Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Сергій Олександрович КОВАЛЬ, 1999 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2022 році Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя за спеціальністю «Галузеве машинобудування», 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 червня 2026 року № 4/7-313 у складі:

Голови разової спеціалізованої вченої ради –	Романа РОГАТИНСЬКОГО, доктора технічних наук, професора, професора кафедри автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;
Рецензентів –	Олега ЛЯШУКА, доктора технічних наук, професора, першого проректора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя; Ігора СТАДНИКА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя;
Офіційних опонентів –	Володимира ДІДУХА, доктора технічних наук, професора, професора кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету; Миколи КЛЕНДІЯ, кандидата технічних наук, доцента, завідувача кафедри прикладної механіки та технічного сервісу Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут",

на засіданні 19 серпня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія

Сергію КОВАЛЮ

на підставі публічного захисту дисертації «Обґрунтування параметрів шнекових змішувачів з регульованою подачею» за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

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

Науковий керівник: Іван ГЕВКО, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, зокрема підвищення однорідності змішування сумішей при функціонуванні горизонтальних і похилих шнекових змішувачів шляхом розроблення нової конструкції і вибору раціональних параметрів гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом з регульованою подачею.

Дисертаційну роботу виконано згідно напрямку науково-дослідних робіт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя а саме науково-

дослідної теми ВК 72-24 «Розроблення енергоефективних конструкцій та ресурсозберігаючих технологій виробництва робочих органів гвинтових транспортно-технологічних машин» (№ державної реєстрації 0124U002485).

Наукова новизна полягає в отриманні нових теоретичних та емпіричних залежностей для визначення основних конструктивних та технологічних параметрів шнекових змішувачів з обертовим кожухом з регульованою подачею.

Наукова новизна дисертаційного дослідження виявляється у таких результатах:

- *вперше*:

- побудована модель руху частинок суміші по поверхні обертового кожуха гвинтового конвеєра-змішувача залежно від кутового їх розміщення в потоці в умовах перехідного режиму транспортування;

- розроблено модель руху динамічного тіла волочіння суміші у вигляді взаємодії двох його елементів, відповідно, із висхідним та нисхідним напрямками дії на них зовнішніх сил відносно обертового кожуха;

- *отримали подальший розвиток:*

- залежності для визначення кінематичних та силових параметрів похилих конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом для випадку його роботи в перехідному режимі транспортування-змішування;

- поточно-коміркова модель змішування суміші для випадку гвинтових конвеєрів-змішувачів із обертовим кожухом із розбиттям комірок за кількістю циклів перелопачування та виведено відповідну функцію розподілу ключового компоненту по довжині конвеєра-змішувача.

Дисертація виконана державною мовою та оформлена згідно вимог, встановлених МОН. Дисертаційна робота викладена на 245 сторінках. Текст основної частини дисертації становить 6,2 авторських аркушів.

Результати дисертаційного дослідження висвітлено у 24 наукових працях, зокрема опубліковано 7 статей у наукових фахових виданнях України, 8 тез доповідей на міжнародних науково-технічних, науково-практичних конференціях, 9 патентів України на корисні моделі:

1. Коваль С.О. Синтез гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький, 2023. Вип. №8(39), ч. І. С. 85-94. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.85-95.

2. Гевко І.Б., Лещук Р.Я., Брикса А.О., Стібайло О.Ю., Коваль С.О. Особливості конструкцій і технологічного проєктування робочих органів лопатевих гвинтових змішувачів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький, 2023. Вип. 8(39), ч. ІІ. С. 24-34. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.24-34.

3. Hevko I., Pik A., Komar R., Stibaylo O., Koval' S. Peculiarities of technological design of U-shaped screw transport and technological working bodies. *Scientific Journal of TNTU*. Ternopil, 2024. Vol. 113, No 1. P. 5–15. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.01.005.

4. Дячун А.Є., Дмитрів О.Р., Гевко Б.Р., Коваль С.О., Цапик Р.П. Експериментальна установка гвинтового конвеєра з обертовим кожухом для змішування сипких матеріалів. *Перспективні технології та прилади.* Луцьк, 2024. Вип. 24. С. 38-44. https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2024-24-06.

5. Hevko I., Diachun A., Dmytriv O., Koval S., Leskiv P., Okhnivskyi R. Research of horizontal screw conveyors-mixers with rotating casing. *Scientific Journal of TNTU*. Ternopil, 2024. Vol. 115. No 3. P. 130–141. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.130.

