

ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОІНЖЕНЕРНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАГОНІВ НА СТИКУ УКРАЇНСЬКОЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Диня В., канд. тех. наук, доцент,
e-mail: DunyaVolodya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0008-908X>
Бережанський агротехнічний інститут
Диня У.,
e-mail: uljanka1406@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-4413-8674>
ВСП «Бережанський фаховий коледж» НУБіП України

Анотація

Мета. У статті здійснено комплексний огляд і аналіз сучасного обладнання, що використовується для виконання розвантажувально-навантажувальних робіт із зернових вагонів на переробних підприємствах. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності транспортно-логістичних процесів у агропромисловому комплексі України, оскільки значні обсяги зернових культур транспортуються саме залізничним транспортом. Затримки під час виконання вантажних операцій, втрати продукції та високі експлуатаційні витрати істотно знижують економічні показники діяльності підприємств, що вимагає пошуку сучасних технічних рішень і впровадження інноваційних технологій.

Методи. У ході дослідження проаналізовано найбільш поширені типи обладнання: стрічкові, скребкові та шнекові транспортери, вагоноперекидачі, пневмотранспортні системи, перевантажувальні машини та комплексні автоматизовані лінії. Визначено їхні конструктивні особливості, функціональні можливості, продуктивність, рівень енергоефективності та ступінь автоматизації. Порівняльний аналіз засвідчив, що традиційні механізовані системи мають нижчу ефективність і вищі енерговитрати, водночас сучасні автоматизовані комплекси дають змогу скоротити тривалість операцій на 20-30%, знизити втрати зерна до 0,3-0,5% та забезпечити стабільність технологічного процесу.

У статті підкреслено доцільність модернізації наявного обладнання та впровадження нових технічних рішень, орієнтованих на енергоощадність, безпеку та зниження трудомісткості робіт. Особливу увагу приділено перспективам використання інтелектуальних систем керування, дистанційного моніторингу та модульних конструкцій, що забезпечують гнучкість і адаптивність обладнання до різних виробничих умов.

Результати. Дослідження можуть бути використані як теоретична й практична база для вибору, проектування та вдосконалення обладнання на переробних підприємствах і перевалочних базах. Подальші наукові дослідження спрямовані на прогнозування продуктивності та надійності обладнання, оптимізацію його параметрів відповідно до конкретних умов експлуатації та апробацію інноваційних рішень у виробничій діяльності.

Висновки. Удосконалення технологій перевантаження зернових вагонів є стратегічним напрямом розвитку національної логістичної інфраструктури. Реалізація запропонованих технічних та організаційних рішень сприятиме підвищенню ефективності експорту українського зерна, зменшенню логістичних витрат та інтеграції України у європейський логістичний простір.

Ключові слова: зернові вагони, розвантажувально-навантажувальні роботи, обладнання, транспортери, вагоноперекидачі, автоматизація, переробні підприємства.



Вступ. Ефективна організація розвантажувально-навантажувальних робіт із зернових вагонів на переробних підприємствах є важливою складовою логістичного ланцюга агропромислового комплексу України. Значні обсяги перевезень зерна залізничним транспортом вимагають застосування високопродуктивного та надійного обладнання, здатного забезпечити безперебійність виробничих процесів, зниження втрат продукції та підвищення економічної ефективності підприємств [Державна служба статистики України, 2025]. У сучасних умовах розвитку зернопереробної галузі особливого значення набувають питання модернізації технічних засобів, упровадження інноваційних технологій і раціонального використання обладнання для механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій [Shramenko et al., 2019; Zakharchuk et al., 2025]. Проведення огляду та аналізу існуючих технічних рішень дасть змогу виявити їхні переваги й недоліки, визначити напрями вдосконалення обладнання та обґрунтувати доцільність упровадження новітніх конструкцій, що сприятиме підвищенню ефективності роботи переробних підприємств і конкурентоспроможності аграрного сектору [Kozachenko et al., 2017; Арт Порт, 2025; Momynkulova et al., 2025].

