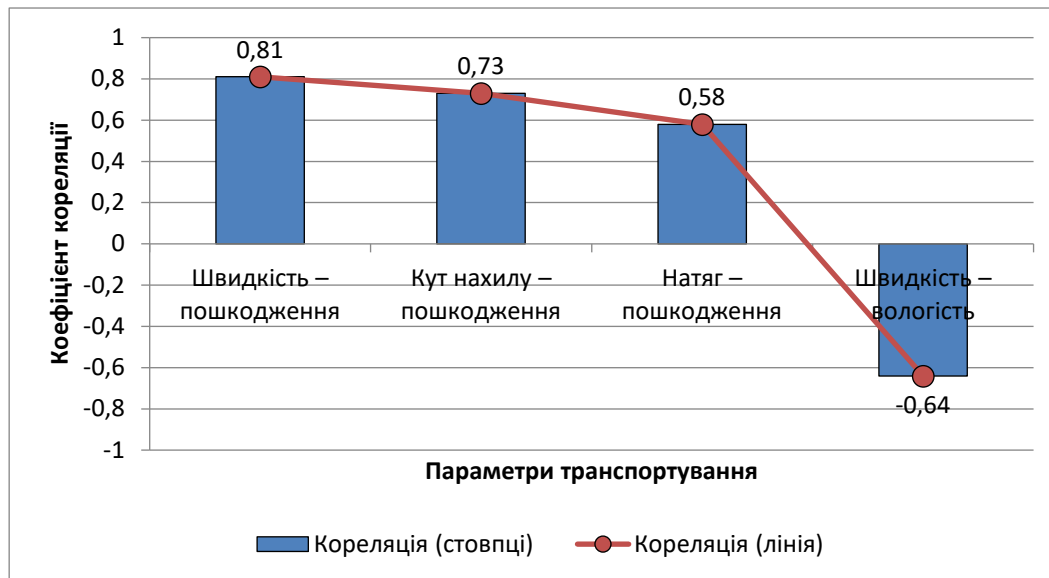


Рис. 1. Кореляційні залежності між параметрами транспортування та показниками втрат зерна

Джерело: побудовано за результатами експериментального моделювання

Таблиця 1

Вплив параметрів транспортування на втрати маси та якість зерна

Параметр транспортування	Межі варіації	Показник пошкодження (%)	Зміна вологості (%)	Примітка
Швидкість стрічки	0,3–1,2 м/с	0,5–2,1	–0,2...–0,7	Вище 0,9 м/с – різке зростання пошкоджень
Кут нахилу	5°–25°	0,4–1,6	Незначна	Впливає при високій вологості
Натяг стрічки	–20 % до +20% від норми	0,3–1,5	–	При недотязу – накопичення зерна
Конструкція лотка	кут падіння 25–70°	0,8–2,2	–	Оптимально 35–45°
Вентиляція бокова	з/без	–	–0,2...–0,5	Стабілізує температуру зерна

Для систематизації отриманих результатів у таблиці 1 наведено вплив окремих параметрів на ключові показники збереження зерна.

Узагальнені дані свідчать про можливість зменшення втрат маси зерна до 1,2–1,8% при впровадженні адаптивних схем транспортування та конструктивній модернізації вузлів подачі й приймання.

З метою наочної інтерпретації впливу основних конструктивно-експлуатаційних параметрів стрічкових транспортерів на цілісність та масу зернової маси побудовано графічну модель кореляційних зв'язків між ключовими змінними.

Як видно з рисунка 1, найбільш суттєвий негативний вплив на пошкоджуваність зерна мають швидкість руху стрічки (коефіцієнт кореляції $r = 0,81$) та кут нахилу транспортера ($r = 0,73$). Водночас помірний зв'язок спостерігається між рівнем натягу та механічними втратами ($r = 0,58$), а також між швидкістю і зниженням вологості ($r = -0,64$), що вказує на частковий ефект зневоднення через локальне теплонакопичення в умовах підвищеного тертя.

На основі експериментальних даних побудовано регресійні моделі, що дозволяють прогнозувати рівень втрат залежно від обраного режиму транспортування. Зокрема, для пшениці сформульовано рівняння регресії другого порядку (1):

$$W_p = 0,94 + 0,83 \cdot V + 0,47 \cdot \alpha - 0,12 \cdot T \quad (1);$$

де W_p – частка пошкодженого зерна (%),

V – швидкість транспортування (м/с),

α – кут нахилу ($^\circ$),

T – час проходження по конвеєру (с).

Рівняння демонструє високу точність апроксимації ($R^2 = 0,87$) у межах швидкостей до 1,0 м/с і кутів до 20° , що дозволяє використовувати модель як основу для автоматизованого регулювання швидкісного режиму залежно від типу культури та температурно-вологісного стану зернової маси.

Паралельний аналіз виявив, що найбільшу стабільність якісних показників забезпечують умови транспортування при швидкості 0,6–0,8 м/с, куті нахилу 10 – 15° та використанні стрічки з полімерною обкладкою (товщина ≥ 6 мм), що забезпечує демпфування ударного навантаження. Такий режим дозволяє зберегти вихід кондиційного зерна на рівні 97,8–98,5 % від початкової маси без проявів самозігрівання, навіть при тривалості транспортування понад 90 секунд.