6. Дячун А.Є., Гевко І.Б., Золотий Р.З., Коваль С.О., Дериш О.Б., Брикса А.О. Результати експериментальних досліджень якості змішування сипких матеріалів автоматизованою установкою гвинтового конвеєра з обертовим кожухом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький, 2024. Вип. №10(41), ч. І. С. 133-143. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.133-143.

7. Гевко І.Б., Гупка А.Б., Коваль С.О., Брикса А.О., Бучинський В.М. Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання гвинтових змішувачів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький, 2025. Вип. 11(42). ч. 1. С. 129-138. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.129-1380.

8. Гевко Ів.Б., Гудь В.З., Гурик О.Я., Коваль С.О. Шнековий змішувач з регульованими отворами просипання. *Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики :* зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. присвячена 90-річчю Рибака Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, м. Тернопіль, 29–30 вересня 2022. Тернопіль, 2022. С. 48.

9. Гевко І.Б., Коваль С.О., Стібайло О.Ю., Брикса А.О., Бучинський В.М. Гвинтовий конвеєр-змішувач з обертовим кожухом. *Матеріали V Міжнародної наук.-практ. конф. «Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем»,* м. Кропивницький, 19-21 квітня 2023. Кропивницький, 2023. С. 124-125.

10. Гевко І.Б., Дячун А.Є., Гевко Б.Р., Довбуш Т.А., Коваль С.О., Стібайло О.Ю., Брикса А.О. Стенд для дослідження характеристик гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовими кожухами. *Збірник тез IX Міжнародної наук.-практ. конф. «Інноваційні технології в АПК»,* м. Луцьк, 7-8 червня 2023. Луцьк, 2023. С. 27-29.

11. Коваль С.О. Синтез гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом. *Збірник тез XII Міжнародної наук.-прак. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»,* м. Тернопіль, 6-7 грудня 2023. Тернопіль, 2023. С. 51-52.

12. Коваль С.О., Стібало О.Ю. Особливості виготовлення лопатевих спіралей змішувачів. *Матеріали та програма XI Всеукраїнської наук.-техн. конф. «Сучасні технології у промисловому виробництві»,* м. Суми, 23-26 квітня 2024. Суми, 2024. С. 40-41.

13. Гевко І., Дячун А., Дмитрів О., Коваль С. Моделювання роботи похилих гвинтових конвєрів-змішувачів з обертовим кожухом. *Збірник тез доповідей XXV міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України,* м. Київ, 17–19 жовтня, 2024. Київ, 2024. С. 130-133.

14. Гевко І., Коваль С., Брикса А. Результати експериментальних досліджень якості змішування сипких матеріалів гвинтовим конвеєром з обертовим кожухом. *Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»,* м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024. Тернопіль, 2024. С. 137-138.

15. Гевко І., Коваль С. Моделювання процесу змішування похилими гвинтовими конвеєрами-змішувачами з обертовим кожухом. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», присвяченої 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,* м. Тернопіль, 28-29 травня 2025. Тернопіль, 2025. С. 127.

16. Шнек для змішування з механічним кріпленням елементів: пат. 153687 Україна: МПК 65G 33/16, 65G 33/26. № u202301003; заявл. 13.03.2023; опубл. 10.08.2023, Бюл. №32. 3 с.

17. Гвинтовий робочий орган змішувача: пат. 153774 Україна: МПК 65G 33/16. № u 202301002; заявл. 13.13.2023; опубл. 24.08.2023, Бюл. №34. 3 с.

18. Гвинтовий конвеєр-змішувач з обертовим кожухом: пат. 154380 Україна: МПК 65G 33/08 (2006.01). № u202302288; заявл. 15.05.2023; опубл. 09.11.2023, Бюл. №45. 4 с

19. Стенд для дослідження характеристик гвинтового конвеєра-змішувача з обертовим кожухом: пат. 154996 Україна: МПК 65G 33/08 (2006.01). № u202302289; заявл. 15.05.2023; опубл. 10.01.2024, Бюл. №2. 5 с.

20. Спосіб виготовлення гвинтових заготовок: пат. 157048 Україна: МПК B21H 3/12, B21D 11/06. № u202400164; заявл. 11.01.2024; опубл. 05.09.2024, Бюл. №36. 4 с.

21. Шнек для змішування з еластичною щіткоподібною поверхнею: пат. 157049 Україна: МПК B65G 33/16. № u202400169; заявл. 11.01.2024; опубл. 05.09.2024, Бюл. №36. 3 с.