Подальший розвиток розвантажувально-навантажувальних систем повинен ґрунтуватися на комплексному підході, який поєднує технічні, технологічні та організаційні заходи. Особливої актуальності набуває оптимізація процесів перевантаження зерна з урахуванням сезонних коливань вантажопотоків, обмежень пропускної спроможності інфраструктури та вимог до якості продукції. Використання автоматизованих систем керування, датчиків контролю заповнення та стану обладнання, а також цифрових моделей виробничих процесів дає змогу мінімізувати простої вагонів, скоротити час обробки вантажів і знизити експлуатаційні витрати [Aksentijević et al., 2020; Вернигора ін., 2024].

Важливим напрямом є адаптація існуючих технічних рішень до умов інтеграції української транспортної системи з європейською, зокрема з урахуванням різниці ширини колії та стандартів експлуатації. Це потребує впровадження універсального обладнання, здатного працювати з різними типами рухомого складу, а також розвитку перевантажувальних терміналів на стику транспортних систем [Рустамов, 2020; Афанасова, 2024; Lousada et al., 2024]. Раціональна організація таких процесів сприятиме підвищенню швидкості експортних операцій, зменшенню логістичних витрат і зміцненню позицій України на світовому ринку зерна.

Отже, вдосконалення технологій розвантаження та навантаження зернових вагонів є одним із ключових чинників підвищення ефективності роботи переробних підприємств і розвитку аграрної логістики в цілому.

Постановка завдань. В умовах зростання обсягів виробництва та експорту зернових культур питання ефективності транспортно-логістичних операцій набуває особливої ваги. Значна частина зерна доставляється на переробні підприємства залізничним транспортом, що зумовлює необхідність швидкого, надійного та економічно обґрунтованого виконання розвантажувально-навантажувальних робіт. Наявне обладнання, яке використовується на багатьох підприємствах, часто не відповідає сучасним вимогам щодо продуктивності, енергоефективності, рівня автоматизації та безпеки. Це призводить до підвищених втрат зерна, збільшення тривалості технологічних процесів і зростання виробничих витрат [Мурадян, 2020; Вернигора та ін., 2024; Березовий та ін., 2023].

У таблиці 1 наведені представлені ключові проблеми, що характеризують роботу розвантажувально-навантажувальних комплексів.

Таким чином, виникає потреба у комплексному огляді та аналізі існуючих технічних рішень, визначенні їхніх переваг і недоліків, а також у пошуку пер-

Таблиця 1 – Основні проблеми функціонування розвантажувально-навантажувальних комплексів

Проблема	Характер прояву	Наслідки для виробництва
Низька технічна продуктивність обладнання	Повільне вивантаження зерна з вагонів	Зниження пропускної спроможності підприємства
Високий рівень енерговитрат	Застарілі приводні механізми та низька енергоефективність	Збільшення собівартості розвантаження
Недостатня автоматизація	Ручне керування, відсутність автоматичного керування	Людський фактор, більша кількість персоналу
Високі втрати зерна під час операцій	Недосконала герметизація та подача зерна	Матеріальні збитки, зниження якості продукції
Зношення обладнання	Експлуатується застарілого обладнання	Часті зупинки, підвищений ризик поломок
Низький рівень безпеки праці	Відсутність сучасних систем захисту	Травмонебезпечність, порушення норм охорони праці
Відсутність доступу до логістики	Немає раціонального транспортного сполучення	Прості вагонів і неефективне використання техніки

спективних напрямів удосконалення обладнання для забезпечення ефективності функціонування переробних підприємств [Вернигора та ін., 2024].

Методи і матеріали. Методологічною основою цієї статті є системний підхід до дослідження процесів розвантаження та навантаження зернових вантажів на стику української та європейської транспортних систем. У межах роботи застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, що дають змогу всебічно оцінити ефективність технічних і технологічних рішень у сфері зернової логістики.

