

**Рішення**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії Карп Іван Володимирович, 1991 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2014 році Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя за спеціальністю Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва, м. Тернопіль, працює у відокремленому структурному підрозділі «Гусятинський фаховий коледж» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Міністерство освіти і науки України, с-ще Гусятин, на посаді методиста механіко-технологічного відділення, виконав акредитовану освітньо-наукову програму Галузеве машинобудування.

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом ректора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України, м. Тернопіль, від 22 квітня 2026 року № 4/7-170, у складі:

Голови разової

спеціалізованої вченої ради Олега ЛЯШУКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри автотранспорту та логістики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

Рецензентів –

Івана ГЕВКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри автотранспорту та логістики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

Андрія ДЯЧУНА, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

Офіційних опонентів –

Сергія СТЕПАНЕНКА, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника, завідувача відділу механіко-технологічних проблем збирання і післязбиральної обробки урожаю зернових і олійних культур, Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України;

Михайла ПИЛИПЦЯ, доктора технічних наук, професора, професора кафедри прикладної механіки та мехатроніки, Луцький національний технічний університет

на засіданні «18» червня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія

Івану КАРПУ

на підставі публічного захисту дисертації «Обґрунтування параметрів шнекового транспортера зернових матеріалів» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Дисертацію виконано у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, Міністерство освіти і науки України, м. Тернопіль.

Науковий керівник: Віктор БАРАНОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, професор кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який є завершеною науковою працею та містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які вирішують важливе науково-практичне завдання підвищення технологічної ефективності післязбиральної доробки вологих зернових матеріалів шляхом обґрунтування раціональних параметрів шнекового транспортера, що має важливе значення для галузі знань

13 Механічна інженерія, має наукову новизну, теоретичне та практичне значення для агропромислового комплексу. У роботі обґрунтовано вибір структурної схеми малогабаритного шнекового транспортера для невеликих фермерських господарств, розглянуто особливості динамічного процесу переміщення та кінетики руху елементарної маси тіла зернових матеріалів у просторі гвинтового конвеєра та кожуха шнекового транспортера, обґрунтовано межі зміни продуктивності, витрат потужності та пошкодження зерна пшениці його робочими органами.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у розробленні та розвитку теоретичних, методичних і прикладних положень щодо підвищення ефективності післязбиральної доробки вологих зернових матеріалів на токах невеликих фермерських господарств шляхом обґрунтування раціональних параметрів робочих органів шнекового транспортера. Найбільш вагомими науковими результатами є:

- *вперше* отримано: аналітичну математичну модель, яка функціонально описує перехідний процес динамічного переміщення зернового матеріалу по робочих поверхнях гвинтового конвеєра шнекового транспортера, яку записано в параметричній формі; математичну модель, яка описує функціональний характер кінетики руху елементарної маси зернового матеріалу в міжвитковому просторі гвинтового конвеєра та кожуха; рівняння регресії, які характеризують пошкодження зерна пшениці робочими органами шнекового транспортера залежно від технологічних і конструктивних параметрів процесу;

- *уточнено* емпіричні моделі продуктивності та витрат потужності процесу транспортування зерна пшениці шнековим транспортером з врахуванням змінного кроку спіральних витків гвинтового конвеєра.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів науково-дослідної роботи Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в межах науково-дослідної теми «Розроблення енергоефективних конструкцій та ресурсозберігаючих технологій виробництва робочих органів гвинтових транспортно-технологічних машин» ((державний реєстраційний номер 0124U002485, термін виконання 2024-2027 роки). Основні результати дисертаційного дослідження впроваджено в освітній процес ТНТУ імені Івана Пулюя, що підтверджується довідкою про впровадження від 16.02.2026 р.

Дисертація виконана державною мовою та оформлена згідно вимог, встановлених МОН. Дисертаційна робота викладена на 228 сторінках. Текст основної частини дисертації становить 161 сторінку.

