

## ВІДГУК

офіційного опонента

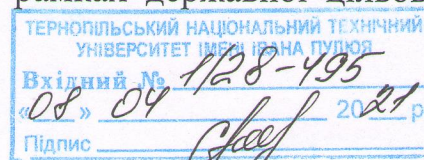
доктора технічних наук, професора Ауліна Віктора Васильовича, професора кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету на дисертаційну роботу Гудя Віктора Зіновійовича на тему:

"Механіко-технологічні основи розробки багатофункціональних секційних шнеків для зернового матеріалу", що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

**Актуальність теми.** Ефективний розвиток сільськогосподарського виробництва (СГВ) потребує нових типів машин і механізмів, покращення умов праці та об'єднання й удосконалення різних технологічних процесів. Процеси переміщення вантажу у СГВ пов'язують з очищенням і переробкою сільськогосподарської продукції, які здійснюють шнеками різних типів. Передусім це багатофункціональні секційні шнеки (БСШ) для реалізації супутніх технологічних операцій у СГВ.

БСШ повинні відповідати наступним вимогам: відповідність призначенню; якість виконання технологічних операцій; продуктивність; енергоощадність; надійність; ремонтпридатність і простота обслуговування. Від зазначених характеристик значною мірою залежить ефективність функціонування ферм, токів, комбикормових цехів та інших підприємств агропромислового комплексу. В той час БСШ мають невеликий функціонал застосування через відсутність прогресивних конструктивних їх схем, завищену складність, високу металоємність та собівартість виготовлення, недостатню надійність та ефективність. Тому важливою науково-практичною проблемою, що потребує вирішення, є створення високоефективних багатофункціональних гвинтових систем з розширеними технологічними можливостями та підвищеними функціонально-експлуатаційними характеристиками, шляхом розробки методологій їх проектування та конструктивного і технологічного удосконалення механіко-технологічних основ. З цієї точки зору розробка та вдосконалення багатофункціональних секційних шнеків, що забезпечують суміщення технологічних операцій та розширення їх можливості на основі зміни довжини та траєкторії траси із розширенням зони обслуговування з застосуванням механіко-технологічних основ є безумовно актуальним та мають велике значення не тільки для економіки України, але і зарубіжних країн.

**Зв'язок теми з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота виконана у відповідності до тематики наукового напрямку Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя: "Розробка транспортно-технологічних систем з пружними та еластичними гвинтовими робочими органами" (Д.Р. № 0120U101916); "Моделювання, синтез та розробка гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення сільськогосподарських вантажів" (Д.Р. № 0120U102048). Робота спрямована також на вирішення науково-технічної проблеми, пов'язаної з моделюванням, синтезом та розробкою багатофункціональних секційних шнеків в рамках державної цільової



комплексної програми "Національна програма розробки і виробництва технологічних комплексів машин і обладнання сільського господарства, харчової та переробної промисловості", затвердженої Кабінетом Міністрів України 07.03.1996 р.

**Наукова новизна результатів дисертації та їх значення для практики.** В дисертаційній роботі Гудя Віктора Зіновійовича розроблено науково-прикладні основи створення багатофункціональних секційних шнеків, поєднанням структурного синтезу ієрархічних груп і системного оцінювання ефективності альтернативних конструктивних варіантів з урахуванням техніко-економічних чинників та відбору конкурентоздатних конструкцій. Подальшого розвитку набули методи генерування альтернативних конструктивних рішень багатофункціональних секційних шнеків з можливостями технологічного перетворення та мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за окремих типів виконання операцій й використання структурно-схемного синтезу ієрархічних груп. Розроблено математичні моделі динаміки системи "телескопічний шнек-сипке середовище" й досліджено процеси, що відбуваються в телескопічних гвинтових транспортерів та сільськогосподарських сипких матеріалів під час експлуатації за умов нерезонансних та резонансних коливань. Побудовано математичні моделі динаміки системи "гвинт шнекового транспортера-зернова суміш" з процесом сепарації та проведено дослідження процесів одночасного транспортування та сепарації зернової суміші із встановленням впливу різних значень параметрів даної системи. Розроблено математичні моделі динаміки згинальних коливань шнека крутонахиленої вітки гвинтового завантажувача-змішувача зі встановленням впливу різних значень параметрів даної системи на амплітудно-частотну характеристику, а також удосконалено моделі процесу змішування сільськогосподарських сипких матеріалів гвинтовим завантажувачем-змішувачем із встановленням впливу конструктивно-технологічних та експлуатаційних параметрів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у обґрунтуванні засад визначення конструктивно-кінематичних і силових параметрів багатофункціональних секцій шнеку та їх елементів.