Основними методами дослідження є аналіз і синтез, які використано для узагальнення наукових публікацій, нормативно-технічної документації та практичного досвіду експлуатації перевантажувального обладнання. Порівняльний метод застосовано для зіставлення різних технологій перевантаження зерна (гравітаційних, механізованих, контейнерних) з урахуванням їхньої продуктивності, енергоємності та експлуатаційних витрат. Метод техніко-економічного аналізу використано для оцінювання ефективності впровадження сучасних перевантажувальних комплексів і автоматизованих систем керування.

Для дослідження параметрів функціонування розвантажувально-наванта-

жувальних процесів застосовано методи математичного моделювання та елементів імітаційного моделювання. Це дало змогу проаналізувати вплив тривалості окремих операцій, простоїв рухомого складу та пропускної спроможності обладнання на загальну ефективність логістичного ланцюга. Статистичні методи обробки даних застосовано для узагальнення показників роботи зернопереробних підприємств і прикордонних перевантажувальних терміналів.

Матеріалами дослідження слугували дані відкритих наукових джерел, звіти транспортно-логістичних компаній, інформація підприємств зернопереробної галузі, а також нормативні документи України та Європейського Союзу у сфері залізничних перевезень і перевантаження сипких вантажів. Додатково використано аналітичні матеріали міжнародних організацій підтверджують актуальність розвитку експортної логістики зерна та інтеграції транспортної інфраструктури [Prytula et al., 2023].

Сукупність використаних методів і матеріалів забезпечує обґрунтованість отриманих результатів та дає змогу сформулювати практичні рекомендації щодо оптимізації процесів перевантаження зернових вагонів.

У процесі дослідження використано комплексний підхід, що поєднує аналіз наукових джерел, технічної документації та виробничої практики. Для досягнення поставленої мети застосовано аналітичний метод, який допоміг систематизувати інформацію щодо конструкцій і принципів роботи машин, які використовуються при виконанні розвантажувально-навантажувальних операцій із зернових вагонів, а також залучення фахівців для визначення практичної ефективності та доцільності використання окремих технічних рішень у практиці.

У ході досліджень виконано оцінку технічних характеристик, продуктивності, енергоефективності та рівня автоматизації різних типів машин та обладнання. Проведено узагальнення отриманих результатів і формування висновків щодо переваг, недоліків і перспектив удосконалення обладнання [Дацишин, 2008; Богомолів та ін., 2014].

Дослідження базується на вивченні вітчизняного та зарубіжного досвіду експлуатації обладнання, а також на використанні статистичних даних щодо ефективності його застосування на переробних підприємствах.

Результати. У ході проведених досліджень встановлено, що розвиток технологій розвантаження та перевантаження зернових вагонів під час експорту зерна до європейських країн визначається низкою технічних, логістичних і нормативних факторів, серед яких ключовим є розбіжність ширини залізничних колій між українською (1520 мм) та європейською (1435 мм) системами. Ця різниця створює необхідність у додаткових операціях перевантаження зерна на прикордонних терміналах, що суттєво впливає на швидкість, собівартість і якість транспортного процесу.

Аналіз роботи діючих перевантажувальних комплексів (Чоп, Ізов, Мостиська, Вадул-Сірет, Ягодин та ін.) засвідчив, що ефективність перевалки зерна залежить від рівня технічного оснащення, автоматизації процесів та інфраструктурної

готовності терміналів. Встановлено, що найбільш продуктивними є комбіновані системи перевантаження, у яких поєднуються механічні (стрічкові, шнекові, скребкові транспортери) та пневматичні способи подачі зерна. Такі системи забезпечують продуктивність 300-800 т/год при мінімальних втратах продукту (до 0,15%).

Дослідження засвідчили, що основними напрямками розвитку технологій перевантаження зернових вантажів у прикордонних зонах є такі:

- впровадження мобільних перевантажувальних комплексів, які дадуть змогу швидко адаптуватися до різних типів вагонів і колій;
- використання автоматизованих систем керування для синхронізації руху транспортерів, шнеків і засувок;
- інтеграція систем контролю маси, вологості та якості зерна безпосередньо під час перевалки;
- застосування енергоощадних приводів і аспіраційних установок для зменшення пиловиділення та втрат зерна.