Здобувач має 8 наукових публікацій за темою дисертації, з них 5 статей опубліковано у наукових фахових виданнях України та 3 тези міжнародних науково-практичних конференцій, що відповідає вимогам пунктів 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44:

1. Барановський В.М., Карп І.В. Експериментальні дослідження продуктивності та витрат потужності шнекового транспортера. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2026. № 1(120). С. 5–16. doi: 10.37128/2306-8744-2026-1-1

2. Карп І.В. Процеси роботи шнекових транспортерів зернових матеріалів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2025. № 3(118). С. 154–161. doi: 10.37128/2306-8744-2025-3-18

3. Viktor Baranovsky, Ivan Karp, Yaroslav Salo, Bohdan Berezhenko, Petro Marushchak. Analysis of the process of material movement in a screw conveyor. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2025. Vol. 1 (117). P. 5–17. doi.org/10.33108/visnyk\_tntu2025.01

4. Ivan Karp. The process of moving grain material in the pneumatic line of a pneumatic screw conveyor. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*. 2025. Vol. 2 (118). P. 79–90. doi.org/10.33108/visnyk\_tntu2025.02

5. Карп І.В. Математична модель процесу переміщення зернового матеріалу в пневмошнековому транспортері. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. 2025. № 82. С. 112–120. doi: 10.36910/775.24153966.2025.82.18

6. Карп І.В. Аналітична модель процесу роботи шнекового транспортера зернових матеріалів. Актуальні задачі сучасних технологій : тез доп. XIV Міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025). Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С. 86–88.

7. Ivan Karp, Viktor Baranovsky. Analysis of the process of destruction of grain materials : тези доп. XXVI Міжн. наук. конф. «Сучасні проблеми землеробської механіки» (17-18 жовтня 2025 року) присвяченій 125-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка. НУБіП України. Київ, 2025. С. 320 – 324.

8. Карп І.В. Продуктивність та витрати потужності шнекового транспортера зернових матеріалів. Зб. мат. XIII Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026. С. 245–247.

У дискусії взяли участь голова разової спеціалізованої вченої ради, рецензенти, офіційні опоненти та гарант освітньо-наукової програми Галузеве машинобудування.

Олег ЛЯШУК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автотранспорту та логістики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (голова разової спеціалізованої вченої ради) відзначив актуальність теми дисертаційної роботи, її відповідність спеціальності 133 Галузеве машинобудування, коректність і комплексність проведених теоретично-експериментальних досліджень з застосуванням сучасних методик аналітичного та емпіричного характеру, практичну цінність роботи та досягнення поставленої мети, орієнтованої на підвищення ефективності післязбиральної доробки зернових матеріалів у невеликих фермерських господарствах. Було акцентовано, що структура та зміст розглянутої дисертаційної роботи відповідає наведеній темі дисертаційного дослідження, а наведені матеріали досліджень в достатній мірі вирішують поставлені завдання дослідження. Також було відзначено практичну цінність результатів дослідження, що полягає у можливості їх використання у невеликих фермерських господарствах, що дозволяє зменшити енергетичні ресурси виробництва зернових культур.

Іван ГЕВКО, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автотранспорту та логістики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (рецензент) зазначив, що застосування сучасних потужних пневмотранспортерів і відомих конструкцій шнекових транспортерів в умовах післязбиральної доробки невеликого за обсягом вологого зернового матеріалу, що характерно невеликим фермерським господарствам, є недоцільним і нераціональним, а застосування запропонованого малогабаритного шнекового транспортера значно зменшує витратні ресурси даного процесу. Також зазначено, що дисертаційна робота є завершеною науковою працею, має наукову новизну, теоретичне та практичне значення та відповідає вимогам МОН до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Було висунуто такі зауваження та дискусійні положення.

1. У першому розділі недостатньо повно висвітлено особливості шнекових транспортерів для транспортування зерна з точки зору їх переваг та обмежень. Зокрема окрім Залуцького С.З. лише побіжно, в описовому вигляді без належного критичного аналізу та узагальнення згадано ґрунтовні праці з даного напрямку Дерев'янка Д.А., Грудового Р.С., Станька А.І. та інших, які займалися розробленням та обґрунтуванням параметрів шнекових транспортерів для транспортування зернових культур.

2. Для визначення енергетичних втрат при зіткненні частинок використано закон збереження енергії (2.52). Доцільно було також визначити напрямки векторів швидкостей частинок після зіткнення з використанням закону збереження імпульсу.

3. У залежності (2.69) для визначення витрат через вихідний отвір бункера використовуються одиниці вимірювання фізичних величин, що відносяться до різних систем. При цьому не наведені одиниці вимірювання для коефіцієнта опору та поправочного коефіцієнта (1,47), що не дозволяє провести аналіз розмірностей у цій емпіричній залежності.