На основі проведених структурно-схемних синтезів розроблено нові типи гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни довжини та траєкторії транспортування матеріалів за виконанням ряду операцій: повздовжнє переміщення сільськогосподарських вантажів, їх змішування, дозування, калібрування чи сепарування, пресування чи вичавлювання, подрібнення, зміни довжини траси перевантаження, зміни кута нахилу перевантаження, одночасного забору з різних місць чи одночасної подачі у різні місця вантажів. На основі теоретичного обґрунтування згенеровано конструкції телескопічних гвинтових конвеєрів та змішувачів з гвинтовими робочими органами (транспортерів-змішувачів і змішувачів з циклічним принципом роботи), гвинтових конвеєрів з гнучкими робочими органами, пружно-запобіжних муфт гвинтових конвеєрів. Крім цього, розроблено та проведено випробовування нових типів БСШ із встановленням їх конструктивно-технологічних параметрів та підтверджена ефективність їх застосування при транспортуванні та перетворенні сільськогосподарських сипких

матеріалів.

Технічна новизна розробок БСШ захищена 26 деклараційними патентами України на корисні моделі, а отримані наукові та практичні результати, методи, методики та рекомендації впроваджені на підприємствах: у ТДВ "Булат"; СФНВГ "Коваль"; ФОП "Рудан А.М."; ФОП "Ковальчук Л.М."; ТОВ "Портовик-С"; ТОВ "СУПП ІМТРЕКС"; основні положення і результати дисертації використовуються в навчальному процесі при вивченні дисциплін: "Деталі машин і ПТО", "Наукові дослідження і теорія експерименту" у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі.** Ґрунтуючись на аналізі сучасного стану і проблем розробки конструкцій багатофункціональних секційних шнеків для зернового матеріалу визначено мету, об'єкт, предмет та сформульовано основні завдання підвищення функціонально-експлуатаційних їх характеристик шляхом синтезу, моделювання та розробки їх прогресивних конструкцій з обґрунтуванням раціональних режимів роботи.

Результати проведених досліджень доповідались та обговорювались на вітчизняних і зарубіжних міжнародних науково-практичних конференціях. Основні результати роботи опубліковані в статтях у фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях, монографіях. Про достовірність отриманих наукових положень, висновків і рекомендацій, свідчить достатній ступінь відповідності результатів теоретичних розрахунків експериментальним даним, одержаних з використанням сучасних методів та методик досліджень, а також їх відповідність науково-технічним джерелам інформації та даним інших дослідників.

**Наукова цінність отриманих результатів.** Наукова цінність отриманих результатів полягає у створенні науково-прикладних основ генерування альтернативних конструкцій БСШ, які полягають у поєднанні структурного синтезу ієрархічних груп і системного оцінювання ефективності альтернативних варіантів конструкцій з урахуванням техніко-економічних чинників та забезпечення відбору конкурентоздатних конструкцій. Визначено, що подальший розвиток генерування альтернатив конструкцій багатофункціональних секційних шнеків слід створювати з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за окремими типами виконання операцій при використанні структурно-схемного синтезу ієрархічних груп. Розроблені математичні моделі динаміки систем "телескопічний шнек-сипке середовище" і "гвинт шнекового транспортера-зернова суміш", а також досліджені динамічні процеси, які відбуваються в роботі телескопічних гвинтових транспортерів сільськогосподарських сипких матеріалів за наявності нерезонансних і резонансних коливань та при одночасному транспортуванні та сепарації зернової суміші гвинтовим конвеєром із встановленням впливу різних значень параметрів. Створені математичні моделі динаміки згинальних коливань шнека крутонахиленої вітки гвинтового завантажувача-змішувача дають можливість впливати на значення параметрів даної системи та на амплітудно-частотну характеристику. Вказано

розвиток моделей процесу змішування сільськогосподарських сипких матеріалів гвинтовим завантажувачем-змішувачем із встановленням впливу конструктивно-технологічних та експлуатаційних параметрів на цей процес.

**Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях та на науково-практичних конференціях.** Основні результати проведених досліджень опубліковані у 2-х монографіях, 25 наукових статтях фахових видань, з яких 6 індексуються в наукометричних базах Scopus, Web of Science та Index Copernicus, 23 матеріалів і тезах наукових конференцій, 24 деклараційних патентах України на винаходи.

В опублікованих працях повністю викладено основні положення дисертаційної роботи, а саме: розроблено теоретичні аспекти проектування гнучких гвинтових конвеєрів; проведено теоретичне дослідження процесу транспортування сипкого матеріалу гвинтовим завантажувачем з пересипом та розроблено інженерну методику проектування гвинтових конвеєрів; розроблено методику визначення величини рівня вібрації системи в процесі транспортування вантажів; здійснено дослідження резонансних коливань системи "телескопічний гвинт-сипке середовище"; досліджено вплив величини резонансних коливань на процес транспортування вантажів телескопічним гвинтовим конвеєром; досліджено амплітуду та частоти резонансних коливань, які забезпечують нормальні умови транспортування сипких вантажів; досліджено деформації робочого тіла секції гвинтового конвеєра; обґрунтовано процес виготовлення гвинтових робочих органів апарату для приготування кормових сумішей; досліджено питання способів реалізації методів навивання та відновлення шнекових заготовок; синтезовано декілька нових типів муфт та проведено експериментальні дослідження; синтезовано декілька нових типів конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів; розроблено декілька нових типів завантажувально-захисних насадок гнучких гвинтових конвеєрів; теоретично та експериментально підтверджено результати досліджень телескопічного гвинтового транспортера; досліджено методи підвищення експлуатаційної надійності гвинтових робочих органів; проведено моделювання змішування компонентів; розроблено елементи, механізми та технології використання і профілювання гвинтових елементів.

**Загальна оцінка дисертації та автореферату.** Дисертація складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг роботи складає 410 сторінок. Дисертація містить 30 таблиць, 112 рисунків і додатків. Список використаних джерел нараховує 514 найменувань.

#### **Оцінка змісту дисертації та автореферату.**

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, предмет, об'єкт, завдання, зазначено методи дослідження, з'ясовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

Перший розділ присвячено аналізу узагальнення результатів досліджень конструкцій гвинтових конвеєрів для виконання транспортно-технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві. Визначено можливість мобільної

зміни траєкторії перевантаження сільськогосподарських матеріалів гвинтовим механізмом. Розглянуто особливості конструкцій гвинтових конвеєрів (ГК) для виконання транспортно-технологічних операцій (ТТО) у сільськогосподарському виробництві, яке вони займають особливе місце й використовуються як самостійні засоби, і як складові сільськогосподарських машин.

Проведеним аналізом гвинтових механізмів з розширеною зоною траєкторії перевантаження сільськогосподарських матеріалів показано, що сучасні шнекові механізми володіють низькою мобільністю при зміні напрямку та довжини перевантаження, а також вимагають значних витрат часу на перекомплектацію за потреби забезпечення цих змін.

За результатами аналізу використання гвинтових робочих органів в сільськогосподарській техніці зроблено висновок, що існує цілий ряд невирішених теоретичних і прикладних питань, пов'язано з проблемами розробки ефективних гвинтових конвеєрів з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни довжини та траєкторії перевантаження матеріалів, які потребують вирішення. Обґрунтовано, що існує реальна потреба у розвитку механіко-технологічних засад проектування багатофункціональних секційних шнеків, які б володіли можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни довжини і траєкторії перевантаження сільськогосподарських матеріалів. З'ясовано шляхи підвищення ефективності їх функціонування шляхом створення і дослідження телескопічних та інших мобільних конструкцій БСШ з розширеною зоною обслуговування.

У другому розділі розглянуто методологію синтезу гвинтових конвеєрів та їх елементів для виконання транспортно-технологічних операцій в сільськогосподарському виробництві, зазначено основні принципи, методологію синтезу ГК з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни траєкторії перевантаження матеріалів за конструктивними ознаками. Зокрема виконано синтез ГК з можливостями технологічного перетворення і мобільної зміни довжини і траєкторії перевантаження матеріалів, що дозволило згенерувати конструкції ГК з конкретним функціональним призначенням чи їх поєднанням. Побудовано модель механічної системи "гвинтовий конвеєр", використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою морфологічного аналізу.