22. Шнек із змінним еластичним елементом: пат. 157149 Україна: МПК B65G 33/16. № u202400165; заявл. 11.01.2024; опубл. 05.09.2024, Бюл. №36. 4 с.

23. Шнек з механічним кріпленням спіралей: пат. 157050 Україна: МПК B65G 33/26, B65G 33/16. № u2024 00170; заявл. 11.01.2024; опубл. 05.09.2024, Бюл. №36. 3 с.

24. Спосіб виготовлення гвинтових заготовок: пат. 157208 Україна: МПК B21H 3/12, B21D 11/06. № u202400167; заявл. 11.01.2024; опубл. 19.09.2024, Бюл. №38. 4 с.

У дискусії взяли участь голова, рецензенти та офіційні опоненти:

Роман РОГАТИНСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (голова разової спеціалізованої вченої ради) відмітив належний науковий рівень дисертаційного дослідження та дав позитивну оцінку отриманим результатам, які вирішили важливе науково-практичне завдання підвищення однорідності змішування сумішей при функціонуванні горизонтальних і похилих шнекових змішувачів.

Володимир ДІДУХ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри аграрної інженерії імені професора Г. А. Хайліса Луцького національного технічного університету (офіційний опонент), вказав на обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, представлених у дисертаційній роботі, однак висловив наступні зауваження:

- В аналізі результатів досліджень гвинтових транспортно-технологічних механізмів з функцією змішування (п. 1.2) відсутній детальний аналіз зарубіжних теоретичних досліджень по даній тематиці.

- В розділі 2 для одних і тих же елементів використовується термінологія «рух частинки» та «виділеного об'єму ΔV_i» . Оскільки в роботі розглядується і взаємодія частинки і взаємодія елементів потоку із робочими органами змішувача, то ті поняття доцільно було розділити.

- В роботі використовується поняття «зв'язна суміш» (стор. 61 і далі), проте не вказано, що під цим розуміється і які її властивості.

- Доцільно конкретизувати, який саме показник характеризує розбіжність між теоретично визначеними та експериментально отриманими значеннями потужності приводу обертання шнека і кожуха під час функціонування шнекового конвеєра (с. 141, с. 148). Автор зазначає, що величина цієї розбіжності не перевищує 15 %, однак не уточнює, чи йдеться про максимальне відносне відхилення, середню відносну похибку, коефіцієнт варіації або інший статистичний критерій оцінювання адекватності результатів.

- Бажано було б обґрунтувати передумови вибору регресійних моделей (4.1), (4.3), (4.5), (4.7), (4.8), (4.9), (4.13), (4.14), (4.15), (4.22), (4.23), (4.24), а також навести статистичні характеристики, що підтверджують їх адекватність та інформативність, зокрема критерії Фішера, Стьюдента або інші показники статистичної достовірності.

- Запропоновану у п'ятому розділі дисертаційного дослідження методику проєктування гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом та їх робочих органів доцільно було б розширити і на інші конструкції машин та механізмів оснащених шнеками.

- У дисертаційній роботі наявні окремі стилістично невдалі формулювання, висновки, а також відхилення від усталеної науково-технічної термінології та поодинокі описки.

Микола КЛЕНДІЙ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри прикладної механіки та технічного сервісу Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут" (офіційний опонент), позитивно оцінивши загальний науковий рівень дисертації, виокремивши її практичну цінність щодо проектування і виготовлення нових конструкцій гвинтових робочих органів змішувачів та конвеєрів-змішувачів з обертовими кожухами, зауважив:

- У п. 1.1 при аналізі конструкцій шнекових змішувачів та їх робочих органів було б доцільно більше уваги приділити змішувачам, які оснащені спареними шнеками та обертовими кожухами.

- В розділі 2.1. досліджується спочатку горизонтальний гвинтовий змішувач з обертовим кожухом, а в розділі 2.2 - похилий змішувач, який досліджується за таким же підходом і має деякі повтори. Доцільніше було провести дослідження похилого змішувача, а горизонтальний розглядати як частковий випадок похилого.

- Не цілком зрозуміло, яку форму має об'ємне тіло волочіння(стор.76) і як визначались його параметри.

- На стор. 79 вказано, що графіки на рис. 2.14 побудовані для гвинтового змішувача з діаметром 0,1 м та кроком 0,8 м. Напевне там допущена помилка, оскільки експериментальні дослідження проводились із кроком на порядок менше.