4. При проведенні розрахунків зміни прискорення руху тіла елементарної маси  $dm_e$  зернового матеріалу у шнековому транспортері (розділ 2) зміна кроку спірального витка  $T_{is}$  задавалась в межах від 0,05 до 0,15 м при діаметрі шнека гвинтового конвеєра  $D_k = 0,25$  м. Відомо, що продуктивність шнека прямо пропорційна кроку і чим більший крок, тим вона більша при однакових інших параметрах. Стандартний крок гвинта у більшості шнекових конвеєрів приймається рівним діаметру шнека, а діапазон значень зазвичай становить від 0,8 до 1,2 від зовнішнього діаметра шнека.

В роботі дослідження, як теоретичні так і експериментальні, проводились з коефіцієнтом кроку шнека в межах від 0,2 до 0,6, що значно знижувало продуктивність конвеєра і має негативний вплив на його техніко-економічні характеристики.

5. Незрозуміла функція шиберної засувки (поз. 7) з рис. 3.3 (Загальний вигляд лабораторної установки), яка би мала розміщуватись у завантажувальному бункері, та закріпленої металевої конструкції на завантажувальному бункері (поз. 6).

Також з наявних рисунків та фото експериментальної установки (розділ 3) незрозуміло, як здійснювалось регулювання вихідного отвору бункера, який би якраз мав змінюватись з допомогою шиберної засувки, та кроку шнека.

6. У дисертаційній роботі зустрічаються окремі не цілком коректні термінологічні звороти та граматичні помилки, відхилення від встановленої технічної термінології та поодинокі описки. Наприклад, не цілком коректна побудова таблиці 3.2 (Відповідність значень заданої частоти змінного струму та частоти обертання гвинтового конвеєра).

Андрій ДЯЧУН, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (рецензент) позитивно охарактеризував дисертаційну роботу: зазначив актуальність проведених досліджень, завершеність дисертаційної роботи загалом, логічність і послідовність викладення результатів досліджень, наукову новизну та значимість отриманих результатів для науки та практики. Констатував, що за рівнем виконання та значимості результатів дисертації її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування та висловив такі зауваження:

1. У частині дисертації, де вказано про апробацію результатів дисертації вказано, що основні положення та результати роботи доповідались і обговорювались на чотирьох конференціях, проте у списку опублікованих праць за темою дисертації представлено тези лише трьох конференцій.

2. У першому розділі роботи доцільно було б розглянути характеристики зернових матеріалів, які піддаються механічним впливам при переміщенні шнековими транспортерами, що призводять до їх макро- та мікропошкодження. А також технічні рішення шнекових транспортерів для зменшення пошкодження зернових матеріалів.

3. При проведенні експериментальних досліджень доцільно було розширити номенклатуру зернових матеріалів, що піддаються транспортуванню шнековим транспортером.

4. Доцільно було б представити на схемі чи на фотографіях конструкцію «пірамідального вкладиша трапецевидної форми», за допомогою якого встановлювали необхідну площу вихідного отвору завантажувального бункера при проведенні експериментів.

5. У висновках вказано, що раціональне значення частоти обертання шнека знаходиться в межах 250...300 об/хв, проте дослідження проведено для частот обертання шнека в межах від 120 об/хв до 280 об/хв. Не зрозуміло на основі чого встановлено раціональні значення частоти обертання шнека в діапазоні від 281 об/хв до 300 об/хв.

6. Технічну новизну виконаних розробок дисертації доцільно було б захистити хоча б одним патентом України.

7. У дисертаційній роботі зустрічаються невдалі звороти, поодинокі описки, відхилення від встановленої технічної термінології та інше.