Проведено генерування конструкцій секційних шнеків, змішувачів з гвинтовими робочими органами та телескопічних гвинтових конвеєрів (ТГК), з допомогою яких покращується ефективність перевантаження сільськогосподарських матеріалів при забезпеченні мобільної зміни необхідної довжини транспортування, що можуть виступати у якості як самостійних засобів, так і у складі різних типів сільськогосподарської техніки. На основі проведених досліджень розроблено класифікацію ТГК за конструктивними ознаками.

Виконано структурно-схемний синтез змішувачів з гвинтовими робочими органами, в результаті якого виділено дві індивідуальні моделі механічних систем; альтернативні конструктивні рішення гвинтових конвеєрів-змішувачів (ГКЗ), в яких операція змішування є супутньою при операції транспортування матеріалів та в нових конструктивних рішеннях гвинтових змішувачів, в яких процес змішування є

визначальним і просторове переміщення вантажів від місця їх завантаження до місця вивантаження.

При генеруванні конструкцій гвинтових конвеєрів з гнучкими робочими органами і досліджені деформації їх секцій встановлено, що деформації гвинтового елемента секції гнучких гвинтових конвеєрів повністю залежать від геометрії витків гвинтового елемента. В результаті виконаного синтезу розроблено і досліджено працездатні конструкції БСШ з окремими типами функціональних операцій та призначенням.

В третьому розділі проведені дослідження динамічних явищ у системі "секційний шнек-сипке середовище" та побудовано математичну модель. З теоретичної точки зору розглянуто нерезонансні та резонансні коливання цієї системи і виявлено закономірності зміни амплітудно-частотних характеристик. Резонансні коливання проаналізовані при впливі зовнішніх періодичних сил та крутильних коливань. Досліджено систему "телескопічний гвинт-сипке середовище" в робочому режимі телескопічного гвинтового транспортера-сепаратора та побудовано математичну модель динаміки системи "гвинт шнекового транспортера-зернова суміш та процес сепарації". Виявлено, що для нерезонансних коливань основні параметри згинальних коливань системи "суцільний потік сипкого середовища-гвинт" не залежать від його малих крутильних коливань та зовнішнього періодичного збурення. Показано, що амплітуда коливань залежить не лише від пружних характеристик матеріалу шнека (впливають на власну частоту), в'язко-пружних сил тертя, способу закріплення, але й від кутової швидкості його обертання.

Представлено динаміку зміни амплітуди затухаючих коливань та власної частоти телескопічного гвинта для різних кутових швидкостей обертання шнека за умови, що пружні властивості матеріалу його гвинта задовольняють нелінійній зміні пружності, а сила в'язкого тертя пропорційна швидкості руху точок у степені  $s$ .

Доведено, що умовою існування резонансних коливань, зумовлених зовнішніми періодичними силами, є зв'язок між частотами власних коливань системи "телескопічний гвинт-сипке середовище" та частотою зовнішнього періодичного збурення. Виявлено також найбільш простий шлях уникнення зовнішнього резонансу. Отримано рівняння для визначення різних кінематичних характеристик системи "телескопічний гвинт-сипке середовище" та амплітуду проходження через резонанс на частоті зовнішнього періодичного збурення. Для визначення внутрішнього резонансу враховано вплив крутильних коливань.

З'ясовано, що досягти значної економії матеріальних та енергетичних ресурсів під час транспортування зернової суміші ГК та виконання різного роду технологічних процесів вдається як найбільш сприятливою (оптимальною) послідовністю їх виконання, так і одночасним виконанням декількох операцій, наприклад транспортування кормів із одночасною сепарацією.

Визначено, що внаслідок процесу сепарації погонна маса зернової суміші вздовж довжини транспортера змінюється: найбільша величина погонної маси є на початку транспортера, а найменша – в кінці. Показано, що із збільшенням кутової швидкості

обертання шнека (при відсутності процесу сепарації) власна частота його згинальних коливань зменшується; поздовжній рух зернової суміші вздовж гвинта шнека зменшує його власну частоту коливань; процес переміщення зернової суміші з її сепарацією збільшує частоту власних коливань.