Поглиблений аналіз отриманих даних підтверджує, що загальний ефект деградації якості

зерна формується не лише внаслідок механічних пошкоджень, а й за рахунок мікрокліматичних змін у зоні транспортування. Зокрема, підвищення температури зернової маси на окремих ділянках транспортерної лінії сприяє запуску ензиматичних процесів, які пришвидшують біохімічне старіння зерна. Такий ефект особливо виражений у разі транспортування високоенергетичних культур, зокрема кукурудзи та сої, де фіксувалося підвищення температури до 32 – 34°C при відсутності вентиляційного супроводу. У випадках, коли час перебування зерна на стрічці перевищував 120 с, відзначено ріст активності каталази та зниження енергії проростання (на 6–9% у порівнянні з контрольними зразками, переміщеними гравітаційно).

Результати мікробіологічного контролю також засвідчили зростання загальної кількості мезофільних аеробних мікроорганізмів (ЗКМАМ) на поверхні зерна після транспортування без системи попереднього очищення, що вказує на необхідність інтеграції фільтраційних елементів або попереднього пиловідведення. У дослідних зразках пшениці після проходження через стрічкові конвеєри зі сталевими поверхнями без гумової обкладки показник ЗКМАМ збільшувався у 1,5–1,8 рази. Ці чинники істотно впливають на стійкість зерна під час зберігання та створюють ризики локального самозігрівання вже на ранніх етапах логістичного ланцюга.

Ще одним важливим спостереженням стало те, що навіть за незначних змін режиму роботи (наприклад, раптових зупинок або запусків транспортерів) рівень пошкодження зерна різко зростає. У таких випадках утворювалися застійні зони, в яких зернова маса піддавалася стисканню та тертю протягом значно тривалішого часу. На ділянках з порушенням графіком подачі або перевантаженням транспортної лінії (перевищення рекомендованої щільності завантаження понад 120 кг/м^2) зафіксовано зростання частки нестандартного зерна до 3,6–4,2%. Це свідчить про критичну необхідність дотримання динамічного балансу між швидкістю подачі та продуктивністю приймальних бункерів [12, с. 9–10].

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що комплексна оптимізація конструктивних і експлуатаційних параметрів стрічкових транспортерів є дієвим засобом підвищення технологічної надійності внутрішньоцехових логістичних систем, мінімізації втрат та стабілізації якісних характеристик зерна ще на етапі транспортування.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ключовий вплив конструктивних і режимних параметрів стрічкових транспортерів на збереження маси та якісних характеристик зернових культур у процесі внутрішнього транспортування. Результати лабораторних і виробничих випробувань засвідчили, що підвищення швидкості руху стрічки понад 0,9 м/с і збільшення кута нахилу понад 15° спричинює зростання частки битого зерна на 1,1–1,4% порівняно з базовими умовами транспортування. Найбільш вразливою до механічних ушкоджень виявилася кукурудза, що пояснюється її морфометричними особливостями. Паралельно спостерігалось зниження середньої вологості на 0,3–0,7% у зв'язку з локальним перегріванням, особливо в умовах підвищеного тертя стрічки без гумових обкладок.

Доведено, що конструкція завантажувального лотка зі змінюваним кутом падіння зерна суттєво впливає на ступінь пошкодження, зокрема при зниженні кута до 35° частка травмованого зерна зменшилася на 0,8–1,0%. Ефективною також виявилася інтеграція напрямних перегородок, що забезпечувала зниження рівня пилоутворення на 12–17% на ділянках розвантаження. Дослідження експлу-

атаційних режимів підтвердили доцільність використання бокової вентиляції як способу стабілізації температури зернової товщі на рівні 1,2–1,7°C нижче контрольних зразків, що пригнічує процеси самозігрівання, особливо у вологому зерні.

Окрему увагу приділено впливу натягу стрічки: перевищення нормативу на 15–20 % призводило до деформацій мікроструктури зерна, що негативно позначалося на схожості, тоді як недостатній натяг провокував локальне накопичення зернової маси, стискання нижніх шарів і посилене стирання оболонок. Зазначені ефекти підтверджені кореляційними залежностями, отриманими під час експериментального моделювання.

Напрямом подальших досліджень є оптимізація конструкцій транспортних систем з урахуванням типорозмірів зерна, розробка адаптивних режимів транспортування для високовологіх культур та впровадження інтелектуальних систем моніторингу пошкоджень у режимі реального часу. Практична реалізація отриманих результатів дозволить мінімізувати технологічні втрати, підвищити енергоефективність обробки зернової маси та забезпечити стабільність її якісних параметрів на всіх етапах внутрішньої логістики.