Сергій СТЕПАНЕНКО, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу механіко-технологічних проблем збирання і післязбиральної обробки урожаю зернових і олійних культур, Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України (офіційний опонент) позитивно оцінив дисертаційну роботу та особливо відзначив практичну важливість результатів, що обґрунтовують зменшення пошкодження зернових культур під час підготовки зернового матеріалу до його зберігання в сховищах, які є важливим стратегічним продуктом України. Також зазначив, що результати дослідження достатньо опубліковані у наукових працях і апробовані на наукових конференціях і відмітив, що результати дослідження доповідалися та отримали позитивну оцінку на розширеному засіданні відділу механіко-технологічних проблем збирання і післязбиральної обробки урожаю зернових і олійних культур Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної Академії аграрних наук України та висловив зауваження:

1. Недостатньо обґрунтована наукова новизна змінного кроку шнека. Автор декларує новизну у використанні змінного кроку спіральних витків гвинтового конвеєра. Однак у роботі відсутній глибокий аналіз існуючих конструкцій зміннокрокових шнеків та не доведено, чим саме запропоноване рішення принципово відрізняється від відомих технічних рішень і наукових підходів.

У літературному огляді наведено переважно загальні конструкції шнекових транспортерів без критичного порівняння параметрів аналогів.

2. Математична модель побудована на надмірно спрощених припущеннях. У роботі процес транспортування зерна фактично зведений до руху “елементарної маси” або окремого тіла. Проте зерновий матеріал є дискретним багатофазним сипким середовищем, для якого характерні міжзернові взаємодії, ущільнення, сегрегація та нелінійне тертя. У дисертації практично не враховано колективну поведінку зернової маси, що суттєво обмежує адекватність запропонованої моделі.

3. Сумнівна фізична інтерпретація окремих результатів. У роботі зазначено, що тіло зернового матеріалу масою понад 0,1 кг втрачає контакт із поверхнею витка. Однак маса окремої зернини пшениці становить приблизно 35 - 60 мг, а не 0,1 кг. Тобто у роботі змішуються поняття елементарної маси, локального об’єму та окремої частинки, що створює фізичну невизначеність моделі.

4. Експериментальна база є недостатньою для широких узагальнень. Дослідження проведено лише для зерна пшениці при вузькому діапазоні вологості 12-18 %. Не досліджувались інші культури (ячмінь, кукурудза, ріпак, соя), які мають інші фізико-механічні властивості. Через це висновки щодо універсальності параметрів шнекового транспортера виглядають недостатньо обґрунтованими.

5. Відсутній аналіз впливу кута нахилу транспортера. У дисертації досліджується переважно горизонтальний варіант роботи шнекового транспортера, хоча в реальних умовах зернові шнеки часто працюють під нахилом. Не наведено залежностей продуктивності, коефіцієнта заповнення чи енерговитрат від кута нахилу, що суттєво обмежує практичну цінність отриманих результатів.

6. Практично відсутній аналіз енергоефективності. Попри акцент на “підвищенні технологічної ефективності”, у роботі не проведено глибокого аналізу питомих енерговитрат на транспортування одиниці маси зерна та не виконано порівняння з існуючими серійними транспортерами аналогічної продуктивності. Через це складно оцінити реальний рівень енергозбереження.

7. У роботі наведено аналітичні залежності для визначення продуктивності та витрат потужності шнекового транспортера, однак окремі рівняння викликають сумніви щодо коректності розмірностей фізичних величин. Зокрема, витрати потужності у роботі подається у «Вт/хв», що є фізично некоректною одиницею вимірювання, оскільки потужність повинна вимірюватися у Вт або кВт. Це свідчить або про помилки запису, або про недостатню перевірку отриманих аналітичних залежностей.

8. В окремих місцях роботи спостерігається некоректне трактування параметрів процесу. Наприклад, у дослідженні використовується “зазор між крайкою витка та кожухом” у межах 6-14 см (стор. 6), тоді як для шнекових транспортерів таких діаметрів це є надто великим значенням і, ймовірно, малося на увазі 6-14 мм.

9. У роботі недостатньо обґрунтовано вибір діапазонів варіювання факторів експерименту. Наприклад, не пояснено, чому частоту обертання змінювали саме в межах 120-280 об/хв, а крок витків обрано 5, 8 та 11 см. Відсутність такого обґрунтування ускладнює оцінку адекватності отриманих регресійних моделей.

10. Частина теоретичних висновків сформульована занадто категорично без достатнього експериментального підтвердження. Наприклад, твердження про “втрату контакту зернового матеріалу з поверхнею витка” висновок 1 не супроводжується візуалізацією процесу, швидкісною зйомкою або іншими засобами експериментальної верифікації.