Отримані результати, які стосуються транспортування зернової суміші з одночасною її сепарацією, показують, що вплив початкового значення амплітуди коливань та величини періодичного збурення на амплітуду проходження через резонанс є незначним. А резонансна частота із зростанням кутової швидкості обертання шнека зменшується і одночасно амплітуда проходження через резонанс зростає. Показано, що при реалізації процесу сепарації зернової суміші супроводжується одночасне зростання амплітуди при проходженні через резонанс.

У четвертому розділі наведено теоретичні результати досліджень процесів транспортування та змішування сипких сільськогосподарських матеріалів гвинтовим завантажувачем-змішувачем, побудовано математичні моделі коливань шнека крутонахиленої вітки гвинтового завантажувача-змішувача та змішування компонентів. Отримано диференціальне рівняння згинальних коливань вертикальної вітки завантажувача. Досліджено залежність частоти власних коливань крутонахиленої вітки завантажувача від кутової швидкості обертання гвинта, погонної маси матеріалу та стискуючого зусилля, визначено вплив нелінійних та періодичних сил, а також руху сипкого матеріалу на динамічний процес навантаження. Визначено закономірність зміни амплітуди та фази коливань шнека.

Показано, що значення резонансної амплітуди залежать від швидкості руху сипкого матеріалу, кутової швидкості обертання гвинта і швидкості зміни (у резонансній зоні) частоти зовнішнього періодичного збурення. Визначено, що для менших значень погонної маси сипкого матеріалу, робочого гвинта та більшої швидкості переходу через головний резонанс значення резонансної амплітуди є меншим, а зміна амплітуди при переході через резонанс для гвинтового робочого органу, який обертається у порівнянні із "стаціонарним" його положенням, є меншою у випадку більшої кількості відносного руху сипкого матеріалу. Для вибору раціональної схеми системи "гвинтовий конвеєр-змішувач" досліджено їх згладжуючу здатність методом імпульсного збурення.

В п'ятому розділі представлено програму, методики та устаткування для проведення експериментальних досліджень БСШ. Розроблено методики проведення випробувань з визначення продуктивності, величини крутного моменту та витрати потужності у випадку перевантаження сільськогосподарських матеріалів гвинтовим завантажувачем з пересипом.

Спроековано і виготовлено експериментальне устаткування з електроприводом, під'єднаним до перетворювача частоти (Altivar 71), який керувався з персонального комп'ютера (ПК). Перетворювачем частоти здійснювалось керування роботою експериментального устаткування в широких межах необхідних для дослідження параметрів. В процесі проведення випробувань експериментальні дані відображалися на моніторі ПК у вигляді табличних даних та графічних залежностей. Фіксація даних проводилася із наперед заданою частотою. Використано

дві базові установки: стенд для дослідження ТГК і устаткування для дослідження ГЗП, які за відповідних потреб модифікувались.

У шостому розділі представлено результати проведення експериментальних досліджень БСШ за допомогою математичного планування експерименту й отримано ряд рівнянь регресій. Проведено дослідження процесів видовження (вкорочування) шнека в ТГК й виявлено, що час викочування чи заочування рухомої частини шнека в осьовому напрямку залежить від частоти його обертання, а кут нахилу вітки – практично не впливає на даний процес. Виявлено, що найбільшою проблемою в ТГК є збереження однакового зазору між кожухом та спіраллю в різних секціях телескопа.

Результати з визначення продуктивності перевантаження БСШ показали, що продуктивність перевантаження кукурудзи ТГК зростає прямопропорційно до зростання частоти обертання шнека і в меншій мірі залежить від кута його нахилу. Встановлено, що продуктивність перевантаження сільськогосподарських вантажів ТГК не відрізняється від продуктивності перевантаження цих матеріалів традиційними ГК.

Встановлено, що із збільшенням частоти обертання ГРО величина продуктивності зростає, як і при збільшенні кроку витків до 0,12 м, а при більше 0,12 м – спостерігалось зниження продуктивності, як і при збільшенні кута нахилу вивантажувальної магістралі.

Із збільшенням частоти обертання, довжини видовження та кута нахилу ГРО ТГК встановлено, що величина крутного моменту на приводі зростає, і найбільший крутний момент 17,51 Н·м досягається під час транспортування пшениці.