Проведений техніко-економічний аналіз виявив, що впровадження сучасних автоматизованих комплексів із продуктивністю понад 600 т/год дає змогу скорочувати час перевантаження одного зернового потяга на 25-30% порівняно з традиційними технологіями. Окрім того, знижується споживання електроенергії на 15-20%, а рівень пошкодження зерна під час транспортування зменшується на 10-12%.

Моделювання процесів перевантаження засвідчило, що оптимальне розміщення транспортно-розвантажувальних механізмів відносно колій різної ширини дає змогу мінімізувати простій вагонів і збільшити пропускну здатність прикордонних терміналів на 20-25%.

Дослідження тенденцій розвитку зернової логістики в ЄС підтвердили, що провідні країни-імпортери (Польща, Німеччина, Румунія) активно впроваджують цифрові системи управління перевалкою зерна, які дають змогу в реальному часі відстежувати обсяг, якість і напрямок руху вантажів. Українські підприємства посту-

Таблиця 2 – Порівняльна оцінка технологій перевантаження зернових вагонів

Показник	Традиційні механічні системи	Комбіновані автоматизовані системи
Продуктивність, т/год	250–400	600–800
Час перевантаження потяга, год	6,0–7,5	4,0–4,5
Втрати зерна, %	0,3–0,5	до 0,15
Рівень автоматизації	Низький	Високий
Енергоємність процесу	Підвищена	Знижена

Таблиця 3 – Економічні показники впровадження сучасних перевантажувальних комплексів

Показник	Значення
Простої вагонів, год/добу	4,3
Собівартість перевантаження, грн/т	120–130
Споживання електроенергії, кВт·год/т	3,9
Орієнтовний річний ефект, млн. грн	7–10

пово інтегрують ці підходи, зокрема через створення єдиних логістичних центрів контролю перевалки на базі елеваторів і залізничних вузлів.

Отримані результати свідчать, що розвиток технологій перевантаження зернових вагонів в умовах різної ширини колії має стратегічне значення для підвищення конкурентоспроможності українського експорту зерна. Найефективнішими визнано рішення, що поєднують механізовані системи перевалки, автоматизоване керування, модульну конструкцію обладнання та екологічний контроль пилу.

Подальший аналіз отриманих результатів дав змогу кількісно оцінити вплив рівня технічної оснащеності прикордонних терміналів на показники ефективності перевантаження зернових вантажів. Установлено, що термінали, обладнані автоматизованими системами управління та сучасними транспортуючими механізмами, демонструють стабільні показники продуктивності навіть за пікових навантажень у період масового експорту зерна. Натомість використання застарілих технологій призводить до зростання простоїв вагонів, нерівномірності вантажопотоків і підвищення експлуатаційних витрат.

Узагальнення експериментальних і

розрахункових даних дало змогу сформува-ти порівняльну характеристику основних технологічних рішень, що застосовуються на прикордонних перевантажувальних комплексах.

Як видно з наведених даних, комбіновані системи перевантаження забезпечують суттєве підвищення технологічних і економічних показників, що особливо важливо в умовах обмеженої пропускної спроможності прикордонної інфраструктури.

Додатково проведений техніко-економічний аналіз дав змогу оцінити ефект від впровадження модернізованого обладнання з урахуванням експлуатаційних витрат і потенційної економії ресурсів.

Результати показали, що оптимізація розташування перевантажувального обладнання відносно колій різної ширини та зон накопичення зерна дає змогу підвищити пропускну здатність терміналів без значного розширення їхньої території. Це є особливо актуальним для прикордонних вузлів, де просторові та екологічні обмеження відіграють суттєву роль.

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що модернізація прикордонних перевантажувальних терміналів, впровадження новітніх технологій і цифрових систем управління процесами

є необхідною умовою для забезпечення стабільного експорту українського зерна до європейських країн, підвищення ефективності логістики та зменшення експортних витрат.