11. У роботі не враховано вплив нерівномірності подачі зернового матеріалу на продуктивність шнекового транспортера. У реальних умовах експлуатації подача зерна має пульсаційний характер, що може суттєво впливати на енерговитрати та коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

12. У роботі наведено залежність зміни кінетичної енергії від “питомої маси зернового матеріалу більше 1300 кг/м<sup>3</sup>”. Проте для зерна пшениці така величина є фізично сумнівною, оскільки насипна густина зернової маси зазвичай становить 700-850 кг/м<sup>3</sup>. Не пояснено, чи йдеться про істинну густину, насипну густину чи локальну щільність ущільненого середовища.

13. У теоретичних дослідженнях маса “елементарного тіла зернового матеріалу” приймається в межах 100-200 г. Такі значення суперечать фізичній природі окремої зернини пшениці та фактично відповідають уже певному об’єму зернової маси. Однак у математичній моделі ця маса розглядається як окрема частинка, що створює суперечність між моделлю та реальним фізичним об’єктом.

14. У роботі наведено значення прискорення руху зернового матеріалу до 17,3 м/с<sup>2</sup> (стор.63 та 95). При цьому не пояснено, чи враховується дія сили тяжіння та чи йдеться про абсолютне, відносне або тангенціальне прискорення. Без цього складно оцінити фізичну коректність отриманих графіків прискорення.

Михайло ПИЛИПЕЦЬ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та мехатроніки, Луцький національний технічний університет (офіційний опонент) зазначив, що результати отриманих здобувачем наукових досліджень належним чином і в повному обсязі викладено в представленій презентації, яку виконано в логічній структурованій послідовності. Було підкреслено, що дисертаційна робота є самостійною та змістовною науковою працею, у якій на достатньому рівні обґрунтовано раціональні параметри шнекового транспортера, які рекомендовані для виробництва, відповідає вимогам МОН та висунув такі дискусійні положення.

1. У розділі «Вступ» необхідно було б доповнити наступне: у пункті «Наукова новизна отриманих результатів» – уточнено, не тільки емпіричні моделі продуктивності та витрат потужності шнекового транспортера, а теоретичні моделі; у пункті «Апробація результатів дослідження» – у повному обсязі робота доповідалася на розширеному засіданні відділу механіко-технологічних проблем збирання і післязбиральної обробки урожаю зернових і олійних культур Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної Академії аграрних наук України.

2. У розділі «Аналіз стану питання» бажано було б більш ґрунтовно проаналізувати відомі результати, які відносяться до обґрунтування витрат потужності шнекових транспортерів і основних чинників, які впливають на них.

3. Наведені перехідні інтегральні записи (2.23)-(2.29), які описують послідовність розробки кінцевих математичних моделей для двох випадків переміщення зернового матеріалу шнековим транспортером необхідно перемістити у додатки – їх відмінність

зазначена лише послідовною заміною однієї або двох складових величин, починаючи з формули (2.23), тобто вони мало чим відрізняються одна від одної.

Крім того, на наш погляд, введення або врахування показника вологості зерна у кінцеві моделі мало б більш вагомий науковий і практичний результат.

4. З технологічної точки зору пошкодження зерна будуть більшими у випадку ударного контакту зернини з витком гвинтового конвеєра ніж контактна взаємодія між двома зернинами, який розглянуто в роботі. Доцільно було б проаналізувати і цей процес.

5. З наведеної методики проведення експериментальних досліджень з визначення пошкодження зерна пшениці під час її транспортування шнековим транспортером (підрозділ 3.3) не досить повно описана необхідність пофарбування зерна в три різні кольори перед початком проведення експериментів.

6. В тексті дисертації зустрічаються поодинокі описки.

Роман РОГАТИНСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автотранспорту та логістики, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (гарант освітньо-наукової програми Галузеве машинобудування) зазначив, що здобувач, в процесі розробки аналітичних моделей, застосував нові підходи теоретичного аналізу перехідних процесів транспортування зернового матеріалу тихохідними та швидкохідними шнеками, чим раніше нехтували. Було акцентовано, що дисертація має закінчений характер, наукове та практичне значення, а її автор заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Результати відкритого голосування:

«За» 11/27/6 членів ради,

«Проти» 1/0/0/0/0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Івану КАРПУ ступінь доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



Олег ЛЯШУК  
(власне ім'я та прізвище)