- Доцільно було б більш детально висвітлити методологію статистичної обробки експериментальних даних, зокрема зазначити методи апроксимації отриманих залежностей, критерії вибору типу регресійних моделей.

- У роботі не наведено метрологічні характеристики контрольних та вимірювальних засобів, використаних під час проведення експериментальних досліджень.

- У п'ятому розділі виконано синтез конструкцій гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом та їх робочих органів і представлено різні гвинтові робочі органи змішувачів, та лише дві синтезовані конструкції конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом. Проте за результатами проведеного структурно-схемного синтезу їх кількість має бути значно більша і бажано було б їх також зобразити та проаналізувати.

- В тексті дисертації зустрічаються деякі описки, невдалі звороти та неточності.

Олег ЛЯШУК, доктор технічних наук, професор, перший проректор Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), окресливши наукові здобутки дисертації та підкресливши важливість отриманих результатів для галузевого машинобудування, зауважив:

- У першому розділі в п. 1.3 занадто звужено розкрито специфіку проєктування шнекових змішувачів та їх робочих органів з використанням сучасних методів моделювання та синтезу. Бажано було б більше приділити увагу конструкторським і технологічним аспектам при проєктуванні та виготовленні таких засобів.

- Коефіцієнти неоднорідності суміші, що представлені на стор. 66 (2.28) та на стор. 93 (2.79) мають різні позначення та дещо змінений вигляд.

- На рисунках 2.2, стор. 59 та 2.5, стор. 70 показані подібні векторні діаграми швидкостей частинки та сил, де рис. 2.2 є частковим випадком рис. 2.5 і його можна було не наводити.

- У четвертому розділі наведено результати дослідження впливу параметрів шнекового конвеєра на потужність приводу обертання шнека, потужність приводу обертання кожуха, продуктивність шнекового змішувача та коефіцієнт неоднорідності змішування різних комбінацій сипких матеріалів. Водночас доцільно було б виконати детальніший аналіз отриманих закономірностей із поясненням фізико-механічних процесів, які обумовлюють характер виявлених залежностей.

- Недостатньо повно охарактеризовано фізико-механічні властивості сипких матеріалів, що піддавалися одночасному транспортуванню та змішуванню. Бажано було б детальніше проаналізувати вплив їх основних характеристик на продуктивність технологічного процесу та величину коефіцієнта неоднорідності змішування.

- Для викладеної у п. 5.2 методики проєктування гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом та їх робочих органів необхідно було б навести приклад чисельного розрахунку.

- В дисертаційній роботі не вказано, яка нормативно-технічна документація і методики використані для розрахунку економічної ефективності.

Ігор СТАДНИК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри обладнання харчових технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (рецензент), висловивши загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та відмітивши високий рівень наукової компетентності автора та його спроможності вирішувати складні науково-практичні завдання, вказав на деякі аспекти, які потребують уточнення, подальших досліджень та розвитку, зокрема:

- У першому розділі, в межах аналітичного огляду існуючих конструкцій змішувачів, доцільно було б розширити номенклатуру досліджуваного обладнання для змішування матеріалів із різними фізико-механічними властивостями та виконати їх комплексний аналіз за критеріями функціональної ефективності, технічних параметрів та техніко-економічних показників.

- В роботі доцільно було проаналізувати процес змішування також при взаємно протилежних обертаннях гвинтового робочого органу і кожуха та показати переваги представленої схеми порівняно із вказаною.

- При побудові коміркової моделі не вказано, чи впливало розміщення частинки в попередній комірці на ймовірність її переходу в наступну.

- При проведенні експериментальних досліджень доцільно було розширити номенклатуру матеріалів, що піддаються одночасному транспортуванню та змішуванню, в тому числі сільськогосподарських.

- Доцільно також було б провести експериментальні дослідження параметрів шнекового конвеєра при обертанні кожуха не тільки у напрямку обертання шнека, але і проти напрямку обертання шнека.

- У п. 5.1 «Синтез конструкцій гвинтових конвеєрів-змішувачів з обертовим кожухом та їх робочих органів» доцільно детальніше описати вибір кращих генерованих альтернатив гвинтових робочих органів змішувачів та конструкцій змішувального обладнання.

- У дисертаційній роботі зустрічаються окремі не цілком коректні термінологічні звороти та граматичні помилки, відхилення від встановленої технічної термінології та поодинокі описки.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

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

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради _____ Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис) (власне ім'я та прізвище)

М.П.