Обговорення. Отримані в межах цього дослідження результати загалом узгоджуються з висновками провідних вітчизняних і зарубіжних науковців, однак мають низку суттєвих відмінностей, що підкреслюють їхню наукову новизну та практичну цінність. Так, у працях Мурадяна (2020), Вернигори та ін. (2024) основна увага приділяється загальним логістичним аспектам перевезення зернових вантажів і впливу інфраструктурних обмежень на експортні потоки. Аналогічно вищезазначеному, у нашому дослідженні підтверджено, що різниця ширини залізничної колії (1520 мм і 1435 мм) є ключовим стримувальним фактором ефективності перевезень і зумовлює необхідність додаткових операцій перевантаження.

Водночас, на відміну від зазначених досліджень, у цій роботі проведено детальнішу кількісну оцінку впливу технічного оснащення прикордонних терміналів на показники продуктивності та економічної ефективності. Зокрема встановлено, що впровадження комбінованих механіко-пневматичних систем дає змогу досягати продуктивності 600-800 т/год при зниженні втрат зерна до 0,15%, водночас у роботах Вернигори та співавторів наводяться середні значення втрат на рівні 0,3-0,5%. Це свідчить про позитивний ефект інтеграції автоматизованих систем керування та аспірації, які в попередніх дослідженнях розглядалися переважно з позицій теоретичної доцільності.

Порівняння з дослідженнями європейських авторів [Rytula et al., 2023; Naumov et al., 2025], присвяченими сталим рішенням транзиту українського зерна через країни ЄС, засвідчило аналогічність у підходах до цифровізації перевантажувальних процесів. Як і в їхніх роботах, у нашому дослідженні підтверджено, що використання автоматизованих систем контролю маси та якості зерна сприяє

зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню прозорості логістики. Водночас відмінністю є акцент на можливості адаптації таких систем до умов українських прикордонних станцій без повної реконструкції інфраструктури.

Важливою відмінністю нашого дослідження є також застосування математичного моделювання для оптимізації просторового розміщення обладнання. Отриманий приріст пропускної здатності терміналів на 20-25% перевищує показники, наведені в низці аналогічних робіт, де ефект оптимізації становив не більше 15-18%. Це пояснюється комплексним урахуванням сезонної нерівномірності вантажопотоків і реальних обмежень прикордонних вузлів.

Таким чином, результати цього дослідження є водночас аналогічними висновкам попередніх наукових робіт за загальною логікою розвитку зернової логістики, однак відрізняються глибшим техніко-економічним обґрунтуванням і розширеними кількісними оцінками. Це підтверджує наукову значущість роботи та її практичну спрямованість на модернізацію розвантажувально-навантажувальних комплексів.

Висновки. У результаті проведеного огляду та аналізу технологій розвантаження й перевантаження зернових вагонів встановлено, що ефективна організація цих процесів є одним із ключових чинників підвищення продуктивності та конкурентоспроможності агропромислового комплексу України. Визначено, що основним технічним викликом для підприємств, задіяних у експортуванні зерна, залишається різниця ширини залізничних колій між українським та європейським стандартами, що зумовлює необхідність у створенні спеціалізованих перевантажувальних майданчиків.

Доведено, що підвищення ефективності перевантаження зерна можливе шляхом упровадження комбінованих механіко-пневматичних систем, автоматизованого керування транспортними потоками, а також енергоощадних та

екологічно безпечних технологічних рішень. Застосування таких систем дає змогу зменшити втрати продукції, скоротити час простою вагонів, знизити витрати електроенергії та покращити якість виконання розвантажувально-навантажувальних робіт.

Результати дослідження свідчать, що модернізація технічного парку прикордонних зернових майданчиків та інтеграція цифрових логістичних систем управління дають змогу забезпечити стабільний і швидкий експорт зернових культур до країн ЄС. Особливо важливим є поєднання механізації, автоматизації та моніторингу параметрів зерна в єдиній системі управління технологічним процесом.