Показано, що із збільшенням частоти обертання ГРО та висоти транспортування величина крутного моменту на приводі ГЗП зростає, а збільшення кута нахилу транспортера призводить до його зменшення.

Проведені експериментальні дослідження енерговитрат при перевантаженні сільськогосподарських матеріалі ТГК дозволили, при аналізі побудованих регресійних залежностей, встановити, що із збільшенням частоти обертання, довжини видовження та кута нахилу шнека, величина витрат потужності на приводі ГРО зростає.

В результаті проведених досліджень і побудованих регресійних моделей встановлено, що зі збільшенням частоти обертання, кута нахилу круто нахиленої вітки ГЗП та із збільшенням висоти транспортування, величина питомих енерговитрат завантажувача зростає.

Встановлено, що для ефективного просівання обрані раціональні значення параметрів, що лежать в межах: кут нахилу робочого органа – 0...14°, частота обертання робочого органа – 300...700 об/хв. Зі збільшенням кута нахилу робочого органа при сталому питомому навантаженні ефективність просівання зменшується. Енергоємність сепарації зернової маси залежить від кута нахилу, частоти обертання робочого органа та питомого навантаження і за раціональних їх значень.

Експериментально досліджено вплив частоти обертання та профілю ГРО ГЗП на неоднорідність змішування трикомпонентної та двокомпонентної кормової суміші. Встановлено, що неоднорідність цих сумішей зростає від частоти обертання



лопатевих ГРО прямопропорційно і є більшою для трикомпонентної суміші. Виявлено, що найвища неоднорідність одержується при змішуванні суміші спіральним і знижується при зростанні кута відхилення лопатей у лопатевих ГРО, а при використанні ГРО з різнонаправленим кутом відхилення лопатей є найменшою, що вказує на доцільність використання таких ГРО.

Сьомий розділ присвячено базовим аспектам інженерної методики проектування та розрахунку БСШ, їх використанню та техніко-економічній оцінці. Представлено специфіку проектування БСШ у відповідності з функціональним призначенням виконання операцій переміщення, змішування, дозування, калібрування і сепарування, нагнітання і пресування, подрібнення. Методика проектування ГК з можливостями мобільної зміни довжини і траєкторії перевантаження передбачає забезпечення необхідних параметрів: довжини перевантаження; кутів нахилу завантажувальних і/чи розвантажувальних віток; гнучкості ГРО для гнучких ГК; довжини перевантаження та кутів нахилу завантажувальних і/чи розвантажувальних віток. Представлено і охарактеризовано запропоновані перспективні конструкції секцій ТК, а також базові аспекти, пов'язані з технологічністю конструкцій різних типів ГК.

Розроблено і проведено розрахунок фрикційної запобіжної муфти БСШ конусного типу підвищеної надійності та запобіжної муфти імпульсного типу підвищеної надійності, яка може бути оснащена різними елементами зачеплення. Встановлено їх особливості і межі передачі обертального моменту в залежності від конструктивних характеристик та проведено дослідження конструктивно-експлуатаційних характеристик з використанням експериментальної установки у вигляді керованого з допомогою ПК і перетворювача частоти привода з дослідними муфтами і ГК.

Наведено техніко-економічну оцінку БСШ в сільськогосподарському виробництві й встановлено залежність вибору таких конвеєрів серед набору альтернативних варіантів. Розроблені на базі запатентованих ідей конструкції і механізми були впроваджені впродовж 2013-2020 рр. на ряді підприємств. Економічний ефект від використання конструкцій механізмів, створених на базі запатентованих винаходів, становив понад 115 тис. грн.

Загальні висновки містять дванадцять пунктів, з яких до результатів теоретичних досліджень відносять п. 1-7, а до експериментальних досліджень – 8-12.

Автореферат відповідає змісту дисертації і достатньо повно розкриває сутність дисертаційної роботи.

### **Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату:**

1. Оскільки в даній дисертаційній роботі використовується багато скорочень і позначень, то для полегшення сприйняття матеріалу бажано б було навести перелік умовних скорочень і позначень.

2. Після висновків по розділу 1, п.1.6, стор. 88-89, доцільним є зазначення мети і завдань, що вирішується в дисертації.

3. Є необхідність окремим пунктом в розділі 2 викласти основи методології генерації конструктивних варіантів гвинтових конвеєрів та їх елементів, оцінки та

вибору ефективних варіантів, в якому окреслити і обґрунтувати використані підходи, методи та принципи.