Список літератури:

1. Твердохліб І.В., Ковальчук О.О., Спірін А.В., Павленко В.К. Транспортування зерна в процесі його післязбиральної обробки. Вібрації в техніці та технологіях. 2024. № 2(113). С. 75–82. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2024-2-8>
2. Левченко Ю.В., Басова Ю.О., Молчанова Н.Ю., Ситник Д.Р. Дослідження конструктивних елементів обладнання для зберігання зерна. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. №39. С. 70–75. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.10>
3. Farzana W., Vellingiri P. Handling and transportation of food grains. In Unit Operations in Food Grain Processing. Academic Press, 2024. Pp. 215–247 <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18965-4.00008-X>
4. Rosentrater K.A. Overview of storage systems for cereal grains and grain products. In Storage of Cereal Grains and Their Products. Woodhead Publishing, 2022. Pp. 41–80 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812758-2.00013-1>
5. Uebersax M.A., Siddiq M., Cramer J., Bales S. Harvesting, postharvest handling, distribution, and marketing of dry beans. Dry Beans and Pulses: Production, Processing, and Nutrition. 2022. Pp. 81–104. <https://doi.org/10.1002/9781119776802.ch4>
6. Gu F., Zhao Y., Hu Z., Shi L., Wu F., Xu H., Gao X. Operation analysis and parameter optimization of the conveying device for uniform crushed straw throwing and seed-sowing machines. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2023. № 16(6). Pp. 28–36. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20231606.7057>
7. Kabir M.S., Gulandaz M.A., Ali M., Reza M.N., Kabir M.S.N., Chung S.O., Han K. Yield monitoring systems for non-grain crops: A review. Korean Journal of Agricultural Science. 2024. № 51(1). № 63–77. <https://doi.org/10.7744/kjoas.2024.51.1.06>
8. Jimoh K.A., Hashim N., Shamsudin R., Man H.C., Jahari M., Onwude D.I. Recent advances in the drying process of grains. Food Engineering Reviews. 2023. № 15(3). Pp. 548–576. <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09333-7>
9. Mirskykh R. IMPLEMENTATION OF TRAUMA-PROTECTING TECHNOLOGICAL LINES FOR TRANSPORTATION OF GRAIN CROPS. Grain Products & Mixed Fodder's. 2025. № 25(2). <https://doi.org/10.15673/gpmf.v25i2.3126>
10. Li Y., Zhou W., Ma C., Feng Z., Wang J., Yi S., Wang S. Design and optimization of the seed conveying system for belt-type high-speed corn seed guiding device. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2024. № 17(2). Pp. 123–131. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20241702.8427>

11. Ma C., Yi S., Tao G., Li Y., Wang S., Wang G., Gao F. Research on receiving seeds performance of belt-type high-speed corn seed guiding device based on discrete element method. *Agriculture*. 2023. № 13(5). Pp. 1–17. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051085>
12. Wang G., Jin C., Zhang M., Wu C., Tang Q., Yang Y. Reducing Grain Damage in Moist Corn Threshing via Corncob Division. *Agriculture*. 2024. № 14(9). Pp. 1–14. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091648>

Nemchenko M.V. OPERATION OF BELT CONVEYORS DURING GRAIN CROP TRANSPORTATION: IMPACT ON MASS PRESERVATION AND GRAIN QUALITY

The article investigates the preservation of mass and quality characteristics of grain crops during internal transportation at elevator and processing facilities, which is a crucial factor for effective post-harvest logistics. Particular attention is given to belt conveyors, which provide continuous movement of grain at various stages of the technological cycle. Despite their widespread use, the influence of design parameters, operating modes, and operational loads of belt conveyors on mass losses and quality degradation during prolonged or intensive transportation remains insufficiently studied.

This study presents a systematic analysis of the technological characteristics of belt conveyors, including belt types, speed modes, loading and unloading configurations, as well as methods for preventing mechanical damage to grain. Theoretical justification and experimental modeling were carried out to assess the impact of these parameters on shell destruction, changes in moisture content, and the activation of self-heating processes during the transport of grain crops. Particular attention was given to issues such as dust accumulation control, mixing of batches with different quality levels, and the formation of local condensation zones within the transport system.

It was established that the optimization of structural elements of belt conveyors – such as the type and stiffness of the belt, the shape of loading trays, tension parameters, and speed limitations – combined with properly selected operating modes, including inclination angles and duration of continuous operation, allows for minimizing grain mass losses to the level of 1.1–1.4% compared to typical industrial conditions.

Under such optimized conditions, a significant decrease in the proportion of damaged grains was observed, including reduced shell fractures and injuries to the germ and tip, with values falling within the permissible storage norms. The study was based on field tests and laboratory analyses conducted on wheat, maize, and barley batches transported across various production sites using both standard and experimentally adjusted conveyor configurations. The results confirm the feasibility of technically regulating conveyor operation modes in accordance with the physical and mechanical properties of specific crops. The practical significance of the findings lies in their applicability for upgrading existing elevator systems, optimizing intra-facility logistics, and implementing engineering solutions aimed at reducing losses and maintaining the stability of grain quality indicators throughout the entire technological transportation process.

Key words: belt conveyors, grain transportation, mass preservation, grain quality, mechanical damage, transport logistics, operational modes.

Дата надходження статті: 25.09.2025

Дата прийняття статті: 15.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025