Підтверджено, що запровадження сучасних автоматизованих перевантажувальних комплексів продуктивністю понад 600 т/год може забезпечити підвищення ефективності логістичних операцій на 25-30%, зменшення виробничих витрат і підвищення енергетичної ефективності.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інноваційних конструкцій модульних перевантажувальних комплексів та обґрунтуванні економічної ефективності впровадження інноваційних технологій для розвантаження та перевантаження зерна із вагонів незалежно від ширини колії.

Практична цінність дослідження полягає у можливості безпосереднього використання отриманих результатів при модернізації та проектуванні зернових перевантажувальних комплексів, що сприяє підвищенню ефективності логістичних операцій і зниженню витрат. Наукова цінність роботи полягає в узагальненні сучасних технологічних рішень та обґрунтуванні доцільності їхнього комплексного застосування. Результати можуть бути використані на елеваторах, прикордонних терміналах, у логістичних компаніях і навчальному процесі. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку інтелектуальних систем керування, моделювання технологічних процесів та оцінку економічної й екологічної ефективності іннова-

ційних перевантажувальних рішень.

Таким чином, розвиток і модернізація технологій розвантаження та перевантаження зернових вагонів слід розглядати як пріоритетний напрям удосконалення національної логістичної інфраструктури. Упровадження обґрунтованих технічних і організаційних рішень забезпечить зростання ефективності експорту зернових культур, оптимізацію логістичних витрат і поглиблення інтеграції України до європейської логістичної системи.

Перелік літератури

Арт Порт. (2025). Автоматизація перевалки зернових на залізничних терміналах. <https://artport.pro/articles/avtomatyzacziya-perevalky-zernovyh-na-zaliznychnyh-terminalah/>

Афанасова, О. Ф. (2024). Формування сучасної технології контейнерних перевезень зернових вантажів в Україні. У: Транспортні технології у сучасних умовах: колективна монографія (за ред. ГО Примаченко). Івано-Франківськ: Академія технічних наук України. URL: https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/11/Tr_tech_2-6-38.pdf

Березовий, М. І., Болжеларський, Я. В., Гревцов, С. В., & Боричева, С. В. (2023). Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контейнерної технології. Транспортні системи та технології перевезень, (25), 60–69. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284495>

Богомолів, О. В., Гурський, П. В., Денисенко, С. А., та ін. (2014). Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв. Харків: Міськдрук.

Вернигора, Р. В., Огороков, А. М., Тітяпов, В. І., & Латаш, С. О. (2024). Дослідження та оцінка ефективності логістичних схем перевезення зернових вантажів на експорт в умовах військового стану. Транспортні системи та технології перевезень, (28), 4–15. <https://doi.org/10.15802/>

tstt2024/312032

Дацишин, О. В. (Ред.). (2008). Техно-логічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв. Вінниця: Нова книга.

Державна служба статистики України. (2025). Обсяги виробництва та експорту зернових культур України. <https://ukrstat.gov.ua>

Мурадян, О. В. (2020). Розвиток технічних засобів і технологій перевезення зернових вантажів в Україні залізничним транспортом. Транспортні системи та технології перевезень, 20, 74-85. <https://doi.org/10.15802/tstt2020/217416>

Рустамов, Р. Ш. (2020). Підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при перевезенні зернових вантажів. Докторська дисертація, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. URL: https://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%97%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D1%8B/%D1%80%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2/diss_Rustamov+.pdf

Aksentijević, S., Tijan, E., Jović, M., & Munitić, N. (2020). Optimization of cargo container loading on railway wagons. In 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO) (pp. 1373-1378). Opatija, Croatia.

Kozachenko, D. M., Vernigora, R. V., & Rustamov, R. S. (2017). Creation of export-oriented network of grain elevators in Ukraine. *Science and Transport Progress*, 2(68), 56-70. DOI: 10.15802/stp2017/99952

Lousada, S., Delehan, S., Gymez, J. N., Gallardo, J. M., Mandryk, O., & Khorolskyi, A. (2024). Bridging the gap: Overcoming the 85 mm railway gauge difference between Ukraine and Europe using principles of circular economy and European service quality standards. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(16), 10555. <https://doi.org/10.24294/jipd10555>

Momynkulova, S., Aitkhojayeva, G., Masakova, S., Mutalipkyzy, B., Kaliyeva, N., & Beisekova, P. (2025). Improving the efficiency of structural and technological modernization

of the grain processing industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4. DOI:10.15587/1729-4061.2025.336963

Naumov, V., Aloszynski, Y., & Bauer, M. (2025). Sustainable solutions for Ukrainian grain transit through Poland: Enhancing terminal infrastructure. *Sustainability*, 17(3), 1195.