4. Крім загальної морфологічної таблиці слід було навести узагальнену схему алгоритму методології синтезу конструкцій різного типу гвинтових конвеєрів та їх елементів з урахуванням функціональних операцій, вибору багатофункціональних і ефективних конструкцій.

5. Класифікація телескопічних гвинтових конвеєрів за конструктивними ознаками потребує аналізу щодо перспектив їх розвитку, підвищення продуктивності, якості та ефективності виконання технологічних операцій та надійності.

6. Нечітко представлено інформацію на рис.2.2 і рис.2.7.

7. Не зовсім зрозуміло, за якими критеріями серед згенерованих та вибраних є сукупність конструктивних рішень гвинтових конвеєрів з різним типом операцій, а реалізовано одиничні варіанти (табл.2.2, рис.2.5, рис.2.10-2.12).

8. Назви рис.3.1-3.4 (стор.144-153) слід було дати не на початку, а в кінці самих рисунків.

9. Система рівнянь (3.20) описує амплітуду та частоту згинальних коливань телескопічного шнеку для випадку нерезонансних явищ, але вона береться за основу для випадку резонансних явищ. Слід було чітко з'ясувати алгоритми та обставини переходу від системи рівнянь (3.20) до систем рівнянь (3.22) і (3.23).

10. На рис. 3.5, а, б, в – спостерігаються декілька резонансів в системі "телескопічний гвинт-сипке середовище", є необхідність в обґрунтуванні їх виникнення.

11. На рис.3.6 відображено закономірності зміни амплітуди згинальних коливань гвинта під час переходу через внутрішній резонанс. Пояснення потребує наявне розчеплення амплітуд.

12. Не зовсім зрозуміло, як за системою рівнянь (3.42), що описує резонансні коливання процесу транспортування зернової суміші, здійснено графічну інтерпретацію (рис.3.8) зміни в часі амплітуди коливань при переході через головний резонанс з урахуванням одночасного процесу сепарації.

13. Слід було більш аргументовано обґрунтувати, що для випадку незбуреного аналогу, система рівнянь (4.7) і крайові умови (4.8), математична модель згинальних коливань шнека крутонахиленої вітки гвинтового завантажувача-змішувача, розв'язком є система рівнянь прямої і відбитої хвилі, а дисперсійне співвідношення (4.12) використовується для визначення частоти його власних згинальних коливань і графічної інтерпретації (рис.4.1).

14. Є потреба у з'ясуванні того, що відображають графічні залежності амплітуди поперечних коливань під час переходу через головний резонанс для різних числових значень параметрів досліджуваної системи "гвинтовий завантажувач-змішувач", щодо резонансних коливань в крутонахиленій вітці.

15. Слід було зазначити метод визначення невідомих коефіцієнтів рівнянь регресій, представлених у розділі 6, а також за поверхнями відгуку та лініями рівнів визначити раціональні або оптимальні значень параметрів процесів в системах різних типів конструкцій.

**Підсумковий висновок по дисертації.** Дисертаційна робота Гудя Віктора Зіновійовича на тему: "Механіко-технологічні основи розробки багатофункціональних секційних шнеків для зернового матеріалу" є завершеним науковим дослідженням зі створенням науково-прикладних основ генерування конструктивних рішень багатофункціональних секційних шнеків з поєднанням структурного синтезу їх ієрархічних груп і системного оцінювання ефективності альтернативних варіантів з урахуванням техніко-економічних чинників та забезпечення відбору конкурентоздатних конструкцій. Тема, зміст дисертації і автореферату відповідають паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. За актуальністю і науковою новизною, обґрунтованістю наукових положень і практичних результатів, ступеню апробації результатів дослідження на конференціях і у фаховій літературі, представлена дисертаційна робота відповідає існуючим вимогам до докторських дисертацій, а її автор, Гудь Віктор Зіновійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри експлуатації та  
ремонту машин Центральноукраїнського  
національного технічного університету

Віктор АУЛІН

Підпис професора кафедри експлуатації та ремонту машин, доктора технічних наук Ауліна В.В. засвідчую:

Проректор Центральноукраїнського національного технічного університету,

доктор економічних наук, професор



Олександр ЛЕВЧЕНКО