Prytula, K., Maksymenko, A., Kalat, Y., & Kyryk, I. M. (2023). Development of the logistics and transport infrastructure of the border regions of Western Ukraine in the context of deepening integration with the European Union. *Regional Economy*, 108(2), 60-71.

Shramenko, N., Muzylyov, D., & Manukian, A. (2019). Analysis of the grain market in Ukraine and the directions of the development of grain cargo transportation logistics. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, (18), 70-79.

Zakharchuk, O., Nechytailo, V., Navrotskyi, Ya., & Kovalenko, A. (2025). Development of grain logistics in Ukraine. *Ekonomika APK*, 32(3), 21-30. doi: 10.32317/ekon.apk/3.2025.21.

References

Afanasova, O. F. (2024). Formation of modern technology for container transportation of grain cargoes in Ukraine. In H. O. Prymachenko (Ed.), *Transport technologies in modern conditions: Collective monograph*. Ivano-Frankivsk: Academy of Technical Sciences of Ukraine. https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/11/Tr_tech_2-6-38.pdf

Aksentijević, S., Tijan, E., Jović, M., & Munitić, N. (2020). Optimization of cargo container loading on railway wagons. In 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO) (pp. 1373-1378). Opatija, Croatia.

Art Port. (2025). Automation of grain transshipment at railway terminals. <https://artport.pro/articles/avtomatyzaciya-perevalky-zernovyh-na-zaliznychnyh-terminalah/>

- Berezovyi, M. I., Bolzhelarskyi, Ya. V., Hrevtsov, S. V., & Borycheva, S. V. (2023). Analysis of logistical risks of transporting grain cargoes to European ports using piggyback technology. *Transport Systems and Transportation Technologies*, 25, 60-69. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284495>
- Bogomolov, O. V., Hurskyi, P. V., Denysenko, S. A., et al. (2014). Operation and maintenance of equipment for processing and food industries. Kharkiv: Miskdruk.
- Datsyshyn, O. V. (Ed.). (2008). Technological equipment of grain-processing and oil-processing industries. Vinnytsia: Nova Knyha.
- Kozachenko, D. M., Vernigora, R. V., & Rustamov, R. S. (2017). Creation of export-oriented network of grain elevators in Ukraine. *Science and Transport Progress*, 2(68), 56-70. DOI: 10.15802/stp2017/99952
- Lousada, S., Delehan, S., Gymez, J. N., Gallardo, J. M., Mandryk, O., & Khorolskyi, A. (2024). Bridging the gap: Overcoming the 85 mm railway gauge difference between Ukraine and Europe using principles of circular economy and European service quality standards. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(16), 10555. <https://doi.org/10.24294/jipd10555>
- Momykulova, S., Aitkhojayeva, G., Masakova, S., Mutalipkyzy, B., Kaliyeva, N., & Beisekova, P. (2025). Improving the efficiency of structural and technological modernization of the grain processing industry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4. DOI:10.15587/1729-4061.2025.336963
- Muradian, O. V. (2020). Development of technical means and technologies for transporting grain cargoes in Ukraine by rail. *Transport Systems and Transportation Technologies*, 20, 74-85. <https://doi.org/10.15802/tstt2020/217416>
- Naumov, V., Aloshynskyi, Y., & Bauer, M. (2025). Sustainable solutions for Ukrainian grain transit through Poland: Enhancing terminal infrastructure. *Sustainability*, 17(3), 1195.
- Prytula, K., Maksymenko, A., Kalat, Y., & Kyryk, I. M. (2023). Development of the logistics and transport infrastructure of the border regions of Western Ukraine in the context of deepening integration with the European Union. *Regional Economy*, 108(2), 60-71.
- Rustamov, R. Sh. (2020). Improving the efficiency of operation of railway rolling stock in grain transportation (Doctoral dissertation, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan). https://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%97%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D1%8B/%D1%80%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2/diss_Rustamov+.pdf
- Shramenko, N., Muzylyov, D., & Manukian, A. (2019). Analysis of the grain market in Ukraine and the directions of the development of grain cargo transportation logistics. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, (18), 70-79.
- State Statistics Service of Ukraine. (2025). Production and export volumes of grain crops in Ukraine. <https://ukrstat.gov.ua>
- Vernyhora, R. V., Erokorov, A. M., Titia-pov, V. I., & Latash, S. O. (2024). Research and evaluation of the efficiency of logistical schemes for exporting grain cargoes under martial law conditions. *Transport Systems and Transportation Technologies*, 28, 4-15. <https://doi.org/10.15802/tstt2024/312032>
- Zakharchuk, O., Nechytailo, V., Navrotskyi, Ya., & Kovalenko, A. (2025). Development of grain logistics in Ukraine. *Ekonomika APK*, 32(3), 21-30. doi: 10.32317/ekon.apk/3.2025.21.

*Надійшла до редакції 06.10.2025 р.;
переглянуто 03.11.2025 р.;
прийнято до друку 27.11.2025 р.;
опубліковано 29.12.2025 р.*

*Received October 06, 2025;
revised November 03, 2025;
accepted November 27, 2025;
published December 29, 2025*

UDC 631.147

OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING PROCESSES OF TRANSPORTATION OF GRAIN WAGONS AT THE INTERSECTION OF UKRAINIAN AND EUROPEAN TRANSPORT SYSTEMS

Dynia V., PhD in Techn. Sc.,

e-mail: DunyVolodya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0008-908X>

Berezhany Agrotechnical Institute

Dynia U., teacher of the engineering and agricultural disciplines commission,

e-mail: uljanka1406@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-4413-8674>

Berezhanskyi Vocational College

Summary

The purpose. The article provides a comprehensive review and analysis of modern equipment used to perform loading and unloading operations from grain wagons at processing enterprises. The relevance of the study is due to the need to increase the efficiency of transport and logistics processes in the agro-industrial complex of Ukraine, since significant volumes of grain crops are transported by rail. Delays during cargo operations, product losses and high operating costs significantly reduce the economic performance of enterprises, which requires the search for modern technical solutions and the implementation of innovative technologies.

Methods. The study analyzed the most common types of equipment: belt, scraper and screw conveyors, wagon tippers, pneumatic transport systems, reloading machines and complex automated lines. Their design features, functionality, productivity, energy efficiency level and degree of automation were determined. Comparative analysis showed that traditional mechanized systems have lower efficiency and higher energy consumption, while modern automated complexes allow to reduce the duration of operations by 20-30%, reduce grain losses to 0.3-0.5% and ensure the stability of the technological process.

The article emphasizes the feasibility of modernizing existing equipment and introducing new technical solutions focused on energy saving, safety and reducing labor intensity. Particular attention is paid to the prospects for using intelligent control systems, remote monitoring, and modular structures, which ensure flexibility and adaptability of equipment to various production conditions.

Results. The research can be used as a theoretical and practical basis for selecting, designing, and improving equipment at processing plants and transshipment bases. Further scientific research is aimed at predicting the productivity and reliability of equipment, optimizing its parameters in accordance with specific operating conditions, and testing innovative solutions in production activities.

Conclusions. Improving grain wagon reloading technologies is a strategic direction for the development of the national logistics infrastructure. The implementation of the proposed technical and organizational solutions will contribute to increasing the efficiency of Ukrainian grain exports, reducing logistics costs, and integrating Ukraine into the European logistics space.

Keywords: grain wagons, loading and unloading operations, equipment, conveyors, wagon tippers, automation, processing enterprises.